This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

The date shows when this volume was taken.

To renew this book copy the call No. and give to the librarian.

PERIODICAL

HOME USE RULES

All books subject to recall

All borrowers must register in the library to borrow books for home use.

All books must be returned at end of college year for inspection and repairs.

Limited books must be returned within the four week limit and not renewed.

Students must return all books before leaving town. Officers should arrange for the return of books wanted during their absence from town.

Volumes of periodicals and of pamphlets are held in the library as much as possible. For special purposes they are given out for a limited time.

Borrowers should not use their library privileges for the benefit of other persons.

Books of special value and gift books, when the giver wishes it, are not allowed to circulate.

Readers are asked to report all cases of books marked or mutilated.

Do not deface books by marks and writing.

CORNELL UNIVERSITY LIBRARY

3 1924 064 639 382

Digitized by Google

Digitized by Google

E. u. M.

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

45. JAHRGANG 1927

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

WIEN

Verlag des Elektrotechnischen Vereines in Wien, VI. Theobaldgasse 12

Digitized by Google

Reihenfolge

Verzeichnis der Originalarbeiten und -Beiträge III
Briefe an die Schriftleitung und Erwiderungen V
Literaturberichte V
Patentberichte VII
Vereinsnachrichten VIII
Sachverzeichnis VIII
Namensverzeichnis XVII

Beiblätter:

Die Lichttechnik, 4. Jahrgang
Offizielles Organ der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft
Die Radiotechnik, 4. Jahrgang
Das Elektrizitätswerk, 4. Jahrgang

Druck von Alois Mally, Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98

Digitized by Google

INHALTS-VERZEICHNIS

Verzeichnis der Originalarbeiten und- Beiträge

(Nach Namen der Autoren geordnet.)

Ahrberg, Dr. F. Praktische Winke für den Erdschlußschutz 66
Briefwechsel 287.
Arndt, Dr. Ing. Selbsttätige Signalsicherungsanlage der Wiener Elektrischen Stadtbahn 1925 337

Baudisch, Prof. Dr. H. Der Flächensatz . . . 427
Baudisch, Ing. K. Drehzahlregelung und Erregung asynchroner Drehfeldmaschinen . . . 31
Bayer, Ing. K. Zur Frage der wirtschaftlichen Auswahl, Konservierung und Regenerierung der Isolieröle im Transformatorenbetrieb 1009
Beck, Dr. G. Über den heutigen Stand der Physik kleiner Teilchen 347
Berichtigung 536.
Beetz, Dipl. Ing. W. Beitrag zur Messung der Energie im Anodenstromkreis von Quecksilberdampfgleichrichtern 921
Burger, Obering. O. Spannungsregelung in Drehstromanlagen 537

Centmaier, Ing. C. J. Moderne Installationstechnik 856
Cordes, Ober-Ing. W. Herkules-Isolatoren . . 730
Czeija, Dr. rer. pol. Ing. R. Ergebnisse der „Statistik der Elektrizitätswerke Österreichs", Auflage 1926 497
Briefwechsel 699.

Deinlein, Ing. A. und Retzow U. Die Elektrotechnik auf der Werkstofftagung, Berlin 1927 . 1069
Dittes, Ing. Paul. Fortschritte in der Vollbahnelektrisierung in Österreich und seinen Nachbarstaaten 557
Döry, Dr. I. Kritische Bemerkungen über Einphasenbahnmotoren 61
Briefwechsel 532.
Draeger, Dr. Ing. K. Über Schwingungserscheinungen auf Freileitungen 185
Dreyfus, Dr. L. Verlustlose Kompoundierung und Kompensierung großer Drehstrommotoren 221, 249
— Die veränderliche Hauptstrom-Phasenkompensierung bei Kaskadenschaltung von Asynchronmotoren mit Mehrphasenkommutatornebenschlußmaschinen 669
— Die zusätzlichen Eisenverluste in Drehstromasynchronmotoren, I. Teil 737, 756

Eriksson, Ing. S. E. Die zusätzlichen Eisenverluste in Drehstromasynchronmotoren, II. Teil 881, 904
Ettingshausen A. Zum Gedächtnis an Alexander Volta 724

Flamm, Prof. Dr. L. Die Mikromechanik . . . 1020
Forssblad. Ein neuer Dampfkessel 622
Franken H. Die Isolation beim Bau von Anlaß- und Schaltapparaten 861, 888
Fryze, Prof. Dr. Ing. S. Der allgemeine Stromkreis von J. L. La Cour, kritische Betrachtung 126
Fuhrmann Ing. R., siehe Jiretz Ing. R.
Furrer E. Der Kommandoraum der Zentrale Siebnen der A.-G. Kraftwerk Wäggital, Zürich 112
Fürst, Ing. A. Die Wasserkraftnutzung und Elektrizitätsversorgung in Vorarlberg 774

Gerstenberger G. Die hydro-elektrische Speicheranlage Niederwartha für die Stadt Dresden 797
Berichtigung 939.
Groß E. Selektivschutz durch Distanzrelais . . . 801

Hak, Ing. J. Der wirtschaftlichste Betriebsplan der Kesselbatterie eines Wärmekraftwerkes . 753
Hartmann O. H. Die Entwicklung von mittelbar beheizten Hochdruckdampferzeugern unter besonderer Berücksichtigung des neuen Schmidt-Hochdruck-Sicherheitskessels 357
Hauffe G. Komplexe Behandlung von Wechsel- und Drehfeldern 101
— Über die Leistungslinien der synchronen Wechselstrommaschinen 543
Heider, Ing. Rudolf. Die österreichischen Fernkabelanlagen 269
— und Stein C. Die Volta-Ausstellung in Como 1081
Hellfarth, Dipl. Ing. R. Die Gleichrichteranlage des Elektrizitätswerkes Bonn 717
Heyden, Dr. v. d., und Typke, Dr. Die Beurteilung neuer, gebrauchter und regenerierter Isolieröle 289
— Methoden zur Bestimmung kleiner Wassergehalte in Mineralölen, insbesondere Transformatoren- und Schalterölen 743
Honigmann E. Elektrotechnik und Gewerbeinspektion 226
Horschitz, Dr. F. Die Personenseilbahn Ebensee — Feuerkogel (Kranabethsattel) 600
Hoyer Fr. Der elektrische Antrieb von Dreschmaschinen 1043
Hruschka, Dr. A. Das Problem der Speicherung und Spitzendeckung auf der 32. Jahresversammlung des VDE in Kiel 867
— Die Kraftwerke und Unterwerke für den elektrischen Betrieb der Arlberg- und der Salzkammergutbahn. II: Das Spullerseekraftwerk mit dem Unterwerk Danöfen . . . 961, 985, 1015, 1053

Digitized by Google

Jellinek, Ing. St. Die Inbetriebsetzung des Achenseewerkes 850
Jiretz, Ing. R., und Fuhrmann, Ing. R. Tagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (I. E. C.) in Bellagio und Rom . . 976
Jungmichl H. Der Stromwandler im Anodenkreis von Gleichrichtern 423

Kassjanoff V. Graphoanalytische Untersuchungsmethoden für asynchrone Drehstrommaschinen in mehrfacher Kaskadenschaltung 417, 441
Keiter, Dr. A. Blindleistungsmessung in Dreiphasenanlagen 437
Kiefer Rudolf. Über die dritte Harmonische in einem Dreiphasensystem mit Nullpunktverbindung 477
Kloninger, Ing. H. Beitrag zur Ölschalterfrage 397
Briefwechsel 898.
Konstantinowsky, Dr. K. Neuerungen auf dem Gebiete der Isoliermitteltechnik 831
Briefwechsel 958.
Kraft, Prof. Dr. Ing. E. A. Der gegenwärtige Stand des Dampfturbinenbaues 444
— Die Regelung von Kondensationsturbinen . . . 685
— Großdampfturbinen 804
Kühnel Rob. Ein Beitrag über den Ausgleich der Temperatureinflüsse bei Präzisions-Leistungszeigern 245
Kulebakin, Prof. V. S. Zur Bestimmung des Stoßkurzschlußstromes von Synchronmaschinen 518
Kümmich R. Experimentelle Untersuchungen über Gesetzmäßigkeiten bei Hysteresiskurven . 941
Kvetensky, Ing. A. Die neuesten Erfahrungen auf dem Gebiete der elektrischen Fernübertragung 21
Berichtigung 79.

Landesberg N. Betrieb einer Asynchronmaschine als Generator in Parallelschaltung mit einem Kondensator 847
Leo, Ing. F. Selbsttätige Wasserversorgungsanlagen mit Hochspannungsmotoren als Pumpenantriebe 637
Linker A. Benennung der Wechselstromgrößen 689
Briefwechsel 923.
— Ein neuer Drehschalter für Wechselstrommessungen 949
Loew, Ing. Robert. Über Durchhangsmessungen bei Hochspannungsfreileitungen mit Hilfe des Universalnivellierinstrumentes 103

Majerczik, Dr. Ing. W. Die Entwicklung der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke von 1924 bis 1926 819
Mandl, Dr. A. Kippgrenze und Stoßgrenze bei der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen 181
Meller, Dr. techn. R. Betrachtungen über Einankerumformer an Hand eines einfachen Amperewindungs-Vektordiagrammes 649
— Der Einfluß von Pollücken auf die Spannungscharakteristik durch Querfeld regelbarer Einankerumformer 829
Müller Harald. Verschiedene Wege der Wanderwellen- und Stoßspannungsmessung und ihre Anwendungsgebiete 629

Niethammer F. Die Gleichpoltype als Hochfrequenzgenerator 345
— Fortschritte und Neuerungen im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen . . . 589, 611
Berichtigungen 667, 752.
Nowotny, Dipl. Ing. R. J. Graphisches Verfahren zur Ermittlung des Übersetzungsverhältnisses von mechanischen Regelgetrieben in Verbindung mit Elektromotoren mit Reihenschlußcharakteristik 484

Oberdorfer, Dr. Ing. G. Das Rechnen nach der Methode der symmetrischen Koordinaten . 296
Ornig, Ing. Dr. techn. J. Der Bau des Murkraftwerkes der „Steweag" in Pernegg 783
Ott, Prof. Dipl. Ing. H. Kritische Bemerkungen zur Erwärmungsgleichung unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit von Wärmeabgabe und spezifischem Widerstand sowie der Inhomogenität des Körpers 317
Briefwechsel 554.

Palme Arthur. Thomas Alva Edison 295
Pfeuffer, Ing. H. Die III. Vollversammlung der Internationalen beratenden Komitees für den Weitsprechverkehr (Comité Consultatif International des communications téléphoniques à grande distance C. C. I) 397
Piloty, Dr. H. Ein neues Erdschluß-Anzeigerelais 932
Punga, Prof. F. und Schliephake A. Aufnahme der Bürstenpotentialkurve mit einem neuen Meßgerät 201
— und Schön L. Das 50 periodige Bahnsystem mit Krupp-Motoren 901

Reiner, Ing. Josef. Hochdruckdampfturbinenanlage für die Kohlengewerkschaft Witkowitz 387
Reithoffer, Prof. Dr. M. Prof. Dr. Johann Sahulka 1049
Retzow U., siehe Deinlein, Ing. A.
Rosenberg, Dr. E. Erfolge des Kurzschlußmotors 161

Salvisberg W. Leistungssteigerung an Viertakt-Dieselmotoren durch Vorverdichtung der Verbrennungsluft mittels Aufladeturbogebläsen 813
Schlögl, Ing. J. Die neuen Umspannwerke der Wiener städt. Elektrizitätswerke 792
Schmalz, Dr. techn. H. Spannungsermittlung in Rotoren mit ausgeprägten Polen 313
Schmidt, Ing. H. Über den Bau von Maststationen 519
Schön L., siehe Punga, Prof. F.
Seefehlner, Prof. Dr. Ing. E. Soll die Elektrifizierung der ÖBB-Linien östlich Salzburg bis Wien fortgesetzt werden? 1029
Siedle, Ing. F. Umgestaltung der Betriebsanlagen in den Wiener kalorischen Kraftwerken der städt. Elektrizitätswerke 780
Siegel, Prof. Dr. E. Kippleistung und Stromdiagramm der Synchronmaschine 1
Siegel, Dr. Ing. G. Elektrizitätspolitik 823
Smekal, Dr. A. und Stetter, Dr. G. 89. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf 8
Stetter, Dr. G. Ziele und Methoden der Atomzertrümmerung 377
Stoermer, Obering. W. Kurzschlußversuche an Hochspannungs-Kettenisolatoren der Type „Motor" 206

Vidmar, Prof. Dr. techn. Milan. Der einphasige, zusätzliche Kraftfluß des dreiphasigen Transformators 81
Briefwechsel 647.
— Transformatoren im Parallelbetrieb 457

Waltlich, Dipl. Ing. J. Die Hescho-Meßstange zum Nachprüfen von Ketten-Isolatoren während des Betriebes 597
Mehrrohr-Durchführungen 744
Walsemann, Dipl. Ing. B. Zur Theorie der asynchronen Phasenumformung 636
Walz, Dipl. Ing. H. Über die Ortskurven des Primärstromes einer Induktionsmaschine mit eigenerregter Drehstromerregermaschine . . . 701
Weiner, Dr. Ing. A. Elektrifizierung und Agrarwirtschaft 141, 164
Berichtigung 200.
Wellauer, Dr. M. Vergleichende Sprungwellenversuche und Durchschlagsmessungen an der Wicklung eines 3000 kVA-, 60 kV-Transformators 41
Winkler, Dr. A. Zugkraft, Achsdruckveränderung und Schienenreibung bei den gebräuchlichen Antrieben elektrischer Lokomotiven . . 121
Zikéli, Ing. F. Das Fernkabel Meran—Bozen 1037

Digitized by Google

Briefe an die Schriftleitung und Erwiderungen

Bendmann P. Beitrag zur Ölschalterfrage. 898. — Erwiderung von H. C. Kloninger. 899.

Brown, Boveri & Cie. Kritische Bemerkungen über Einphasenmotoren. 532. — Erwiderung von Dr. I. Döry. 533.

Bruckman H. W. L. Neuerungen auf dem Gebiete der Isoliermitteltechnik. — Erwiderung von Dr. K. Konstantinowsky. 958.

Fabinger, Dr. Ing. F. Kritische Bemerkungen zur Erwärmungsgleichung unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit von Wärmeabgabe und spezifischem Widerstand, sowie der Inhomogenität des Körpers. 554. — Erwiderung von Prof. Dr. Ing. H. Ott. 555.

Gramisch, Dr. Ing. O. Kritische Bemerkungen zur Erwärmungsgleichung unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit von Wärmeabgabe und spezifischem Widerstand, sowie der Inhomogenität des Körpers. 554. — Erwiderung von Prof. Dr. Ing. H. Ott. 555.

Königslöw, A. v. Benennung der Wechselstromgrößen. 923. — Erwiderung von Dr. Ing. A. Linker. 925.

Luther R. Zur Ermittlung der Hauptdimensionen von Synchronmaschinen. 682. — Erwiderung von Prof. V. S. Kulebakin. 683.

Metzler, Prof. K. Der einphasige, zusätzliche Kraftfluß des dreiphasigen Transformators. — Erwiderung von Prof. Dr. M. Vidmar. 647.

Nolen, Dr. Ing. H. G. Zick-Zack-Schaltung. 627. — Erwiderung von Prof. Dr. M. Vidmar. 628.

Nordfeldt Birger. Über den Erdschlußschutz von parallelen Leitungen. — Erwiderung von Dr. F. Ahrberg. 287.

Rosenbaum, Ing. L. Ergebnisse der „Statistik der Elektrizitätswerke Österreichs", Auflage 1926. — Erwiderung von Dr. R. Czeija. 699.

Zschaage, Dipl. Ing. W. Benennung der Wechselstromgrößen. — Erwiderung von Dr. Ing. A. Linker. 925.

Literaturberichte

Adler, Prof. Dr. E. und Reik, Dr. R. Das österreichische Patentgesetz. Von Ing. St. Jellinek. 78.

Aron, Dipl. Ing. C. Die Messung der elektrischen Größen. Von Dr. L. Kusminsky. 454.

— Der Elektromotor, Gleichstrommotoren. 936.

Auerbach, Prof. Dr. F. und Hort, Prof. W. Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. I. Bd. und III. Bd. Von Dr. Ing. A. Basch. 698, 771.

Aufhäuser, Dr. D. Brennstoff und Verbrennung. Von Dr. Ing. H. Löffler. 455.

Aumund, Dr. Ing. e. h. H. Hebe- und Förderanlagen. Von Ing. F. Ellmann. 475.

Bach C. Mein Lebensweg und meine Tätigkeit. Von Ing. O. Hönigsberg. 331.

Balcke, Dr. Ing. H. Abwärmeverwertung zur Heizung und Krafterzeugung. Von Ing. St. Jellinek. 286.

Baur, Dr. Ing. C. Die Elektrizität als Ätherströmung. 494.

Berndt, Dr. G. Die Gewinde. Von Ing. St. Jellinek. 178.

Besag Ernst. Erden, Nullen, Schutzschalten. 332.

Bleich, Dr. F. und Melan, Prof. Dr. h. c. J. Taschenbuch für Ingenieure und Architekten. Von Prof. Ing. A. Langhein. 158.

Bonazzi O. Die magnetischen Eigenschaften der chemischen Stoffe (Magnetochimica). Von Dr. L. Kneissler-Maixdorf. 18.

Bosch, Dipl. Ing. Prof. M. ten. Die Wärmeübertragung. 306.

Brearley H. und A. W. Blöcke und Kokillen. Von Ing. Leitner. 178.

Brutzkus M. Theorie der Brennkraftmaschine und deren Brennstoffe vom Standpunkte der chemischen Gleichgewichtslehre. Von Dr. Ing. H. Löffler. 324.

Bültemann, Dr. Ing. A. Dielektrisches Material. Von Dr. R. Hiecke. 77.

Bureau of Standards V. St. A. Sicherheitsvorschriften in V. St. A. Von Dr. R. Hiecke. 531.

Chase St. Tragödie der Verschwendung. 646.

Chwolson O. D. Lehrbuch der Physik. Von Dr. L. Kusminsky. 413.

Coenen, Prof. Dipl. Ing. M. Elemente des Werkzeugmaschinenbaues. 646.

Cohn E. Das elektromagnetische Feld. Von Dr. Ing. L. Kneissler-Maixdorf. 714.

Creager W. P. und Justin J. D. Hydro-Electric Handbook. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 956.

Dallwitz-Wegner, Dr. R. v. Kreisprozeßkunde. Von Ing. St. Jellinek. 99.

Danneel, Dr. H. Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Von L. Tavs. 356.

Dantscher, Prof. K. und Reindl, Ing. C. Wasserkraft-Jahrbuch 1925/26. Von Ing. K. Krenner. 259.

Descovich E. Unsere Technik und Amerika. 681.

Dettmar, Dr. Ing. E. h. G. Österreichischer Kalender für Elektrotechniker. Von Dr. Ing. R. Grann. 306.

Deutscher Verband für Materialprüfungen. Studien über Prüfung der Transformatoröle. Von Dr. R. Hiecke. 455.

Dubbel, Prof. Ing. H. Öl- und Gasmaschinen. Von L. Roesler. 434.

Dworzak, Ing. H. und Korzinsky, Ing. H. Lehr- und Hilfsbuch der Eisen- und Stahlgießerei. 938.

Ebermayer, Dr. L. Taschenkommentar des Patentgesetzes. 57.

Edler, Prof. Ing. R. Die Schaltungen des elektrischen Weichenantriebes. Von Ing. Buchmann. 38.

— Schalterbau. Von Ing. V. Horwatitsch. 751.

Engelhardt, Dr. Ing. A. Fernkabeltelephonie. Von Ing. R. Heider. 515.

Falk, Dipl. Ing. R. F. Der phasenverschobene Strom. 771.

Feldmann, Prof. C. Electrotechnische Constructie. Von Dr. Grann. 1068.

Fischer, Prof. Dr. Ing. K. Einführung in die Hochspannungstechnik. Von Dr. Ing. R. Grann. 158.

Fischer, Dr. L. Die Abgabe für die Benutzung eines Patentes. 1027.

Fladt, Dr. K. Gewöhnliche Differentialgleichungen. Von Prof. Ing. J. Ondracek. 714.

Frank O., siehe Kiencke R.

Garrard C. Electric Switch and Controlling Gear. Von Ing. V. Horwatitsch. 1026.

Geiger H., siehe „Handbuch der Physik".

Geiger, Dr. Ing. J. Mechanische Schwingungen und ihre Messung. Von Dr. Gauster. 735.

Göhre Ernst. Schnitte und Stanzen. Von Ing. St. Jellinek. 178.

Göpper, Dipl. Ing. Elektrische Leitungsberechnung. Von Ing. V. Horwatitsch. 666.

Granier J. Mesures Électriques. Von Dr. R. Hiecke. 771.

Großmann, Prof. Dr. M. Darstellende Geometrie für Maschineningenieure. Von Ing. St. Jellinek. 646.

Digitized by Google

Gruenewaldt, Dr. Ing. v. Elemente der Wirtschaftlichkeitsberechnung von Wasserkraftanlagen. 210.
Gruhn K. Meßtechnische Übungen der Elektrotechnik. Von Dr. L. Kusminsky. 681.
Haas, Dr. R. Vom wirtschaftlichen Geiste in der Technik. 217.
Haberland, Prof. G. Gleichstromtechnik. Von Dr. Ing. L. Kneissler-Maixdorf. 38.
Handbuch der Physik. Band XVII: Elektrotechnik. Von Dr. R. Hiecke. 330.
— Band XIV: Elektrizitätsbewegung in Gasen. Von Dr. R. Hiecke. 492.
— Band XV: Magnetismus und elektromagnetisches Feld. Von Dr. R. Hiecke. 530.
Hanffstengel, Dipl. Ing. G. v. Die Förderung von Massengütern. Von Ing. F. Ellmann. 177.
— Billig Verladen und Fördern. Von Ing. F. Ellmann. 772.
Harms, Ing. G. Die Stromversorgung von Fernmeldeanlagen. Von Dr. L. Kusminsky. 475.
Hensel, Dr. W. Begrenzung des Rechtes an technischen Schöpfungen. 699.
Herzog, Ing. S. Industrielle und kaufmännische Statistik. Von E. Honigmann. 435.
Hirz, Dipl. Berging. H. Jahrbuch der deutschen Braunkohlen-, Steinkohlen-, Kali- und Erz-Industrie 1927. 332.
Höchstspannungs-Tagung Essen, siehe Vent, Dr. Ing.
Horn H. A., siehe Schimpke, Dr. Ing. P.
Hort W., siehe Auerbach F.
Hülle, Prof. F. W. Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung. 119.
„Hütte". Des Ingenieurs Taschenbuch. Von Ing. St. Jellinek. 38, 434.
Ignatowsky, Dr. W. v. Die Vektoranalysis und ihre Anwendung in der theoretischen Physik. Von Prof. Dr. F. Emde. 17.
„Industrie-Compaß 1927/28. 919.

James H. D. Controllers for electric motors. Von Ing. B. Gerstmann. 1047.
Jellinek, Prof. Dr. med. St. Der elektrische Unfall. 159.
— Spurenkunde der Elektrizität, Elektrophysiographie. Von Prof. K. Przibram. 493.
Jentzsch, Ing. H. Flüssige Brennstoffe mit besonderem Bezug auf ihre Verwendung in Motoren. Von Ing. St. Jellinek. 286.
Jeß F. und Köhne F. Leitfaden für den Fachunterricht in Elektrikerklassen. Von Dr. Ing. L. Kneissler-Maixdorf. 56.
— Schaltungsaufgaben und Ergänzungszeichnen. Fachzeichenheft für Elektriker. Von Prof. Dr. Ing. K. Haubner. 286.
Jolley L. B. W. Alternating Current Rectification and Allied Problems. Von Dr. R. Hiecke. 983.
Just Dipl. Ing. J. Gleichrichter. Von Prof. Ing. F. Hauer. 356.
Justin J. D., siehe Craeger W. P.

Kaempffert W. Bahnbrechende Erfindungen in Amerika und Europa. Von Prof. Körner. 197.
Kafka, Dr. H. Die ebene Vektorrechnung und ihre Anwendungen in der Wechselstromtechnik. Von Ing. E. Groß. 859.
Kiencke R. und Frank O. Din-Formate und Vordrucke. 119.
Kienzle, Dr. Ing. O., siehe Mäckbach, Dipl. Ing. F.
Kirsch G., siehe Petersson H.
Kögler, Dr. K. W. und Stern, Dipl. Ing. Isolationsmessung und Fehlerortsbestimmung in elektrischen Starkstromanlagen. Von Ing. V. Horwatitsch. 919.
Königsmann B., siehe Krieger H.
Koppenberg H. Eindrücke aus der Eisenindustrie der Vereinigten Staaten von Nordamerika. 159.
Körber F. Zur Kenntnis des Hochfrequenz-Induktionsofens I und II. Von Ing. F. Fritz. 475.
Korzinsky, Ing. H., siehe Dworsak, Ing. H.
Kraft, Prof. Dr. Ing. E. A. Amerikas Dampfturbinenbau. Von Ing. St. Jellinek. 331.
Krieger H. und Königsmann B. Hilfsbuch für Elektropraktiker. I. Band. Von Dr. Hiecke. 99.
— — und Sachs H. II. Band. Von Dr. F. Horschitz. 217.
Kronenberg, Dr. Ing. M. Grundzüge der Zerspanungslehre. Von Ing. St. Jellinek. 531.

Langer, Prof. P. und Tomé, Dipl. Ing. W. Anleitung zu maschinentechnischen Messungen und Untersuchungen. 375.
Lerch L. 177 Schaltbilder von Transformatoren, Generatoren, Akkumulatoren und Umformern. Von Ing. F. Fritz. 56.
Leybold, Dipl. Ing. P. Rechentafeln für den Hebezeugbau. Von Prof. Ing. J. Ondracek. 287.
Lich O. Vorrichtungen im Maschinenbau. 938.
Liwschitz, Dr. Ing. M. Die elektrischen Maschinen. Von Ing. B. Gerstmann. 197.
Loewe, Dipl. Ing. H. Theorie des Wechselstromes in Einzeldarstellungen. Von Dr. L. Kusminsky. 286.
Lorenz, Prof. Dr. Ing. H. Lehrbuch der Technischen Physik. Von Dr. Ing. A. Basch. 259.
Loyarte, Dr. R. G. Fisica General. 957.
Lubberger, Dr. Ing. Fritz. Die Fernsprechanlagen mit Wählerbetrieb. Von Ing. F. Klein. 258.
Lübecke, Dr. E. Über die neuesten Wasserschallapparate und ihre Anwendungen. Von Dr. L. Kusminsky. 306.

Mäckbach, Dipl. Ing. F. und Kienzle, Dr. Ing. Otto. Fließarbeit. Von Ing. F. Ellmann. 237.
Maier, Dipl. Ing. Dr. phil. Gustav. Grundzüge der Elektrotechnik. Von Dr. R. Hiecke. 118.
Berichtigung 261.
Mathieu M. Transformateurs de Puissance, Bobines d'Induction. 919.
Matschoss C. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. 119.
Mauduit A. Installations Électriques à haute et basse tension. Von Ing. A. Fritz. 937.
Mayer, Dr. techn. R. Aufgaben aus der Elektrotechnik. Von Dr. R. Hiecke. 859.
Medici, Prof. Ing. M. Pompe Centrifughe. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 158.
Meisner E. Weltanschauung eines Technikers. Von Ing. Buchmann. 532.
Melan J., siehe Bleich F.
Meyer, Dipl. Ing. A. Grundlagen der Algebra. Von Prof. Gust. Wagner. 56.
Meyer, Dr. Ing. G. J. Anleitung zur Entwicklung elektrischer Starkstromschaltungen. Von Ing. A. Fritz. 258.
Michel, Dipl. Ing. F. Metallniederschläge und Metallfärbungen. Von Ing. J. Wregg. 493.
Michenfelder, Dipl. Ing. C. Kran- und Transportanlagen für Hütten-, Hafen-, Werft- und Werkstattbetriebe. Von Ing. F. Ellmann. 454.
Möllering H. Die Sicherungs-Einrichtungen für den Zugsverkehr auf den deutschen Bahnen. Von Prof. Ing. R. Edler. 414.
Morelli, Prof. E. Costruzioni elettromeccaniche. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 666.
Müller O. M. Zeitsparende Vorrichtungen im Maschinen- und Apparatebau. Von Ing. St. Jellinek. 236.

Neumann, Ing. L. Österreichs wirtschaftliche Gegenwart und Zukunft. 532.
Niethammer, Prof. Dr. F. Schaltanlagen in elektrischen Betrieben. Von Ing. A. Fritz. 957.

Orlich E. Anleitungen zum Arbeiten im Elektrotechnischen Laboratorium. 178.

Paetzold, Dr. M. Grundlagen des Aufzugbaues. Von Ing. F. Ellmann. 937.
Petterssson H. und Kirsch G. Atomzertrümmerung. 387.
Philippi, Prof. Dr. Ing. e. h. W. Elektrizität im Bergbau. Von Dr. F. Horschitz. 99.
— Elektrische Fördermaschinen. Von Dr. Ing. F. Horschitz. 698.
Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Prüfordnung für elektrische Meßgeräte. Von Dr. Boltzmann. 236.
Pohl, R. W. Einführung in die Elektrizitätslehre. Von Dr. Ing. L. Kneissler-Maixdorf. 626.
Pomini O. Riduttori. Von Ing. St. Jellinek. 681.
Ponsinet J. Principes de L'Électro-Chimie. Von Ing. Tavs. 898.

Digitized by Google

Prášil, Dr. F. Technische Hydrodynamik. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 99.
Rapatz, Dr. Ing. F. siehe Brearley H. und A. W.
Raskop Fritz, Katechismus für die Ankerwickelei. Von Ing. St. Schwarz. 217.
Reed E. G. The Essentials of Transformer Practice. Von Dr. Ing. L. Kneissler-Maixdorf. 646.
Reik, Dr. R., siehe Adler, Prof. Dr. E.
Reindl C., siehe Dantscher K.
Rejtö, Prof. A. Einige Prinzipien der theoretischen mechanischen Technologie der Metalle. Von Dr. Ing. A. Basch. 751.
Retzow, Dr. U. Die Eigenschaften elektrotechnischer Isoliermaterialien in graphischen Darstellungen. Von Dr. R. Hiecke. 475.
Reutlinger, Dr. Ing. E. und Gerbel, Ing. M. Kraft- und Wärmewirtschaft in der Industrie. Von Dr. Ing. F. Stipernitz. 897.
Rödiger W. Der elektrische Kraftwagen. 937.
Rogowski, Prof. Dr. Ing. W. Arbeiten aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Aachen. 56.
Rotth A. Das Telephon und sein Werden. Von Dr. F. Stecher-Sebenitz. 957.
Royds R. The Testing of Motive-Power Engines. Von Ing. St. Jellinek. 375.
Rummel Erich. Die Asynchronmotoren und ihre Berechnung. Von Ing. St. Schwarz. 177.
Sachs H., siehe Krieger H.
Sallinger, Dipl. Ing. F. Transformatoren. Von Ing. St. Schwarz. 395.
Saurau, Ing. F. X. Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen unter besonderer Berücksichtigung Österreichs. Von Dr. A. Winkler. 306.
Scheel K., siehe „Handbuch der Physik".
Schimpke, Dr. Ing. P. und Horn H. A. Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik. Von Ing. H. Conrad. 667.
Schmidt, Dr. F. Die Schachtfördermaschinen. Von Ing. H. Schwaighofer. 736.
Schoklitsch, Prof. Dr. A. Geschiebebewegung in Flüssen und an Stauwerken. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 172.
Schrödinger, Prof. E. Abhandlungen zur Wellenmechanik. Von Prof. Dr. L. Flamm. 1020.
Schupp E. Elektrisches Schaltzeug. Von Ing. B. Gerstmann. 434.
Schwaiger, Dr. Ing. A. Elektrische Bahnen. Von Ing. R. Cieslar. 843.
Schwerdt H. Einführung in die praktische Nomographie. Von Prof. Ing. J. Ondracek. 1027.
Sedlaczek, Dr. E. Die Automobiltreibmittel des In- und Auslandes. 178.
Seufert F. Versuche an Dampfmaschinen, -Kesseln, -Turbinen und Verbrennungskraftmaschinen. Von Dr. Ing. F. Stipernitz. 1026.
Simon Eugen. Werkstattbücher. 57, 493.
Spielrein, Prof. Dipl. Ing. J. Lehrbuch der Vektorrechnung. Von Ing. E. Groß. 286.
Spooner Th. Properties and Testing of Magnetic Materials. Von Dr. Ing. L. Kneissler-Maixdorf. 842.
Staus, Prof. Dr. Ing. A. Maschinenuntersuchungen. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 118.
Stein Th. Regelung und Ausgleich in Dampfanlagen. Von Dr. R. Doerfel. 139.
Stern, Ing., siehe Kögler, Dr. K. W.
Stöckel Willy. Selbstkostenberechnung durch die Kalkulationsbuchführung im Zusammenhang mit der Hauptbuchführung. Von Dipl. Ing. C. Wlach. 56.
Stolzenberg Otto. Maschinenbau. Von Ing. St. Jellinek. 78.
Strecker, Dr. K. Jahrbuch der Elektrotechnik. Von Ing. A. Fritz. 681.
— Hilfsbuch für Elektrotechnik. Starkstromausgabe. Von Ing. F. Fritz. 735.
Titze F. Die elektrischen Einrichtungen für den Eigenbedarf großer Kraftwerke. Von Dr. Ing. F. Stipernitz. 859.
Tomé, Ing. W., siehe Langer, Prof. P.
Tribot-Laspière J. Construction et Exploitation des grands réseaux électriques à haute tension. Von Ing. St. Schwarz. 374.
„Tschechoslowak. elektrotechn. Jahrbuch", 1927. Von L. Němec. 898.
Uppenborn, siehe Dettmar.
Vent, Dr. Ing. und andere. Höchstspannungs-Tagung Essen. Von Cieslar. 515.
Weber, Dr. Ing. A. Die natürliche und künstliche Alterung des gehärteten Stahles. Von Leitner. 38.
Wechmann W. Der Eisenbahn-Elektrotechniker. Von Ing. St. Schwarz. 356.
„Werkstattbücher", siehe Simon.
Werneburg Dr. Die Maschinenfeuerversicherung und Maschinenbetriebsschädenversicherung. 938.
Westphal W., siehe „Handbuch der Physik".
Wiegand, Dipl. Ing. A. „Güldner", Betriebskalender und Handbuch für praktischen Maschinenbau. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 39.
Wietz H. und Erfurth C., siehe Krieger H.
Wotruba, Prof. Dr. R. Der ein- und mehrphasige Wechselstrom. Von Ing. F. Fritz. 395.
Zabransky, Dr. Ing. H. Die wirtschaftliche Regelung von Drehstrommotoren durch Drehstrom-Gleichstrom-Kaskaden. 932.
Eingelaufene Bücher. 18, 39, 57, 78, 100, 159, 178, 198, 260, 287, 307, 331, 455, 475, 494, 515, 532, 667, 681, 699, 752, 772, 843, 898, 938, 1027, 1047, 1068.
Eingelaufene Druckschriften. 198, 217, 237, 260, 307, 332, 414, 435, 476, 494, 515, 682, 898, 957.
Neue Preislisten. 18, 39. 78, 100, 178, 198, 376, 414, 476, 939, 1027.

Patentberichte

Kabel.

Starkstromkabel, Bauart 16
—, Verlegung 55
Schwachstromkabel 76

Sicherungseinrichtungen

f. Maschinen, Apparate und Netze 117, 176, 195, 235

Elektrische Meßinstrumente.

Meßgeräte 329
Oszillographen 330
Registrierende Instrumente 354
Meßschaltungen 354
Meßstromwandler 373
Prüfapparate 374

Elektrizitätszähler.

Induktionszähler 411, 432
Gleichstromzähler 433
Tarifzählung 433
Tragwerke und Zählertafeln ... 453
Zeitzähler 454

Elektrische Regulierung.

Elektrische Widerstände 492
Spannungsregler, Stromregler .. 604
Regelung von Gleichstrommasch. 605, 664
Regelung v. Gleichstrommotoren 665
Einrichtungen zur Fernschaltung 678
Regelung von Umformern 696
Regelung von Ein- und Mehrphasenmaschinen .. 697, 713, 731
Regelung von Ein- und Mehrphasennetzen 768
Regeleinrichtungen mittels Transformatoren 769
Regelung von Ein- und Mehrphasenmotoren 770, 841

Kondensatoren i. Starkstromanlagen 858

Relais 896

Elektrochemische Gleichrichter.

Elektrolytische Gleichrichter .. 918
Oxyd-Gleichrichter 918

Mechanische Gleichrichter.

Pendelgleichrichter 934
Rotierende Gleichrichter 934

Digitized by Google

Vereins-Nachrichten

Bilanz des Elektrotechnischen Vereines für 1926. 244.
Entwurf von „Sondervorschriften für Bergwerke". 309, 334.
Entwurf von Vorschriften für Freileitungen. 239, 264.
Gebarungsausweis des Elektrotechnischen Vereines für 1926. 244.
Internationale Elektrotechnische Kommission (I. E. C.). 39.
Normblattentwürfe von Rundfunkgeräten. 1003.
Protokoll der 45. ordentlichen Generalversammlung vom 6. April 1927. 534.
Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen:
— Vorschriften für das Rundfunkwesen. 287.
— — Behördliche Genehmigung. 517.
— — Sondervorschriften. 878.
— Neue Sicherheitsvorschriften. Behördliche Genehmigung 609, 845.
Tätigkeitsbericht über das Vereinsjahr 1926/27. 262.
Voranschlag des Elektrotechnischen Vereines für 1927. 244.

Sachverzeichnis

A

Abdeckhaube f. elektr. Apparate 303, 864
Abgasturbine 817
Ableiter, Funkenableiter 176
—, Hörnerableiter 118
— m. rotierenden Scheiben . . . 118
—, Überspannungsableiter der SSW 118
Abwärmeverwertung 286
s. a. Wärmespeicher.
Adsorptionskraft 11
Aethertheorie 11
Akkumulator 589
—, Ladeschalter 52
— f. Lokomotiven . . . 451, 747, 999
—, Speicherbatterie f. Spitzendeckung 871
— f. Triebwagen 256
Aldrey 1071
Algebra, Grundlagen 56
Almelec, Al-Legierung 603
Aludur 1071
Aluminium 553, 1071
—, Legierung 136, 553, 603, 1067, 1071
—, Leitfähigkeit 514
— f. Leitungen 136, 548
— —, Normung 928, 1066
—, Statistik von Erzeugung und Verbrauch 416
Altern v. gehärtetem Stahl . . . 38
— v. Isolatoren 75
Anlasser, Isolation 861
— aus Isolierstoff 892
—, Wendeselbstanlasser 471
Antrieb, elektr., i. Bergbau . . . 99
— v. Bohnern 472
— i. Drahtwalzwerk 231
— v. Drehscheiben 95
— v. Dreschmaschinen 1043
— v. Druckmaschinen 255
— i. d. engl. Industrie 415
— v. Erdbohrern 917
— v. Fördermaschinen 321
— v. Greifern 665
— v. Hämmern 111
— f. Handbohrmaschinen 472
— v. Hilfsmaschinen auf amer. Schiffen 323
— f. Holzbearbeitungsmasch. . . 71
— v. Kalandern 665
— v. Kranen 352, 665, 1044
— v. Küchenmaschinen 137
— mit mehreren Motoren . 665, 666
— f. Nähmaschinen 472
— v. Papiermaschinen 199, 321
— v. Papierrollen 256
— v. Pressen 136
— eines Pumpwerkes 854
— i. Sägewerk 644
— v. Schiebebühnen 95
— v. Schiffen 284, 323
— v. Selfaktoren 841
— v. Setzmaschinen 255
—, z. synchronen Bewegungsübertragung 110
— v. Textilmaschinen 199
—, Übersetzungsverhältn., graph. Ermittlung 484
— v. Walzwerken 231, 321
— — dch. Synchronmotoren . . 70
— v. Weichen 38
— v. Werkzeugmaschinen 644
Anzapfdampf z. Vorwärmung . . 71
Arbeiterschutz i. Österr. 331
Arbeitsdiagramm s. Ortskurve.
Arbeitsvorbereitung 1027
Aschengehalt v. Öl, s. Öl.
Asynchrongenerator 951
— m. Kapazitätserregung . . 447, 847
—, wechselstromerregt . . . 701, 713
Asynchronmotor, s. Induktionsmotor.
Atomgewicht 378
Atommodell 377
Atomnummer 378
Atomzertrümmerung 11, 377
Aufzugbau, Lehrbuch 937
Ausbreitungswiderstand, Messg. 354
Ausdehnungskoeffizient, therm. . 354
Ausfuhr, elektrotechn., s. Außenhandel.
Ausnutzungsfaktor 19
Außenhandel, elektrotechn. 19
— n. China 80
— v. Dänemark 160
— v. Deutschland 984
— v. Frankreich 700
— v. Großbritannien 159
— v. Japan 516
— v. Österreich, Statistik 218
— d. Schweiz 628
— n. Süd-Afrika 40
— d. V. St. A. u. Kanadas . . . 435
Ausstellung, int. Elektr. i. Como 260
—, techn. Neuerungen 455
— d. Techn. Versuchsanstalten . 494
—, Volta-Ausstellung i. Como . 1081
—, Werkstoffschau i. Berlin . . . 1079

B

Bahn, elektrische
Bahnkraftwerk:
Achenseewerk 569
Mallnitzwerk 568
Spullerseewerk 561, 961
Stubachwerk 565
m. Dampfspeicher 281, 282
Bahnmotor:
Doppelmotor 584, 587
Einphasen-Kollektormotor 61, 546
Gestellmotor 123
Gleichstrommotor 283
Tatzenlagermotor 123
m. Zwischenrotor 901
Elektrifizierung:
i. Amerika 322
d. Deutschen Reichsbahn 560, 1030
i. Italien 557
d. Ö. B. B. 561, 1029
i. d. Schweiz 558, 1030
d. spanisch. Nordbahn 601
Motorwagen:
Akkumulator-Triebwagen . . 256
Bauart 322, 1063
i. Bayern 645
benzinelektrischer 213, 323
Untergestell 14
Werkstätte 1063
Unterwerk:
Danöfen 1055
Feldkirch 563
Pasing 229
m. Quecksilberdampfgleichr. 326, 982
Seebach (SBB) 641
—, Anlagekosten 1031
—, Betriebskosten 1031
—, Betriebsstatistik, intern. . . . 1062
— m. Gleichstrombetrieb, Spannung 981
—, Handbuch 843
—, Nutzbremsung b. Gleichstrom 232
— f. Postbeförderung 999
—, Sicherungsanlage elektr. . . . 337
—, Signaleinrichtungen 305
—, Wirtschaftlichkeit 1031
— —, g. Dampfbetrieb . . . 550, 1029
s. a. Fahrleitung, Lokomotive elektr., Straßenbahn elektr., Unterwerk.
Baud, Einheit der Telegraphiergeschwindigkeit 18
Befehlsraum, s. Kommandoraum.
Belichtung, künstliche, v. Pflanz. 858
Bergbau, Antriebe 99
—, Elektrizitätsversorgung 392
— i. Italien 237
—, Vorschriften d. EVW 309
Berufskrankheiten i. d. Elektroindustrie 229
Betriebsführung 178
Bilanz d. EVW 244
Blei, Preise 308
Blockeinrichtung f. Eisenbahnsicherung 339
Blondelion 931
Bohner f. Fußböden, el. angetr. 472
Bohrmaschine, Handbohrmasch. . 472
Boltzmann-Spiegel 257

Digitized by Google

Brandschutz f. el. Masch. . 173, 352
Bremse, Fallgewichtsbremse . . . 114
— f. Fördermaschinen 114
— f. Krane 1044
Brennkrafttechn. Ges. 198
Brennstoff 455, 494
—, flüssiger 286, 324
Buchhaltung 56, 259
Bügeleisen, elektr. 470
Bürste 33, 1041
—, Kontaktwiderstand 767
—, Potentialkurve, Aufnahme . . 201
—, Radialbürste 33
—, Reaktionsbürste 33
s. a. Gleichstrommaschine.

C

Chemische Technologie, Unterr. 531
Corsonit, Legierung 529

D

Dampfkessel, amerik. Bauart . . . 853
—, Anheizverlust 1066
—, Ausgleich, Regelung 139
—, Baustoffe 359, 768
—, Dampfkesselehre 531
—, Elektrokessel i. München . . 324
— — f. Hochspannung 603
— — als Reservekessel 324
—, Feuerung 751
— —, Feuerraum 107
— —, Kohlenstaubfeuerung . 12, 621, 622, 826, 894
— —, f. Öl- u. Staubfeuerung . . 622
— —, Regler 474
— f. Hochdruckdampf . . . 557, 621
— —, amerik. Erfahrung 936
— —, Bensonkessel 360, 762
— —, Hanomagkessel (Wien) . . 783
— —, n. Schmidt 357
— —, v. Sulzer 487
— —, Wadurfkessel 361
—, Kesselblech, kaustische Sprödigkeit 157
—, Parallelarbeiten 211
—, Schlangenrohrkessel 360
—, Sicherheit 1047
— m. Wärmespeicher 365, 867
—, Wirkungsgrad 710
— — i. Kesselhaus 753
s. a. Elektrizitätsw. — Dampfkraftwerk.
Dampfkraftanlagen i. d. Industrie, Kosten d. Krafterzeugung . . . 839
—, Wirtschaftlichkeit 839
Dampfmaschine für Dampfentnahme 545
—, Diphenyloxyd als Betriebstoff 190
—, Quecksilberdampfmaschine . . 190
—, Vorschaltmaschine 33
Dampfspeicher 365
— i. Bahnkraftwerk 281, 282
—, Ruthsspeicher 867
Dampfturbine,
Anlagen:
Bradford 408
Hell Gate (New-York) . . 190, 425
Kraftwerk Klingenberg 805
Mittelsteine 281, 445
Städt. El.-W. Wien 781
Witkowitz 387
—, amer. Bauart 331
—, Bergmannturbine 1040
—, Dampfverbrauch 72, 407, 686, 763
—, Dreizylinderturbine 763
—, Drosselregelung 685
—, Einfluß d. Dampfnässe 827
—, Einströmkammern 688
—, Füllungsregelung 685
—, Fundament 210
—, Gegendruckturbine 199
—, Getriebeturbine 446, 709
— —, Vorgelege 281
—, großer Leistung 809
—, Güte d. Turbine 929
—, Kondensationsturbine 72, 281, 446, 685
—, Lavalturbine 1022
— n. Ljungström 407
—, mehrgehäusig 640
—, moderne Entwicklung 445
—, Oerlikonturbine 1066
—, Quecksilberdampfturbine 190, 320
—, Regenerativturbine 71
—, Schaufeln aus Monelmetall . . 762
—, Steuerung 688
—, Umbauturbine 545
—, Vorwärmturbine 71
—, Wirkungsgrad 446, 930
—, Zoellyturbine 675
Darstellende Geometrie 646
Dielektrikum 16, 77
—, Absorptionstheorie 284
—, Aufladung 1002
—, Einfluß inhomog. Felder . . . 832
—, Konstitution 832
—, Verluste 233
— —, Messung 448, 833, 929
s. a. Durchschlagsfestigkeit, Kabel.
Dieselmaschine 70
—, Abnahmevers. 389
— i. Amerika 488
—, Glühkopfmotor 12
—, Hesselman-Motor 854
—, kompressorlos 212, 930
— m. Luftspeicher 710
— f. Pumpenantrieb 711
— zur Spitzendeckung . . . 718, 871
—, Systemwahl 50
—, Viertaktmaschine 930
— m. Vorverdichtung d. Turbogebläse 813
s. a. El.-Werk — Dieselkraftwerk.
Diesel-elektr. Lokomotive . . 156, 527
— f. Kleinbahnen 304
— d. Ö. B. B. 917
Dieselmotorwagen 213
Differentialgleichungen, Lehrb. . 714
Differentialrelais, s. Relais, Überspannungsschutz.
DIN-Normen . . . 119, 698, 898, 1047
Diphenyloxyd 190
Distanzrelais, s. Relais.
Dosismessung f. Röntgenstr. 11, 138, 208, 928
Drahtseil, magnetische Kontr. . . 192
s. a. Seilbahn.
Drehbank, automatische 493
s. a. Werkzeugmaschine.
Drehscheibe, Antrieb elektr. . . 95
Drehstromerregermaschine 470
Drehstromgenerator 23, 70
—, Abschalten bei Erdschluß . . . 697
—, amer. Bauart 320, 827
— f. Dieselantrieb 70
—, Entregung 95, 117, 616
—, Erregung 616, 697
—, Grenzen d. Leistung 611
— f. große Leistung 12, 69, 111, 190, 791
—, langsamlaufend 613
—, Parallelschalten 713
—, Prüfung 617
—, Schutzeinrichtungen 94
—, Spannungsregelung 697
—, Stabilität 111, 183
—, Temperaturkontrolle 613
—, Turbogenerator 69, 190, 254, 692
—, Wicklung 611
s. a. Maschine, elektr., Synchronmasch.
Drehstromsystem, unsymmetr. 296, 370
Dreschmaschine, el. angetr. . . . 1043
Drosselspule 321, 980
—, Stützdrossel 94
Drosselstoß f. Eisenbahnsichg. . 342
Druckknopfsteuerung f. Werkzeugmasch. - Antrieb 644
Durchführung aus Hartsteinzeug 865
—, Kondensatordurchführung 29, 524, 838
— f. Ölschalter 26, 405, 473
Durchschlagsfestigkeit 832, 1002
—, Feldstärke 982
— v. Hartpapier 512
— v. Isolatoren 13, 730
— v. Isoliermaterial 371
— v. Luft 256
— v. Öl 696
s. a. Dielektrikum, Isolator, Isoliermaterial.

E

Echosperre 279, 429
Einfuhr, elektr., i. Ägypten . . . 628
— n. Japan 516
—, Rußlands 700
s. a. Außenhandel.
Eisen, Gußeisen f. el. Masch. . . 1072
—, Roheisen, Erzeugungsstatistik 80, 218
—, Stahlguß f. el. Masch. 1072
—, Widerstand, elektr. 254
—, Eisenblech 1071
— —, Hysteresismessg. 881
— —, Leitfähigkeit 881
Eisenbahnsicherung 337, 414
Eisenbrand b. Synchronmasch. . 611
— b. Transformator 595
Elektrizität, atmosphärische . . . 589
—, Elektrizitätslehre, Einführung 626
—, Photoelektrizität 208
—, Piezoelektrizität 208
— d. Reibung 589
Elektrizitätsgesetz i. Österr., Kompetenzfragen 645
Elektrizitätsindustrie, s. Industrie - elektrotechn.
Elektrizitätspolitik 823
Elektrizitätsversorgung v. Amer. 486, 547, 729
v. Berlin 820
v. Bremen 639
v. Großbritannien 19
v. Ungarn 456
v. Vorarlberg 774
—, Baukosten 164
—, i. Bergbau, günst. Spannung 392
— f. d. Gartenwirtschaft 857
—, Grenzen d. Übertragung . . . 449
— f. d. Landwirtschaft 141, 164, 432
—, Rentabilität 164
—, Strompreis 164, 819
—, Wirtschaftlichkeit d. Verteilg. 149, 449
Elektrizitätswerk, Anlagekosten 21
—, Anschluß v. Kurzschlußmot. 161
—, Ausnutzungsfaktor 19

Digitized by Google

—, Eigenbedarfsanlagen . . 859, 1015, 1058
—, Entwicklung 21
— — i. Amerika 826
—, Hilfsmaschinen-Antrieb 1065
—, Lastverteiler 30
—, Parallelschaltung m. Wasserkraftwerk 1065
—, Speicherung 209, 546, 797, 867, 873
—, Spitzendeckung 867
— — i. Bahnbetrieb 874
— — m. Dieselmotor 718, 871
— —, Kostenvergleich 873
— —, Speicherbatterie 871
— — aus Wasserkraft 1065
s. a. Speicheranlage.
—, Statistik d. Österr. E.-W. 263, 497, 699
—, Tarifgestaltung i. Berlin . . . 819
—, Zusammenschluß 511, 731, 766, 840
— —, Trennung v. Netzteilen . . 177

Dampfkraftwerk.

Anlagen:
Avon (Cleveland) 11
Cahokia 107
Charlottenburg 821, 870
Columbiawerk (Ohio) 544
East River-Werk (N.-York) 893
d. Ford Motor Co. 426
Fordsonwerk 107
Holtwood 1065
Kearny (New Jersey) 209
Klingenberg (Berlin) 822
Malmö 870
Picway-Werk (Ohio) 487
Wien 781
—, Ausgleich der Belastungsschwankungen 139
—, Kohlenförderung 12
—, Kohlenverbrauch b. versch. Belastung 753
—, Kühlturm 930
—, Regelung 139
—, Richtlinien f. d. Bau . . 621, 622
—, Wärmeverbrauch 357
— —, Messungen 1026
— wirtschaftl. Betriebsplan . . . 753

Dieselkraftwerk.

a. Panamakanal 763

Wasserkraftwerk.

Anlagen:
Achenseewerk 850
Balch-Kraftwerk (Kalifornien) 488
Bâtonwerk (Grenoble) 709
Beaumont-Monteux 107
a. Coghinas (Sardinien) 105
Cordéac 107
Eget 107
Eguzon 106
Lünerseewerk (Vorarlberg) . 777
Mallnitzwerk 568
Martin Dam 209
Mittlere Isar 515
Pernegg (Mur) 783
Sautet 107
Sept Lacs 107
a. Shannon (Irland) 640
Spullerseewerk 561, 961
Stubachwerk 565
Vermuntwerk (Vorarlberg) . . 776
Wallenpaupack-Werk 405
West Buxton 709
—, automatisches 322
—, Belastungsausgleich 259
—, Einlauf 969
—, Entsandungsvorrichtung . . . 23
—, Handbuch 957
—, Krananlage 22
—, neuzeitl. Entwicklung 22
—, Rechen, Reinigung 828
— —, Fußrechen 22
—, Sperrmauer 965
—, Untergewichts-Stauklappe . . 22
—, Wassermengen-Prognose . . . 22
—, Wassermessung 22
s. a. Rohrleitung, Speicheranlage.
Elektrizitätszähler 876
—, Blindleistungszähler . . . 437, 876
— —, registr. 765
— f. Drehstrom, Eichung 427
—, Einheitszähler 1023
—, Elektrolytzähler 433
—, Gleichstromzähler 433
—, Grenzstromrelais zum Umsteuern 433
—, Höchstverbrauchsmeßwerk . . 434
—, Induktionszähler, Anker 412
— —, Ankerscheibe 432
— —, magn. Nebenschluß 411
— —, Spannungseisen 412
— —, Temperatureinfluß 981
— —, Triebsystem 411
—, Prüfung 192, 355, 952
—, Schmieröl 490
— m. Selbstverkäufer 433
—, Tarifzähler 433
— —, Doppeltarifzähler 433
—, Träger 453
—, Zählertafel 453
—, Zeitzähler 454
— — f. d. Leerlaufzeit v. Transf. 454
Elektrochemie, Lehrbuch . . 356, 898
Elektrokessel, s. Dampfkessel.
Elektrolyse, Einführung v. Heilmitteln 258
Elektrometer als Wattmeter . . . 234
Elektromobil 36, 96, 327, 937
— f. Postdienst 844
s. a. Akkumulator.
Elektromotor 936
—, amer. Bauart 320
—, Gleichstrommotor, Kommutierung 283
— —, Reguliermotor 592
— i. Haushalt 137
—, Schutzschalter 113, 468
—, Signal f. Anfahren 602
—, Steuerapparat 1047
—, Tauchmotor 917
s. a. Elektrische Bahn-Bahnmotor, Induktionsmotor, Kollektormotor.
Elektronen, Hüllenelektronen . . 378
Elektronenröhre, s. Glühkathode, Telephonie-Verstärkereinrichtung.
Elektrophysiographie 493
Elektroschlepper 452
Elektrostahl, Welterzeugung . . . 920
Elektrotechnik, Jahrbuch 681
—, Lehrbücher 55, 56, 99, 118, 217, 356, 735, 859, 937
—, Rechenmethode 296
—, Zeitfragen 376
Elektrowärme, s. Futterdämpfer, Heißwasserspeicher el., Heizung el., Ofen el.
Elementarquantum 351, 380
Elemente, Umwandlung 379
Energieübertragung, s. Elektrizitätsversorgung, Leitung el.
Entsandungsvorrichtung 23
Erdöl, Bedeutung f. d. Wirtsch. 60
Erdschlußschutzeinrichtung 28, 66, 287, 951
—, Anzeigevorrichtung 447
—, Löschspule 235
—, Relais 27, 94, 235, 932
— — f. Generatoren 94, 693
s. a. Relais.
Erdstrom b. Fahrleitungen . . . 712
Erdung, Ausführung 27
— b. Schaltapparaten 866
—, Widerstand, Messung 36, 192, 354
Erfindungen i. Amerika u. Europa 197
s. a. Patentwesen.
Erwärmungsgleichung 317
Explosionsschutz f. el. Masch. 34
Exsicator 25

F

Fahrdiagraph 767
Fahrleitung, Bauart d. Ö.B.B. 563, 571
—, Erdstrom 712
—, Schaltung b. d. Deutsch. R. B. 624
—, Spiralfederneinbau 954
Fahrstraßensperre b. Eisenbahnsicherungen 344
Fassung m. Berührungsschutz 408, 644, 662
Feld, elektr., mechan. Darstellg. 53
Feld, magnet., Definition . . 98, 714
—, Drehfeld 101
— v. hoher Dichte 158
— i. Maschinen, elektr. 173
—, Messung 728
s. a. Magnet, Magnet. Messg., Maschine el.
Feldleistung 690, 923
Feldspannung 690
Ferialtechnikerdienst, österr. . . . 627
Fernanzeiger 1000
Fernschaltung, elektr. 678
Ferrariszähler, s. El.-Zähler-Induktionszähler.
Ferrotherm, Legierung 529
Festigkeitslehre 79, 1047
s. a. Materialprüfung.
Festigkeitsprüfmaschine 626
Feuerung, s. Dampfkessel.
Filter, elektr., Berechnung 327
Fischzucht, el. Einrichtung 876
Flächensatz i. d. Hydrodynamik 427
Fliehkraftriemenscheibe f. Induktionsmotor 472, 875
Fließarbeit 236
Flußlauf, Einfluß d. Achsendrehung d. Erde 176
Förderanlagen, elektr. 475, 772
—, Fördermaschine . . . 321, 698, 736
Förderung v. Massengütern . . . 177
Frequenzumformer . . . 70, 109, 642
—, ruhender 373
Funkenableiter, s. Ableiter.
Funkenstrecke, Entladeverzug . . 546
—, Funkenkonstante 634
—, Kugelfunkenstrecke z. Spannungsmessung 428, 512
— zur Strommessung 693
Futterdämpfer, elektr. 470

G

Galvanometer 329
—, Kriechgalvanometer 391
Gartenwirtschaft, s. Elektr.-Versorgung.
Gas, Kosten d. Fortleitung . . . 80
Gasentladung 927

Digitized by Google

Gasmotor, s. Verbrennungskftm.
Gastechnik 751
Gasturbine, Abgasturbine 817
Gaußmeter 728
Gebarungsausweis d. EVW . . . 244
Gebläse, Antrieb m. Abgasturb. 817
Geschäftsberichte und Betriebsergebnisse:
AEG-Union El.-Ges. 667
Allgemeine Elektrizitäts-Ges., Berlin 219
Allmänna Svenska Elektriska A.-B., Västeras 307
Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim 307
Continentale Ges. f. el. Unternehmungen 628
Deutsch-Atlantische Telegraphenges., Berlin 334
Elektrische Bahn Dornbirn—Lustenau 860
Elektriztäts-A.-G. vorm. Schuckert & Co. 668
„Elin" A.-G. f. elektrot. Industrie 555
Felten & Guilleaume, Wien . 516
Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a. M. 436
Franz Křižik A.-G., Prag . . 288
Dr. Paul Meyer, A.-G. 516
Österr. Brown, Boveri-Werke A.-G., Wien 436
Österr. Siemens-Schuckert-Werke 647
Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H., Berlin . . 261, 984
Siemens & Halske A.-G., Berlin u. Wien 237
Tschechoslowak. AEG, Prag 288
Ungarische Transdanubische Elektriz. A.-G. 456
Vereinigte Elektr. A.-G., Wien 859
Vereinigte Telephon u. Telegraphenfab. A.-G. Czeija, Nissl & Co., Wien 860
Gesellschaft, Brennkrafttechn. . 198
—, Deutsche, f. Metallkunde 878, 1066
— Deutscher Naturforscher und Ärzte . . . . . ,
—, österr., f. Technik i. Haushalt 8
— f. Wärmewirtschaft 455
s. a. Jahresversammlung. 680
Getriebe m. Reibrädern 931
—, Zahnradgetriebe 281, 681
Gewerbeinspektion i. d. Elektrot. 226
Gewinde 178
Gewitterforschung 230
Gießerei 938
—, Guß v. Metallen 493
—, Kokille 178
Gleichrichter 356, 983
—, Bakelitgleichrichter 928
—, Blindleistungsverbrauch 511
—, elektrolytischer 918
—, Elkongleichrichter 928
—, Glimmlichtgleichrichter 927
—, Oxydgleichrichter 747, 918
—, Pendelgleichrichter 934
—, Quecksilberdampfgleichrichter, Anlagen:
i. Berlin (Stadtbahn) . . . 326
i. Bonn 717
i. V. St. A. 71
i. Wien 71, 797
— —, Glasgleichrichter 474
— —, Kühlung 305
— —, Leistungsmessg. üb. Stromwandler 423, 921
— —, f. Unterwerk, automat. . . 352
— —, Vakuummeßvorrichtg. . . . 96
—, rotierender 934
— m. schwingend. Kontakten . . 678
Gleichstrommaschine 592
— f. Dreileiternetze 542
—, Eisenverluste 592, 882
—, Feldverteilung 173
—, Grenzen d. Leistung 590
— f. Hochspannung 590
— —, Anodengenerator 1041
— f. hohe Stromstärken 590
—, homopolar 593
—, Kommutierung . 34, 173, 201, 283, 591, 592
— f. konstante Spannung 664
—, Kupferverlust 592
—, Leistungsgrenzen 389
—, Parallelschalten 665
—, Puffermaschine 371
— m. Querfeld f. Zugbeleuchtg. 664
—, Regulierung 605
—, Spannungsteiler 592
—, Stromverdrängung i. Anker . 592
— f. Turbinenantrieb 592
—, unipolar 593
—, Verluste 592
—, Wicklung 592
— f. Zugsbeleuchtung 664
s. a. Bürste, Kollektor, Maschine el.
Gleichstrommotor, s. Elektromot.
Gleichstromtechnik 38
Gleichstromtransformator 954
Glimmentladung 927
— als Übersp.-Schutz 28, 176
—, Glimmlichtröhre 214
Glühkathode 10
Glühlampe, Fassung . . 408, 644, 662
Glyptal, künstl. Harz 604
Grammophon-Platte, Herstellung 430
Greifer, elektr. ang. 665

H

Hammer, elektr. 111
Harmonische Schwingungen . . . 477
Harz, künstliches 604
Hauptversammlung, s. Jahresversammlung.
Hebezeug, s. Kran.
Heißwasserspeicher, elektr. 97, 553
Heizung, elektr., ... 97
—, Heizgerät 37, 661
— —, Steckvorrichtung 1076
—, Isoliermaterial 97
—, Kosten 858
— v. Mistbeeten 97
— f. Preßlufterhitzung 305
— v. Straßenbahnwagen 857
— i. Treibhaus 329
s. a. Futterkocher, Heißwasserspeicher el., Wärmespeicher.
Hitzdrahtinstrument 931
Hochfrequenzmaschine 345, 618, 929
Hochfrequenzofen 71, 475, 603, 619, 595
Hochfrequenztransformator . . . 456
Hochwasserschutz 515
Höchstspannungs-Tagung, Essen
Hörnerableiter, s. Ableiter.
Holzmast, s. Mast.
„Hütte", Taschenbuch 38, 434
Hüttenwesen i. Italien 237
Hundertjahrfeier n. Volta 724
Hydraulik 118
Hydrodynamik, technische 99
—, Flächensatz 427
Hygrometer, elektr. 74
Hypernik, Ni-Fe-Legierung 409
Hysteresis v. Eisenblech 881
—, Erhöhung d. Verluste dch. Stanzen 882
—, experim. Untersuchung der Schleifen 941
—, Koeff. v. Blech 881

I

Impedanzrelais 727
Imprägnieren v. Holzmasten . . . 394
Induktionsgenerator, s. Asynchrongenerator.
Induktionsmotor 177, 470
—, Anlassen 619
— —, Anlaßwiderstand 325
— —, Einschaltstr., oszill. Aufn. 162
— —, Fliehkraftanlasser 472, 619, 875
—, Aussetzleistung 510
—, Doppelfeldmotor 620
— m. Doppelkäfiganker 470
—, einphasig 727
— —, Anlaufteld 102
—, Grenzen d. Leistung 620
— v. großer Leistung 71
— m. hin- u. hergehend. Bewegg. 110
—, Kaskadenschaltung 417, 441
—, kompensierter 221, 841
—, kompoundierter 221
—, Kühlung 619
—, Kurzschlußmotor 161, 875
—, Nutenschlitzfeld 738
—, Phasenkompensierung 669
—, Reddamotor 620
— m. Regelmaschine 31, 134, 237, 701, 841, 932
—, Reluktanzverlust 738, 909
—, Rotor, Bauart 254, 619
—, Sägezahnfeld 738
—, Schutzschalter 113, 135
—, Stern-Dreieck-Schaltung . . . 161
—, synchroner Betrieb . . . 325, 770
—, Treppenverluste 738, 907
— f. variable Frequenz 109
—, Zahnspannung 914
—, zusätzl. Eisenverl. . 727, 737, 881
— m. Zwischenrotor 621, 901
s. a. Kollektormotor, Maschine elektr.
Induktivität, Messung 301, 928
Induktionszähler, s. El.-Zähler.
Industrie, Bericht d. Wiener Handelskammer 159
—, Eisenindustrie d. V. St. A. 159, 1028
— i. England, Verwendung mot. Kraft 415
—, französische 698
—, Industrie-Compaß 919
—, Maschinenindustrie 435
—, Statistik d. Maschinen 960
—, **elektrotechnische,** Berufskrankheiten 229
— — i. Deutschld. 200, 415, 683, 879
— — i. Großbritannien 829
— — i. Japan 516
— —, Süd-Afrika 40
— — i. V. St. A. 288
— — d. Welt 607
Installationstechnik i. Amerika . . 850
—, Reichsverband i. Deutschland 75, 1047
Installationsmaterial 1077

Digitized by Google

—, gußgekapseltes 468
Institut f. Konjunkturforschung i. Österr. 555
Interferometer 257
Internationaler Ausschuß f. Telegraphie 18
Internationales beratend. Kom. f. d. Weitsprechverkehr (C.C.I.) 367
Internationale Elektrotechnische Ausstellung, Como 260
Internationale Elektrotechnische Kommission (I. E. C.), Tagung i. Italien 606, 976
Internationaler Kohlenkongreß . 80
Internationale Konferenz für Fragen d. Hochspannungskraftübertragung, III. Konferenz, Bericht 374
—, IV. Konferenz ... : 119, 831, 1080
Internationaler Kongreß f. angewandte Mechanik, II. ... 79
Internationaler Materialprüfungskongreß 750, 1025
Internationaler Physikerkongreß 646
Internationaler Straßenbahn- u. Kleinbahnkongreß, IV. . 414, 1062
Isolationsmessung 919
—, Isolationswiderstand, Messg.. 374
— v. Kabeln 326
Isolator 29, 1075
—, Abspannisolator 473
—, Alterung 75
—, amer. Typen 486
—, Beanspruchung 75, 188
—, Betriebserfahrg. i. Amerika . 827
—, Durchführung 1075
—, Kondensatordurchführung 524, 838, 1075
— —, Mehrrohrdurchführung .. 744
—, Durchschlagsfestigkeit .. 13, 730
— a. Hartpapier 25, 512, 1075
—, Hängeisolator 473, 643
—, Kittung 75
—, Kriechweg 863
—, Normung 952
—, Prüfung 13, 188, 206, 374, 597, 999
— —, Meßstange 473
— aus Steatit 430
— aus Steinzeug 430
—, Stützisolator 730, 1076
—, Suklamisolator 549
—, Zugfestigkeit 135
Isolierbüchse 865
Isoliermaterial 475, 831, 958, 1072, 1075
—, Absorptionstheorie 284
—, Durchschlagsfestigkeit .. 371, 982
—, Entlastungseinrichtung 1074
—, Erwärmung 1073
—, faserig 233
— i. d. Fernmeldetechnik 1078
—, Gummi 97
—, Harz, künstl 604
— f. Installationen 1077
—, Ionisationsspannung 837
—, Isolémail 625
—, Isolierlack 625
—, keramisches 411, 430, 999
— f. Kochgeräte 1076
— f. Leitungen 1077
— f. el. Maschinen 1077
— f. Meßinstrument 1077
—, Prüfung 411, 999, 1072
— f. Turbogeneratoren 255
—, Vergußmasse 838, 958, 1075
Isolierrohr m. Metallmantel ... 661
Isolierstofftagung in Berlin . 892, 1072
Isotope Elemente 378

J

Jahrbuch, tschechoslowakisches . 898
Jahresversammlung d. Brennkrafttechn. Ges. 198
—, C. C. I. 367
—, 45. d. EVW, Protokoll ... 534
—, Deutsche Ges. f. Metallkunde 1066
—, Ges. Deutsch. Naturf. u. Ärzte 8
—, Hochspannungskonferenz, III. 374
— —, IV. Konferenz 119
—, Österr. Verein Deutscher Ing. 554
—, Röntgenkongreß 138
—, Verband d. El.-W., Bregenz 734
—, 32., d. VDE 495
—, Verband el. Handelsfirmen .. 531
—, Verband f. Materialprüfung .. 58
— d. Verb. Österr. Lokalbahnen 531
Jubiläum, d. AEG 476
— d. Deutschen Patentamtes .. 679
— d. Maschinenfabrik Oerlikon . 734
— v. Volta 956

K

Kabel, Meran — Bozen 1037
—, Bauart 16, 321
— —, Anacitkabel 474
— —, H-Kabel 450, 661, 834
— —, S.-Kabel 836
— —, S. L.-Cable 450
— —, So-Kabel 835
—, Bewehrung 16
—, Endverschluß 26, 55
—, Erwärmung, Verluste 916
— —, Wärmeableitung 55
—, Gaseinschlüsse 661
—, Gleichstromkabel f. 150 kV .. 828
— f. Hochspannung 30, 450, 486, 563, 661
— — m. Hohlseil 660
— Isolationsmessg. m. Gleichstr. 326
—, Kabelkondensator 469, 835
—, Kabelnetz i. Paris 451
—, Kennzeichnung 17
—, Korrosion v. Bleikabeln 549
—, Mantel 450
—, Muffe 55
—, Papier f. Kabel 833
—, Prüfung 623, 660, 834
— —, Grenzspannung 836
— —, Zeitspannungscharakt. ... 836
—, Telegraphenkabel .. 334, 491, 767
—, Telephonkabel 76
Anlagen:
Belgien 749
Deutschland — England .. 999
Europäisches Netz 1045
Frankreich 749
Holland — England .. 661, 999
Mühlheim — Arnheim ... 353
Österreich 57, 269
d. Ö. B. B. 572
— —, Entwicklung 1083
— —, Fehlerortsbestimmg. 695
— —, Krarupkabel 76
— —, Lieferungsbedingungen, int. 369
— —, Leiter, elektrolyt. Niederschlag 77
— —, Pupinisierung 276, 1024
— —, Sternkabel 368
— —, Verhinderg. d. Überhörens 276
s. a. Telephonie.
— f. telegraph. u. telephon. Verkehr 18
—, Vergußmasse 838, 958
—, Verlegung 55, 451
— —, Abdeckplatte 55
—, Verseilung 525, 746
Kalander, elektr. ang. 665
Kalender, techn. .. 39, 78, 100, 307
Kältelaboratorium d. PTR 927
Kapazität, Kapazitätskoeffizient einer Leitung 764
— v. Lagern 929
—, Messung m. Kippschwingg. . 641
s. a. Kondensator elektr.
Kathodenlicht 10
Kathodenstrahlen 153
—, Einfl. d. Bestrahlung 155
—, Oszillograph .. 30, 157, 230, 633
Kathodenzerstäubung 208, 927
Kathodophon 430
Kettenleiter, Berechnung .. 327, 430
Kettenschweißmaschine 470
Klemme, s. Leitung el.
Klemmleiste f. Steuerwalzen ... 865
Klydonograph 631
Kochgerat, elektr., Bauart 37
Kohle, int. Kongreß 80, 332
—, Kohlenwirtsch. i. Österr. 260, 683
— —, internationale 80, 684
—, Statistik 218
—, Verladung i. Schiffen 1064
—, Verschwelung 198
s. a. Dampfkessel-Feuerung, Elektrizitätsw. - Dampfkraftwerk.
Kollektor, Bauart 1041
—, Rundfeuer 283
—, Schleifen 325
s. Gleichstrommaschine.
Kollektormotor 841
—, Drehschub 62
—, einphasig, Ausnützung 61
— —, Bürstenüberdeckung 65
— —, Kommutierung 61
— —, Transformatorspannung .. 64
— —, Übersynchronismus 61
—, Leistungsparameter 62
s. a. Induktionsmotor, Maschine elektr.
Kommando-Apparat 322
Kommandoraum 27, 112
Kommutierung, s. Gleichstrommaschine, Maschine el.-Kollektormotor.
Kompensationsmessg. f. Wechselstrom 355, 428
Kondensator (Dampf) Erosion .. 710
—, Reinigung m. Salzsäure ... 675
s. a. Dampfturbine, El.-Werk-Dampfkraftwerk.
Kondensator, elektr. 858
—, Durchführungskond. .. 524, 838
— —, Meßwandler 29
— z. Gleichstromtransform. ... 954
—, Herstellung 858
—, Kabelkondensator 469
—, Kugelkondensator 175
—, Meßkondensator 355, 524
—, Prüfung 449
— aus S-Kabeln 835
—, Schutzringkondensator 208
— z. Verminderung d. Reaktanz v. Leitg. 542
Kongresse, s. Internationale K., Jahresversammlung.
Konjunkturforschung i. Österr. 555
Konstruktionen, elektromech. .. 666
Kontaktwiderstand 492, 676
Kraftwagen, elektr., s. Elektromobil, Omnibus.
Kraftwirtschaft i. d. Industrie .. 897
Kran, Anlagen i. Betrieben ... 454

Digitized by Google

— — i. El.-Werk 22, 1060
—, Antrieb m. Kollektormotor .. 1044
—, Hubwerksantrieb 352
—, Hubwerkschaltung für Drehstromserienmotoren 549
— m. zwei Hubwerken 665
—, Lokomotivkran 451
—, Senkbremsschaltung 1044
—, Steuerschaltung 1044
Kristall, Kristallstruktur ... 9, 982
—, Leitfähigkeit 208
—, Mischkristalle 9
— —, Legierung 1067
—, Verzerrung v. Metallkristallen 79
Kugelfunkenstrecke 428, 512
Kühlturm 930
Kupfer, Elektrolytkupfer 1067
—, Preise 308
s. a. Legierung, Leitung el.
Kurzschlußstrom, Berechnung .. 73
—, Modellversuch 728

L

Laboratorium f. Kältemessg. 91, 927
— f. magn. Messungen 929
—, Prüflaboratorium f. Hochspg. 599
Lack a. synth. Harz 625
Lager, Gleitlager 1041
—, Lagermetall 9
— f. Vertikalgeneratoren . 109, 615
—, Kapazität 929
Landwirtschaft, s. Elektrizitätsversorgung.
Lastverteiler in El.-W. 30
Lebensbeschreibung v. C. Bach 331
— v. T. A. Edison 293
Legierung, Al-Legierg. 136, 553, 603, 1067, 1070, 1071
—, Corsonit 529
—, Ferrotherm 529
—, hitzebeständig 529
—, Hypernik 409
—, Kupferlegierung, f. Leitungen 128, 136, 529, 857, 1069, 1070
—, Blei-Lithium 9
—, Miramant 553
—, Mischkristallegierung 1067
—, Mumetall 767
—, Nialit 529
—, Nickel-Eisen 409, 489, 767
—, Nichrotherm 529
—, Permalloy 767
—, säurefeste 159
—, Silizium-Eisen 409, 1001
—, Widerstandsmetall 1070
Leichtmetall 9, 936
—, Zugfestigkeit 430
s. a. Aluminium, Legierung.
Leistungsfaktor 771
—, Regler 732
Leistungsspannung 690
Leistungswage 34
Leitfähigkeit, elektr., v. Alumin. 514
— —, Normen 928, 1066
—, Einheiten 727
— v. Gußmetall 1069
— v. Kristallen 208
—, Supraleitfähigkeit ... 9, 208, 927
Leitung, elektr.
Anlagen:
i. Deutschland, Al-Leitg. ... 237
Flußüberspannung f. 220 kV . 449
d. Southern Cal. Edison Co. (Vincent) 642
Turtmann-Chippis 137
Übertragungsleitg. d. Ö. B. B. 570
d. Wallenpaupack-Werkes .. 407
—, Abschaltrelais 177
—, Abspannmuffe 137
—, Anschlußleitung f. Apparate . 863
—, Anthygronleitung 474
—, Ausschwingen d. Leitung .. 303
—, Belastung isol. Leitg. 526
—, Berechnung 393, 666, 933
—, Bergmannrohr 468
—, Durchhang, Messung 103
—, Einfluß v. Gewittern 230
— f. Ein- u. Mehrphasenstrom . 1042
—, Eisbelastung, Merkblatt 548
—, Erwärmung b. Kurzschluß .. 855
—, Höchstspannungsleitg. i. Amer. 485, 491
—, Hohlseil 30, 473
—, Induktanz 156
—, Isolierstoff 97, 1077, 1078
—, Kapazitätskoeffizient 764
—, Klemme, Rutschklemme 485
— —, Unimaxklemme 474
—, Kontaktleitung (Nagy) 474
—, Korona, Schutz dch. Umhüllg. 55
—, Leiterzüge, ungleiche 547
—, Leitungsnetz, Berechnung .. 765
— —, Kosten 146, 152
— —, Kurzschlußstrom 728
— —, Parallelschalten 731
— —, Stromkreis, allgem. 126
— —, Unterdrückung d. Oberw. 769
—, Material 29
— —, Alumin.-Leiter 548
— — —, legierter 136, 553, 603, 1071
— —, Bronze 1070
— —, Legierungen von Kupfer u. Nickel 136, 529, 857
— —, Stahlaluminium 643
—, Schwachstromleitg. d. Ö.B.B. 572
— —, Beeinflussung dch. Starkstrom 14, 18, 74, 116
— —, Instandhaltung 368
— —, Isolierstoff 1078
— —, Luftleitung f. Weitverkehr 368
— —, Zerstörung dch. Erdbeben i. Japan 215
s. a. Kabel, Telephonie.
—, Schwingungen, mechan. ... 185
—, Spannungsregelung ... 951, 1024
—, Spannweite 449, 485
—, spezifische Leitungslänge ... 147
—, Stromverdrängung 135
—, Turmwagen z. Untersuchg. .. 157
—, Überwachg. dch. Flugzeug . 450
—, Verlegung 643
—, Wanderwellenschutz 118
—, Windbelastung 185
s. a. Erdung, Elektrizitätswerk, Fahrleitung, Kabel.
Lichtgeschwindigkeit, Messg. .. 928
Lichttagessignal f. Eisenbahnsicherungen 343
Löten 493
Lokomotive, elektr.
Ausführungen:
d. Lötschberg-Bahn 766
f. Niederländisch-Indien ... 115
d. Österr. B. B. 574
—, Tabellarische Angaben .. 581
Paris — Orléans 676
Güterzugslokom. CC d. S.B.B. 601, 662
— d. Ö. B. B. 584, 587
Schnellzugslokomotive, 2 C 2 (Oerlikon) 662
—, 2 D_0 1 (Schweiz) 580
— —, (Deutschland) 583
—, 1 C + C_0 1 (Bern. Alpenb.) 582
—, 1 D_0 1 (Deutschland) 583, 953
— —, (Ö. B. B.) 585
—, 1 C + C 1 (Ö. B. B.) 585
Verschublokom. D (Ö. B. B.) . 585
Zahnradlokom. Berner Oberl. 677
—, Abraumlokomotive 902
—, Achsdruckänderungen 121
—, Akkumulatorlokom. 451, 747, 999
—, Antrieb v. Einzelachsen ... 582
— —, Hohlwellen 767
—, dieselelektrische 156, 304, 527, 917
—, Entwicklung i. Österr. 306
—, Fahrgeschwindigkeit 527
—, Fahrleistung auf den Ö. B. B. 588
—, Fahrwiderstand 766
— m. gekuppelten Achsen 122
—, Gestellmotor 123
—, Motorcharakteristik 121
—, Nutzbremsung ... 115, 304, 677
—, Schienenreibung 121
—, Tatzenlagermotor 123
—, Tragfeder, Ausgleichshebel .. 122
—, Transformator 550
— —, Ausgleichstransformator . 550
—, Umformer 70
—, Zugkraft 121
s. a. Bahn elektr.-Bahnmotor, Kollektormotor.

M

Magnet, Bremskraft 208
—, Mikromagnet 349
—, permanenter 216, 1072
Magnet. Messungen, Epsteinprobe v. Eisenblech 881
— zur Festigkeitskontrolle ... 192
—, Gaußmeter 728
— m. Permeameter 95
— d. PTR 209
Magnetismus, chem. Stoffe 18
—, Hysteresis 881
— —, experim. Untersuchung .. 941
—, magnetisches Material, Handb. 842
—, Magnetisierungskurve 598
—, Magnetostriktion 928
—, Permeabilität b. Hochfrequ. 927
— bei Torsion 1001
—, Verlustziffer 929
Magnetofugale Maschine 110
Maschine, elektr. 197, 1068
—, Ankerwicklung 217
— — f. Ringanker 1041
—, Baustoffe 1071, 1072
—, Brandschutz 173, 352
—, Dämpfer f. Einphasengen. ... 618
—, Drehfeld in kompl. Behandl. 101
—, Eisenbrand 611
—, Erwärmung 255, 317
— —, therm. Kapaz. 133
— —, Zeitkonstante 133
—, Explosionsschutz 34
—, Feldverteilung, Bestimmung . 173
—, Gehäusedeckel, unmagn. 489, 1072
—, Hochfrequenzmasch. 345, 618, 931
— f. Hochspannung 618
—, Isolierstoff 1077
—, kritische Drehzahl 69
—, Kommutierung, s. Gleichstrommaschine.
—, Kühlung 13, 23, 69, 255, 371, 659, 692
—, Magnetpol, mech. Berechnung 313
— —, Polbefestigung 213
— —, Polrad, mech. Beanspr. .. 313
— —, Tragkeil f. Polstücke 315
—, Prüfung 727

Digitized by Google

— —, Ionisierungsspannung der Isolierung 837
— —, Zeit-Durchschlagscharakt. 837
—, Reaktionsmaschine 5
—, Rotor, mech. Spannungen . . 313
— —, Läuferkappe 488
—, Schaltbilder 56
—, Schirmring 489
—, Streuung 955
— —, Stirnstreufelder 488
—, Stromkreis, allgem. 126
—, Turbogenerator 254
— —, Streuung 488
— f. unsym. Wechselstrom . . . 618
—, Verlustbestimmung 212
—, Wellenanalyse 452, 478, 1038
—, Wicklung, Bruchlochwicklung 390
— —, Ständerwicklung 489
s. a. Bürste, Drehstromgener., Gleichstrommaschine, Induktionsmotor, Kollektor, Kollektormotor, Synchronmaschine.
Maschinenbau, Vorrichtungen, Lehrbuch 938
Maschinenindustrie d. Welt . . . 435
Maschinenuntersuchungen 375
Mast 29, 643
—, Ausleger, schwenkbar 29
—, Einfl. v. Leiterschwingungen 187
—, Erdbohrmaschine 192
—, Fundament 137
—, Holzmast, Imprägnierverf. . . 394
Materialprüfung, Deutscher Verb. 58, 878, 1046
—, intern. Kongreß 750, 1025
—, Österr. Verband 1025
— m. Röntgenstrahlen 58, 1000
— b. Turbogeneratoren 254
s. a. Prüfung elektr. u. mech.
Mechanik, technische . . 79, 698, 771
—, intern. Kongreß 79
s. a. Wellenmechanik.
Melalith 1076
Meßbrücke, Temp.-Kompensat. . 354
— f. Wechselstrom 512
s. a. Meßinstr. elektr.
Messing, Härte 430
—, Qualitätsmessung 1067
—, Warmverarbeitbarkeit 37
Meßinstrument, elektr. 329, 681, 771, 915
— zur Blindleistungsmessg. 437, 765, 876
—, Dreheiseninstrument 915
—, Drehmoment, Messung 391
—, Drehschalter 949
—, Drehspulinstrument 329
—, Einfluß v. Wirbelströmen . . . 916
—, Eisenverlust-Voltmeter 174
—, Elektrometer 234
— i. d. Fernmeldetechnik 1083
—, Hitzdrahtinstrument 329
—, Isolierstoff 1077
— zur Kontrolle d. Kommutierg. 202
—, Lichtzeigerinstrument 473
—, Prüfung 236
—, registrierend 354, 765
—, thermische Festigkeit 302
— b. Überstrom 302
—, Widerstandsmesser . . . 490, 1023
— f. Wirkleistung, reg. 765
Meßstange f. Isolatorprüfung . . 597
Metall 751
—, Ausdehnung, therm. 354
—, Bearbeitung 236
—, Formänderung 1046
—, Gußmetall 1069
—, Hochfrequenzbehandlung . . . 71
—, Korrosion 1057
—, Leichtmetalle 9, 430, 936
—, Materialökonomie 936
—, Metallfärbung 493
—, Metallfolie 1067
—, Preise 308
—, Statistik 959
— —, Welt-Gewinnung u.-Verbr. 179
—, Technologie 78, 751
—, Widerstandsmetall 1070
s. a. Aluminium, Gießerei, Hochfrequenzofen, Kupfer, Legierung, Leitfähigkeit, Materialprüfung, Messing.
Metallkunde, Deutsche Ges. . 878, 1066
—, Fachausschuß i. Österr. 936
Mikalex 1076
Mikanit 1076
Mikrophon, Theorie 372
—, Untersuchung 917
s. a. Telephonie.
Miramant 553
Molekulartheorie 9
Montegal 1071
Motorfahrzeug, s. Bahn elektr.-Motorwagen, Elektromobil, Omnibus.
Motorschaltkasten 864, 888
Motor-Schalttafel 469, 891
Motorschutzschalter 113, 468
Motorwagen, s. Bahn, elektr.
Mumetall, Ni-Fe-Legierung 767
Muskowit 1076
Museum, technisches f. Industrie u. Gewerbe, in Wien 178

N

Nachbau v. Maschinen 699
Nähmaschine, elektr. Antrieb . . 472
Nekrologe:
Bergholtz Gustav 733
Bergmann Sigmund 749
Kwaysser Emil 59
Pokorny Wilhelm 770
Sahulka, Prof. Dr. Johann 880, 1049
Wichert, Dr. Ing. 1084
Nialit, Legierung 529
Nichrotherm, Legierung 529
Nomographie, s. Rechentafel.
Normalisierung, Arbeiten d. EVW 263
— i. Bau v. Freiluftstationen . . 303
— v. Isolatoren 952
— v. Spannungen 255
Normen f. Elektrotechnik (DIN) . 698

O

Öl 289, 596, 1077
—, Alterung, künstl. 513
—, Behandlung 29, 832
—, Betriebserfahrungen 695
—, Beurteilung v. gebrauchtem Öl 292
— — v. regeneriertem Öl 299
—, Durchschlagsfestigkeit 696
—, Herstellung 289
—, Prüfung 292, 455, 513, 695, 831
—, Oxydation 695
—, Reinigung 194, 1009
— —, dch. Filtrieren 604
— —, Schleuderverfahren . . 175, 194, 1009
—, Schmieröl f. Zähler 490
—, Vorschriften d. VDE 289
—, Wassergehalt, Bestimmung . . 743
Ölmaschine, s. Verbrennungskraftmaschine.
Ölschalter 469, 998
—, Abschaltvorgang 397
—, Antrieb 404
—, Dimensionierung 72
—, Durchführung 473
— —, Einbau 26, 405
—, Einschaltvorgang 402
—, Kesselfestigkeit 400
—, Kontaktausbildung 403
—, Kühlung 117
—, Traversegeschwindigkeit . . . 400
— m. Vielfachunterbrechung . . . 400
— m. Vorstufe 26
s. a. Elektrizitätswerk, Schaltanlage.
Ofen, elektr., Glühofen 97
—, Hochfrequenzofen 71, 475, 603, 619, 929
—, Lichtbogenofen 1001
— f. Phosphorerzeugung 15
—, Zuleitung b. Drehstrom 392
Omnibus m. gemischtem Antrieb 96
s. a. Elektromobil.
Ortskurve d. allg. Stromkreises 130
— d. Synchronmaschine 1
Oszillograph 330
— m. Kathodenröhre 30, 157, 230, 633
Ozon, Apparate 551
—, Ausbeute 208
—, Ozonröhre, Messungen 928

P

Papier f. Kabelisol., Prüfung . . 833
Papiermaschine, elektr. ang. 199, 321
Patentamt, Deutsches 679
Patentgesetz, österr. 57, 78
Patentwesen 533, 1027
Parallelschalten, automat. 322
Permeameter 95
Personalnachricht:
Křižik, Dr. Franz 605
Pflug, elektr. 431
Phasenkompensator, Vorausber. 249
Phasenkompensierung b. Motorkaskaden 669
Phasenschieber, Synchronphasenschieber 541, 1042
Phasentransformator 355
Phasenumformer 636
Phlogopit 1076
Phon, akust. Einheit 530
Phosphor, Erzeugung i. elektr. Ofen 15
Physik, Lehrbücher 259, 330, 413, 492, 530, 957
—, kleiner Teilchen 347
Physikal.-Techn. Reichsanstalt, Tätigkeitsbericht 208
Physikerkongreß, int. 646
Photoelektrizität i. Diamanten . . 208
Piezoelektrizität 208
Pinsel, elektr. 474
Presse, elektr. Schmiedepresse . 136
Protokoll d. 45. ord. Generalversammlung d. EVW 534
Proton 378
Protraktor 931
Prüflaboratorium, s. Prüfung m. Hochspannung.
Prüfung, elektr., Durchschlagsmessung 41
— v. elektr. Maschinen . . . 727, 837
— —, Rückarbeitungsmethode . . 212
— v. Elektr.-Zählern . 192, 355, 952
— v. Emballage-Bestandteilen . 199
— m. Hochspannung . 75, 599, 1080
— v. Induktivitäten, gegens. . . 302

Digitized by Google

— v. Isolatoren . . 13, 188, 206, 374, 597, 999
— — m. Hochfrequenz 1076
— v. Isoliermaterial 411, 1072
— v. Kabeln . . . 623, 660, 834, 836
— —, Kabelpapier 833
— v. Kondensatoren, elektr. . . 449
— v. Kondensator-Durchführ. . . 838
— v. Meßgeräten 236
— v. Öl . . . 292, 455, 513, 695, 831
—, Prüfvorschriften 837
— —, Qualitätskennzeichen, int. . 837
— b. d. PTR 928
— v. Schalterkappen 303
—, Schleuderprüfung an Masch. . 351
—, Spannungsmessung 428
— v. Spannungswandlern 302
— v. Stromwandlern 373
— v. Transformatoren 41, 46, 75, 174, 596
— v. Werkstoffen 999
Prüfung, mech., Festigkeitsprüfmaschine 626
s. a. Materialprüfung.
Puffermaschine, Regelung 371
Pumpe, Anlage f. Wasserwerk . 854
—, Kreiselpumpe 158, 427
—, Quecksilber-Diffusionsp. . . . 721
—, selbsttätig 550, 637

Q

Quantenmechanik 10, 1020
Quecksilber, Dichtemessung . . . 208
— f. Normalwiderstände 208
—, Umwandlg. i. Gold 9
Quecksilberdampfgleichrichter, s. Gleichrichter.
Quecksilberdampfmaschine . . . 190
Quecksilberdampfturbine . . 190, 320
Quecksilberpumpe 721

R

Radioaktivität 378
Rechentafel 1027
— f. Hebezeugbau 287
Reddamotor 620
Regler m. hydraul. Betätigung 410
—, Schnellregler 24, 69
— f. Wasserturbinen 23, 692, 990, 1065
s. a. Spannungsregelung.
Reibradgetriebe 931
Relais 896
—, Abschaltrelais f. Leitungen . . 177
—, Differentialrelais 27, 94, 448, 659
—, Distanzrelais 27, 801
—, Erdschlußrelais 27, 94, 235, 932
— f. Generatorschutz 94, 693
—, Gleichstromrelais 13
—, Haltlichtrelais f. Eisenbahnsicherung 341
—, Impedanzrelais 727
— f. Transformatorschalter . . . 764
—, Überstromrelais . . 117, 196, 801
— f. Umformer 13
— z. Umsteuern f. Zähler 433
—, Wattmeterrelais 195
s. a. Erdschlußschutzeinricht., Überspannungsschutz, Überstromschutz.
Richtleistung 924
Rohrleitung 566, 828, 963
—, Abschlußorgan 22, 972
—, Festpunkt 970
—, Flügelmessung 51
—, Reibungsverlust 839
—, Turbulenz 79, 108
—, Wasserstoß 79
s. a. Elektrizitätsw.-Wasserkraftwerk.
Röntgenapparat, Blende rotier. . 139
—, Schutz vor Hochspannung . . 139
—, Spannungsmessung 138
—, Strahlenschutz 138
Röntgen-Kongreß 138
Röntgenstrahlen, Dosismessung 11, 138, 208, 928
— —, Einheit 138, 602
— —, Meßmethoden 138
—, Emissionslinien 11
— zur Materialprüfung . . . 58, 1000
—, Spektralannalyse 9, 214
—, Streustrahlung 138, 214
—, Untersuchungen 11, 827
Rost f. wasserr. Kohlen 843
s. a. Dampfkessel-Feuerg.
Rundfunk i. Österreich 1003
—, Sicherheitsvorschr. d. EVW 287, 517, 878, 1003

S

Säge, elektr. Antrieb 644
Säurezahl v. Öl, s. Öl, Eigenschaften v. Isolieröl.
Schallmesser 529
Schaltanlage 957, 1058
—, Bauart 25, 158, 258, 286, 791, 1015, 1026
—, Kommandoraum 27, 112
—, Lufttrocknung 25
—, Verbindungsleitung 28
— f. Walzwerksantriebe 231
Schaltapparat 258, 286, 434
—, amer. Bauart 322
—, Isolation 861
— f. Motoren 113, 468, 469, 864, 888, 891
—, Sicherheitsvorschriften 193
Schaltbilder, elektr. Maschinen . 56
Schalter 751, 1026
—, Drehschalter f. Meßinstrum. . 949
—, Hebelschalter 891
—, Ladeschalter f. Akk. 52
—, Lichtbogenbildung 712
—, Röhrenschalter 469
—, Schaltgeschwindigkeit 712
—, Schnellschalter . . . 468, 622, 719
— — f. Gleichrichter 718
—, Schutzkappe, mech. Festigk. 303
—, Schutzschalter . . . 113, 135, 469
—, Selbstschalter i. Patronenf. . 193
—, Sterndreieckschalter 890
—, Trennschalter 26, 322
—, Unterbrechungscharakteristik 711
—, Vorlesungen a. d. Techn. Hochsch. Wien 1046
— i. Zusammenbau m. Sicherg. 892
s. a. Ölschalter.
Scheinleistung 924
Schiebebühne, Antrieb, elektr. . . 95
Schiffsantrieb, elektr. 284, 323
Schleifkontakt 767
Schleudern v. Maschinen, Prüfkammer 175, 351
— v. Öl 194
Schnellschalter, s. Schalter.
Schrotteffekt 10
Schürfen, elektr. 36
Schutzhaube, s. Abdeckhaube.
Schutzschalter f. Motoren, s. Schalter.
Schweißen, elektr. 667
— v. Häusern 53
—, Lichtbogenschweißen 323
— — m. atomarem Wasserstoff . 1045
—, Prüfung dch. Röntgenstrahlen 100
—, Schweißmaschine 470
— v. Wasserabscheidern 1045
Schwingungen, mech. 431, 735
Seilbahn, a. d. Kranabethsattel . 600
— a. d. Mont Blanc 876
— a. d. Pfänder 917
Selbstkostenberechnung i. Fabr. 56
Selbstschalter, s. Schalter.
Selektivschutz, Differentialschutz 27, 94, 448, 659
—, Distanzrelais 27, 801
— bei Doppelerdschluß 951
—, Impedanzrelais 727
— f. Kabel 839
s. a. Relais, Überspannungsschutz, Überstromschutz.
Selfaktor, elektr. Antr. 841
Setzmaschine, elektr. Antr. 255
Sicherheitsvorschriften d. EVW 262
—, behördl. Anerkennung . . 609, 845
—, 22. Anhang 517
—, Bergwerksvorschriften . 309, 334
— f. Freileitungen 239
—, Rundfunk-Vorschr. . 287, 517, 878
Sicherheitsvorschriften, Betriebsvorschriften i. V. St. A. . . . 531
Sicherung, Außenanschluß . . . 863
—, fehlerhafte Bauart 889
—, Schmelzsicherung als Überstromschutz 190, 547
— —, Röhrensicherung 190
—, Spannungssichg. f. Schwachstrom 236
Signaleinrichtungen, Entwicklg. 1083
—, Klingel 37
Signalsperre b. Eisenbahnsichg. 344
Silicon 409
Spannungsmessung f. Höchstspg. 428
— m. Kondensatoren 524
Spannungsnormale 255
Spannungsregelung . . 303, 537, 1017
—, Schnellregler . . 24, 69, 605, 1017
Spannungsteiler i. Dreileiternetz 592
Spannungswandler . . . 29, 70, 595
—, Messung 928
—, Prüfung 302
Speicheranlage, hydraulisch 867, 962
—, Malariaschutz 209
—, Pumpspeicherung . 546, 797, 871
—, Sperrmauer 965
— b. Wärmekraftanlagen 870
s. a. Elektrizitätsw.-Wasserkraftwerk.
Spektralanalyse, quantitative . . 8
Spektroskop, Massen-Sp. 387
Spitzendeckung, s. El.-Werk, Speicheranlage.
Spritzguß 287
Spurenkunde d. Elektrizität . . . 493
Stahl, Alterung 38
—, Elektrostahl 920
—, Rohstahl, Erzeugung 218
—, Welterzeugung 80
Stanzen f. Bleche 178
Statistik über Aluminium 415
— d. Außenhandels Österr. 218
—, Betriebsstat. d. elektr. Bahnen 1062
— d. Elektrifizierung landwirtschaftl. Gebiete 145
— d. elektr. Unfälle i. Österr. . 228
— d. E.-W. i. Österreich 1926 263, 497, 699
—, industrielle 415, 435, 960

Digitized by Google

— d. Metalle 179, 959
— d. Patentwesens 533
— d. Roheisenerzeugung 218
— d. Rohstahlerzeugung 218
— d. Steinkohlenförderung . . . 218
— d. Telegraphie 843
— d. Telephonie 333, 843, 939
Stauanlage, s. Speicheranlage.
Staubsauger als Insektenfänger . 876
Steatit 430
Steckdose, Schutzkappe, mech. Festigkeit 303
Stecker f. Heizgeräte 661
Steinzeug als Porzellanersatz . . 430
Stellwerk f. Eisenbahnsichg. . . 344
Stoßspannung, Meßanordnungen 629
—, Stoßschaltung 46, 635
Strahlen, Durchgg. dch. Materie 10
—, H-Strahlen 379
—, Korpuskularstrahlen 381
— —, akustische Wahrnehmung . 383
s. a. Röntgenstrahlen.
Straßenbahn, elektr., Bauart der Wagen 322, 1063
—, Heizung, elektr., d. Wagen . . 305
—, int. Betriebsstatistik 1062
—, int. Kongreß f. Straßenb. 414, 1062
—, Leistung d. Personals 1063
—, Reisegeschwindigkeit 1063
—, Stromrückgewinnung 96
—, Vergl. m. Autobus 1064
s. a. Bahn elektr. - Motorwagen.
Stromkreis, allgemeiner, elektr. 126
Strömungsbild a. Tauchkörpern 487
Stromverteilung i. linearen Leit. 663
Stromwandler, amer. Bauart . . 322
—, Bemessung f. Erdschlußschutz 68
—, Fehlwinkelmessung 595
—, Gliedwandler 374
— f. Hg-Gleichrichter 922
—, Material (Nickeleisen) 408
—, Prüfung 373
— f. Wattmetermessung 423
Studienkomm. f. Hochdruckanl. 936
Symmetrische Koordinaten, Rechenmethode 296
Synchronisiereinrichtung 36
Synchronmaschine . . . 612, 614, 994
— f. Hochfrequenz 618
— f. kapazitive Belastung 616
—, Kippleistung 1, 181, 616
—, Kurzschlußstrom 51, 613
— —, Stoßkurzschlußstrom . . . 518
—, Leistungslinien 543
—, Stoßgrenze 183
—, Streureaktanz, Bestimmung . 133
—, Stromdiagramm 1
s. a. Drehstromgenerator, Maschine elektr.
Synchronmotor, großer Leistung 70
—, Antrieb v. Walzwerken . . . 231
Synchronphasenschieber . 35, 70, 320, 618
—, Wirtschaftl. d. Regelung i. Netzen 303
s. a. Elektrizitätswerk — Zusammenschluß.
Szintillationen 379

T

Taschenbuch f. Ing. u. Arch. . . 158
Tätigkeitsbericht d. EVW 262
Technik, Geschichte 119
— i. Haushalt 260, 455
—, Wirtschaftlichkeit 217
Technische Spezialkurse d. ind. Bezirkskomm. 627
Technische Versuchsanstalten i. Österr., Ausstellung 494
Teerzahl v. Öl, s. Öl, Eigenschft. v. Isolieröl.
Telegraphie, Einheit d. Geschw. 18
—, Entwicklung 1082
—, Schnelltelegraphie, Betriebsvorschrift 19
—, Statistik f. Österr. 843
—, Tonfrequenztelegr. 896
—, Vereinheitlichung 18
—, Zerstörung d. Anlagen dch. Erdbeben 215
Telektal 1071
Telephonie, Ausbau d. deutschen Netzes 920
—, Auslandsverbdg. Österr. . . . 270
— i. Belgien 200
—, Dämpfung 368, 954
—, Entwicklung 957, 1082
—, gleichzeitige Telegraphie u. T. 369
—, Impedanz d. Apparate 368
—, Kabeltelephonie . . . 269, 274, 515
— —, Frequenzgebiet d. Konsonanten 274
— —, Echosperre 279
— —, intern. Regelung 367
— — m. Trägerstr. 429
—, Normalbezugssyst. f. Sprachübertragung 368
—, Phantomschaltung 273
—, Statistik f. Österr. 843
— — d. Welt 333, 939
—, Übertragungsmaß 358, 954
—, Überwachung d. Anlagen . . . 662
—, Verstärkereinrichtg. . . . 271, 368
— —, Verstärkerstation 277
— —, Vierdrahtverstärker 271
— —, Zweidrahtverstärker 272
—, Wähler 258
— —, Schnelläufer 527
—, Zentrale, automat. 551
— —, Stromversorgung 475
—, Zerstörung dch. Erdbeben . . 215
s. a. Kabel - Telephonkabel, Leitung - Schwachstromltg.
Thermisilid 1001
Thermodynamik, Kreisprozesse . 99
Thermoelement, Differentialelem. 927
—, Thermokraft v. metall. Gemengen 552
Thermoumformer f. Wechselstrommessung 414
Tonwiedergabe 430
Transformator 24, 70, 321, 395, 593, 596, 646, 919, 996
—, Baustoffe 1071
—, Blocktransformator i. Eisenbahnsicherung 341
—, Drehstromtransformator, Unsymmetrie 81
— —, Dreieckschaltung 91
— —, Zusatzfluß, einphasiger . . 81
—, Drehtransformator . 538, 596, 769
— — z. autom. Spannungsregelg. 855
—, Dreiwicklungstransformator . 70
—, dritte Harmonische 478
—, Drosseltransformator, Leerl. . 351
—, Durchschlagsmessung 41
—, Einschaltstromstoß 595
—, Eisenblech 595
—, Eisenbrand 595
—, Ersatzschaltung 955
— z. Frequenzumformung 373
— v. Gleichspannungen 954
—, Grenzen d. Leistung 594
— f. Hochfrequenz 595
—, Isolierstoff 1077
—, Kühlung 25, 70, 117, 594, 827
— —, Kühltasche 351
— —, Ölbedarf 52
—, Kurzschlußstrom 93, 593
—, Leerlaufzeit, Zählung 454
—, Lichttransform., Bemessg. . . 510
—, Lokomotivtransformator . . . 550
— . Magnetisierung 81
—, Masttransformator 599
—, Ölkasten, stromführend 93
—, Ölkonservator 594, 1009
—, Parallelbetrieb 457
— —, Lastaufteilung 460
—, Phasentransformator, Eichschaltung 355
—, Prüfung 174
— —, Prüftransformator . . 75, 596
— —, Sprungwellenprüfung . 41, 46
— f. Quecksilberdampf-Gleichr. 723
—, Regelg, selbsttät. 769
—, Reguliertransformator . . 282, 321
—, Relais zur sek. Abschaltung 764
—, Resonanztransformator 955
—, Schubtransformator . . . 471, 725
—, Schutzsystem 25, 769, 914
— m. Spannungsregulierung 25, 282
—, Streuung 955
—, Stufentransformator 282, 321, 446, 540, 769, 1022
— —, Stufenschalter 447
— —, Wirtschaftl. d. Regelg. . . 303
—, V-Schaltung 83
—, Zick-Zick-Schaltung 627
—, Zusatzfluß d. 3. Harmon. . . 84
—, Zusatztransformator . . . 538, 769
s. a. Elektrizitätswerk, Öl, Spannungswandler, Stromwandler.
Transformatorenstation, Kosten . 152
Transformatorklingel 37
Transmutation d. Elemente . . . 379
Transport, techn. Artikel 199
Transportanlagen 454
Trennschalter, s. Schalter.
Turbine (Wasser) . . 108, 787, 988
—, Erosionsverluste 895
—, Exzentrizität d. Welle 23
—, Kavitation 23, 545
—, Korrosion 23
—, Lagerkonstruktion 109, 615
—, Regler 23, 692
—, Schlüpfung 992
—, Schraubenturbine n. Bell . . . 641
—, Sicherheitseinrichtung 991
—, spez. Gewicht 894
—, Streudüse n. Sewer 640
—, Wirbelstrahlturbine . . . 132, 427
—, Wirkungsgrad 94, 993
— —, kommerzieller 488
—, Zwillingsturbine 488
s. a. Elektrizitätsw. - Wasserkraftwerk.
Turbogebläse, amer. Bauart . . . 323
Turbogenerator, s. Drehstromgenerator, Synchronmasch.
Turmwagen 157

U

Übersetzungsgetriebe, s. Getriebe.
Überspannungsschutz 27, 1057
—, Auffindg. unbrauchb. Schutzvorrichtungen 176
—, Glimmschutz 28, 176
— gegen Wanderwellen 118
s. a. Ableiter, Drosselspule, Relais, Transformator.

Digitized by Google

Überstromschutz 27, 1057
—, Abschmelzsicherung . . . 190, 547
—, Achterschaltung 66
—, Relais 117, 196, 801
—, Überstromregler 605
s. a. Relais, Transformator.
Uhr, Schlagwerk, elektr. 37
Umformer, amer. Bauart . . 320, 649
—, Anlassverfahren 696
—, AW-Diagramm 649
—, Betrieb b. schwank. Frequenz 623
—, Betriebsergebnisse b. Netzkurzschluß 325
— f. Einphasenlokomotiven . . . 70
—, Frequenzumformer . 70, 109, 373, 642
—, Gleichstromumformer 697
—, Kommutierung 284, 657
—, Motorgenerator 980
— zur Netzkupplung 731, 766, 840
—, Phasenumformer, asynchron. 636
—, Regelung 697
—, Relaisschutz 13
—, Spannungscharakteristik . . . 829
Unfall, elektr. 159, 228
— i. Bergwerken i. England . . . 530
Unterwerk:
Anlagen:
Danöfen 1055
Jeanne-Rose (Frankreich) . . 547
Regensburg 828
Städt. El.-Werke, Wien 793
d. Wallenpaupackwerkes . . . 407
Wölfersheim 840
—, automatisches 156, 232, 322
— — m. Quecksilberdampfglchr. 352
—, Freiluftstation, amer. Bauart 322
— —, Avon-Werk 12
— —, Normalisierung 303
—, Parallelschalten 731
—, selbsttätig, Schaltung 731
—, Spannungsregelung, automat. 855
Unterwassersignal 306

V

Vakuum, Erzeugung 11, 153
—, Vakuummeter 96, 721
Variatorwiderstand 492
VDI-Taschenbücher 286
Vektorrechnung 17, 286, 859
Verbrennungskraftmaschine 324, 434
—, Fortpflanzung d. Explosion . . 79
—, Gasmotor, kurbellos 659
—, Treibmittel 178
s. a. Dieselmaschine.
Verkaufsgesellschaft m. b. H. für isolierte Leitungen 159
Verladeeinrichtungen, Handb. . . 772
Verpackung a. Holz 1068
Verschwelung v. Kohle 198
Versicherung v. Maschinen . . . 938
Verstärker, s. Telephonie.
Versuchsanstalten, techn. 9
— i. Österr. 751
Verteilungstafel 892
Viskosität v. Öl, s. Öl, Eigenschaften v. Isolieröl.
Voranschlag d. EVW f. 1927 . . . 244
Vorrichtungen f. Metallbearbeitg 236
Vorwärmung dch. Anzapfdampf 71

W

Walzwerk m. elektr. Antrieb 70, 231, 321
Wanderwellen 230
—, Abflachung dch. Stromverdr. 135
—, Meßanordnungen 629
— —, Klydonograph 631, 840
s. a. Oszillograph, Überspannungsschutz.
Wärmeabgabe ein. Körpers . . . 317
Wärmeleitfähigk. v. Einkristallen 208
Wärmespeicher, Ruthsspeicher 365, 867
—, Warmwasserspeicher, elektr. beheizt 97, 553
Wärmeübertragung 306
Wärmewirtschaft i. Deutschland 199
— i. d. Papierindustrie 198
— i. d. Textilindustrie 198
Wasserabscheider, geschweißt . . 1045
Wasserkräfte, Flügelmessung . . 51
—, Geschiebebewegung 172
—, Niederschlagsgebiet 210
—, Strömung, Turbulenz . . 79, 108
— —, Wälzwirbel 133
—, Wassermengen-Progn.-Dienst 22, 487
Wasserkraft-Jahrbuch 1925/26 . 259
Wasserkraftspeicherung, s. Speicheranl. hydraul.
Wasserschallapparat 306
Wasserschloß 970
—, Bemessung 259
s. a. Elektrizitätsw. - Wasserkraftwerk.
Wasserwirtschaftsverband d. öst. Industrie 263
Wattmeter, Ausgl. d. Temp.-Einfl. 245
— f. dielektr. Verlustmessg. . . . 448
—, Relais 195
— f. Wirk- u. Blindleistung . . 439
Wechselstrom, Benennung 923
— Kompensator 355, 428
—, Maschine, einphasig, s. Synchronmaschine.
—, Stromkreis, Eichung 355
—, Theorie 286, 395
Wehranlage i. Pernegg 78
s. a. El.-Werk - Wasserkraftwerk.
Weichenantrieb, elektr. 38
Welle (mechan.), abges., Durchbiegung 212
Welle, elektr., Analyse . . . 452, 478
—, Wellenlänge, Messg. 257
—, Wellenspektrum 257
—, Wellenwiderstand, Messg. . . 694
s. a. Wanderwellen.
Wellenmechanik 10, 1020
Weltanschauung eines Techn. . . 531
Weltkongreß d. Technik 1026
Weltkraftkonferenz, Brennstofftagung 877
Wendeanlasser 471
Werkstattbücher 57, 493
Werkstoffprüfung, s. Materialprüfung.
Werkstofftagung in Berlin 495, 1069
Werkzeugmaschine, Antrieb, el. 644
—, Bau 646
—, wirtschaftl. Ausnutzung 119
Widerstand, elektr., Einheiten . . 727
—, Erdwiderstand, Messung 36, 192, 354
— m. Gasfüllung 15
—, Herstellung 15
—, hochohmig 492
— v. keramischen Stoffen 410
—, Kohlewiderstand 492
—, Kontaktwiderstand 492, 676
—, Messung 236, 329
— —, Brückenmessung 354
— — m. Kippschwingung 641
— v. Metallen 9, 927
—, Normalwiderstand 208
— —, Kühlung 208
— i. Pulverform 492
—, Schiebewiderstand 492
—, Siebwiderstand 676
—, Variatorwiderstand 492
—, Widerstandsmetall 1070
Wien, akustische Einheit 530
Wirbelstromverlust i. Eisenblechpaket 882
Wirkleistungsschreiber 765
Wirtschaftsfragen i. Österreich . 532
—, Verlustquellen 646

Z

Zahnradgetriebe 681
— f. Dampfturbinen 281
—, Zahnräder, Gummoidtext . . . 476
Zentralverband d. deutschen el. Industrie 415
Zerspanung 531
Zink, Preise 308
Zinn, Preise 308
Zoll i. d. Tschechoslowakei . 395, 715
Zugbeleuchtung, Generator 664

Namensverzeichnis

A

Abendroth W. 762.
Adam Mc. 1026.
Adler E. 78.
Agnew P. G. 409.
Ahnert B. 74.
Ahrberg F. 66, 287, 659, 914, 951.
Akahira T. 375.
Alberti E. 530.
Aldendorff F. 527.
Alexanderson F. W. 618.
Algermissen. 256.
Allner F. A. 1065.
Altorfer P. 677.
Altschul E. 451, 1044.
Amberton M. R. 876.
Anderhub W. 199.
Anderson J. W. 1065.
Apt R. 97, 526.
Archbutt. 515.
Armbruster K. 876.
Arndt. 337.
Aron C. 454, 936.
Ashbaugh J. H. 371.
Aston E. W. 378.
Auerbach F. 698, 771.
Aufhäuser D. 455.
Augenheister G. 530.
Aumund H. 475.
Austin A. O. 375.

B

Baader. 292.
Bach C. 331.
Bachmann E. 192.
Bakker G. J. Th. 837.
Balcke H. 286.
Baragiala. 956.
Barbagelata A. 448.
Bargero L. 1024.
Barkhausen H. 529.
Bauch R. 94, 697.
Baudisch H. 108.
Baudisch K. 31.
Bauer. 157.
Bauer B. 398.
Bauer H. 709.
Baum G. 60, 292.
Baumann R. 430, 1046.
Bayer K. 1009.
Beard J. R. 547, 915.
Beare W. D. 451, 601.
Bechdoldt H. 13.
Beck G. 347.
Beck P. 69.
Becker A. 10.
Becker R. 9.
Beetz W. 921.
Behne E. 353.
Behnken H. 138, 602.
Bekku S. 297, 375.
Bellaar-Spruyt I. G. 728, 833.

Digitized by Google

Bellasi P. 676.
Bendmann P. 454, 898.
Benke L. 1063.
Benz C. 1045.
Berdelle 871.
Berg O. 602.
Bergius 332.
Bergtold F. 192, 876.
Berkel, A. W. van 1063.
Berndt G. 178.
Bertschmann J. 550.
Beskert H. 97.
Bethenod J. 346, 618.
Bethge W. 96.
Beurle G. 487.
Bicskei E. 1063.
Biener M. 198.
Biermanns J. 300, 727, 952.
Billing J. 305.
Binder L. 318, 546, 629, 693.
Bitterli E. V. 838.
Bitterli S. 828.
Blackett P. M. S. 382.
Blau M. 383.
Bleich F. 158.
Bleser L. 1077.
Blin-Desbleds L. 106.
Bliss E. L. R. 351.
Bloch O. 131.
Block W. 698.
Blomquist. 359.
Blondel A. 452, 1081.
Bodler J. 324.
Bodmer. 546.
Bogen. 410.
Bohle W. 37.
Bohr N. 1020.
Böhm H. 14.
Böhm O. 980.
Boller. 744.
Bonazzi O. 18.
Born. 982.
Bornemann H. 74.
Bosch ten M. 306.
Boucherot P. 619.
Bourgeat R. 839.
Brandenburger L. 447.
Brauen W. 411.
Brearley A. W. 178.
Brearley H. 178.
Bredenberg A. 115, 677.
Breisig. 956.
Breitfeld C. 427.
Breuer M. 256.
Bridgeman P. W. 79.
Brissonas A. 661.
Brock Fr. 1081.
Broggi. 929.
Brown H. 526.
Brückel W. 858.
Bruckmann H. W. L. 414, 696, 838, 958.
Brüderlin R. 297.
Brühlmann G. 399.
Brunner W. 935.
Brutzkus M. 324.
Brylinski E. 116.
Buchholz M. 117, 118.
Buchli J. 14, 526, 953.
Büchler W. 516.
Buchwald H. 1047.
Bullard W. R. 764.
Bültemann A. 77.
Burawoy O. 630.
Burger O. 537.
Burgesdijk W. J. 1063.
Burghardt F. 282.
Burkholder T. M. 326.
Burnham E. I. 352.
Burrow. 95.
Busby A. H. W. 450.
Busch H. 391.
Buttler A. 304.

C

Cahen L. 749.
Camichel C. 79.
Camichel M. 487.
Campbell A. 301.
Canfield D. I. 981.
Carter W. 346.
Carwile P. B. 954.
Caylord J. M. 185.
Cazaud R. 1001.
Centmayer C. J. 857.
Chadwick J. 380.
Charpentier P. 72, 397.
Chase St. 646.
Chavasse M. 258.
Chifford E. Z. 107.
Chwolson O. D. 413.
Clair B. W. St. 448.
Clement. 303.
Clougher A. C. 406.
Coenen M. 646.
Coffin F. P. 332.
Cohn A. 622.
Cohn E. 714.
Cole C. H. 882.
Collings F. S. 894.
Coolidge W. D. 153.
Cordes W. 731.
Corson M. G. 529.
Cough F. H. 375.
Craemer. 1072.
Crawford M. J. 729.
Creager W. P. 956.
Cristiani. 527.
Cuypers P. 490.
Czeja R. 497, 699.
Czochralski J. 1067.

D

Daeves. 1026.
Dallwitz-Wegner R. 99.
Danneel H. 356.
Dantscher K. 259.
Darrieus G. 375.
Davis W. J. 766.
Debye P. 79.
Decker A. 99.
Deinlein A. 1069.
Delacour. 916.
Delon J. 836.
Delon M. 375.
Descovich E. 681.
Dettmar G. 1041.
Dittes P. 557.
Doerfel R. 72, 139.
Dohme. 210.
Dohmen K. 353.
Dolch. 198.
Donati. 375.
Döry I. 61, 533.
Draeger K. 75, 185.
Dreyfus L. 221, 669, 737, 1068.
Drouin F. 512.
Dubbel H. 313, 434.
Dubs R. 259.
Dufour A. 157.
Duhme E. 9.
Dunker. 980.
Dunsheath P. 450, 832.
Dupony G. 728.
Dusaugey E. 603.
Dwight H. B. 156.
Dworzak H. 938.

E

Eberle Chr. 839.
Ebermayer L. 57.
Eccles W. H. 19.
Eckstein O. 212.
Edgcumbe K. 915.
Edler R. 38, 751, 1046.
Edwards P. G. 695.
Egan F. D. 232.
Eguchi. 155.
Ehrenhaft F. 11, 347.
Emanueli T. 375, 660. 832.
Emde F. 18, 941.
Emmet W. L. R. 190.
Engelhardt A. 515.
Englesson E. 259.
Ensslin. 1047.
Erényi G. 855.
Erfurth C. 99, 217.
Erhard L. 179.
Erikson P. E. 662.
Eriksson S. E. 881.
Ertel A. 1062.
Eschelbacher W. 40.
Escher R. 427.
Estorff W. 744.
Estrade. 394.
Ettingshausen A. 724.
Evans E. 1023.
Everetts L. E. 97.
Evers F. 513.
Exner W. 1025.

F

Fabinger F. 554.
Fairfield J. G. 622.
Falk F. 771.
Feldhaus F. M. 78.
Feldmann. 980, 1068.
Ferguson J. G. 1023.
Ferrand G. 828.
Ferril R. M. 303.
Feyerabend. 957.
Fichter R. M. 432.
Fischer F. 332.
Fischer K. 158.
Fischer L. 1027.
Fischer v. Tóvaros. 1063.
Fischer W. 603.
Fladt K. 714.
Flamm L. 10, 1020.
Flegler E. 330.
Fleischmann L. 511, 1077.
Flier P. M. 1000.
Foerster F. 51.
Föppl O. 314.
Forcella. 1026.
Forest, de C. W. 544.
Fortescue C. L. 296, 428.
Föst R. 1034.
Fougner P. 375.
Fourault A. 930.
Foust C. M. 840.
Francius. 210.
Frank. 455.
Franken H. 861.
Freir W. E. 832.
Freudenreich, v. 827.
Friederici A. 136.
Friedmann F. 327.
Friese R. M. 696.
Fry Ad. 529.
Fryze S. 126.
Fuchs. 1071.
Füchsel. 1026.
Fuhrmann R. 976.
Furrer E. 112.
Fürst A. 774.
Fürth. 11.

G

Gaarz W. 13, 659, 914.
Gábor D. 157, 634.
Gall D. C. 409.
Gandolfo J. H. 956.
Gallizia E. 254.
Gamble L. R. 547.
Garliasso A. 956.
Garrard C. C. 931, 1026.
Gaudenzi A. 96.
Gehler. 1025.
Geiger H. 330, 382, 492, 530.
Geiger J. 735.
Geiger P. H. 747.
Genkin V. 297, 370.
George G. C. 956.
Gercke M. 50, 871.
Gerstenberger G. 797.
Gessner. 1047.
Geyger W. 301, 428, 512.
Gibbs C. D. 303.
Gieß. 491.
Gill G. M. 332.
Gintl. 1082.
Glaser. 839.
Glasser O. 602.
Gleichmann B. 873, 1000.
Glocker R. 214.
Göhre E. 178.
Göpper. 666.
Gorce, de la M. 428.
Görsdorf H. 1078.
Gosebruch. 873.
Grabe G. 258.
Gramisch O. 134.
Granier J. 771.
Grant L. C. 190.
Grassot. 1001.
Gratzl A. 132.
Gratzmüller L. 283.
Greinacher H. 382.
Griffith. 983.
Griffiths W. T. 857.
Grissinger G. G. 764.
Groeck. 1066.
Grogan J. D. 553.
Grondahl L. O. 747.
Groß E. 801, 952.
Groß R. 1000.
Grosselin. 958.
Großmann M. 636.
Grover N. C. 956.
Gruhn K. 681.
Grünberg L. M. 855.
Grünwald E. 303, 1077.
Grünwald Fr. 512, 982.
Grüß H. 15.
Gubler F. 645.
Guerndt K. 933.
Guillemin E. 373.
Gumlich E. 530, 944.
Günther P. 8.
Gut G. 113, 318, 855.
Gyemant A. 1002.

H

Haas R. 97, 217, 828.
Haase K. 514.
Haberland G. 38, 712.
Haegelen A. 107.
Haehnel O. 548, 549.
Hagen S. 393.
Haggas G. E. 709.
Hahn W. 874.
Hak J. 783.
Haldane T. G. N. 547.
Hallo H. S. 375.
Halmos E. E. 956.
Hamburger F. 833.
Handrek H. 135.
Hanffstengel, v. G. 177, 772.
Hanser Kl. 37.
Harms G. 475.
Harrison H. C. 430.
Hartmann. 840.
Hartmann O. H. 357.
Harvby G. M. 450.
Hasche R. L. 381.
Hauffe G. 101, 427, 543.
Hausen J. 675.
Hausser K. W. 9.
Hayden J. L. R. 696.
Haynes E. 553.
Healy E. S. 548.
Heider R. 269, 976, 1081.
Heine W. 36.
Heisenberg W. 10, 1020.
Hellfarth R. 717.
Hemmeter H. 955.
Hensel W. 699.
Herlitz J. 765.
Herold. 936.
Herr A. 1000.
Herrington H. W. 695.
Hertz P. 530.
Herzog S. 435.
Heß W. 512.
Heurtley E. S. 767.
Heyden, v. d. 289, 455, 743.
Hill L. H. 838.
Hillebrand F. 325.
Hirz H. 332.
Hitchcock H. W. 429.
Hoare S. C. 245.
Hoechtl. 1079.
Hoheisel K. 57.
Hohorst G. 514.
Holde D. 490.
Holm R. 676, 927.
Holst. 1025.
Holoubek R. 382.
Holthusen H. 602.
Holzknecht G. 138.
Homerberg V. O. 157.
Honegger E. 895.
Honeysett A. 550.
Honigmann E. 159, 226. 715.

Digitized by Google

Hönigsberg O. 936, 1025, 1047.
Hoover P. L. 371.
Höpfner K. 999.
Hopkins R. A. 956.
Höpp W. 303.
Horn H. A. 667.
Horschitz F. 320, 600. 715.
Hort W. 698, 771.
Hoyer F. 1044.
Hoyt I. C. 956.
Hruschka A. 867, 961, 985, 1015, 1053.
Hugron A. 394.
Hülle F. W. 119.
Huston C. B. 231.
Hüter W. 1075.
Hybl J. 545.

I

Ignatowsky, W. v. 17.
Inada S. 215.
Iskowski. 210.
Isnardi. 16.

J

Jacob E. 1042.
Jacobsen G. 857.
Jaeger R. 602.
James H. D. 1047.
Janet. 956.
Janitzki. 927.
Jansen B. 303.
Japolsky N. S. 109.
Jellinek St. 159, 493.
Jeß F. 56, 286.
Jiretz R. 976.
Joffe. 983.
Jolley L. B. W. 983.
Johnson J. A. 352.
Jones L. C. 332.
Josse E. 640.
Josse H. 35.
Jouget E. 79.
Jubitz W. 354.
Jungblut F. 352.
Jungmichl H. 423.
Just J. 356.
Justin I. D. 956.

K

Kaempffert W. 197.
Kafka H. 859.
Kamuf G. 97.
Kantner C. 1000.
Kapitza P. L. 158, 382.
Kara-Michailowa. 381.
Karapetoff V. 284, 931.
Karrer J. 1066.
Kassjanoff V. 417, 441.
Kaupp E. 214.
Keinath G. 245, 302, 524.
Keiter A. 437.
Kelch R. 372.
Keller. 210.
Kempf H. 256.
Kenelly A. E. 133, 956.
Kerbaker M. 37.
Kerr W. 768.
Kesselring F. 398.
Keßler O. 199.
Kiefer R. 477.
Kienzle O. 178, 237.
Kindinger. 383.
Kindler E. 305.
King R. M. 410.
Kirchner F. 11.
Kirsch G. 381.
Kirschner J. 844.
Klein W. 52.
Klement W. 303.
Kloninger H. 397, 899.
Klopstock H. 197.
Kloss M. 875.
Klostermann M. 8.
Kneissler-Maixdorf L. 18, 38.
Knoll F. 918.
Knoll L. 57.
Knorr H. 767, 999.
Knudsen M. 348.
Knutson B. 526.
Koch R. 178.
Kögler K. W. 919.
Köhler G. 488.
Köhne F. 56, 286.
Konen H. 8.
Königslöw, v. A. 923.
Königsmann B. 99, 217.
Konn M. 232.
Konstantinowsky K. 831, 834, 958.
Kopeliowitch. 838.
Koppenberg H. 159.
Körber F. 475, 1025.
Koref F. 9.
Korn A. 698.
Kortlandt H. C. A. 728.
Korzinsky H. 938.
Köster W. 1067.
Kötschau. 513.
Köttgen C. 58, 879, 1046.
Kozisek J. 32.
Kraft E. A. 281, 331, 444, 545, 685, 804.
Krämer-Sarnow. 1075.
Kraus F. 934.
Kraus O. M. 259.
Kresnik. 210.
Kreysinger H. 332.
Krieger H. 99, 217.
Kronenberg M. 531.
Kropff L. 111, 371.
Kruckow R. A. 551.
Kruger K. 598.
Krupp A. 178.
Kuderna F. 114.
Kühnel R. 245, 329, 490.
Kujirai T. 375.
Kulebakin V. S. 518, 683.
Kümmich R. 941.
Küpfmüller K. 896, 1024.
Küppers K. 392.
Kurz E. 216, 641.
Küstner. 138.
Kvetensky A. 21.
Kwaysser E. 59.

L

Labus J. 764.
La Cour J. L. 126.
Lademann F. 1063.
Landesberg N. 847.
Landis. 15.
Langer P. 375.
Laquerrière A. 258.
Laternser A. 304.
Laub H. 216.
Laudahn W. 389.
Lauc, M. v. 1081.
Laval, de. 359, 1011, 1022.
Lawton F. L. 449.
Lee E. S. 832, 840.
Lehmann Th. 173, 346.
Leitner A. 659.
Le Maistre C. 831.
Lenard P. 153, 1020.
Lenz. 624.
Leo F. 637.
Leontiewa A. 256.
Leopoldsberger K. 37.
Lerch L. 56.
Leslie M. D. 450.
Lessing R. 80.
Lest. 199.
Lewis W. W. 300.
Leybold P. 287.
Lich O. 938.
Lieben O. 1082.
Liebscher F. 173.
Liénard A. 297.
Lilienroth. 15.
Linker A. 689, 923, 925, 949.
Linninger. 1082.
Liska J. 52.
Liston J. 320.
Liwschitz M. 197, 510.
Löbl O. 216.
Loew R. 103.
Loewe H. 286.
Löffler St. 367, 621, 710.
Lombardi. 980.
Lomonosoff Pf. 526.
Lorenz H. 259.
Losana. 744.
Lotz A. 9.
Löwenstein, v. 361.
Loyarte R. G. 957.
Lubberger F. 258.
Lübecke E. 306.
Lubowsky K. 199.
Lucas. 1025.
Ludin A. 176.
Ludwik P. 1046.
Lulofs W. 375, 697.
Lundholm M. R. 375.
Lüschen F. 896, 1024.
Lüscher. 259.
Luther R. 683.
Lynch. 1025.

M

Mack R. A. 662.
Mäckbach F. 237.
Mackerras A. P. 297.
Magrini. 1082.
Magron H. 133.
Maier G. 118.
Majerczik W. 819.
Mandl A. 181, 477.
Marchand F. 661.
Marcusson. 743.
Mark H. 11.
Marsden E. 379.
Marshall C. W. 36.
Martelli. 956.
Marx E. 631.
Mäser R. 918.
Masing G. 9, 514, 552, 1069.
Mathieu M. 919.
Matschoss C. 119.
Mattersdorf W. 874, 1063.
Matthews B. 150.
Matthias A. 230, 633.
Matthias W. 211.
Mauduit A. 936.
Maxfield J. P. 430.
Mayer H. F. 429, 954.
Mayer R. 930.
Mayer Rob. 859.
Mayeur R. 173.
Mayr O. 630, 712.
Medel. 981.
Medici M. 158.
Meisner E. 531.
Meissner W. 9.
Melan J. 158.
Melchior P. 727.
Mellanby A. L. 768.
Meller R. 649, 829.
Memmler K. 58, 1026.
Mentz A. 1045.
Menzer M. 1063.
Mercier E. 451.
Mesnager. 1025.
Metzler K. 647.
Meyer A. 56, 936.
Meyer G. 1072.
Meyer G. I. 258.
Meyer U. 76, 661.
Meyfarth G. L. 766.
Michel F. 493.
Michel O. 953.
Michell A. G. M. 659.
Michenfelder C. 454.
Michie. 831.
Miethe A. 10.
Miller H. P. 192.
Milon M. 367.
Modigliani U. 448.
Moeller F. 135.
Mohozovčič. 108.
Moldenhauer. 952.
Moll F. 414.
Möllering H. 414.
Monath L. 550.
Monnier, J. le. 212.
Monteith A. C. 1065.
Moore. 1026.
Moore C. N. 155.
Morelli E. 666.
Morrison L. H. 488.
Müller C. 1067.
Müller H. 525, 746.
Müller H. 629.
Müller H. R. 327.
Müller J. 194.
Müller O. M. 236.
Müller P. 297.
Müller W. I. 532.
Münter H. 1045.

N

Nadai A. 1046.
Naderer I. 624.
Nägele K. 1076.
Natalis F. 297.
Nather E. 933.
Nauk G. 858.
Nedden, zur F. 332.
Neeser R. 94.
Neilson. 80.
Neumann E. 624.
Neumann L. 532.
Nichols E. F. 257.
Nickle C. A. 449.
Niethammer F. 345, 589, 957.
Noack W. G. 71.
Nolen H. G. 627.
Norberg S. 711.
Nordfeldt B. 287.
Norinder H. 230.
Norlin E. 455.
Norregaard. 1062.
Northrup E. F. 603.
Nottebrock H. 429.
Nowotny R. J. 484.
Nullau A. 255.

O

Oberdorfer G. 296.
Obermoser K. 472.
Ockenden F. E. I. 915.
Olander V. 325.
Olivié. 150.
Orlich E. 178.
Ornig J. 783.
Orrok G. A. 332.
Örtel. 743, 1071.
Ortner 383.
Otani B. 553.
Ott H. 317, 555.

P

Paetzold M. 937.
Palestrim. 661.
Palm H. 1077.
Palme A. 295, 282, 1022.
Pannell E. V. 375.
Pape W. 1040.
Parr S. W. 157.
Parson J. S. 764.
Parsons Ch. A. 710.
Passavant H. 193.
Peck F. W. 428.
Pedersen P. O. 256.
Peek F. W. 256.
Pellissier E. 831.
Pellizari C. 375.
Permavaria. 956.
Perochet P. 838.
Perrig A. 641.
Peters J. F. 631.
Petersen A. 9.
Petersen O. 58.
Petritsch E. F. 353.
Pettersson H. 381.
Peucker A. 24, 872.
Pfau A. 488.
Pfeiffer E. 532.
Pfiffner E. 858.
Phelps H. S. 326.
Philippi W. 99, 698.
Phillips W. 245.
Picon R. V. 95.
Pigott R. J. S. 209.
Piloty H. 932.
Pirro, de. 956.
Pistoye, H. de. 109, 213, 489.
Piwowarsky. 1026.
Plausen. 589.
Pleijel H. 765.
Plendl H. 373, 598.
Poelzguter. 1072.
Pohl R. 489, 692.
Pohl R. W. 626.
Pöhler. 52.
Polanyi M. 58.
Pollok O. 644.
Pomini O. 681.
Ponsinet J. 898.
Porter H. C. 332.

Digitized by Google

Portevin. 1026.
Pöschl Th. 79.
Poulain. 394.
Powell Sh. T. 157.
Prandtl L. 79.
Prášil F. 99, 991.
Prätorius. 190.
Préaud. 171.
Preß S. A. 109.
Pröll A. 108.
Proos C. F. 836.
Ptáček V. 898.
Punga F. 201, 901.

R

Rachel A. 29.
Raffel O. 432.
Ramsay W. 379.
Rapatz F. 178.
Rappel E. 1041.
Rasch G. 390.
Raskop F. 217.
Reed E. G. 646.
Rehbock Th. 210.
Reiche W. 630, 726.
Reichel E. 870.
Reichenbach. 539.
Reiffenstein M. 132.
Reik R. 78.
Reindl C. 259.
Reiner J. 387.
Reiner St. 743.
Reis A. 8.
Reithoffer M. 1049.
Rejtö A. 751.
Replogle D. E. 326.
Resch J. 331.
Retzow U. 475, 1072.
Reutlinger E. 897.
Rhode K. 1063.
Riehm, Dr. 12.
Riepl W. 630.
Riethof O. 260.
Riggs L. W. 1042.
Riley T. N. 623, 832.
Robinson Th. W. 1028.
Rödiger W. 937.
Rodman. 744.
Roebel. 533.
Rogowski W. 56, 256, 330, 633, 832, 982, 1002.
Rohn. 1070.
Romanoff W. 530.
Romanowicz. 1026.
Romberg F. 212.
Roš. 1025, 1047.
Rosenbaum L. 699.
Rosenberg E. 161, 976, 1068.
Rosenhain W. 553, 1025.
Roth A. 17, 76.
Roth E. 1067.
Rothe R. 682.
Rotth A. 957.
Roussel. 916.
Royds R. 375.
Rüdenberg R. 300, 712, 944.
Rudolphi. 552.
Rühlemann H. 351.
Ruhstrat E. 492.
Rummel E. 177.
Rump. 928.
Runge D. W. 332.
Runkel F. 920.
Russel A. 175.
Rutherford E. 379, 1020.
Ruths J. 867.

S

Sachs G. 59.
Sachs H. 217.
Safarik F. 984.
Sallinger F. 395.
Salomon T. 831.
Salvisberg W. 813.
Sammer F. 373.
Sanford R. L. 192.
Sartori G. 375.
Saß Fr. 854.
Saurau F. X. 306.
Schachenmeier R. 490.
Scheel K. 330, 492, 530.
Schelest. 527.
Schenck C. 626, 1026.
Schendell G. 292, 455, 1078.
Schenfer Cl. 254.
Schenk F. R. 1067.
Schenkel M. 951.
Schetelig. 452.
Schiebeler C. 352.
Schiebold E. 9.
Schild S. 641.
Schimpke P. 667.
Schindler. 623.
Schirmann M. 11.
Schlicke. 1066.
Schliephake A. 201.
Schlier O. 960.
Schlögl J. 792.
Schmalz H. 313.
Schmelzer. 95.
Schmid. 1072.
Schmidt. 553.
Schmidt F. 736.
Schmidt H. 600.
Schmidt P. 427.
Schmidt R. 513.
Schmidt Ro. 530.
Schmidt W. 357.
Schmied E. 1067.
Schmitt H. 229.
Schoklitsch A. 172, 259.
Scholler K. 133.
Schön L. 901.
Schottky W. 10.
Schrafl. 1030.
Schröder E. 115.
Schrödinger E. 10, 1020.
Schröter F. 33, 767, 886.
Schrottke S. W. 538.
Schubert G. 917.
Schüler L. 34.
Schüller C. 545.
Schultz H. 199.
Schulz E. H. 9, 59.
Schumacher R. 643.
Schupp E. 434.
Schütte H. 56.
Schwaiger A. 843.
Schwartz A. 827.
Schweißguth P. H. 57.
Schwenkhagen. 624.
Schwerdt H. 1027.
Schwerdtfeger W. 602.
Schwinning. 1026.
Sedlaczek E. 178.
Seefehlner E. 1029.
Seeliger R. 10.
Seidenschnur F. 199.
Seitz O. 305.
Seiz O. 135.
Seiz W. 840.
Semenza G. 375, 980, 1081.
Sessinghaus J. 538.
Seufert F. 1026.
Shirley O. E. 111.
Sieber K. 1064.
Siedentopf. 983.
Siedle F. 780.
Siegel E. 1, 131.
Siegel G. 823.
Siemens C. F. 376.
Siemens W. 1082.
Silbermann S. 660, 835.
Silsbee F. B. 302.
Silva J. 375.
Silver A. E. 406.
Simon E. 493.
Simon F. 9.
Singer F. 430.
Singer J. 933.
Skinner. 158.
Smekal A, 9, 10, 11.
Smith L. M. 303.
Smouroff A. 832.
Soldini M. G. 448.
Soleri E. 375, 660, 836.
Solomon I. 602.
Sommer E. M. K. 630.
Sonderegger. 1026.
Sonnenfeld H. 835.
Sorge J. 696, 952, 1002.
Sparkes H. P. 952.
Spencer M. C. 931.
Spiegler G. 138.
Spielrein I. 286.
Spindel. 1026.
Spira H. 259.
Spooner Th. 408, 842, 881.
Sporwart. 192.
Sprecher A. 747.
Stäger H. 455, 695.
Stahl W. 692.
Staus A. 51, 118.
Staveren, J. C. v. 834.
Steccanella. 1026.
Stein C. 1082.
Stein R. 392.
Stein Th. 139.
Steinhauer H. 291.
Steinhaus W, 530.
Stepheus H. O. 282.
Stern G. 1077.
Stern P. 919.
Sterzel A. 935.
Stetter G. 11, 377.
Stigler A. 935.
Still. 526.
Still A. 156.
Stöckel W. 56.
Stodola A. 675, 929.
Stoermer W. 206.
Stolzenberg O. 78.
Straßburger. 213.
Strauß S. 11, 138.
Strecker K. 681, 735.
Stribeck R. 710.
Swetoh S. 233.
Swiczinsky. 1034.

T

Takahashi M. 375.
Tammann G. 9.
Tanzer E. D. 326.
Täubler-Gretler A. 391.
Taussig O. 1034.
Taylor G. I. 79.
Taylor J. R. 12.
Tear J. D. 257.
Tefft W. W. 956.
Tellert F. 678.
Tenney E. H. 107.
Terada M. 34.
Thaller R. 602.
Thielmans P. 375.
Thierbach B. 97.
Thoma D. 23.
Thoma E. 1024.
Thoma H. 25, 26, 30.
Thomas P. H. 375, 485.
Thompson L. 174.
Thomson J. J. 53, 1068.
Titze F. 859.
Toepler M. 230, 631.
Tomaïdes J. 976.
Tomaschek R. 11.
Tomé W. 375.
Toriyama Y. 233.
Townsend T. S. 256, 1002.
Trage H. 629.
Traverse P. 375.
Trent W. E. 80, 332.
Trepton. 213.
Trettin C. 389.
Tribot-Laspière 120.
Tschiassny L. 834.
Typke. 289, 455, 743.

U

Ubbelohde. 1075.
Unger E. 447, 847.
Unger F. 478.
Uppenborn F. 306.
Usbeck W. 282.

V

Valentiner S. 530.
Varney Th. 185.
Verebély, L. v. 417.
Vernier C. 834.
Vidmar M. 81, 457, 510, 628, 647, 980.
Vietze A. 876.
Villari. 1001.
Vismara E. 375.
Vitzthum. 1072.
Vivian W. V. 284.
Voigt. 603.
Volta L. 956, 1081.

W

Wagner K. W. 372.
Waimann K. 917.
Walch. 106.
Wallich J. 598, 744.
Wallot J. 98.
Walmsley H. 174.
Walsemann B. 636.
Walty W. 352.
Walz H. 701.
Warburg E. 208, 928.
Warren A. G. 327.
Warren H. 604.
Warren L. G. 209.
Weber. 359.
Weber A. 38.
Weber S. 348.
Wechmann W. 356.
Wehrspan K. 1064.
Weicker W. 982, 999.
Weiler L. 549.
Weiler W. 134.
Weinberger F. 260.
Weiner A. 141, 164, 599.
Weiner B. 896.
Weiß H. 831, 958.
Wellauer M. 41.
Welsch W. 96.
Wenner F. 663.
Werneburg. 938.
Westphal W. 330.
Wetzel J. 375.
Wheeler J. B. 491.
Whiddington. 928.
White B. E. 956.
White W. M. 956.
Whitehead J. B. 833.
Wichert A. 533, 953.
Wiegand A. 39.
Wieland P. J. H. 1067.
Wietz H. 99, 217.
Wilczek E. 254.
Wilhelm M. 828.
Wilke W. 551.
Williams R. S. 157.
Wilson C. T. R. 381.
Winkler A. 121.
Winkler W. 456.
Winne H. A. 231.
Winnig. 1070.
Winter A. 1063.
Wolf A. 432.
Wolf J. 97.
Woodbridge J. L. 656.
Wotruba R. 395.
Wright A. J. 548.
Wright J. D. 231.
Wyssling W. 894.

Z

Zabransky H. 932.
Zanino. 956.
Zarlatti. 527.
Zdralek O. 631, 693.
Zederbohm W. 538.
Zenneck J. 373.
Zikély E. 1037.
Zschaage W. 925.
Zuppinger. 603.
Zwiauer P. 361.

Digitized by Google

Die Lichttechnik

4. Jahrgang 1927

(Organ der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft in Wien)

Beiblatt

zu

„Elektrotechnik u. Maschinenbau"

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Verzeichnis der Originalarbeiten und Beiträge

(Nach Namen der Autoren geordnet.)

Bambula A. Lichtreklame- und Auslagenbeleuchtung 90
Bausenwein, Dr. E. Die österreichische Schaufenster-Lichtwerbung 81
Caldwell, Prof. F. C. Der Bericht des Komitees für Straßenbeleuchtung der Amerikanischen Lichttechnischen Gesellschaft im Jahre 1927 . . 137
Conrad, Ing. H. Die Arbeiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1926 auf dem Gebiete der Lichttechnik 144
Deck, Ing. C. Das „STEWE"-Lichtreklameschild am Direktionsgebäude der städt Elektrizitätswerke Wien 68
Finlayson, Dr. L. Fortschritte in der Beleuchtungstechnik 16
— und Ondraček. Die Neonleuchtröhre . . . 43
Grünfeld P., Schaltapparate für Schaufensterbeleuchtung 89
Hammer, Ing. L. Beleuchtungstechnische Aufgaben im Amalienbad in Wien 109
Herbatschek, Ing. O. Neuzeitliche Lichtreklame in Wien 61
— Heimbeleuchtung 112
Hiecke, Dr. R. Erläuterung der photometrischen Grundgrößen und Einheiten 30
— Einführung in Wilhelm Ostwalds Farbenlehre 93, 101
Hintzmann, Dr. Ernst. Die Probebeleuchtung 25
Klein, Dipl. Ing. Schaufensterbeleuchtung mit Spiegelreflektoren 84
Koch, Ing. H. Das neue Maschinenglaswerk der Osram-Gesellschaft 121
— Das werbende Licht 83
— Die internationalen Arbeiten auf dem Gebiete der Lichttechnik 129
Krötlinger, Ing. Karl. Die Reklamebeleuchtung auf dem Kaufhaus der Gerngroß A.-G. in Wien 28
Ondracek, Prof. Ing. J. Die Beleuchtung in einer neuen Wiener Kirche 8
— Die Induktionslampe 105
Berichtigung 128.
— Eine praktische lichttechnische Ausstellung . . 133
Berichtigung 148.
— Straßenbeleuchtung 141
Reiter, Ing. F. Moderne Schaufensterbeleuchtung 77
Ruffer, Dr. W. Licht und Leistung 1, 13
Schaer, Dipl. Ing. J. Kritische Bemerkungen zur Schaufensterbeleuchtung 88
Schuster, Dr. F. Neuzeitliche Armaturen . . . 55
Teichmüller, Prof. Dr. J. Lichtarchitektur 37, 49
Weisse, Ing. E. Fassadenbeleuchtung 71
— Die Beleuchtung von Schaufenstern mittels Schrägstrahlern 86

Literaturberichte

Berthold R. G., s. Dushman S.
Dushman S. Die Grundlagen der Vakuumtechnik. Von Dr. L. Finlayson. 23.
Fürst Artur. Das elektrische Licht. Von Dr. L. Finlayson. 59.
Putnoky, Dr. Ing. F. Die Technik der Schaufensterbeleuchtung I. Von Prof. Ing. J. Ondracek. 92
Reiman E., s. Dushman S.
Walsh John W. T. Photometry. Von Prof. Ing. J. Ondracek. 48.
Wetzel M. Les méthodes modernes d'éclairage. Von Prof. Ing. J. Ondracek. 92.
Eingelaufene Bücher. 24, 136.
Neue Druckschriften. 76.

Digitized by Google

Sachverzeichnis

A

Absorption, selektive 19
—, Absorptionsfaktor 60
Anleuchten v. Gebäuden . . . 20, 71
Armaturen, neuzeitliche Bauart . . 55
— f. Straßenbeleuchtung 143
s. a. Leuchte.
Auge, Empfindlichkeit b. versch. Helligkeit 6
Auslagenbel., s. Schaufensterbel.
Ausstellung, lichttechnische der Ö. L. G. 133, 148
— f. Schaufensterbel. 83

B

Badbeleuchtung 109
Beleuchtung 92
—, architekton. Gesamtwirkung . . 26
— i. Bädern 109, 110
— v. Ballsälen 76
— i. Bergwerken 119, 145
—, Bühnenbeleuchtung 75
— v. Büros 136
—, Fabriksbeleuchtung 21
— v. Gesellschaftsräumen 49
—, Gleichmäßigkeit 26
— i. d. Handsetzerei 116
—, Heimbeleuchtung 21, 112
— i. Hotels 29
— v. Innenräumen 24, 117
— i. einer Kabelfabrik 99
—, Kirchenbeleuchtung 9
— i. Laboratorium 134
— v. Lichtspieltheatern . . . 74, 92
—, Notbeleuchtung 75, 107
—, Probebeleuchtung 25
—, Reklamebeleuchtung . . 28, 61, 68
—, Straßenbeleuchtung 106, 116, 137, 141
—, Transparentbeleuchtung . 62, 70
—, Treppenbeleuchtung 49
— v. Turmuhren 128
—, Voutenbeleuchtung 51
—, Wahrnehmung d. Beleuchtung 126
— v. Werkstätten 133
—, Wirtschaftlichkeit 27
—, Wohnungsbeleuchtung . . 21, 112
—, Zugbeleuchtung 146
s. a. Lichtreklame, Reklamebeleuchtung, Schaufensterbel.
Beleuchtungsfarbe 13
Beleuchtungsforschung 59
Beleuchtungsgüte 1
Beleuchtungskontraste 26
Beleuchtungsmesser 27, 34
Beleuchtungsstärke 79, 88
—, Definition 33
Bergwerksbeleuchtung 119, 145
Blendung 25, 46, 142
Blinkschalter f. Schaufensterbel. 89
Bogenlampe v. Carbone 72
—, Dauerbrandlampe 57
—, Flammenbogenlampe 17
—, Kohlenverbrauch 17
—, Wolframbogenlampe . . . 17, 46
Bühnenbeleuchtung 75
Bürobeleuchtung 136

C

Colorimeter 19

D

Definitionen v. lichttechn. Größen 31, 33, 34, 35, 36, 60
Durchlaßfaktor 60

E

Eignungsprüfung, psychotechn. . . 1
Einheit d. Lichtstärke, Definition . 35
Eisenbahnsignalbel., Laterne 30

F

Fabriksbeleuchtung 99
—, Gesetzgebung i. England 21
Farbenkörper 104
Farbenkreis 97
Farbenlehre v. Ostwald 93
Farbenreinheit 101
Fassadenbeleuchtung, s. Anleuchten v. Gebäuden.
Flammentemperatur 144
Fließarbeit 5
Floodlighting, s. Anleuchten.
Fluoreszenz, Theorie 19
Fußkerze, Definition 33

G

Gegenfarben 94
Geleuchte, s. Leuchte.
Glanz, Messung 145
Glas f. lichttechn. Zwecke 19
—, Rauchglas 98
—, Schmelzen 122
—, selektive Absorption 19
Glimmlampe 17
Glühlampe 58
—, Abschmelzmaschine 124
— f. Eisenbahnsignallicht 30
—, Energieverteilung 144
—, Fadenform 17
—, Fadenmaterial 16, 17
— i. Bergwerken 145
—, Herstellung 6, 16
—, internat. Vergleichung . . 57, 144
—, Kolben, maschinelle Herstellg. 121
— —, Kolbenblasmaschine 123
—, Lebensdauer 16
—, Lichtverteilung, obj. Messg. . 75
—, Signallampe 16
—, Soffitenlampe 62, 76
—, Verbrauch an Lampen . . 16, 48
—, Vereinheitlichung 16
—, Verpackung 17
s. a. Beleuchtung, Leuchtbuchstaben, Lichtreklame, Reklamebeleuchtung, Schaufensterbel.
Grauleiter 93
Grubenlampe 145

H

Hefnerlumen als Einheit 36
Hefnerlux, Definition 36
Heimbeleuchtung 112
Heringsches Dreieck 103
Hotelbeleuchtung 29

I

Induktionslampe 105, 128
Industrie d. Leuchtmittel 48
Innenraumbeleuchtung, Beleuchtungsstärke 117
—, Leitsätze der Ö. L. G. 24
Internationale Beleuchtungstechn. Kommission 108, 129
Irradiation 47

J

Jahresversammlung d. Deutschen Beleuchtungstechn. Ges. 21
Jubiläum v. J. Newton 100

K

Kautschuk, Einfl. v. Licht 19
Kerze, internationale Definition . . 36
Kirchenbeleuchtung 9

L

Laboratoriumsbeleuchtung 134
Lambertsches Gesetz 35
Laterne f. Eisenbahnsignale 30
Leistung, Beeinflussung dch. Licht 1, 14
Leitsätze z. Bewertung v. Lampen u. Beleuchtung 10
— f. Innenbeleuchtung d. Ö. L. G. 24
Leuchtbuchstaben 63, 73
—, Schaltungsweise 63
s. a. Lichtreklame.
Leuchte, Kassettenleuchte 43
—, Kronleuchter 41
—, moderne Bauart 41
— i. Säulenkapitälen 43
— f. Schaufensterleuchte 78, 83, 84, 85, 86
—, Wandleuchter 42
s. a. Schaufensterbeleuchtung.
Leuchtdichte, Definition 34
Leuchtfarbe, Messung d. Lichtausstrahlung 128
Leuchtstromdichte 60
Licht, elektr., Geschichte d. Entwicklung 59
Lichtarchitektur 37, 127
Lichtbilder, farbig beleuchtet . . . 92
Lichteinheit d. PTR 18, 144
Lichtfarbe, Einfluß a. Lesegeschw. 13
— f. Signallichter 30
Lichtmalerei 52
Lichtmenge, Definition 31
Lichtkultur 126
Lichtquelle, farbige 105
Lichtreklame 61
—, Schaltwerk 64, 65
—, Schild 62, 73, 76
— d. Städt. El.-Werke 68
—, Universalanlage 64
—, Wanderschrift . 65, 69, 73, 74
—, Wechselschrift 64, 69, 74
s. a. Neonlicht, Reklamebel.
Lichtsäule f. Reklamebel. 62
Lichtschild, s. Lichtreklame.
Lichtsignal f. Straßenverkehr . . . 118
—, Tagessichtbarkeit 107
Lichtspieltheater, Beleuchtungsprobleme 74, 92
Lichtstärke, Definition 32, 35
Lichtstrom, Definition 31
Lichttagessignale 30
Lichttherapie m. ultraviol. Strahlen 20, 119
Lichtverteilung b. Glühlampen . . 75
—, Lichtverteilungskurven, Erläuterung 36
Linse f. Signallaternen 30
Luminiszenz, Theorie 19
—, Triboluminiszenz 19
Luxmeter 128

M

Meterkerze, Definition 33

N

Nekrolog:
Strache, Prof. Dr. Hugo . . 148
Neonlicht 43
—, Neonleuchtröhre, Bauart 44
— —, Lichtverteilung 45
— —, Photometrie 44
— f. Reklamebeleuchtung . . 66, 69
Nomographische Tafel f. Lichtmessung 108
Notbeleuchtung i. Kino 75
— i. Theater 107

Digitized by Google

Ö

Österr. Lichttechnische Ges. . . . 148
—, Definition lichttechn. Größen . 60
—, Erläuterung d. photometrisch. Grundgrößen u. Einheiten . . . 30
—, Leitsätze zur Bewertung v. Lampen u. Beleuchtung 10
—, Leitsätze f. Innenbeleuchtung . 24
—, Protokoll d. III. ord. Generalversammlung 11
Optik, physiologische 125
—, psychologische 125
Ornament, leuchtendes 42

P

Patentberichte:
Metalldampflampen . . 147
Lichtreklame 73
Schaufensterbeleuchtung . . . . . , 74
Phosphoreszenz, Theorie 19
Photoelektrische Zelle 18
Photometer f. entfernte Lichtqu. 17
—, Kugelphotometer 18
—, tragbares 18
—, Würfelphotometer 18
Photometrie 48
—, heterochrome 18
—, Lampennormale 18
—, registrierend 144
—, Selenzelle 18
—, Spektrophotometrie 18
— v. Szintillationen 17
Photo-Volta-Effekt 18
Phys.-Techn.-Reichsanstalt, Lichtmessungen 57, 144
Politur, Prüfung m. reflekt. Licht 120
Porzellan, Lichtdurchlässigkeit . . 21
Probebeleuchtung 25
Produktionserhöhung dch. künstl. Beleuchtung 1, 14
Prüfung, psychotechnische Eignungsprüfung 1
— —, Prüfraum 3
Psychotechn. Untersuchg. . 1, 14, 146
Purpurfarben 95

Q

Quarzlampe f. Analysen 20
s. a. Quecksilberdampflampe.
Quecksilberdampflampe . . . 17, 147
— f. Ultraviolettbestrahlung 20, 119

R

Reflektor 55
—, gelenkige Einstellung 91
— f. Schaufensterlicht . 78, 83, 84
— —, Schrägstrahler 86
—, Spiegellichtreflektor 78, 84
— —, Glockenspiegel 85
— —, Kugelzonenspiegel 85
Reflexionsfaktor 60
Reflexionsvermögen versch. Farb. 26
Reklamebeleuchtung . . . 61, 68, 146
—, Leuchtturm 28
— m. Scheinwerfer 28
s. a. Lichtreklame.
Rousseaudiagramm, Erläuterung . 36

S

Schaltwerk, s. Lichtreklame.
Schattenreihe 103
Schattigkeit 26
Schaufenster-Beleuchtung . . 74, 77
—, Ausstellung in Wien 83
—, Beleuchtungsstärke i. d. Auslage 79, 88
—, Blinkschalter 89
—, kombin. m. Reklamebeleuchtg. 90
—, Schaltuhr 89
—, Schaufenster-Lichtwerbung i. Österr. 81
—, Technik d. Beleuchtung 92
s. a. Reflektor, Lichtreklame.
Scheinwerfer, Polieren 75
— f. Reklamelicht 28
Schilderbeleuchtung, s. Lichtrekl.
Schmelzpunkt v. Metallen 19
Schwarzer Körper, Gesamthelligk. 57, 58
Sehzeichen, z. Messung d. Unterscheidungs-Geschwindigkeit . . 7
Selenzelle f. photometr. Zwecke . 18
Sichtbarkeit 142
—, Sichtbarkeitsfaktor 47, 60
Sichtweite 108
Signalbeleuchtung a. Bahnen . . . 30
Signallampe 16, 30
Soffitenlampe 62, 76
Spiegelung 25
Statistik d. Leuchtmittelindustrie i. Deutschland 48
Strahler, schwarzer 57
Straßenbeleuchtung m. 3000 V . . 116
—, amer. Bericht 137
—, Armaturen 143
— a. Landstraßen 141
—, Projektierung 141
—, Umbau auf Parallelschaltung . 106
—, Unfallstatistik 141
—, Vorschriften i. England 143
—, Wertung 137
Szintillation, Photom. Messung . . 17

T

Tageslicht 91
—, Ersatz dch. künstl. Licht . . . 23
—, gesundheitl. Anforderg. 21
— i. Innenräumen, Vorschriften . 22
—, Kosten 16
—, künstlerische Anforderg. 21
—, Tageslichtbrille 98
—, Tageslichtzeichen f. Schaufenst. 91
Transparentbeleuchtung . . . 62, 70
Treppenbeleuchtung a. Gestaltung 49

U

Ultraviol. Strahlen, Lichttherapie 20
—, physiolog. Wirkung 119
Unfälle 141, 146
Unterscheidungsschnelligkeit . . . 7

V

Vakuumröhre 17
Vakuumtechnik 23
Vollfarben 96
Voutenbeleuchtung 51

W

Wahrnehmungsfäh., Koeffizient . . 47
Werkstattbeleuchtung 133
Wohnungsbeleuchtung, Propag. . . 21
Wolfram als Glühlampenfaden, Untersuchung 16, 17

Z

Zugbeleuchtung, System d. D. R. B. 146

Namensverzeichnis

A

Abel A. 74.
Adolph. 20.
D'Angelo St. 73.
Atherton C. A. 61.

B

Balbino d. Nuncio 117.
Bamberger. 148.
Bambula A. 91.
Bausenwein E. 81.
Black H. M. 73.
Bloch L. 107, 128.
Bordoni U. 47.
Brown W. C. 75.
Buddenberg. 30.
Bush W. E. 21.

C

Cady F. E. 58.
Caldwell F. C. 137.
Carbone T. L. 57.
Clerici C. 29.
Cobb P. W. 7.
Conahey J. Mc. 107.
Couvreux. 46.
Cullmann Ph. 91.

D

Deck C. 68.
Dieterici C. 93.
Drehschmidt. 129.
Durgin W. A. 14.
Dushman S. 23.

E

Evans M. 107.

F

Ferree C. E. 6.
Forsythe W. E. 58.
Foulke T. E. 105.
Freese H. 126.
Frühling H. 22.
Fürst A. 59.

G

Gaster L. 98.
Giese. 146.
Goldmann R. 74.
Gray S. Mck. 138, 142.
Grittner G. 119.
Grob H. 146.
Grünfeld P. 89.

H

Hammer L. 109.
Harrison W. 138.
Hatlapa W. 91.
Hellpach. 126.
Herbatschek O. 61, 112.
Hiecke R. 30, 93.
Hintzmann E. 25.
Holladay L. L. 47, 142.
Hughes J. S. 119.
Hyde E. P. 58.

I

Ives H. E. 57.

J

Jones W. I. 58.

K

Ketchup P. W. 21.
Kingsbury E. F. 58.
Klein. 84.
Klein G. T. 119.
Klughardt A. 145.
Koch H. 83, 121, 129.
König A. 93.
Korff-Petersen A. 13, 21.
Krauß St. 126.
Kroh. 125.
Krötlinger K. 28.
Kusminsky L. 129.

L

Langmuir J. 58.
Laul G. 57.
Leer, van B. 74.
Lewin M. 73.
Lohmann R. W. 43.
Luckiesh M. 6, 14, 47, 117.
Lux H. 23.

M

Marks L. B. 132.
Maynard-Turner C. 106.
Miller P. S. 138, 142.
Müller. 144.

Digitized by Google

Naumann E. 145.
Nichols E. F. 16.

O

Ogata J. M. 13.
Ondracek J. 8, 133, 148.
Ostwald W. 93, 145.
Otto W. 146.

P

Parmelee C. W. 21.
Paterson C. C. 59, 130.
Payne L. F. 119.
Pécheux H. 46.
Peri G. 143.
Pringsheim E. 59.
Proksch F. 73.
Putnoky F. 92.

R

Rand G. 6.
Reiter F. 77.
Rodde H. A. 74.
Ruffer W. 1, 13.

S

Schaer J. 88.
Schneider O. 13.
Schröter F. 136.
Schuster F. 55.
Sellerio A. 44.
Simpson R. H. 15.
Sokolow M. B. 99.
Spiller E. 75.
Strache H. 148.
Sweet A. I. 138.

T

Taylor A. K. 116.
Teichmüller J. 1, 37, 49, 125.
Thomson J. J. 105.
Tilles G. 73.
Tischer H. 21.
Titus R. W. 119.
Troquet D. 116.

V

Vernon H. M. 145.

W

Waldram J. M. 141.
Walsh W. T. 48, 131, 142.
Warburg E. 144.
Weisse E. 71, 86.
Wernicke K. 128.
Weston H. C. 116.
Wetzel M. 92.
Wilhelm A. 73.

Digitized by Google

Die Radiotechnik

4. Jahrgang 1927.

Beiblatt

zu

„Elektrotechnik u. Maschinenbau"

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Verzeichnis der Originalarbeiten und Beiträge

(Nach Namen der Autoren geordnet.)

Aigner, Prof. Dr. F. Die Bedeutung der Elektroakustik für den Rundfunk 13, 28, 41
Ardenne, Manfred v. Zur Messung der Spannungsverstärkung bei Niederfrequenzverstärkern 25
Burstyn, Dr. W. Die Große Deutsche Funkausstellung in Berlin 116
Conrad, Ing. H. Die Arbeiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik 30
Descovich E. Die neuen Stationen für den Radio-Telegraphendienst Großbritanniens mit den Dominions 17
Engel, A. v., siehe Mayer R.
Esau, Prof. Dr. A. Herstellung, Aussendung und Wirkungen sehr kurzer elektrischer Wellen . 125
Ettenreich, Dr. R. Über Netzanschlußgeräte für Gleichstrom 44
— Der Anteil Österreichs an der Entwicklung der Radiotechnik 89
— Über Störungen beim Radioempfang 105
Hiecke, Dr. R. Die Frequenzcharakteristik von Telephonsystemen und Tonfrequenzapparaten sowie ihre Messung 60
— Zwischenfrequenztransformatoren in Superheterodyne-Empfängern 69
— Gittertransformator und Niederfrequenzverstärkung 75
Kusminsky, Dr. L. Die radiotechnischen Untersuchungen des National Physical Laboratory in Teddington (England) 1925 5
Leist, Ing. F. Die Anlagen der Radio-Austria A.-G. 81
Mayer R. und Engel, A. v. Ein Beitrag zum Entwurf elektrischer Drehzahlregelanlagen . . 49
Meißner, Dr. Dr.-Ing. e. h. A. Über piezo-elektrische Kristalle bei Hochfrequenz 1
Mittelmann Eugen. Die Zwischenfrequenzverstärkung mit Hilfe von Doppelgitterröhren . . 39
— Richtstrahlung mit horizontalen Antennen . . 97
— Die Radiotechnik auf der Wiener Herbstmesse 1927 119
Pollak-Rudin, Ing. Dr. R. Die Audionwirkung der Frenotronröhre 113
Reithoffer, Prof. Dr. Max. Robert von Lieben 57
Richtera, Prof. Dr. L. Der Fernseher Belin . . 3
— Studien an der Negadynschaltung 37
Rusch, Dr. F. Die Radiotechnik auf der Ausstellung „Das bayrische Handwerk" in München 106
Seidl, Dr. F. Eine neue Methode zur membranlosen Umsetzung elektrischer Schwingungen in akustische 108
Semm, Dr. A. Der neue Deutschlandsender . . . 91
Vogt W. G. H. Rundfunkstörungen durch die Straßenbahn 73
Wollner, Dipl. Ing. E. Transatlantische drahtlose Telephonie 65

Literaturberichte

Albrecht, Dr. Ing. R. Radiotechnik IV. Von Dr. R. Hiecke. 104.
Banneitz, Dr. F. Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, Von Dr. Schmidt. 103.
Bergmann, Dr. L. Die Störungen beim Radioempfang. Von E. Mittelmann. 23.
Bethenod J. Les Alternateurs à haute fréquence. Von Ing. St. Schwarz. 72.
Bloch, Dr. W. Radiotechnik II. Wellentelephonie. Von Dr. R. Hiecke. 36.
Dietsche, Dipl. Ing. F. Die Hochantenne. Von Dr. Ing. R. Grann. 24.
Eichhorn, Dr. Gustav. Wetterfunk, Bildfunk, Television. Von E. Mittelmann. 24.
Frerk, F. W. Radio für den Selbstbauer. Von Dr. R. Hiecke. 124.
Fuchs, Dr. Franz. Grundriß der Funkentelegraphie. Von Dr. Ing. R. Grann. 48.
Günther Hanns. Das zweite Schaltungsbuch. Von Dr. J. Piesch. 12.
— Pioniere der Radiotechnik. Von Dr. R. Hiecke. 23.
Haudié E. Radiotélégraphie et Radiotéléphonie. Von E. Mittelmann. 104.
Korn, Dr. A. und Nesper, Dr. E. Bildrundfunk. Von E. Mittelmann. 12.
Lillge, Dipl. Ing. G. Radiotechnik. Von Dr. R. Hiecke. 124.
Meyer Ing. Gustav W. Mitteleuropäischer Funk-Kalender 1927. Von Dr. Ing. R. Grann. 36.
Mihaly, Dénes v. Das elektrische Fernsehen und das Telehor. 24.
Mühlbrett K. Funkschaltungen. Von E. Mittelmann. 96.
Nesper, Dr. E., s. Korn, Dr. A.
Neugebauer, Dr. E. Funkrecht. Von Dr. H. Schreiber. 96.
Reininger, Dr. Ing. Georg. Der deutsche Funkverkehr. Von Dr. R. Hiecke. 23.

Digitized by Google

Richtera, Prof. Dr. L. Bildtelegraphie, Bildrundfunk und Fernsehen. Von Dr. R. Hiecke. 36.
Rüdenberg, Prof. Dr. Ing. R. Aussendung und Empfang elektrischer Wellen. Von E. Mittelmann. 80.
Saacke, Dipl. Ing. H. Radiotechnik III. Von Dr. Ing. R. Grann. 48.
Singelmann, Dipl. Ing. M. Störbefreiung in der drahtlosen Nachrichtenübermittlung. Von Dr. G. Stetter. 12.
Treyse K. Schaltungsbuch für Radioamateure. Von Dr. R. Hiecke. 11.
Tuma, Prof. Dr. J. Physikalische Grundlagen der Wellentelegraphie und -Telephonie. Von Dr. Ing. R. Grann. 36.
Wigge, Dr. H. Rundfunktechnisches Handbuch. Von Prof. Dr. L. Richtera. 112.
Wunder R: Die kurzen Wellen. Von Dr. J. Piesch. 12.
Eingelaufene Bücher. 24, 36.
Eingelaufene Druckschriften. 80.

Sachverzeichnis

A

Abstimmspule 11
s. a. Spule.
Akustik 13, 15, 42
s. a. Schall.
Analysator f. Wellen 14, 110
Anode, s. Elektronenröhre.
Anodengleichrichtung 99
Antenne,
Anlagen:
Bodmin 17
Deutsch-Altenburg 85
a. Laaerberg 87
i. Rugby 67
—, Anschluß a. Lichtnetze 19
—, Berechnung d. Erdverluste . . 100
—, Energieaufnahme dch. d. Erde 101
—, Horizontalantenne, Richtstrahlung 33, 97
— f. kurze Wellen 24
— —, Reflektor 23
— f. lange Wellen 22
— —, Einstellung d. Phasen . . . 23
— —, Unterdrückung d. Harm. . 23
Arcolette 76, 119
Ausstellungen f. Radiotechnik,
Berlin 116
München 106
Wiener Messe 119

B

Bildrundfunk 12, 36, 46
— m. kurzen Wellen 10
—, System Baker 32
s. a. Fernsehen.
Bildtelegraphie, s. Bildrundfunk.
Bildübertragung, s. Bildrundfunk.
Blatthaller 20
Bolometer 130
Bordfunkpeiler 48
s. a. Peilen.

D

D'Arsonvalisation 46
Detektor 117
—, Materialuntersuchung 93
Diathermie 46
Doppelgitterröhre, s. Elektronenröhre.
Drahtlose Telegraphie,
Anlagen:
Bodmin 17
Bridgewater 18
d. Radio-Austria A.-G. 81
—, Empfänger i. Wien 82
—, Entwicklung i. Österr. 89
—, Sendestationen d. englischen Dominions 17
— — i. Wien 83
— —, Schnellsender 84
—, Statistik v. Deutschland 23
— — d. Welt 10
—, Undulator 82
Drahtlose Telephonie,
Anlagen:
Houlton 67
London — New-York 6
Rocky Point 67
Rugby 67
Wroughton 67
—, Entwicklung i. Österr. 89
—, Taschenbuch 103
—, transatlantische 65
s. a. Bildrundfunk, Rundfunk.
Drosselspule, Steuerung durch Hilfskreis 23

E

Einfuhr v Radioapparaten 72
Elektroakustik 13
Elektrometer n. Wulf 26
Elektronenröhre, Bauart . 58, 89, 119
—, Doppelgitterröhre . . 37, 39, 56
— —, Gegentaktverstärkung . . . 47
— —, Negadynschaltung, Untersuchung 37
— —, Resonanzverstärkung 56
— —, Zwischenfrequenzverst. . . 39
—, Elektrodenmaterial 79
—, Empfängerschaltung, Anodenspannung a. Lichtnetz . . 45, 99
— — m. Mehrfachröhre . . . 31, 100
—, Entlüftung 80
—, Fassung 95
—, Frenotronröhre 113
—, Frequenzcharakter. f. Relais . 62
—, Gasfüllung 79, 95
—, Gitterstrom, Messung 93
—, Gleichrichter 122, 127
—, Glühkathode 79, 95
— —, Heizstromentn. a. Netzen . 45
— — — a. Thermoelem. 122
— —, indirekte Heizung . . . 32, 116
—, innerer Widerstand 93
— m. K- oder Na-Füllung 32
—, Kühlung 95
—, Mehrfachröhre 31, 100
— m. Schutznetz 121
—, Sender 7, 55, 67, 85
— — f. große Leistung . . . 17, 88
— —, Senderschaltung, n. Heising 9
— —, tönender 31
— — m. Unterdrückung d. Trägerwelle 65
—, Verstärker 5, 7, 26, 75, 101
— —, Gittertransformator 75
—, Ziehen v. Röhren 130
s. a. Empfängerstat., Senderstat.
Empfängerstation 11, 12, 76, 96, 118
—, amer. Aufbau d. Apparate . . 106
—, Demodulieren 43
—, Detektor 93
—, Frequenzumfang d. aufgenommenen Sprache 28
—, Grenzreichweite 41
—, Leistungsgrenzen 30
—, Netzanschlußgerät 45, 99, 118, 120
— —, Sicherheitsvorschriften des EVW 45
— —, Thermoelement 122
—, Prüfung 120
—, Reiseempfangsgerät 106
—, Rückkopplung i. Gegentaktschaltung 93
s. a. Elektronenröhre, Drahtlose Teleph., Rundfunk.
Erdung v. Stationen f. drahtl. T. 18, 22, 46
s. a. Antenne.

F

Fassung f. Röhren 95
Fernsehen 3, 24, 36, 64
—, System Baird 33
—, System Belin 26
s. a. Bildrundfunk.
Flugzeug, drahtlose Einrichtg. 18, 34, 46
Formant eines Vokals 13
Frenotronröhre 113
Frequenzcharakteristik v. Telephonsystemen 61
Frequenznormale 46
Frequenzumfang, musikal. Instr. 28
Frequenzwandler 21, 128
Funkpeiler, s. Peilen.
Funkrecht 96
Funktechnische Gesellschaft 132

G

Gedenkfeier n. R. v. Lieben . . . 57
Geschäftsberichte:
Marconis Wireleß Tel. Co. Ltd. 48
Transradio A.-G., Berlin . . . 72
Gitter, s. Elektronenröhre.
Gittertransformator 75
Gleichrichter 19, 117, 122
s. a. Elektronenröhre.
Glimmlicht-Oszillograph 31
Glühkathode, s. Elektronenröhre.

H

Hochfrequenzmaschine 72
—, Drehzahlregelung 49
—, Indikator 50
—, Parallelschaltung 71
Hochfrequenzofen 46
Hochfrequenztechnik 46
Hören, plastisches 19

I

Induktivitätsmessung 46
Industrie, Radiotechn. i. Amerika 103
Internationale Funkkonferenz in Washington 94

K

Kalender, Mitteleuropäischer Funkkalender. 36
Kapazitätsmessung 46
Kettenleiter 29, 66

Digitized by Google

Klangfarbe d. Töne 43
Kombinationsschwingungen 42
Kondensator, Bauart 111
—, Berechnung 9, 19
—, Drehkondensator 107, 117, 119, 123, 131
—, Halteklammer 112
—, Quecksilber-Kondensator 117, 123
—, Wickelkondensator 112, 131
Kopplung, Energieübertragung . . 102
—, Kopplungsspule 11
s. a. Spule.
Kristall, selbsttönend 109
Kristallmotor 3

L

Laboratorium f. Rundfunkvers. . 98
Lautsprecher 108, 117, 119, 120
—, Blatthaller 20
—, Faltlautsprecher 119
—, Frequenzcharakter 62, 128
—, objektive Untersuchung 20
—, physiolog. Untersuchg. 20
—, Omniphon 117
—, Prüfung 7, 128
Luftfahrzeug, drahtlose Einrichtg. 18, 34
—, Loten 46

M

Mehrfacheffekt bei Kurzwellen-Übertragung 10
Mikrophon, Frequenzcharakt. . . . 61
—, Röhrenmikrophon 100
Multivibrator 46

N

Nachhall 41
National Physical Laboratory, rad. Unters. 5
Negadynschaltung 37
Netzanschluß, Bau v. Geräten 44, 99, 110
Normale f. Wellenlängen, Multivibrator 5
—, Quarzoszillator 1

O

Oien f. Hochfrequenz 46
Ohr als akustischer Apparat . . . 43
—, plastisches Hören 19
Ortsbestimmung dch. Wellen, Fehlerquellen 5, 10
— v. Schiffen 6
s. a. Peilen.
Oszillograph m. Glimmlicht 31

P

Patenberichte:
Spulen f. d. Radiotechnik 10, 11, 35, 36
Sendeanlagen f. drahtl. Telegraphie . . . 22, 23
Elektronenröhren 79, 80, 95, 96
Kondensatoren . . . 111, 112
Veränderliche Kondensat. 123, 131
Peilen m. elektr. Wellen . . . 48, 101
— m. kurzen Wellen 111
Permeabilität, differentielle 69
Phonisches Rad 30
Photoelektrische Zelle 47
Physikalisch-Technische Reichsanstalt, rad. Untersuch. 30
Pioniere d. Radiotechnik 23
Prüfung v. Dielektrika 5
— v. Empfängern 120
— v. Lautsprechern 7, 128
— b. Nat. Phys. Laboratory . . . 5
— b. d. PTR . . . . . , 30
— v. Verstärkern 5
— v. Zwischenfrequenztransf. . . 70

Q

Quarzoszillator 1, 116
—, Fassung 100
—, selbsttönend 109
—, Wellennormale 30, 122

R

Radiogoniometrie 47
Radioindustrie i. Amerika 103
Radiophotographie 64
Rayleighsche Scheibe . . 7, 61, 78
Reflektor f. Wellen, s. Antenne.
Resonanz-Kette 29
Resonator v. Helmholtz 13
Röhrenmikrophon 100
Rohrpost z. Telegrammbeförderg. 84
Rundfunk,
Stationen:
Deutschlandsender i. Zeesen . . 91
Münchenbuchsee 110
Prag 92
Rheinlandsend. i. Langenberg 88, 94
Neue Stationen 35
—, Einfuhr v. Appar. 72
—, Entwicklung i. Österr. 89
—, gesetzl. Best. i. Frankreich . . 72
—, Industrie i. Amerika . . . 103, 123
—, Sicherheitsvorschriften i. Am. 80
— — d. EVW 45
—, Statistik 10
—, Störungen . . . 12, 23, 47, 103, 116
— — dch. Elektrofilter 64
— —, Leitsätze d. EVW 106
— — dch. Straßenbahn 73
—, Studio 42
s. a. Bildrundfunk, Drahtlose Telephonie, Fernsehen.

S

Schall, Messung 7, 61, 78
—, Schallempfänger, Eichung . . . 61
—, Schallsignal i. Wasser 46
Schnellsender f. drahtlose Telegr. 84
Schwingung, ausklingende 17
Senderstation f. kurze Wellen 6, 19, 56, 94
—, Modulieren 43
—, Studio 42
s. a. Elektronenröhre, Drahtlose Telegraphie u. Telephonie, Rundfunk.
Siebkette 29, 66
Sprachklang 16
Spule 10
—, Hochfrequenzwiderstand 100
—, Korbspule 35
— a. Porzellankörper 120
— m. variabler Gegeninduktion . . 35
s. a. Drosselspule, Kopplung.
Superpositionsgesetz i. d. Akustik 42
Statistik d. Radiostationen 10
Störungen, s. Rundfunk.
Stromabnehmer f. Straßenbahn, störungsfrei 73
Studio i. Rundfunkstationen 42

T

Telehor 24
Telephon, Frequenzcharakteristik 60, 128
—, Membran 131
—, membranlos 108
—, Resonanztelephon 130
Television, s. Bildrundfunk, Fernsehen.
Thermophon 78
Tourenindikator f. Hochfrequenzmaschinen 50
Transformator f. Niederfrequ. 26, 107, 119
—, Frequenzcharakteristik 63
—, Gittertransformator 75
—, Resonanzerscheinungen . 77, 69
— f. Zwischenfrequenz 69
Trolit 106
s. a. Elektronenröhre.

U

Überspannungsschutz f. Radioanl. 21
Uhr, astronomische 47
Ultraphon 19
Undulator z. Registrierung von Morsezeichen 82

V

Variometer 11
— m. Flachspulen 35
s. a. Kopplung, Spule.
Verstärker, Messg. d. Verst.-Gr. 5, 26
—, Niederfrequenzverstärker 25, 75, 101
—, verzerrungsfrei 7
s. a. Elektronenröhre, Empfängerstat.
Vokal, Formanten 13
—, synthet. Herstellung 15
Vorschriften d. EVW f. d. Rundfunkwesen 45, 106

W

Wanderungseffekt b. Kurzwellenübertragung 11
Wellen 80
—, Analysator 14, 110
—, Ausbreitung 10
— —, Energieschwankungen . . . 102
— — kurzer Wellen 10, 34, 64, 102
— — b. Sonnenfinsternis 94
—, Intensitätsmessung 5
—, kurze Wellen 12, 125
— — b. Bildtelegraphie 10
— —, Erreger 9
— —, Sendereinrichtung 7, 125
—, Reichweite, Einfluß d. Temp. 10
—, Richtstrahlung b. Horizontalantennen 33, 97
—, Wellentransponierung 40
Wellenlängen, Messung m. d. Lechersystem 89
— — kurzer Wellen 32
—, Normale 1, 5, 122
s. a. Quarzoszillator.

Digitized by Google

Namensverzeichnis

A

Aigner F. 13, 28, 41.
Albrecht R. 104.
Aldridge A. J. 60.
Alexandersson E. F. 64.
Amato. 118.
André M. H. 122.
Andreevna A. 9.
Appleton E. N. 94.
Ardenne, M. v. 25, 93, 99, 110.
Artom A. 56.
Aubert R. 93.
Austin L. W. 10.

B

Backhaus H. 20.
Baker T. Th. 32.
Banneitz F. 103.
Banner G. H. W. 19.
Barfield R. H. 10.
Barkhausen H. 75.
Barnes E. J. 61.
Barthélemy R. 19, 40, 56.
Beauvais G. 95.
Belfils. 71.
Belin. 3.
Bergmann L. 23.
Bernbach W. 93.
Bethenod J. 72.
Blau F. 91.
Bloch A. 46.
Bloch W. 36.
Bouvier P. 71.
Bräuer E. 124.
Braun M. 117.
Brown W. J. 8.
Bruckner H. 35.
Buggisch H. 93.
Burstyn W. 55, 116.
Bush V. 122.

C

Cady W. 1.
Case. 47.
Chaulard. 46.
Clay. 109.
Cohen B. S. 60.
Curtis A. S. 111.

D

Deloraine E. M. 92.
Descovich E. 17.
Dezsö Z. 95.
Dieckmann M. 4.
Dietsche F. 24.
Dubilier W. 112.
Dufour. 46.
Duisdale A. 6, 19, 100.
Dunmore F. W. 48, 101.
Dutton. 61.

E

Eccles W. H. 10.
Eichhorn G. 24.
Elster. 47.
Emersleben O. 21.
Engel, A. v. 49.
Espenschied L. 103.
Ettenreich R. 44, 89, 105.

F

Faßbender H. 102.
Ferrié G. A. 46.
Forstmann A. 99.
Franke A. 25.
Frerke F. W. 124.
Fuchs Fr. 48.

Gebhardt W. 35.
Geitel. 47.
Gerlach E. 78.
Giebe A. 1, 122.
Glage. 4.
Glagoleva-Arkadieva. 9.
Goldsmith A. N. 93.
Greiner J. 77.
Griffiths W. H. F. 9.
Grimsen E. 33.
Günther H. 12, 23.

H

Hall E. L. 100.
Haudié E. 104.
Haynes A. J. 31.
Heegner K. 2.
Heising. 120.
Henschke E. 11.
Hilb E. 21.
Hollmann H. E. 19.
Hornbostel, E. M. v. 20.

J

Jirotka B. 123.
Jouaust. 47.

K

Kammerloher I. 102.
Kasparek P. 35.
Kellogg E. W. 7.
Kiebitz F. 7, 34.
Kirn M. 122.
Klotz E. 120.
Knecht B. 117.
Korn A. 12.
Korshenewsky, N. v. 56.
Kraege R. 31.
Küchenmeister H. 19.
Kümmich R. 21.

L

Lachlan, N. W. Mc. 69, 121.
Lakowski M. 46.
Lampa A. 9.
Landeen A. G. 110.
Langevin P.
Lebedev P. N. 9.
Le Blanc. 4.
Lecher E. 89.
Lederer A. 91.
Leist F. 81.
Leithäuser. 116.
Lertes P. 33.
Leroy. 47.
Levy P. 40.
Lieben, R. v. 90.
Lillge G. 124.
Lossew O. W. 108.

M

Mallet E. 61.
Martinek R. 80.
Mayer R. 49, 100.
Meißner A. 1, 91, 97.
Mesny. 46.
Meyer E. 7.
Meyer G. W. 36.
Meyer W. 88.
Michelssen F. 111.
Mihaly, D. v. 4, 24.
Miller. 15.
Miller J. 122.
Minder A. 96.
Mittelmann E. 39.
Monette. 117.
Moore C. R. 111.
Mühlbrett K. 25, 96.
Müller F. 64.
Müller L. 25, 75.

N

Nesper E. 12.
Neugebauer E. 96.
Nichols H. W. 47.
Nußbaumer O. 90.

P

Paul B. 118.
Pirani M. 25.
Plendl H. 102.
Pollak-Rudin R. 113.
Prescott M. L. 64.
Prüger K. 102.

Quäck E. 34.

R

Rayleigh. 123.
Reich H. J. 102.
Reininger G. 23.
Reisinger C. 79.
Reithoffer M. 57.
Ribaud M. 46.
Richtera L. 3, 36, 37.
Riegger H. 50.
Riesz M. 21.
Ritscher. 117.
Rosing. 4.
Round H. J. 100.
Rowe G. C. B. 101.
Ruben S. 19.
Rüdenberg R. 80.
Rukop H. 10.
Runge W. 32.
Rusch F. 107.

S

Saacke H. 48.
Scheibe A. 94, 122.
Schelleng. 47.
Schleede A. 93.
Schmitz W. 7.
Schuchmann. 53.
Seidl Fr. 108.
Semm A. 91.
Singelmann M. 12.
Smith C. G. 122.
Smith-Rose R. L. 10.
Sörensen A. S. M. 49.
Steckelmann R. 98.
Strauß S. 90.
Stumpf. 15.
Szcepanik. 4.
Szekely A. 101.
Szilard L. 95.

T

Taylor A. 22.
Taylor J. 32.
Tölken. 117.
Trendelenburg F. 20, 78.
Treyse K. 11.
Tuma J. 36.

V

Villem R. 71.
Vogt W. G. H. 73.
Voigt. 123.

W

Walls H. J. 55.
Warner J. C. 47.
Weichart F. 31.
Weinberg B. 9.
Wertheimer. 20.
West W. 60.
Wigge H. 112.
Williams J. 40.
Williams P. W. 63.
Wohl V. H. 80.
Wollner E. 65.
Wulf Th. 26.
Wunder R. 12.
Würtemberger W. 10.
Wymore. 10.

Digitized by Google

Das Elektrizitätswerk

4. Jahrgang 1927.

Beiblatt
zu
„Elektrotechnik u. Maschinenbau"
Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Verzeichnis der Originalarbeiten und Beiträge

(Nach Namen der Autoren geordnet.)

Arnold, Obering A. G. Die Elektrizitätswerke und die Bedeutung der Lichtwirtschaft 1
Brauner, Ing. A. Die Elektrizitätswirtschaft in Rußland 58
Beck, Dr. P. Österreichs Energiewirtschaft . . 21
— —, Berichtigung 40
Grann, Dr. R. Die elektrotechnische Woche zu Utrecht 49
Hamm, Dipl. Ing. Dr. Arthur. Die Lage der deutschen Elektrizitätsindustrie 9
— Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1926 67
Kunze, Ing. O. Neue Dampfkesselvorschriften in Österreich 65
Kürschner, Dipl. Ing. E. Die Elektrizitätswerke in Jugoslawien 14
Mann, Dr.-Ing. Viktor. Die Qualitätseigenschaften der Anlagen zur Energieerzeugung als Faktor in der Energiewirtschaft 33
Niethammer F. cosφ im Stromtarif 13
Reindl, Ing. C. Kohle, Öl, Elektrizität und Gas . 42
— Energiewirtschaft und Statistik 85
— Wasserkraft oder Wärmekraft in Frankreich . 101
Reithinger, Dr. A. Bayerns Großkraftwirtschaft 25
— Energiestatistik 103
Schreiber, Dr. H. Die gesetzliche Regelung des Zwischenhandels von elektrischem Strom . . . 35
— Die internationale Konvention über die Kraftleitung und Kraftnutzung 41
— Der Strompreis 57
— Der Stromexport und seine Rechtsordnung . . 93
— Vertragspflicht und Sperre in der Stromlieferung 105
Velisek, Dr. techn. A. Von der Mietinstallation zur Rateninstallation 76
Winkler, Ing. W. Ein Schutzbund gegen Hochwasserschäden 73

Briefe an die Schriftleitung

Boltzmann, Dr. A. Über Messung von Wirk- und Blindleistung in Drehstromnetzen mit Einphasenzählern. — Erwiderung von Dr. Ing. Georg Tenzer. 32.

Literaturberichte

Bonomi, Ing. C. Stand der hydroelektrischen Energieerzeugung in Italien zu Beginn des Jahres 1926. Von Prof. Dr. H. Baudisch. 18.
Dehne, Dr. G. Die deutsche Elektrizitätswirtschaft. 40.
Ellenbogen, Dr. W. Anschluß und Energiewirtschaft. 108.
Geisler, Dr. Ing. K. W. Wärmewirtschaft. 56.
Grahl, de Dr. Ing. E. h. Verwertung von Abfall- und Überschußenergie. 31.
Kratochwil, Ing. R. Elektrowärmeverwertung als ein Mittel zur Erhöhung des Stromverbrauches. Von Dr. Ing. F. Stipernitz. 92.
Melan, Dr. Ing. H. Die Schaltungsarten der Haus- und Hilfsturbinen. Von Ing. St. Jellinek. 19.
Ornig, Dr. J. Österreichs Energiewirtschaft. Von Dr. P. Beck. 21. Ber. 40.
Pawlowski A. und andere. Annuaire de la houille blanche française. 10. Jahrg. 1926/27. 108.
Pfeiffer, Ing. E. Probleme der Großstadt. 56.
Quigley Hugh. Electrical Power and National Progress. 32.

Digitized by Google

Sachverzeichnis

A

Abfallenergieverwertung 31
Außenhandel m. elektr. Strom 93, 108
— i. Deutschland 92

B

Belastungsfaktor 3
Beleuchtung, Einfl. a. Produktion 8
Benutzungsdauer 3
Berginanlage m. Elektrizitätserzg. 46
— m. Gaswerk 46
Besteuerung d. E.-W. 48, 100
Blindleistungsmaschine, wirtsch. Wert 30
Blindleistungsmessung 32
Brennstoff, Verbrauch i. Bayern . 26
s. a. Dampfkraftwerk, Kohle.
Bundessammelschiene i. Österr. . 23

D

Dampfkessel, Spitzenkessel 51
—, Vorschriften f. Österr. 65
s. a. Feuerung.
Dampfkraftwerk,
Anlagen:
i. Buenos Aires 70
Berliner Städt. E.-W. A.-G. . 18
East River-Werk (New-York) . 52
i. Frankreich 101
i. Oberschlesien 106
Rummelsburg 27
i. Rußland 58
—, Baukosten 7
—, Braunkohlenkraftwerk, Wirtschaftlichkeit 68
—, Brennstoffverbrauch 19
— m. Fernheizung 61
—, Haus- u. Hilfsturbinen, Schalt. 19
— z. Spitzendeckung 51
—, Vergleich m. Wasserkraftwerk 11
s. a. Elektrizitätswerk.
Deutsche Gesellschaft f. Lichtwirtschaft 7
Dieselmaschine, Einfluß der Ölbehandlung 52

E

Elektrisches Haus 50, 80
s. a. Heizung elektr., Kochen elektr.
Elektrisierung d. Ö. B. B. 24
Elektrizität i. Haushalt 50, 80
Elektrizität i. d. Landwirtsch. 16, 40
— i. Amerika 83
— i. Dänemark 83
Elektrizitätsindustrie 32, 49
Elektrizitätspolitik 10
Elektrizitätsverband, deutsch-österr. Arbeitsgemeinschaft . . 64
Elektrizitätsversorgung
i. Baden 29
i. Bayern 64
v. Dänemark 18, 92
d. Detroit Edison Comp. 62
v. Deutschland 52
—, Deutsche Großstädte 70
—, Karte 99
— i. Schlesien 29
— i. Westfalen 53
v. Großbritannien 29
v. Italien 18, 36
v. Jugoslawien 14
v. London 55
i. d. Niederlanden 49
v. Niederländisch-Indien 10
v. Österreich 25
v. Rußland 58
v. Süd-Wales 64
d. Vereinigten Staaten v. Am. 54
—, Kostenaufteilung 31
— i. d. Landwirtschaft 40
— —, Ausnützungsfaktor 16
—, Stromverteilung, Wirtschaftlichkeit 17
— i. Verbindg. m. Berginanlage 45
—, Wirtschaftlichkeit 17
— v. Ziegeleien 19
s. a. Elektrizitäts-Wirtschaft.
Elektrizitätswerbung i. Amerika . 39
Elektrizitätswerk,
—, Abschreibung 6, 33
—, Ausnutzungsfaktor 16
—, Belastungsfaktor 3
—, Benutzungsdauer 3
—, Berginanlage 46
—, Besteuerung 48, 100
—, Buchhaltung 96
—, Dampfkraftwerk gegen Wasserkraftwerk 11
—, Entwurf 62
—, Gesamtbelastungskurve 70
—, Gewinn d. deutschen E.-W. . 10
—, Kapitaldienst 3, 33
—, Kohlenförderung 39
—, Kurzschlußleistung 28
—, Lichtwirtschaft 1
—, Mietinstallation 77
—, Rateninstallation 77
—, Rentabilität 4
—, öffentl. Abgaben (Schweiz) . . 48
—, Sachversicherung 95
— m. Schwelanl. u. Teerbereitg., Kosten 43
—, Spannungsregelung i. gr. Netzen 28
—, Spitzendeckung 51
—, Stromverrechnung 96
—, Veralten 6
—, Verschiedenheitsfaktor 3
—, Wärmewirtschaft 11
—, Wirkungsgrad, techn. 33
—, wirtschaftl. Fragen . . . 1, 33, 68
s. a. Dampfkraftwerk, Statistik, Wasserkraftwerk.
Elektrizitätswirtschaft 21, 71, 80, 86, 108
i. Bayern 25
i. Belgien 38
i. Dänemark 92
i. Deutschland 9, 37, 40, 42, 67, 103
i. Frankreich 101
i. Großbritannien 38
i. Italien 37, 106
d. Niederlande 49
i. Österreich 21, 100
i. Rußland 58
i. Schweden 106
i. d. V. St. A. 12
s. a. Elektrizitätsversorgung.
Elektrizitätszähler, f. Blindleistungsmessung 32, 48
—, Einheitszähler 107
—, Tarifzähler 107
Elektrodroschke 98
Elektrotechn. Woche i. Utrecht . 49
Energieverbrauch d. Erde 92
— je Einwohner 89
Energiewirtschaft, s. Elektrizitätswirtschaft.

F

Fernheizung, Projekte i. Rußland 61
Feuerung, Kohlenstaubfeuerung . 19
Förderanlagen i. E.-W. f. Kohle . 39

G

Gasfernversorgung 47
Geschäftsberichte und Betriebsergebnisse:
Badische Landeselektrizitätsversorgung, Karlsruhe . . . 84
Bez.-Verb. Oberschwäbische E.-W. (OEW) 20, 72
Elektrizitäts- u. Straßenbahnges., Linz 40
Elektrowerke A.-G. 40
Gesellschaft f. elektr. Unternehmungen, Berlin 53
Großkraftwerk Franken A.-G., Nürnberg 54
Großkraftwerk Württemberg A.-G. 54
Kraftwerk Altwürttemb. A.-G. 54
N.-Ö. Elektr.-W. A.-G. (Newag) 12
Reinisch-Westfälisches E.-W. A.-G. (RWE) 20, 108
Steiermärkische El.-Gesellsch., Graz 53
Gesetzgebung, wasserrechtliche . 24

H

Handel m. Elektrizität . . . 35, 36, 92
Heizung, elektr., Raumheizung 50, 79
—, Statistik 82
s. a. Ofen.
Hochspannungsnetz i. Österr. . . . 23
Hochwasser-Schutzbund 75

I

Industrie, elektrot., in England . . 49
i. d. Niederlanden 49
Internationale Konvention f. Kraftleitung u. Kraftnutzung 41
Internationale Vereinigg. d. E.-W. 19

K

Kabel, Kabelschäden, Verhütung . 56
Kochen elektr. 82
—, Kochautomat 77
—, Sevesherd 80
Kohlenförderung i. E.-W. 39
Kohlenverbrauch 26, 92
Kohlenveredlung 43
Kohlenverflüssigung 43
Kohlenwirtschaft i. Deutschland . 43
Konjunkturforschung, Institut . . . 10

L

Leistungsfaktor, Berücksichtigung i. Stromtarif 13
Leitungsnetz, Kosten der Umwandlung 39
Lichtstrom, Tarifiragen 2, 5
Lichtwirtschaft, Einfluß a. Wirtschaftlichkeit d. Werke 1

M

Milchbehandlg., elektr. 50

N

Normalisierung v. Spannungen . . 5

Digitized by Google

O

Ofen, elektr., Speicherofen zur Raumbeheizung 79
Ölerzeugung aus Kohle 44

P

Papierindustrie als elektr. Verbr. 24
Produktionssteigerung durch Beleuchtung 8

R

Roheisenerzeugung, elektr. 24

S

Sammelschiene f. Nordböhmen . . 28
— i. Österreich 23
Speicherwirtschaft b. Wasserkraftwerken 90
Spitzendeckung i. Wärmekraftw. 51
Statistik d. El.-W., i. Dänemark . 92
i. Deutschland . . . 9, 81, 97, 103
v. Großbritannien 38
v. Italien 18, 37
i. Jugoslawien 14
i. Rumänien 99
i. d. Schweiz 64, 106
i. d. Vereinigten Staaten v. Am. 1, 54, 70
—, Einnahmestatistik, vergleich. . 7
— d. Elektroheizung i. d. Schweiz 82
—, Verkaufsstatistik, vergleich. . 7
—, Vorschlag zur Abfassung . . . 85
Statistik d. elektr. Unfälle 84
Stromexport 92, 93
Stromlieferung, ges. Regelg. 105
Strompreis, s. Tarif.
Stromverrechnung, maschinelle . . 96

T

Tarif 5, 57, 56, 81, 107
— i. amerik. Werken 31
—, Analyse d. Selbstkosten 4
—, Blindstromtarif 13, 72
—, Einfluß v. Leistungsfaktor . . . 13
—, Grundgebührentarif 48
— f. Kochstrom i. Schweden . . . 81
— f. Lichtstrom 2, 5
— i. Paris 71
—, Scheinleistungsgebühr 13

U

Überschußenergie z. Wärmeerzeugung 81, 102
— i. Zuckerfabriken 51
Unfälle, elektr., Statistik 84

V

Verband d. E.-W., Hauptversammlung Bregenz 94
—, Landesverb. Oberösterreich-Salzburg 19
Vereinigung d. E.-W., Jahresbericht 1926 72
—, Statistik 97
Verschiedenheitsfaktor 3
Versicherung b. Elektrizitätsw. 95

W

Wandboiler, elektr. 78
Warmwasserspeicher . . . 50, 78, 79
Wärmewirtschaft 11, 31
s. a. Dampfkessel, Dampfkraftwerk, Elektrizitätswerk.
Wasserkräfte
i. Bayern 26
i. Frankreich 101, 108
—, Statistik 103
i. Italien 35, 98
i. Jugoslawien 14
a. unteren Kongo 62
i. Österreich 23
d. Saale 27
i. Tirol (R. W.-E.) 69
Wasserkraftwerk,
Anlagen:
i. Frankreich 101
Gezeitenkraftwerk Frenaye . . 62
i. Jugoslawien 14
Klosters 16
i. Niederländisch-Indien 16
i. Rußland 58
i. Schweden 106
a. Toce 69
a. Wolchow 60
—, Hochwasserschäden, Versichg. 73
—, Vergleich m. Dieselanlage . . . 102
Werbetätigkeit in Amerika 39
s. a. Elektrizitätswerk.

Z

Zwischenhandel m. elektr. Strom, ges. Regelung 35

Namensverzeichnis

A

Arbelot M. G. 101.
Arnold A. G. 1.

B

Baart, Ir. H. T. 50.
Baritsch K. 29.
Barre. 12.
Basiaux A. 101.
Beck P. 21.
Behrmann H. 39.
Bellaar-Spruyt I. G. 49.
Bentkowsky J. J. 60.
Bergius. 44.
Beron R. 95.
Block. 68.
Boissonas. 19.
Boltzmann A. 32.
Bonomi C. 18, 36.
Bösch F. 95.
Brauner A. 59.
Breyer. 100.
Brylinski M. 19.
Bussmann H. 14.

C

Casanova, J. de. 19.
Cherreau L. 71.
Civita D. 20.
Coquet. 103.
Curtius. 9.

D

Dehne G. 40.
Delamare Ach. 16.
Deulen, P. v. 62.
Dettmar G. 3.
Dittes P. 24.
Dorn H. 106.
Dubois R. 19.

E

Eisenmenger H. 56.
Ekström A. 80.
Ellenbogen W. 108.
Ericsson L. M. 81.

F

Faarborg-Andersen V. 83.
Frensdorf E. 28.

G

Geiger A. 107.
Geisler K. W. 56.
George G. T. 39.
Gercke M. 42.
Gorew A. 58.
Grahl, de. 31.
Green. 56.
Grengg H. 23.

H

Halbertsma N. A. 50.
Hamm A. 9, 67, 83.
Heller E. 19.
Hervy M. 19.
Hills H. W. 81.

K

Kallir L. 23.
Keil-Eichenthurn O. 24.
Kennedy J. M. 17.
Keus, Ir. H. 49.
Kiesel C. 98.
Kind H. 51.
Klaus. 19.
Knöpfelmacher. 107.
Koch W. 48.
Königsheim. 43.
Königswerter. 107.
Kotschi F. 19.
Kratochwil R. 92.
Krshishanowski G. 58.
Köbler K. 29.
Kunze O. 65.
Kürschner E. 14.
Kvetensky A. 95.

L

Lacombe C. F. 30.
Lange. 95.
Loebinger. 43.
Luckiesh M. 2.
Lulofs W. 48, 50.

M

Mann V. 33.
Marchi, G. de. 18.
Mayer. 107.
Melan H. 19.
Meyer G. W. 28.
Morrow L. W. W. 63.

N

Nedden, zur. 45.
Neff G. C. 16.
Niethammer F. 13.
Nietsch V. 19.
Nolte F. 70.

O

Ornig J. 21.
Ornstein. 49.
Orrok G. 19.

P

Passavant. 80.
Pfeiffer E. 50.
Pohl H. 84.
Pokorny G. 24.

Q

Quenstedt E. 72.
Quigley H. 32.

R

Rampazzi A. 98.
Rathenau E. 2.
Reindl C. 42, 85, 101.
Reithinger A. 25, 103.
Riehl A. 95.
Rolland R. 30.
Rywosch A. 39.

S

Salessky A. M. 60.
Schreiber H. 35, 41, 57, 93, 105.
Schwarzweber O. 81.
Schwob L. 62.
Sibler F. 106.
Siegler M. J. 19.
Smethers E. W. 83.
Snell F. C. 29.
Soleri E. 19.
Sommer E. M. K. 28.
Suabedissen F. 51.

T

Tenzer G. 32.

V

Velisek A. 76.
Vent. 52.

W

Werner R. 71.
Wiglitzky E. 24.
Winkler W. 73.

Z

Zwiesele A. 96.

Digitized by Google

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 2. Jänner 1927 | Heft 1

INHALT: *Kippleistung und Stromdiagramm der Synchronmaschine. Von Prof. Dr. E. Siegel, Prag. S. 1. / 89. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf. S. 8.*

RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 11. / Verbrennungskraftmaschinen. S. 12. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 12. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 13. / Leitungen und Leitungsbau. S. 13. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 14. / Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie. S. 15. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 15.

PATENTBERICHT. S. 16.

LITERATURBERICHTE. S. 17.

CHRONIK. S. 18.

VEREINSNACHRICHTEN S. 19.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 19.

Kippleistung und Stromdiagramm der Synchronmaschine.

Von Prof. Dr. E. **Siegel**, Prag.

Zusammenfassung.

Es werden Formeln für die Kippleistung von Synchronmaschinen mit Walzenrotor und mit ausgeprägten Polen aufgestellt, die es ermöglichen, diese Kippleistungen im Motor- und Generatorarbeitsbereich in ähnlich einfacher Weise aus einem Kurzschluß- und einem Leerlaufversuch zu ermitteln wie beim Asynchronmotor. Außerdem werden unter Vernachlässigung des Einflusses der veränderlichen Eisensättigungen die Stromdiagramme der Synchronmaschinen entwickelt.

Die Frage der Vorausberechnung der Kippleistung von Synchronmaschinen hat mit der zunehmenden Verbreitung der Synchronmotoren und synchronisierten Asynchronmaschinen sehr an Wichtigkeit gewonnen. In der letzten Zeit sind eine Reihe von Arbeiten über diesen Gegenstand[1]) erschienen, die jedoch eine einfache und damit praktisch verwertbare Lösung des Problems nicht gebracht haben. Eine sehr wesentliche Erkenntnis haben jedoch diese Arbeiten vermittelt: Der Kippunkt von Synchronmaschinen üblicher Bauart liegt stets im Bereich geringer Sättigungen.

Bekanntlich ist die analytische Behandlung der Synchronmaschine, weil auf die Annahme konstanten magnetischen Widerstandes der Maschine angewiesen, wohl vom theoretischen und pädagogischen Standpunkt sehr interessant, praktisch aber wegen des überwiegenden Einflusses der veränderlichen Eisensättigungen gerade im normalen Arbeitsbereich ziemlich problematisch. Die Erkenntnis, daß der Kippunkt im Gebiete geringer Sättigungen liegt, ist daher außerordentlich wichtig, weil sie eine analytische Behandlung des Problemes nicht mehr als praktisch wertlos erscheinen läßt. Wenn daher nachstehend eine analytische Untersuchung des Verhaltens der Synchronmaschine bei gegebener Klemmenspannung und fester Erregung angegeben wird, so ist sich der Verfasser darüber vollkommen im Klaren, daß die erhaltenen Stromdiagramme in gewissen Bereichen unter dem Einfluß der veränderlichen Eisensättigungen zu korrigieren sein werden, also in der angegebenen Form nur von theoretischem Interesse sind, daß hingegen die aufgestellten Formeln für die Kippleistungen durchaus den wirklichen Verhältnissen entsprechen und eine Berechnung aus Kurzschluß- und Leerlaufversuch in ähnlich einfacher Weise ermöglichen, wie die längst bekannten und allgemein verwendeten Formeln für den Asynchronmotor.

[1]) Lammeraner, E. u. M. 1924, S. 614, Brüderlin, E. u. M. 1924, S. 553, Mandl, ETZ 1925, S. 484, Krapp, E. u. M. 1926, S. 93, Richter und Timascheff, E. u. M. 1926, S. 185.

1. Die Synchronmaschine mit Walzenrotor.

Die an den Klemmen einer Wicklungsphase einer Synchronmaschine mit Walzenrotor wirksame Spannung e berechnet sich aus der bekannten Beziehung:

$$e = \frac{d}{dt}(\mathfrak{M} i_e) + L\frac{di}{dt} + Ri \quad \ldots (1).$$

Dabei bedeutet L[2]) die bei einer Synchronmaschine mit Walzenrotor konstante Selbstinduktion der Phasenwicklung, R ihren Widerstand, i den Strom in der Wicklung (Belastungsstrom pro Phase), i_e den Erregerstrom und $\mathfrak{M}$ den gegenseitigen Induktionskoeffizienten zwischen Erreger- und Phasenwicklung, der mit der Polraddrehung variiert. Setzen wir den Verlauf aller Felder als sinusförmig voraus, so kann man schreiben:

$$\mathfrak{M} = M\cos\omega t \quad \ldots\ldots (2),$$

wobei M der gegenseitige Induktionskoeffizient der Phasenwicklung und der Erregerwicklung bei koaxialer Stellung der beiden Systeme ist.

Behandelt man das Problem der an ein Netz mit konstanter, sinusförmig veränderlicher Spannung e_K angeschlossenen Synchronmaschine bei gegebener Erregung i_e = konstant, so kann man setzen:

$$e = e_K = E\sin(\omega t - \psi) \quad \ldots\ldots (3),$$

$$i = I\sin(\omega t - \psi - \varphi) \quad \ldots\ldots (4).$$

Durch Einführung dieser Beziehungen in die Ausgangsgleichung (1) erhält man die Bedingungsgleichung

$$E\sin(\omega t - \psi) = \omega L I\cos(\omega t - \psi - \varphi) + RI\sin(\omega t - \psi - \varphi) - i_e\omega M\sin\omega t$$

und aus dieser für $t = 0$:

$$-E\sin\psi = \omega L I\cos(\varphi + \psi) - RI\sin(\varphi + \psi) \quad (5)$$

und für $t = T/2$:

[2]) Bei Mehrphasenmaschinen berücksichtigt L auch die gegenseitige Induktion der anderen Phasen.

Digitized by Google

$$E\cos\psi = \omega L I\sin(\varphi+\psi) + RI\cos(\varphi+\psi) - \omega M i_e \quad \ldots\ldots\ldots (6).$$

Aus (5) folgt

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{\omega L y - Rx}{-E+\omega L x + Ry} \quad \ldots (7)$$

falls $I\cos\varphi = y$ und $I\sin\varphi = x$ gesetzt wird.

Aus (6) und (7) kann der Winkel ψ (die innere Phasenverschiebung der Maschine) eliminiert werden und man findet die Gleichung:

$$\left[x - \frac{x_K E}{R^2+x_K^2}\right]^2 + \left[y - \frac{RE}{R^2+x_K^2}\right]^2 = \frac{(\omega M i_e)^2}{R^2+x_K^2} \quad \ldots\ldots\ldots (8),$$

in welcher $\omega L = x_K$ die aus dem Kurzschlußversuch zu bestimmende Gesamtreaktanz pro Phase der Maschine bedeutet. x_K enthält also sowohl die „Ankerrückwirkung" als auch die „Wicklungsstreuung".

Gleichung (8) ist die Gleichung eines Kreises mit den Mittelpunktskoordinaten

$$\left.\begin{aligned}\xi &= E\cdot\frac{x_K}{R^2+x_K^2} \cong \frac{E}{x_K} = I_{K0}\\ \eta &= E\cdot\frac{R}{R^2+x_K^2} \cong \frac{R}{x_K}\cdot\frac{E}{x_K} = I_{K0}\frac{R}{x_K}\end{aligned}\right\} \quad \ldots (9)$$

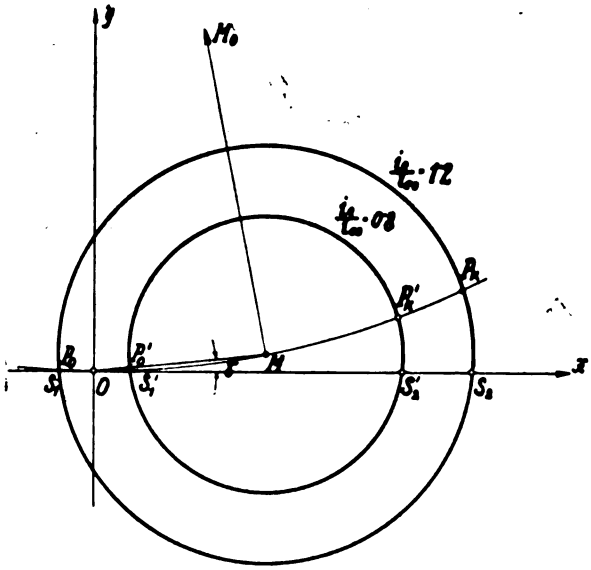


Abb. 1. Diagrammkreise einer Synchronmaschine mit Walzenrotor bei verschiedenen Erregungen.

und dem Radius

$$\varrho = \frac{\omega M}{x_K}\cdot\frac{i_e}{\sqrt{1+\left(\frac{R}{x_K}\right)^2}} \cong \frac{\omega M}{x_K}\cdot i_e = I_K = I_{K0}\frac{i_e}{i_{e0}} \quad \ldots\ldots (9a).$$

I_{K0} ist der Kurzschlußstrom der Maschine, der der Leerlauferregung i_{e0} entspricht. $\omega M i_e = E_l$ ist die bei der Polraddrehung bei der Erregung i_e in der Ankerwicklung induzierte Spannung, $\omega M i_{e0}$ die Leerlaufspannung, daher $\frac{\omega M i_e}{x_K} = I_K$ der Kurzschlußstrom, der der Erregung i_e entspricht. Da der Kurzschlußstrom proportional der Erregung gesetzt werden darf, kann man auch schreiben

$$\frac{\omega M i_e}{x_K} = I_K = I_{K0}\frac{i_e}{i_{e0}} \quad \ldots\ldots (10).$$

Das Stromdiagramm einer an ein Netz mit konstanter Spannung angeschlossenen, mit fest eingestellter Erregung arbeitenden Synchronmaschine ist also ein Kreis nach Abb. 1. Für die Abszissen der Durchstoßpunkte dieses Kreises mit der x-Achse berechnet man leicht die Beziehungen

$$x_1 = \overline{OS_1} \cong I_{K0} - I_K = I_{K0}\left(1-\frac{i_e}{i_{e0}}\right) \quad \ldots (11),$$

$$x_2 = \overline{OS_2} = I_{K0} + I_K = I_{K0}\left(1+\frac{i_e}{i_{e0}}\right) \quad \ldots (12).$$

Wichtig ist die Feststellung, daß die Mittelpunktskoordinaten von der Erregung unabhängig sind, während der Radius der jeweiligen Erregung proportional ist. Jeder beliebigen Erregung entspricht also ein anderer Kreis, doch haben alle möglichen Kreise einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt. In Abb. 1 sind zwei solche Kreise für die Erregungen $\frac{i_e}{i_{e0}} = 0{\cdot}8$ und $\frac{i_e}{i_{e0}} = 1{\cdot}2$ eingetragen.

Die Leistung pro Phase einer Synchronmaschine ist in bekannter Weise, wenn zunächst die Eisen- und Reibungsverluste vernachlässigt werden

$$P = EI\cos\varphi - I^2R = Ey - (x^2+y^2)R \quad (13).$$

Zwei besonders ausgezeichnete Betriebspunkte sind der Leerlauf- und der Kurzschlußpunkt, bei denen die Leistung Null wird, das heißt, für diese beiden Zustände gilt

$$Ey = (x^2+y^2)R \quad \ldots\ldots (14)$$

Gleichung (14) ist aber die Gleichung eines Kreises der durch den Koordinatenursprung O geht und dessen Mittelpunkt M_0 auf der Ordinatenachse im Abstand $y_0 = \frac{1}{2}\cdot\frac{E}{R}$ von O liegt. In Abb. 1 ist dieser Kreis eingezeichnet, seine beiden Schnittpunkte mit dem Diagrammkreis sind der Leerlaufpunkt P_0 und der Kurzschlußpunkt P_K. Bei nicht allzustarken Über- oder Untererregungen liegt P_0 ganz in der Nähe des Punktes S_1 und kann praktisch genügend genau mit ihm zusammenfallend angenommen werden.

Für die Koordinaten des Punktes P_K erhält man die Näherungsformeln

$$\left.\begin{aligned}x_K &\cong I_K + I_{K0} = I_{K0}\left(1+\frac{i_e}{i_{e0}}\right)\\ y_K &\cong \frac{R}{x_K}\cdot I_{K0}\left(1+\frac{i_e}{i_{e0}}\right)^2\end{aligned}\right\} \quad \ldots (15).$$

Für die Koordinaten des Leerlaufpunktes P_0 findet man in gleicher Weise

$$\left.\begin{aligned}x_0 &\cong I_K - I_{K0} = I_{K0}\left(1-\frac{i_e}{i_{e0}}\right)\\ y_0 &= \frac{R}{x_K}\cdot I_{K0}\left(1-\frac{i_e}{i_{e0}}\right)^2\end{aligned}\right\} \quad \ldots (16).$$

Die Kippleistung P_{max} ermittelt man durch Maximumbestimmung aus der allgemeinen Leistungsgleichung (13) zusammen mit der Kreisgleichung

Digitized by Google

(8). Berechnet man aus der Kreisgleichung die Größe x und führt die so gefundene Beziehung in die Leistungsgleichung (13) ein, so erhält man die Leistung P nur als Funktion von y und kann in bekannter Weise aus $\frac{dP}{dy}=0$ das Leistungsmaximum ermitteln. Man findet auf diesem Wege:

Die Maximalleistung pro Phase im Motorarbeitsbereich...

$$P_{max}'=E I_{K0}\frac{i_e}{i_{e0}}\left(1-\frac{R}{x_K}\cdot\frac{i_e}{i_{e0}}\right) \quad . \quad (17).$$

Die Maximalleistung pro Phase im Generatorarbeitsbereich...

$$P_{max}''=E I_{K0}\frac{i_e}{i_{e0}}\left(1+\frac{R}{x_K}\cdot\frac{i_e}{i_{e0}}\right) \quad . \quad (18).$$

Unter Vernachlässigung des Ohmschen Verlustes in der Ankerwicklung ergibt sich für größere Maschinen wohl genügend genau

$$P_{max}'=P_{max}''=E I_{K0}\cdot\frac{i_e}{i_{e0}} \quad . \quad . \quad . \quad (19).$$

In den Formeln (17) bis (19) bedeutet E die Phasenspannung, I_{K0} den Kurzschlußstrom bei jener Erregung i_{e0}, die bei Leerlauf die Netzspannung liefert (Leerlauferregung), $\frac{i_e}{i_{e0}}$ das Verhältnis der eingestellten Erregung i_e, für die die Kippleistung zu berechnen ist, zur Leerlauferregung i_{e0}. R ist der Wicklungswiderstand pro Phase und x_K die Kurzschlußreaktanz.

Die Kippleistungen sind ohne Rücksicht auf die Eisen- und Reibungsverluste berechnet. Diese Verluste müssen von der nach Formel (17) bestimmten Kippleistung im Motorarbeitsbereich abgezogen werden, um die Nutz-Kippleistung als Motor zu erhalten. Zur Ermittlung der Nutz-Kippleistung im Generatorarbeitsbereich müssen sie zum Ergebnis der Formel (18) hinzugefügt werden. Da ja die Maschine mit fest eingestellter Erregung im Anschluß an ein Netz konstanter Spannung arbeitet, sind die Eisen- und Reibungsverluste über den ganzen Arbeitsbereich ziemlich konstant, das heißt im Kippzustand angenähert ebensogroß wie bei Leerlauf, und können daher leicht durch Messung ermittelt werden.

2. Die Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen.

Der Einfluß der ausgeprägten Pole macht sich bekanntlich in der Weise geltend, daß die Reaktanz einer Wicklungsphase mit der jeweiligen Stellung des Polrades zu dieser Wicklung variiert. Bei einer zweipoligen Maschine ändert sich die Reaktanz bei einer halben Polraddrehung von einem Maximum (Gegenfeldstellung) über ein Minimum (Querfeldstellung) wieder zu einem Maximum. Einer vollen Spannungsperiode (das heißt einer vollen Polradumdrehung) entsprechen somit 2 Reaktanzperioden. Man kann daher für die Reaktanz einer Wicklungsphase einer Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen den Ansatz machen:

$$x=\omega\mathfrak{L}=\omega L.(1-m.\cos 2\omega t) \quad . \quad . \quad (20)$$

mit

$$m=\frac{x_g-x_q}{x_g+x_q},$$

falls x_g das Reaktanzmaximum in der Gegenfeldstellung und x_q das Reaktanzminimum in der Querfeldstellung bedeutet. Man erkennt, daß auch gelten muß:

$$\left.\begin{aligned} x_g&=\omega L.(1+m)\\ x_q&=\omega L.(1-m)\\ \omega L&=\frac{x_g+x_q}{2}\\ m&=\frac{x_g-x_q}{x_g+x_q}\\ \frac{x_g}{x_q}&=\frac{1+m}{1-m}\end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (21).$$

Vernachlässigen wir zunächst den Ohmschen Abfall der Ankerwicklung, so wird das Verhalten einer Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen, die an ein Netz mit konstanter Spannung angeschlossen ist und mit einer bestimmten Erregung i_e arbeitet, charakterisiert durch die Differentialgleichung:

$$e=\frac{d}{dt}(\mathfrak{M}.i_e)+\frac{d}{dt}(\mathfrak{L}i) \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

mit

$$\mathfrak{L}=L.(1-m.\cos 2\omega t) \quad . \quad . \quad . \quad (23),$$

$$\mathfrak{M}=M.\cos\omega t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (24).$$

Führt man in (22) ein

$$e=E.\sin(\omega t-\psi),$$

$$i=I.\sin(\omega t-\psi-\varphi),$$

so erhält man die Beziehung:

$$E.\sin(\omega t-\psi)=\omega L I(1-m\cos 2\omega t)\cos(\omega t-\psi-\varphi)+2\omega m L I\sin 2\omega t\sin(\omega t-\psi-\varphi)-\omega M i_e\sin\omega t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25),$$

die für $t=0$ und $t=\frac{T}{2}$ in zwei Gleichungen zerfällt:

$$-E.\sin\psi=\omega L I.(1-m).\cos(\varphi+\psi) \quad (26),$$

$$E.\cos\psi=\omega L I.(1+m).\sin(\varphi+\psi)-\omega M.i_e \quad (27).$$

Aus Gl. (26) berechnet sich

$$\operatorname{tg}\psi=\frac{(1-m)\omega L I\cos\varphi}{-E+(1-m)\omega L I\sin\varphi} \quad . \quad (28).$$

und aus (27) und (28) durch Elimination von ψ:

$$E^2-E.\omega L I(1+m)\sin\varphi-E.\omega L I(1-m)\sin\varphi+\omega^2L^2I^2(1-m)(1+m)=$$
$$=\omega M i_e.\sqrt{\{[-E+(1-m)\omega L I\sin\varphi]^2+[(1-m)\omega L I\cos\varphi]^2\}}.$$

Quadriert man diese Gleichung und setzt zur Vereinfachung in Übereinstimmung mit dem früher gesagten

Digitized by Google

$$\frac{E}{\omega L(1+m)} = \frac{E}{x_g} = I_{K0},$$

$$\frac{\omega M i_e}{x_g} = \frac{i_e}{i_{e0}} \cdot I_{K0},$$

so erhält man eine Gleichung 4. Grades:

$$I^4 - I^3 \sin\varphi \cdot \frac{4 I_{K0}}{1-m} + I^2 \sin^2\varphi \cdot \frac{4 I_{K0}^2}{(1-m)^2} + + I^2 \cdot I_{K0}^2 \left[2 \cdot \frac{1+m}{1-m} - \left(\frac{i_e}{i_{e0}}\right)^2\right] - - I \sin\varphi \cdot 2 I_{K0}^3 \left[2 \frac{1+m}{(1-m)^2} - \frac{1+m}{1-m} \cdot \left(\frac{i_e}{i_{e0}}\right)^2\right] + + I_{K0}^4 \left(\frac{1+m}{1-m}\right)^2 \left[1 - \left(\frac{i_e}{i_{e0}}\right)^2\right] = 0 \quad . (29).$$

Das ist aber die Gleichung einer Pascalschen Schnecke nach Abb. 2 mit

$$a = \frac{E}{\omega L(1-m)} = \frac{E}{x_q} = I_{K0} \cdot \frac{x_g}{x_q} \quad . (30),$$

$$C_1 = 2\varrho_r = \frac{2m}{1-m} \cdot \frac{E}{x_g} = I_{K0} \cdot \frac{x_g - x_q}{x_q} \quad (31),$$

$$C_2 = \frac{\omega M i_e}{\omega L(1+m)} = I_{K0} \cdot \frac{i_e}{i_{e0}} \quad . . . (32).$$

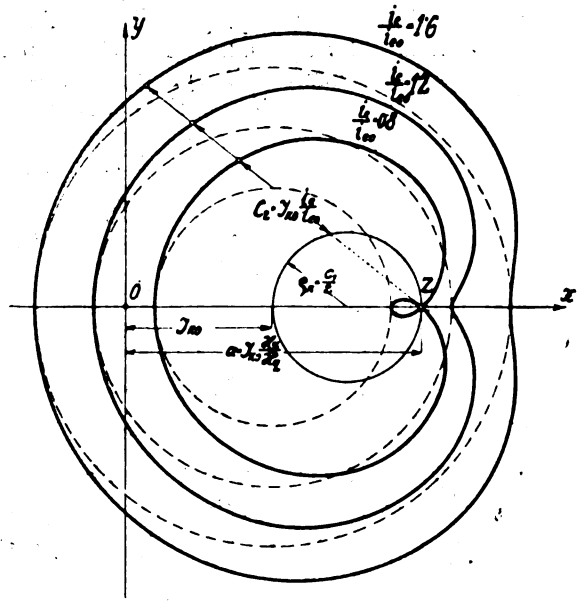


Abb. 2. Diagramm einer Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen, Widerstand vernachlässigt.

a ist der Abstand des singulären Punktes Z vom Koordinatenursprung, C_1 der Durchmesser des Wurzelkreises. Die Schnecke wird so erhalten, daß man von Z aus nach beliebigen Richtungen Strahlen zieht, diese mit dem Wurzelkreis zum Schnitt bringt und vom Schnittpunkt aus nach beiden Richtungen des Strahles die Strecke C_2 aufträgt.

In Abb. 2 sind 3 Schnecken für eine schwächere Erregung $\left(\frac{i_e}{i_{e0}} = 0{\cdot}8\right)$, eine mittlere Erregung $\left(\frac{i_e}{i_{e0}} = 1{\cdot}2\right)$ und eine stärkere Erregung $\left(\frac{i_e}{i_{e0}} = 1{\cdot}6\right)$ eingezeichnet.

Man erkennt leicht, daß die Bedingung für das Verschwinden der kleinen Schlinge, die nur bei schwachen Erregungen auftritt, die ist, daß $C_2 > C_1$ wird, das heißt, daß gilt:

$$\frac{i_e}{i_{e0}} > \frac{x_g - x_q}{x_q} \quad . . . . . (33).$$

Für die Abszissen der (vier) Durchstoßpunkte der Schnecke mit der x-Achse erhält man

$$\left.\begin{aligned} a_1 = a_2 = a = I_{K0} \cdot \frac{x_g}{x_q} \\ a_3 = a - C_1 - C_2 = I_{K0} \cdot \left(1 - \frac{i_e}{i_{e0}}\right) \\ a_4 = a - C_1 + C_2 = I_{K0} \cdot \left(1 + \frac{i_e}{i_{e0}}\right) \end{aligned}\right\} \quad . (34).$$

In Abb. 2 sind gestrichelt die Diagrammkreise eingezeichnet, die sich unter Annahme konstanter Reaktanz $x_g = x_K$ ergeben würden. Wie man sieht, schmiegen sich diese Kreise der Schnecke umsomehr an, je stärker die Erregung wird.

Die vorstehenden Ableitungen zeigen klar, daß das Verhalten der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen in erster Linie bestimmt ist durch das Verhältnis $\frac{x_g}{x_q}$, das heißt durch den Quotienten aus Reaktanz in der Gegenfeldstellung zu Reaktanz in der Querfeldstellung. Erwähnt soll nochmals werden, daß hier x_g die gesamte Gegenfeldreaktanz und x_q ebenso die gesamte Querfeldreaktanz, also die Ankerrückwirkung plus Wicklungsstreuung bedeutet, daß demnach eine Trennung beider Bestandteile hier nicht notwendig erscheint. Diese Trennung erweist sich erst als erforderlich, wenn der Einfluß der veränderlichen Eisensättigungen berücksichtigt wird, worauf an anderer Stelle zurückgekommen werden soll.

Aus theoretischen Überlegungen und Versuchen ist bekannt, daß die Größe $\frac{x_g}{x_q}$ in erster Linie vom Verhältnis $\frac{P}{\tau}$ (Polbogen zu Polteilung) abhängt. Nach Arnold gilt nachstehende Tabelle, in die auch zur Vervollständigung die durch Gl. (21) definierte Größe m aufgenommen wurde.

$\frac{P}{\tau}$	0·773	0·682	0·653	0·536
$\frac{x_g}{x_q}$	1·545	1·845	2·100	2·370
m	0·214	0·297	0·355	0·407

Pichlmayer[3]) bestimmte mit Hilfe einer oszillographischen Methode Quer- und Gegenfeldreaktanz einer Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen mit $\frac{P}{\tau} = \frac{3}{4}$ und fand das Verhältnis

$$\frac{x_g}{x_q} = \frac{1{\cdot}30}{0{\cdot}81} = 1{\cdot}6,$$

daher $m = 0{\cdot}232$, was mit der angegebenen Tabelle in bester Übereinstimmung ist. Brüderlin[4])

[3]) E. u. M. 1910, S. 812.
[4]) E. u. M. 1925, S. 781.

Digitized by Google

gibt das Stromdiagramm einer Synchronmaschine, aus dem sich auf Grund der oben aufgestellten Theorie

$$m = 0{\cdot}354, \quad \frac{x_g}{x_q} = \frac{1+m}{1-m} = 2{\cdot}09$$

errechnete. Richter und Timascheff[5]) geben gleichfalls das Stromdiagramm einer Synchronmaschine, für die sich:

$$m = 0{\cdot}36, \quad \frac{x_g}{x_q} = 2{\cdot}12$$

findet. Im allgemeinen wird das Verhältnis $\frac{x_g}{x_q}$ bei üblichen Maschinen ungefähr gleich 2 sein.

Es wäre natürlich sehr erwünscht, eine direkte Meßmethode für die Querfeldreaktanz zu finden. Dem Verfasser ist die Ermittlung einer solchen Methode bisher leider nicht gelungen. Die Gegenfeldreaktanz ist natürlich einfach aus dem Kurzschlußversuch zu bestimmen.

3. Die Reaktionsmaschine.

Im vorstehenden Abschnitt 2 dieser Arbeit war der Wicklungswiderstand vernachlässigt worden. Man könnte ihn rechnungsmäßig berücksichtigen durch Einführung des Ohmschen Abfalles Ri in die den Ausgangspunkt der Untersuchungen bildende Differentialgleichung (22), doch kompliziert dies die ganze Ableitung viel zu sehr. Einfacher ist die Berücksichtigung des Ankerwiderstandes auf nachstehendem Wege. Macht man $i_e = 0$, das heißt denkt man die Synchronmaschine unerregt als Reaktionsmaschine laufend, so wird offenbar nach (32) $C_2 = 0$, das heißt die Schnecke zieht sich auf den Wurzelkreis zusammen, der nach Gl. (30) und (31) in seinen Abmessungen und seiner Lage von der Erregung ganz unabhängig ist. Der Wurzelkreis ist also gleichzeitig das Stromdiagramm der Reaktionsmaschine. Es ist nun sehr einfach, den Einfluß des Wicklungswiderstandes auf den Wurzelkreis zu ermitteln.

Die Differentialgleichung, die das Verhalten der Reaktionsmaschine charakterisiert, lautet einfach unter Rücksichtnahme auf den Ohmschen Widerstand der Ankerwicklung

$$e = \frac{d}{dt}(Li) + Ri \quad \ldots\ldots (35)$$

mit

$$\mathfrak{L} = L \cdot (1 - m\cos 2\omega t).$$

Setzt man wieder

$$e = E \cdot \sin(\omega t - \psi),$$
$$i = I \sin(\omega t - \psi - \varphi),$$

so erhält man die Gleichung

$$E\sin(\omega t - \psi) = (1 - m\cos 2\omega t)\,\omega L I \cos(\omega t - \psi - \varphi) + 2\omega m L I \cdot \sin 2\omega t \sin(\omega t - \psi - \varphi) + RI\sin(\omega t - \psi - \varphi) \quad \ldots\ldots (36),$$

aus der sich mit $t = 0$ und $t = \frac{T}{2}$ zwei Gleichungen ergeben:

$$\left.\begin{aligned} -E\cdot\sin\psi &= (1-m)\cdot\omega L I\cos(\varphi+\psi) - \\ &\quad - RI\sin(\varphi+\psi) \\ E\cdot\cos\psi &= (1+m)\,\omega L I\sin(\varphi+\psi) + \\ &\quad + RI\sin(\varphi+\psi) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (37).$$

In bekannter Weise findet sich aus Gl. (37) durch Elimination von ψ die Kreisgleichung

$$x^2 - 2x\frac{\omega L\cdot E}{R^2 + (1-m^2)\,\omega^2 L^2} + y^2 - 2y\frac{RE}{R^2 + (1-m^2)\,\omega^2 L^2} = -\frac{E^2}{R^2 + (1-m^2)\,\omega^2 L^2} \quad \ldots\ldots (38).$$

Das Stromdiagramm der Reaktionsmaschine ist also auch unter Berücksichtigung des Ohmschen Widerstandes der Ankerwicklung ein Kreis mit den Mittelpunktskoordinaten

$$\xi_r = \frac{\omega L E}{R^2 + (1-m^2)\,\omega^2 L^2} \cong I_{K0}\cdot\frac{x_g + x_q}{2x_q},$$
$$\eta_r = \frac{RE}{R^2 + (1-m^2)\,\omega^2 L^2} = I_{K0}\cdot\frac{x_g + x_q}{2x_q}\cdot\frac{2R}{x_g + x_q} \quad \ldots\ldots (39)$$

und dem Radius

$$\varrho_r = \frac{m\omega L E}{R^2 + (1-m^2)\,\omega^2 L^2} = I_{K0}\cdot\frac{x_g - x_q}{2x_q} \quad (40).$$

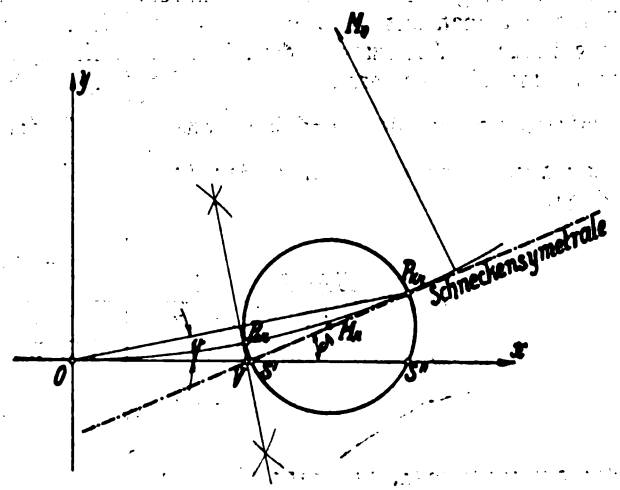


Abb. 3. Kreisdiagramm der Reaktionsmaschine.

Das Kreisdiagramm der Reaktionsmaschine ist in Abb. 3 eingezeichnet. Man erkennt durch Vergleich mit Abb. 2, daß der Mittelpunkt M_r unter dem Einfluß des Ohmschen Widerstandes der Ankerwicklung etwas in der Richtung der positiven Ordinatenachse nach oben verschoben wird.

Sehr wichtig ist die Feststellung [siehe Formeln (39) und (40)], daß die Beziehung besteht:

$$\frac{\varrho_r}{\xi_r} = \frac{x_g - x_q}{x_g + x_q} = m \quad \ldots\ldots (41).$$

Für die Abszissen der Durchstoßpunkte des Kreises mit der x-Achse erhält man bei nicht allzu großem Widerstand in ziemlich grober Annäherung:

[5]) E. u. M. 1926, Seite 185.

Digitized by Google

$$x_{1r} = OS' = \frac{E}{x_g}$$
$$x_{2r} = OS'' = \frac{E}{x_q} \quad \Big\} \quad \ldots\ldots (42).$$

Kurzschluß- und Leerlaufpunkt der Reaktionsmaschine müssen wegen der für die durch sie charakterisierten Betriebszustände giltigen Bedingung

$$E.I.\cos\varphi = I^2.R$$

oder

$$Ey = (x^2+y^2).R$$

auf dem bereits früher bestimmten Kreis mit dem Radius $\varrho_0 = \frac{1}{2}\cdot\frac{E}{R}$ liegen, dessen Mittelpunkt auf die Ordinatenachse fällt und der durch den Ursprung O geht. P_{0r} und P_{Kr} sind daher die Schnittpunkte dieses Kreises mit dem Diagrammkreis der Reaktionsmaschine. Genügend genau gilt für die Ordinate des Leerlaufpunktes P_{0r}:

$$y_{0r} \cong \frac{E}{x_g}\cdot\frac{R}{x_g} \quad \ldots\ldots (43)$$

und für die Ordinate des Kurzschlußpunktes P_{0K}:

$$y_{0K} \cong \frac{E}{x_q}\cdot\frac{R}{x_q} \quad \ldots\ldots (44).$$

Die Leistung der Reaktionsmaschine ist

$$P = E.I.\cos\varphi - I^2.R = Ey - (x^2+y^2).R.$$

Der Zusammenhang zwischen x und y ist durch die Gleichung (38) des Diagrammkreises gegeben. Berechnet man aus (38) x in $F(y)$ und führt den so gefundenen Ausdruck in die allgemeine Leistungsbeziehung ein, so erhält man die Leistung P als Funktion von y allein und kann aus $\frac{dP}{dy} = 0$ das Leistungsmaximum berechnen. Man findet auf diesem Wege:

$$P_{r\max} = \frac{E I_{K0} R}{x_q}\cdot\frac{1}{1-m^2}\cdot\left[\frac{m\left(1-m^2+6.\frac{R^2}{x_g x_q}\right)}{\sqrt{\frac{R^2}{x_g x_q}\left(1-m^2+16.\frac{R^2}{x_g x_q}\right)}} \mp 2m^2 \mp \frac{R^2}{x_g x_q}\right] \cong$$
$$\cong E.I_{K0}\frac{m}{1-m}\cdot\left[1 \mp \frac{R}{x_g}\cdot\frac{2m}{1-m}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (45)$$

Berücksichtigt man, daß nach (21) gilt

$$\frac{m}{1-m} = \frac{x_g - x_q}{2x_q},$$

so wird die Kippleistung der Reaktionsmaschine pro Phase in Watt:

$$P_{r\max} = E.I_{K0}.\frac{x_g - x_q}{2x_q}.\left[1 \mp \frac{R}{x_g}.\frac{x_g - x_q}{x_q}\right] \quad (46),$$

eine Formel, die bereits Arnold[6]) angibt. In dieser Formel gilt das Minuszeichen für den Motorarbeitsbereich, das Pluszeichen für den Generatorarbeitsbereich.

Die Kippleistung der Reaktionsmaschine ist daher wiederum hauptsächlich durch das Verhältnis $\frac{x_g}{x_q}$ bestimmt. Sie wird natürlich Null, wenn $x_g = x_q$ wird, das heißt für die Maschine mit Walzenrotor.

4. Das Stromdiagramm der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen unter Berücksichtigung des Ankerwiderstandes.

Aus dem Diagrammkreis der Reaktionsmaschine kann nun gemäß Abb. 4 sofort das Stromdiagramm der Synchronmaschine entwickelt werden. Der Kurzschlußpunkt der Reaktionsmaschine ist der singuläre Punkt Z (siehe Abb. 2) der Schnecke, die Schneckensymmetrale muß entsprechend der früher angegebenen Konstruktion der Schnecke durch diesen Punkt P_{Kr} und durch den Mittelpunkt M_r des Diagrammkreises der Reaktionsmaschine (des Wurzelkreises) gehen (siehe hiezu Abb. 3). Der Neigungswinkel ϑ der Schneckensymmetralen zur positiven x-Achse berechnet sich leicht zu:

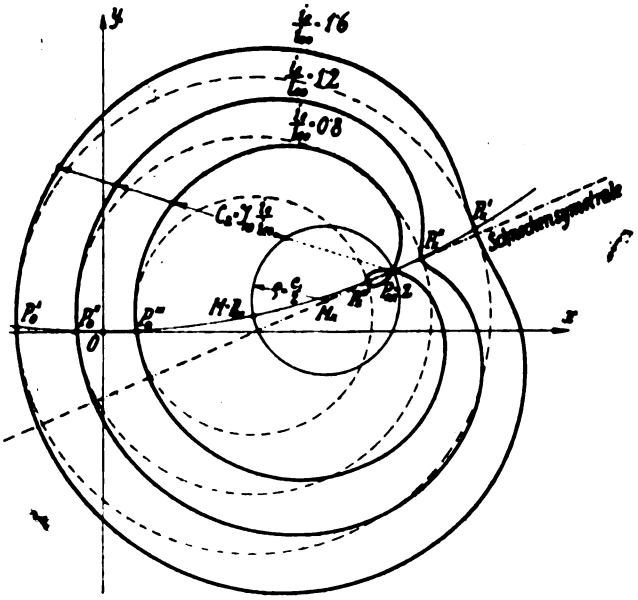


Abb. 4. Stromdiagramm der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen, Widerstand berücksichtigt.

$$\operatorname{tg}\vartheta = 2.\frac{R}{x_q} \quad \ldots\ldots (47).$$

Da der Fahrstrahl vom Koordinatenursprung O zum Kurzschlußpunkt der Reaktionsmaschine P_{Kr} mit der positiven x-Achse den Winkel ν einschließt, gegeben durch

$$\operatorname{tg}\nu = \frac{R}{x_q} = \frac{\operatorname{tg}\vartheta}{2} \quad \ldots\ldots (48)$$

und da man wegen der Kleinheit der Winkel ϑ und ν auch setzen kann

$$\nu \cong \frac{\vartheta}{2},$$

so findet man leicht den Durchstoßpunkt der

[6]) Wechselstromtechnik, Bd. IV, 2. Aufl. S. 230.

Digitized by Google

Schneckensymmetralen mit der x-Achse als Schnittpunkt einer Symmetralen zwischen O und P_{Kr} mit der x-Achse (siehe hiezu Abb. 3).

Für die Größe C_2 erhält man unter Berücksichtigung des Ohmschen Widerstandes der Ankerwicklung rechnungsmäßig den Ausdruck

$$C_2 = \frac{i_e}{i_{e0}} . E . \frac{\sqrt{x_q^2 + R^2}}{x_g x_q + R^2} \quad . \quad . \quad . \quad (49).$$

Da R^2 gegenüber x_q^2 bezw. $x_g x_q$ bei üblichen Maschinen wohl stets vernachlässigbar klein sein wird, gilt genügend genau

$$C_2 \cong \frac{i_e}{i_{e0}} . I_{K0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (49\,a),$$

also der gleiche Ausdruck wie er ohne Berücksichtigung des Widerstandes im Abschnitt 2 dieser Arbeit ermittelt wurde.

Damit können nunmehr die Stromdiagramme für beliebige Erregungen konstruiert werden. In Abb. 4 sind 3 Diagramme für die Erregungen $\frac{i_e}{i_{e0}} = 0{\cdot}8$, $\frac{i_e}{i_{e0}} = 1{\cdot}2$ und $\frac{i_e}{i_{e0}} = 1{\cdot}6$ eingezeichnet, ebenso sind gestrichelt die entsprechenden Diagrammkreise für konstante Reaktanz eingetragen.

5. *Die Kippleistung der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen.*

Zur Bestimmung der Kippleistung soll zunächst wiederum der Einfluß des Ankerwiderstandes vernachlässigt werden. Man erhält dann

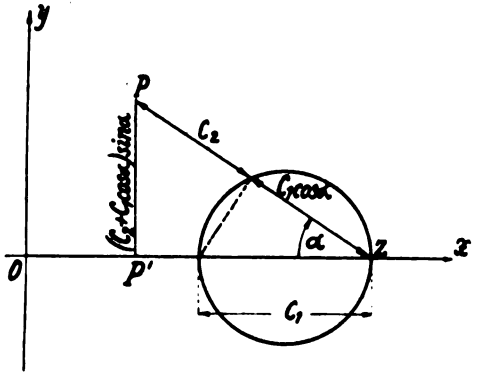


Abb. 5 Berechnung der Kippleistung.

ganz allgemein für die Leistung (siehe hiezu Abb. 5):

$$P = E . \overline{PP'} = EI\cos\varphi = E . (C_1 . \cos\alpha + C_2) . \sin\alpha =$$
$$= E . I_{K0} . \left[\frac{x_g - x_q}{x_q} . \cos\alpha + \frac{i_e}{i_{e0}} \right] . \sin\alpha \; . \; (50).$$

Aus $\frac{\partial P}{\partial \alpha} = 0$ erhält man für α die Bedingungsgleichung

$$2 . \frac{x_g - x_q}{x_q} . \cos^2\alpha + \frac{i_e}{i_{e0}} . \cos\alpha = \frac{x_g - x_q}{x_q} \quad (51)$$

und daraus, falls zur Abkürzung $\frac{x_g - x_q}{x_q} = \varrho$ und $\frac{i_e}{i_{e0}} = \lambda$ gesetzt wird:

$$\cos\alpha = -\frac{\lambda}{4\varrho} + \sqrt{\frac{\lambda^2}{16\varrho^2} + \frac{1}{2}},$$

$$\sin\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{\lambda^2}{\varrho^2} + \frac{\lambda}{2\varrho} . \sqrt{\frac{\lambda^2}{16\varrho^2} + \frac{1}{2}}}.$$

Durch Einführung dieser Beziehungen in die Formel für P findet man

$$P_{max} = E . I_{K0} . \left\{ \frac{i_e}{i_{e0}} . \left[\frac{3}{4} + \frac{1}{4} \sqrt{1 + \frac{8\varrho^2}{\lambda^2}} \right] \times \right.$$
$$\left. \times \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{\lambda^2}{8\varrho^2} + \frac{\lambda}{2\varrho} \sqrt{\frac{\lambda^2}{16\varrho^2} + \frac{1}{2}}} \right\} \; . \; (52).$$

Dieser Ausdruck ist natürlich für die praktische Rechnung viel zu kompliziert und daher unbrauchbar. Es zeigt sich jedoch bei graphischer Darstellung, daß der gesamte Ausdruck in der geschweiften Klammer mit sehr großer Annäherung durch den Ausdruck

$$\left\{ \frac{i_e}{i_{e0}} + \frac{x_g - x_q}{2 x_q} . \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{3}{2} . \left(\frac{i_e}{i_{e0}}\right)^2}} \right\}$$

ersetzt werden kann. Man kann daher für die Kippleistung pro Phase auch schreiben

$$P_{max} = E . I_{K0} . \left\{ \frac{i_e}{i_{e0}} + \frac{x_g - x_q}{2 x_q} . \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{3}{2} \left(\frac{i_e'}{i_{e0}}\right)^2}} \right\} (53).$$

P_{max} setzt sich nach Formel (53) aus zwei Summanden zusammen, deren erster $\frac{\pi}{4} E . I_{K0} . \frac{i_e}{i_{e0}}$ nichts anderes ist als die Kippleistung der Synchronmaschine mit Walzenrotor (zunächst nach Formel (19) unter Vernachlässigung des Ankerwiderstandes) und deren zweiter die Kippleistung der Reaktionsmaschine (siehe Formel (46) mit $R = 0$ darstellt, multipliziert mit einem mit wachsender Erregung sich immer mehr und mehr der Null nähernden Koeffizienten $\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{3}{2} . \left(\frac{i_e}{i_{e0}}\right)^2}}$.

Für den Spezialfall $\frac{i_e}{i_{e0}} = 0$ geht natürlich Formel (53) in den Ausdruck für die Kippleistung der Reaktionsmaschine (Formel (46) mit $R = 0$) über, für den Spezialfall $x_g = x_q$ in die Formel (19) für die Synchronmaschine mit Walzenrotor.

Zur Berücksichtigung des Ohmschen Widerstandes der Ankerwicklung muß der Ausdruck (53) mit einem Korrekturfaktor K multipliziert werden, der so gebaut sein muß, daß er für $x_g = x_q$ in den Korrekturfaktor der Maschine mit Walzenrotor nach den Formeln (17) und (18) übergehen muß und für den Fall $\frac{i_e}{i_{e0}} = 0$ in den Korrekturfaktor der Reaktionsmaschine nach Formel (46). Für diesen Korrekturfaktor ergab sich auf Grund

Digitized by Google

ziemlich verwickelter Überlegungen und Berechnungen:

$$K = 1 \mp \frac{R}{x_g} \cdot \left[\frac{x_g - x_q}{x_q} + \frac{x_q}{x_g} \cdot \frac{i_e}{i_{e0}} \right] \quad . \quad (54).$$

Daraus folgt endgiltig für die Kippleistung der Sychronmaschine mit ausgeprägten Polen, die an

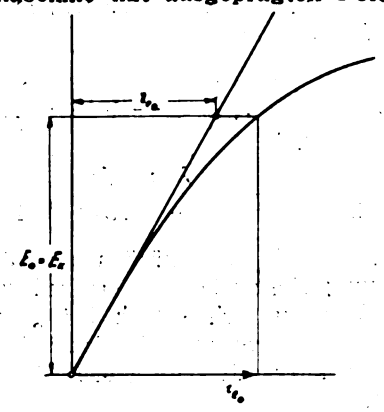


Abb. 6. Bestimmung der Leerlauferregung für die ungesättigte Maschine.

ein Netz mit konstanter Spannung angeschlossen ist und mit einer bestimmten Erregung i_e arbeitet, in Watt pro Phase:

Im Motorarbeitsbereich:

$$P_{max} = E \cdot I_{K0} : \left\{ \frac{i_e}{i_{e0}} + \frac{x_g - x_q}{2 x_q} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{3}{2}\left(\frac{i_e}{i_{e0}}\right)^2}} \right\} \cdot \left\{ 1 - \frac{R}{x_g} \cdot \left[\frac{x_g - x_q}{x_q} + \frac{x_q}{x_g} \cdot \frac{i_e}{i_{e0}} \right] \right\} \quad . \quad (55).$$

Im Generatorarbeitsbereich:

$$P_{max} = E \cdot I_{K0} \cdot \left\{ \frac{i_e}{i_{e0}} + \frac{x_g - x_q}{2 x_q} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{3}{2}\left(\frac{i_e}{i_{e0}}\right)^2}} \right\} \cdot \left\{ 1 + \frac{R}{x_g} \cdot \left[\frac{x_g - x_q}{x_q} + \frac{x_q}{x_g} \cdot \frac{i_e}{i_{e0}} \right] \right\} \quad . \quad (56).$$

Zur Berücksichtigung der Eisen- und Reibungsveruste hat man von der nach Formel (55) ermittelten Kippleistung für den Motorarbeitsbereich noch die Eisen- und Reibungsverluste, wie sie bei Leerlauf bei der Erregung i_e auftreten, abzuziehen, zu der nach Formel (56) ermittelten Kippleistung für den Generatorarbeitsbereich hat man diese Verluste zuzuschlagen.

Zum Schluß soll auf einen nicht unwesentlichen Umstand hingewiesen werden, der geeignet ist, die Genauigkeit der für die Kippleistung aufgestellten Formeln zu beeinträchtigen. Als i_{e0} wurde die Leerlauferregung eingeführt, das heißt jene Erregung, die bei leerlaufender Maschine gerade die Netzspannung E_K liefert. Die ganze Ableitung setzt jedoch eine vollständig ungesättigte Maschine voraus, da der Kippunkt üblicher Maschinen in diesem Bereiche liegt. Streng genommen ist daher als i_{e0} nicht die tatsächliche Leerlauferregung einzuführen, sondern jene Erregung i_{e0}' (siehe Abb. 6), die zur Überwindung des Luftspaltwiderstandes erforderlich ist, also mit Hilfe der Anlauftangente an die Leerlaufcharakteristik ermittelt werden kann. Praktisch wird diese Korrektur wohl in der Mehrzahl der Fälle undurchführbar sein, man muß daher damit rechnen, daß bei hoch gesättigten Maschinen die angegebenen Formeln etwas zu kleine Kippleistungen ergeben.

89. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf.

Die im Herbst des v. J. (19. bis 26. September 1926) in Düsseldorf abgehaltene Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte gehört seit jeher zu den glanzvollsten Veranstaltungen deutschen Geistes und deutscher Wissenschaft, sowohl nach der Zahl der Teilnehmer als auch nach der Vielseitigkeit der behandelten Wissensgebiete in gleicher Weise hervorragend.

Vor dem Eingang in ihre offiziellen Verhandlungen hat die Versammlung einen Akt der Pietät erfüllt, indem sie das Andenken an drei Heroen der Naturwissenschaft und Mathematik bei den Zeitgenossen wachrief. In formvollendeter und inhaltsreicher Rede hob W. v. Dyck, München, die unsterblichen Verdienste Joseph Fraunhofers hervor, dessen Tod nahe ein Jahrhundert zurückliegt, wies auf die Bedeutung des fast genau vor hundert Jahren geborenen großen Mathematikers Bernhard Riemann für die Lösung naturwissenschaftlicher und physikalischer Probleme hin und gedachte in pietätvoller Erinnerung der Verdienste des vor Jahresfrist dahingegangenen, für das Wirken der Gesellschaft so segensvollen Göttinger Mathematikers Felix Klein.

Der gemeinsam mit der Naturforscherversammlung abgehaltene Deutsche Physikertag brachte wieder eine Fülle interessanter Vorträge, so viel, daß zahlreiche Kollisionen unvermeidlich waren und daher auch die hier referierte Auswahl vielfach durch Zufälligkeiten bestimmt ist.

Zunächst sei aus der Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe eine Vortragsreihe der Herren H. Konen, A. Reis, M. Klostermann und P. Günther über quantitative Spektralanalyse angeführt. Die Spektralanalyse ist eigentlich das Gegebene für qualitative Befunde; es erscheint derzeit unmöglich, theoretisch das Linien-Intensitätsverhältnis der Bestandteile einer Mischung, Legierung oder Verbindung auch nur einigermaßen genau vorherzusagen. Trotzdem war es wegen der Einfachheit, mit der eine spektroskopische Untersuchung ausgeführt werden kann, wenn die entsprechende Apparatur einmal steht, offenbar lohnend, rein empirisch die Gesetze der Intensitätsverhältnisse für spezielle, praktisch interessierende Fälle aufzusuchen. Dabei erwies sich neben photometrischer Messung als besonders einfache Handhabe zur Beurteilung des Prozentgehaltes irgend eines

Digitized by Google

Elementes die Beobachtung der Zahl der Linien des betreffenden Spektrums, ja es läßt sich ziemlich scharf das Auftreten bestimmter Linien mit einer bestimmten Konzentration in Zusammenhang bringen. Die gefundene Abhängigkeit gilt dann freilich immer nur für qualitativ gleiche Verhältnisse; aber gerade dieser Fall ist in der Praxis häufig gegeben, wenn zum Beispiel eine laufende Fabrikation, etwa metallurgischer Richtung, dauernd kontrolliert werden soll. Eine medizinische Anwendung zeigte das vorgeführte Beispiel von spektrographischer Bestimmung von Blei im tierischen Körper, wo es ebenfalls auf Serienuntersuchungen immer desselben Falles ankam. Immer ist natürlich eine Eichung mit erprobten chemischen Analysenmethoden erforderlich: Dies gilt nicht nur für die optische, sondern auch für die „quantitative" Röntgen-Spektralanalyse.

Die Nähe des Industriegebietes, sowie die Anwesenheit des Kaiser Wilhelm-Institutes für Eisenforschung in Düsseldorf haben die wissenschaftlichen Gesellschaften dazu veranlaßt, nicht nur eine gemeinsame, dem Thema Metallforschung gewidmete Fachsitzung abzuhalten, sondern auch einen der einführenden, allgemeinverständlichen Vorträge diesem Gegenstande vorzubehalten. Für diesen hatte A. Petersen, Frankfurt a. M., einen Bericht über „Die moderne Forschung auf dem Gebiete der Nichteisenmetalle, insbesondere der Leichtmetalle" ausersehen. Neben Aluminium und Magnesium hat seit kurzem auch Lithium eine erhebliche technische Bedeutung erlangt, da es in kleinsten Zusatzmengen die Festigkeit anderer Metalle und Legierungen betrachtlich zu steigern vermag. Eine Bleilegierung mit 0·04 Gewichtsprozenten Lithiumzusatz liefert beispielsweise ein hochwertiges Lagermetall. Die Gefügebeeinflussung zur Verbesserung der Werkstoffeigenschaften bedient sich sowohl des Mittels der Kornverfeinerung, wie auch der Kornhärtung. Beides wird durch Wahl geeigneter Zusätze erreicht, was die technische Bedeutung des chemischen Reinheitsgrades der Werkstoffe und jene ihrer chemischen und physikalischen Untersuchungsmethoden erheblich gesteigert hat. Der Vortragende besprach schließlich auch die technischen Anwendunggebiete des Leichtmetallbaues und die nächsten seiner harrenden Aufgaben.

Die gemeinsame Fachsitzung über Metallforschung der Abteilungen für reine und technische Physik, für physikalische Chemie und Mineralogie eröffnete der Vorstand des Kaiser Wilhelm-Institutes für Eisenforschung, F. Körber, Düsseldorf, mit einer Ansprache über die Beziehungen zwischen Technik und Wissenschaft. Dann folgten drei geladene Vorträge und die übrigen einschlägigen Vorträge.

Der erste Vortragende, E. H. Schulz, Dortmund, sprach über „Metallforschung in der Industrie" zu einem ähnlichen Gegenstande wie der Vorsitzende. Er schilderte Bedeutung und Entwicklung der Versuchsanstalten in der Metallindustrie, welche die Bindeglieder zwischen Technik und Wissenschaft darstellen. Die Forschungsarbeit der Versuchsanstalten begegnet jedoch vielfachen Schwierigkeiten, welche nur durch eine Art von Arbeitsgemeinschaft mit den in Betracht kommenden Wissenschaftlern behoben werden können, wie am Beispiel der Eisenherstellung und den Fragen des Korrosionsschutzes näher erläutert wurde.

R. Becker, Berlin, sprach über die „Theorie der Verformung und Verfestigung" im wesentlichen vom beschreibenden makroskopischen Standpunkte aus.

A. Smekal, Wien, hingegen „Zur Molekulartheorie der Festigkeit und der Verfestigung". Alle wirklichen Kristalle und daraus zusammengesetzten Werkstoffe sind hundert- bis tausendmal weniger fest als es nach der chemischen Bindungsfestigkeit ihrer Moleküle erwartet werden sollte. Auf Grund optischer und elektrischer Untersuchungsergebnisse an durchsichtigen Salzkristallen gelingt es, die Ursache davon in dem Vorhandensein gewisser amikroskopischer Abweichungen von der exakt-idealen Gitteranordnung der Moleküle aufzufinden, welche man den Kristallen nach den Ergebnissen der Röntgenforschung bisher zugeschrieben hat. Auf rund 2000 bis 10000 regelmäßig im Gitter angeordnete Moleküle kommt eine solche merkliche Lockerstelle des Kristallbaues und diese auch in Metallkristallen vorhandenen Lockerstellen sind es, welche die Verformungsfähigkeit der Werkstoffe bedingen. Bei verformten durchsichtigen Kristallen ist es möglich festzustellen, daß innerhalb der Lockerstellen nach der Entlastung Spannungen zurückbleiben, welche an Einzelmolekülen optisch bestimmbar sind; sie finden sich bis zu tausendmal größer als die technischen Zerreißspannungen und stehen in unmittelbarer Beziehung zu den Verfestigungserscheinungen.

G. Tammann, Göttingen, berichtete über „Kristallitenorientierung in Metallstücken". Alle Festigkeitsziffern der Werkstoffe hängen sehr wesentlich von der gegenseitigen Orientierung ihrer Kristallkörner ab. Durch mechanische Bearbeitung mit oder ohne thermische Nachbehandlung lassen sich vier verschiedene Hauptgruppen von Kupferblechen, drei solche bei Eisenblechen herstellen, welche verschiedene Kristallitenorientierungen und sehr verschiedene elastische Eigenschaften besitzen. Die Ermittlung der Kristallitenorientierung ist daher bei allen Materialprüfungen erforderlich und der Vortragende führte näher aus, wie sie praktisch am besten vorzunehmen ist.

F. Koref, Berlin, berichtete und demonstrierte durch den Versuch den „Einfluß der Kristallstruktur auf die Formbeständigkeit von Wolfram-Leuchtkörpern". Vielkristalline Wolframdrähte hängen sich bei hohen Temperaturen aus, solche aus einzelnen oder wenigen langen Kristallen hingegen sind beständig, was für die Glühlampenkonstruktion von großer praktischer Bedeutung ist. Über Herstellung und Eigenschaften von metallischen Einkristallen sprach ferner auch K. W. Hausser, Berlin.

W. Meissner, Berlin, berichtete über den „Widerstand von Metallen und Metallkristallen bei der Temperatur des flüssigen Heliums", auf Grund eigener Untersuchungen, welche erst durch die vom Vortragenden in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt geschaffene Heliumverflüssigungsanlage ermöglicht werden konnten. Es zeigte sich das sehr bemerkenswerte Ergebnis, daß der elektrische Widerstand des vielkristallinen und des einkristallinen Goldes bei so tiefen Temperaturen praktisch der gleiche ist. Bekanntlich hat bis vor kurzem außer in dem Leidener Kältelaboratorium von Kamerlingh Onnes nur noch in Toronto (Kanada) und in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg die Möglichkeit bestanden, flüssiges Helium herzustellen. Neuerdings hat auch F. Simon, Berlin, eine Heliumverflüssigungsanlage gebaut, welche sich durch bedeutende Vereinfachungen auszeichnet. Nach den Ausführungen dieses Forschers gelingt es, durch Anwendung eines Adsorptionsverfahrens einen erheblich günstigeren Wirkungsgrad der Heliumverflüssigung zu erzielen als nach den bisherigen Verfahren; allerdings sind auf dem neuen Wege nur beschränkte Mengen flüssigen Heliums herstellbar, jedoch hinreichend, um damit wissenschaftliche Untersuchungen bei sehr tiefen Temperaturen auszuführen.

G. Masing, Berlin, sprach über den „Aufbau der Mischkristalle". Rechnerische Überlegungen mittels eines Flächenmodells ergeben, daß im Gegensatz zu der bekannten Stellungnahme Tammanns scharfe Einwirkungsgrenzen an Mischkristallen auch bei unregelmäßiger Atomverteilung der beiden Komponenten ineinander möglich sind.

E. Schiebold, Leipzig, berichtete über eine im Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung in Berlin-Dahlem ausgeführte experimentelle und theoretische Untersuchung der Fließkegelfiguren bei Metallen, welche sich von den besonderen Materialeigenschaften als weitgehend unabhängig erwiesen haben.

E. Duhme und A. Lotz, Berlin, haben zur Frage „Gold aus Quecksilber" im Siemens-Forschungslaboratorium eine sehr sorgfältige Über-

Digitized by Google

prüfung der Vorgänge bei der Quecksilber-Destillation und des analytischen Nachweises geringster Mengen Gold in Quecksilber vorgenommen. Die Destillationsanordnung wurde so verfeinert, daß in ihr gereinigtes Quecksilber sowohl analytisch als unter den von Miethe angegebenen elektrischen Bedingungen nicht die geringste Spur von Gold zeigte. Das von Miethe angeblich durch Elementumwandlung erhaltene Gold muß also bereits vorher im Quecksilber vorhanden sein und wird durch die elektrische Behandlung nur in eine dem analytischen Nachweis leichter zugängliche Form übergeführt; auch die dabei mitspielenden Vorgänge gelang es den Forschern weitgehend aufzuklären.

In Anbetracht der außerodentlichen Tragweite, welche der neuesten Entwicklung der Quantenlehre zukommt, wurde von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft eine besondere Fachsitzung für das Thema Quantenemechanik bestimmt und der Urheber dieser Entwicklung zu persönlicher Berichterstattung eingeladen.

Unter dem Vorsitze von A. Einstein entwickelte W. Heisenberg, Kopenhagen, dieser Einladung gemäß die Grundlagen seiner neuen „quantentheoretischen Mechanik". Die Theorie ist dadurch gekennzeichnet, daß sie die anschauliche Vorstellung von bestimmten quantenhaften Elektronenbewegungen in den Atomen aufgibt zu gunsten einer völlig unanschaulichen, aber in sich konsequenten mathematischen Beschreibung der Atomvorgänge, wobei jede Zustandsgröße des Atoms nicht mehr durch eine einzelne Veränderliche, sondern durch unendlich viele bestimmte Zahlen gekennzeichnet ist, welche nach der Ausdrucksweise der Mathematiker eine „Matrix" darstellen. Während die frühere Quantentheorie „stationäre Zustände" und zwischen ihnen vermittelnde „Quantensprünge" unterschied, gelingt es durch die neue Theorie eine völlig einheitliche Beschreibung der Atomvorgänge zu geben, in welcher jene Unterscheidung keine Rolle spielt. Die Gesetze dieser Matrizenmechanik sind den mechanischen Gesetzen verwandt und so beschaffen, daß sie für sehr langwellig strahlende Atomgebilde Ergebnisse liefern, welche sowohl in die aus der Annahme von bestimmten Elektronenbewegungen folgenden Resultate, wie auch in die Folgerungen der klassischen Elektrodynamik einmünden. Das Opfer, welches mit der Aufgabe aller anschaulichen Grundlagen verbunden ist, wird durch zahlreiche wichtige Erfolge wett gemacht, welche die neue Quantenlehre gegenüber der alten trotz der Kürze ihres Bestehens bereits aufzuweisen hat. Während die Heisenbergsche Quantenmechanik mit Rücksicht auf ihre Matrizengesetzlichkeiten den Charakter einer „reinen Diskontinuumstheorie" trägt, ist es vor kurzem Schrödinger gelungen, von einer neuen wellentheoretischen Auffassung der Quantengesetze ausgehend, zu einer quantentheoretischen „Wellenmechanik" zu gelangen, welche mathematisch genommen, mit der Quantenmechanik völlig identisch ist. Diese Theorie, welche keiner neuartigen, unbequem zu handhabenden mathematischen Hilfsmittel bedarf, beansprucht ihren physikalischen Grundlagen nach eine „reine Kontinuumstheorie" darzustellen; die bisher angenommene Unstetigkeit der Quantengrößen wird von ihr auf Interferenz- und Resonanzvorgänge innerhalb stetiger Wellenfelder zurückgeführt. Ein völliger Ausgleich hinsichtlich der physikalischen Auffassung der Grundlagen beider Theorien welche in ihren Ergebnissen miteinander restlos übereinstimmen, ist noch nicht erfolgt. Im Anschluß hieran berichtete

L. Flamm, Wien, über neue „Beiträge zur Schrödinger'schen Wellenmechanik". Die Grundlage der Schrödingerschen Theorie beruht auf der Erkenntnis, daß jedem mechanischen Bewegungsvorgang, etwa eines Massenpunktes, eine bestimmte, im Raume fortschreitende Wellenbewegung zugeordnet werden kann und umgekehrt. Ist die Bewegung des Massenpunktes gemäß der Mechanik durch das Prinzip der kleinsten Wirkung bestimmt, so gehorcht die zugehörige Wellenausbreitung dem Fermatschen Prinzip vom kürzesten Lichtweg — und umgekehrt. Der Vortragende zeigte, daß diese Wechselbeziehung unter den denkbar allgemeinsten Voraussetzungen giltig bleibt, während sie bisher nur in geringerer Allgemeinheit begründet worden war.

A. Smekal, Wien, sprach über „Spontane strahlungslose Quantenvorgänge" und zeigte, daß die bisher als strahlungslos angenommene Aussendung von Röntgenelektronen durch hochangeregte Atome oder von sekundären Betastrahlen radioaktiver Atome mit dem Auftreten einer schwachen kontinuierlichen Ausstrahlung verknüpft sein muß.

Von den weiteren anläßlich der Düsseldorfer Tagung gehaltenen Vorträgen seien insbesondere noch die folgenden hervorgehoben:

W. Schottky, Rostock, sprach über „Atomare Schwankungsvorgänge an Glühkathodenoberflächen". Die Elektronenemission glühender Metalle oder Oxyde weist Schwankungserscheinungen auf, welche zur Anregung eines Schwingungskreises benutzt und so der Messung zugänglich gemacht werden können. Diese von Schottky bereits 1918 erkannte und als „Schrotteffekt" bezeichnete Erscheinung ermöglicht eine völlig selbstständige absolute Bestimmung der Elektronenladung, falls die einzelnen Elektronenaustritte voneinander gänzlich unabhängig sind, wie dies für Radiofrequenzen tatsächlich zutrifft. Bei akustischen Schwingungen jedoch zeigte sich eine erhebliche Überschreitung der erwarteten Schwankungswerte durch die gefundenen. Der Vortragende weist nach, daß dies zurückzuführen ist auf eine Überlagerung des Schrotteffektes durch eine neue Erscheinung, den Funkeleffekt, welcher mit spontanen Oberflächenveränderungen des Glühkörpers zusammenhängt. Als Ursache für diese Veränderungen kommt neben dem Auftreffen und Wiederverdampfen von Gasatomen anscheinend auch ein thermischer Platzwechsel der Oberflächenmoleküle des Glühkörpers in Betracht.

Über den „Durchgang korpuskularer Strahlen durch Materie" brachte A. Becker, Heidelberg, interessante Betrachtungen unter Heranziehung aller hierauf bezüglichen Messungen der verschiedensten Autoren. Für α-Strahlen gilt hinreichend genau die Beziehung von Geiger

$$v^3 = a\,(R - x),$$

wobei v Geschwindigkeit, R Restreichweite, x durchlaufene Wegstrecke bedeutet. Der Geschwindigkeitsverlust pro cm ist also

$$\frac{dv}{dx} = -\frac{A}{v^3}, \text{ wo } A = \frac{a}{3} = \frac{v_0^3}{3R}$$

ist.

Man kann nun zeigen, daß für Kathodenstrahlen der gleiche Gang der Geschwindigkeitsabnahme gilt, wenn man nur denselben Bereich von v in Betracht zieht, um den es sich bei α-Strahlen handelt. (Die meisten experimentellen Untersuchungen beziehen sich auf schnellere Kathoden-, bezw. β-Strahlen.) Die Energieabnahme pro Wegeinheit hat natürlich auch für beide Strahlenarten den gleichen Gang, es besteht nur eine maßstäbliche Verschiedenheit: die Energieabgabe der α-Teilchen ist im Mittel 8·9 mal so groß, wie die der Elektronen. Wenn man, aus experimentellen Daten, das Verhältnis der gebildeten Ionen ermittelt, kommt man auf nahe die gleiche Zahl, nämlich 10·2. Daraus kann man aber keineswegs schließen, daß die gesamte Energieabgabe Ionisierungsarbeit ist; man sieht dies auch, wenn man die durchschnittliche, zur Erzeugung eines Ionenpaares aufgewendete Energie auf diese Weise berechnet; es ergibt sich zirka 30 V für Luft, also weit mehr, als die Ablösearbeit beträgt.

R. Seeliger, Greifswald, beschrieb ein instruktives Experiment zur Entstehung des Brennflecks auf der Lichtkathode. Es ist bekannt, daß bei Einleitung einer Glimmentladung das Kathodenlicht zunächst nur zum Teil die Kathode bedeckt, um sich bei zunehmender Stromstärke langsam über die ganze Fläche der Kathode auszubreiten. (Bereich des normalen Kathodenfalls.) Bei weiterer Stromerhöhung (anomaler Kathodenfall) ändert sich in diesem Punkte nichts mehr. Bei großen Stromstärken bekommt man aber, unter sonst gleichen Bedingungen, einen Licht-

Digitized by Google

bogen, dessen kathodische Ansatzfläche (Brennfleck) bekanntlich winzig klein ist. Wenn diese Wieder-Verkleinerung durch die hohe Stromstärke und nicht irgendwie durch den geänderten Charakter der Entladung bedingt ist, so waren Zwischenstufen zu erwarten, deren Beobachtung allerdings durch die in diesem Bereiche eintretende Instabilität sehr erschwert ist. Dem Vortragenden ist es gelungen, mit einer Quecksilberkuppe, deren Niveau von außen konstant gehalten wurde, als Kathode, mit zunehmender Stromstärke eine allmähliche Zusammenziehung des Kathodenlichtes festzustellen, wobei gleichzeitig die Flächenhelligkeit bedeutend zunahm, also einen Übergang zum Kathodenfleck des Lichtbogens. Nur der letzte Teil dieses Überganges war nicht beobachtbar, da dann bei plötzlichem Zusammenbruch der Spannung der Lichtbogen einsetzte. Einzelne Stadien des Vorganges wurden im Lichtbild wiedergegeben.

F. Ehrenhaft, Wien, beschrieb eine neue Methode zur Bestimmung der magnetischen Suszeptibilität (K) kleinster Teilchen im inhomogennen Magnetfeld, die, wenn man K bekannt voraussetzt, auch zu Dichtebestimmungen an diesen Teilchen dienen kann.[1])

H. Mark, Berlin-Dahlem, sprach über die Messung der natürlichen Breite von Röntgenemmissionslinien. Die Breite einer solchen Spektrallinie ist gegeben durch den (sehr kleinen) Bereich der emittierten Frequenzen einerseits, durch die Abweichung des Kristalls vom Idealkristall andrerseits. Auch bei sorgfältiger Auswahl der Kristalle aus vielen Stücken bleibt eine gegewisse, ziemlich konstante, Linienbreite. Den natürlichen Anteil vom Kristallanteil zu trennen, gelang durch einen Kunstgriff; das Röntgenstrahlbündel wurde an zwei ausgesuchten, gleichen Kristallen, zweimal, aber in entgegengesetztem Sinne, reflektiert, dadurch fällt die natürliche (Frequenz-)breite heraus und die Fehlerbreite kann getrennt gemessen werden. Bei zweimaliger Reflexion im selben Sinne erhält man natürlich die Frequenzbreite doppelt.

F. Kirchner, München, hat die Richtungsverteilung der von Rötgenstrahlen ausgelösten Elektronen untersucht. Wir haben von diesen zwei Gruppen zu unterscheiden: die erste entsteht durch einen Absorptionsakt im Atom, das abgetrennte Elektron bekommt die Energie des Röntgenquants minus Ablösungsarbeit als kinetische Energie mit (Photoelektron); die zweite hat ihren Ursprung in der Streuung des Quants an freien (lose gebundenen) Elektronen, die ihrerseits durch den Rückstoß eine gewisse Geschwindigkeit erlangen (Streuelektronen nach Compton). Tritt nun ein Röntgenstrahl in eine Wilsonsche Nebelkammer ein, so werden beide Gruppen als Nebelstreifen sichtbar, können aber nach der Länge der Bahn leicht unterschieden werden, da ihre Anfangsgeschwindigkeit um eine Größenordnung verschieden ist. Von diesen Nebelbahnen wurden nun photographische Aufnahmen in der Weise gemacht, daß die Plattenebene senkrecht zum primären Röntgenstrahl war. Ist dieser polarisiert, so zeigt sich eine Häufung der Streuelektronen senkrecht zum elektrischen Vektor, und noch auffallender eine Anhäufung der Photoelektronen in der Richtung des elektrischen Vektors, was qualitativ mit der theoretischen Erwartung übereinstimmt.

R. Tomaschek, Heidelberg, berichtete neue Versuche zur Ätherfrage. Die Trouton-Noblesche Anordnung wurde soweit verfeinert, daß ihre Genauigkeit die letzten Millerschen Interferenzversuche weit übertraf. Es handelt sich um die elektrodynamische Wirkung eines hypothetischen Ätherwindes: ein mit lotrechter Plattenebene aufgehängter Kondensator erfährt im aufgeladenen Zustande durch die Bewegung gegen den Äther (Ätherwind) ein Drehmoment, dessen Auswirkung durch Spiegelablesung gemessen werden kann. Die Beobachtungen, die zum Teil auch in großer Höhe (Jungfraujoch) ausgeführt wurden, ergaben nicht einmal 1 vT des Effektes, den man berechnet, wenn man die bekannte Translationsgeschwindigkeit von Erde und Sonnensystem zugrunde legt. Es besteht die Absicht, eine noch größere Genauigkeit anzustreben, weil dann sogar die Möglichkeit bestünde, den Einfluß der Erdrotation, bezw. dessen Nichtvorhandensein, nachzuweisen.

G. Stetter, Wien, beschreibt kurz eine Anordnung zur massenspektroskopischen Untersuchung seltener, rasch bewegter Korpuskularstrahlen. Bisher wurden Versuche an α-Strahlen verschiedener Herkunft (Heliumkene mit doppelter und einfacher Elementarladung), an „natürlichen" H-Strahlen aus Paraffin (durch Stoß beschleunigte Wasserstoffkerne) und schließlich an Atomtrümmern aus verschiedenen Substanzen gemacht. Das wichtigste Resultat ist derzeit der exakte Beweis, daß die durch α-Bombardement aus dem Al-Kern befreiten Atomtrümmer H-Kerne sind, während man vorher auf mehr oder weniger begründete Vermutungen angewiesen war.

S. Strauss, Wien, sprach über seinen neuen Röntgendosiszähler (Mecapion), der sich von ähnlichen Vorrichtungen dadurch unterscheidet, daß nicht die Strahlungsintensität, sondern deren Zeitintegral zur Messung gelangt, also wirklich die „Dosis"[2]).

M. Schirmann, Wien, sprach über die Erzeugung extremster Vakua durch erkaltende, hocherhitzbare Metalle als Sorbentien. Es handelt sich um Wolfram, das durch elektrische Heizung zum Glühen gebracht wird, während gleichzeitig soweit abgepumpt wird, als es die modernen Hochvakuumpumpen erlauben. Beim Erkalten nimmt dann das hiefür besonders präparierte Wolfram die letzten Gasreste in sich auf und bewirkt so eine weitere Verbesserung des Vakuums.

Zum Beweis der Hypothese, daß die Adsorptionskräfte elektrischer Natur seien, beschrieb Fürth, Prag, einfache Experimente: Wenn man eine poröse, flüssigkeitsgetränkte Masse unter Spannung setzt und in einer Farblösung eintaucht, kann man in auffallender Weise den Einfluß der Spannung auf die Adsorption der Farbteilchen nachweisen.

Dr. A. Smekal, Dr. G. Stetter.

[1]) Ein eingehenderer Bericht hierüber soll demnächs an dieser Stelle erscheinen.

[2]) Eine genaue Beschreibung ist in E. u. M. 1926, S. 348 veröffentlicht.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Das Avon Kraftwerk. Die Cleveland Electric Illuminating Co. hat vor kurzem ihr neues, am Eriesee errichtetes, im Vollausbau für 300 000 kW vorgesehenes Kraftwerk in Betrieb gesetzt, welches nach der Stadt, in deren Nähe es erbaut wurde, Avon Kraftwerk genannt wird. Dasselbe versorgt in Parallelarbeit mit dem mit 288 000 kW bereits voll ausgebauten, in Cleveland selbst gelegenen Werk der Gesellschaft die Stadt und deren industriereiche Umgebung. Die Verbindung bildet eine 132 kV Freileitung, welche auf der letzten, bereits im vollständig verbauten Gebiet gelegenen 11 km langen Strecke in ein 66 kV Kabel übergeht. Für die Lagerung der teils auf den eigenen drei Eisenbahnlinien, teils auch auf dem Wasserwege herangebrachten Kohle sind über die ganze Fläche von Transporteinrichtungen bestrichene Lagerplätze vorgesehen, welche bis zu 275 000 t aufnehmen können. Von diesem Lager aus können auch die anderen Werke der Gesellschaft, die keine so große Bevorrätigung besitzen, im Notfall versorgt werden. Die Kessel sind für Kohlenstaubfeuerung eingerichtet, was die Beschaffung entsprechender Aufbereitungsanlagen notwendig machte. Zunächst wird die Kohle in einer Grobzerkleinerungsanlage auf ungefähr 32 mm Korngrösse gebrochen, so-

Digitized by Google

dann mittels Magnetabscheider von sämtlichen eingeschlossenen Eisenteilen befreit. Hierauf erfolgt die Weiterbeförderung in die oberhalb der Kohlenmühlen angeordneten Vorratsbehälter. Die ganze Förderanlage kann stündlich 250 t bewältigen und genügt derart bereits den beim Vollausbau zu erwartenden Ansprüchen. Sämtliche Teile derselben sind gegen einander elektrisch verriegelt, so dass bei irgend einer Störung an welcher Stelle immer jedwede Stauung des Materials vermieden wird. Die Mahlanlage, in welche die Kohle aus den Bunkern herabfällt, nachdem sie unterwegs die dampfbeheizten Trockner, in denen der Feuchtigkeitsgehalt bis auf 3 vH entzogen wird, durchlaufen hat, besteht derzeit aus vier Mühlen, jede mit 15 t Stundenleistung. Der Kohlenstaub wird nach Verlassen der Mühlen gewogen und dann mittels Druckluft in die oberhalb der Kessel angeordneten Bunker von je 90 t Fassungsvermögen gebracht. Von dort fällt sie unter Gewichtswirkung in die Kesselspeiseleitung, in der die Mischung mit der Verbrennungsluft und Einblasen in die Feuerungsdüsen erfolgt. Die Kessel sind doppelseitig befeuert und sind auf jeder Seite mit acht Speiseleitungen und ebensoviel Verbrennungsdüsen ausgerüstet. Jede der im ersten Ausbau aufgestellten vier Stirling-Doppelkessel hat 2650 m² Heizfläche, 610 m² Überhitzerheizfläche und 1900 m² Ekonomiserfläche. Ihre Höchstleistung beträgt 154 000 kg Dampf von 28 atü und 365° C. Die Verbrennungsluft, welche außer der zum Einblasen des Kohlenstaubes notwendigen Menge noch erforderlich ist, wird über, in der Einmauerung vorgesehene Hohlräume geleitet und kühlt derart bei gleichzeitiger Vorwärmung das Mauerwerk. Im Kesselboden sind aus Eisenrohren zusammengefügte schrankartig ausgebildete Roste eingebaut, die vom Speisewasser durchflossen sind und derart ohne Wärmeverlust gekühlt werden. Der erste, für die Aufnahme von acht solchen Kessel ausreichende Ausbau des Kesselhauses ist 65 m lang, 40 m breit und 33·5 m hoch; die Kessel sind in zwei Parallelreihen angeordnet. Die Zugwirkung der 70 m hohen Betonkamine, deren jeder zwei Kessel bedient, wird von Ventilatoren für indirekten Saugzug unterstützt, von welchen je einer jedem Kessel angeordnet und von einem 300 PS Drehstrommotor angetrieben ist. Das in den Kondensatoren niedergeschlagene, im geschlossenen Kreislauf sich bewegende Speisewasser durchläuft zunächst die Luftkühler der Generatoren, gelangt sodann in einen Vorwärmer von 1400 m² Fläche, welcher mit, der vierzehnten Stufe der Hauptturbine entzogenem Anzapfdampf gespeist wird. Von hier gelangt es in einen zweiten Vorwärmer, wo der Abdampf der Hilfsmaschinen eingeführt wird und sodann zum Speisewasserbehälter. Die gesamte Vorwärmung, welche unter weitgehendster Ausnützung der an den verschiedenen Stellen der Anlage vorhandenen Abfallwärmemengen erfolgt, wird derart geregelt, daß das Speisewasser mit ungefähr 93° C in die Ekonomiser eintritt.

Das 66 m lange und 30·5 m breite Maschinenhaus, dessen Längsachse mit jener des Kesselhauses parallel liegt, enthält derzeit zwei Dampfturbinengruppen von je 35 000 kW Leistung, doch gestattet seine Breite den späteren Einbau von 50 000 kW Einheiten; es wird von einem 125 t Laufkran bedient. Bei einer Drehzahl von 1800 i. d. min. erzeugen sie 60 Per/s Drehstrom von 13 200 V und sind bis zu 40 000 kW überlastbar. Die Turbinen sind einzylindrig und mit senkrecht zur Längsachse des Maschinenhauses liegender Achse aufgestellt. Die Kühlluft der Generatoren wird in geschlossenem Kreislauf in Luftkühlern von 1400 m² Kühlfläche rückgekühlt; als Brandschutz ist die Einleitungsmöglichkeit von Hochdruckdampf aus den Kesseln vorgesehen. Der Betriebsdampf wird in Einzylinder-Kondensatoren mit 3900 m² Fläche niedergeschlagen, welche von je zwei elektrisch angetriebenen Kühlwasserpumpen bedient werden; eine derselben hat als Reserve auch Dampfturbinenantrieb. Das Kühlwasser wird dem Erie-See entnommen und wieder in diesen zurückgeleitet. Die Dampfleitungen sind für eine Dampfgeschwindigkeit von 275 m/s bemessen. Die Hilfsbetriebe sind durchwegs für elektrischen Antrieb vorgesehen.

Die Schaltanlage ist den zeitgemäßen Grundsätzen entsprechend mit vollständiger Isolation der einzelnen Phasen in senkrechter Richtung, sonach in der Weise angeordnet, daß jede Phase sich in einem besonderen Stockwerk befindet. Zwischen die Generatoren und die 13 200 V Sammelschienen sind Strombegrenzungsdrossel für 5 vH Reaktanz bei 2000 A eingeschaltet; die Abzweige zu den die Hilfsbetriebe speisenden Transformatoren von 1500 kVA sind durch 3 vH Reaktanzen bei 400 A geschützt, wogegen jene zu den Haupttransformatoren keine Schutzspulen erhalten mußten, da diese selbst vermöge ihrer hohen Eigenreaktanz ausreichenden Schutz für die hinter ihnen liegenden Anlageteile bieten. Jede Haupttransformatorgruppe für 13·2/132 kV besteht aus drei 15 000 kVA Einphaseneinheiten in Dreieck-Sternschaltung mit festgeerdetem Hochvoltnullpunkt. Sämtliche Trennschalter sind mit dem Ölschalter des zugehörigen Stromkreises gegenseitig verriegelt, wodurch Fehlschaltungen ausgeschlossen sind; weitere Verriegelungen sorgen dafür, daß die vollständig feuersicher ausgebildeten und gegeneinander und gegen den Bedienungsgang zu abgeschlossenen Zellen nur in spannungslosem Zustand betreten werden können. Auch die Durchtrittstellen der Ölschalterantriebe sind gasdicht ausgeführt. Zur Erhöhung der Feuersicherheit ist überdies eine selbsttätige Entlüftungsanlage im Schalthaus vorhanden, welche beim Ansprechen der Relais durch diese selbst in Betrieb gesetzt wird und derart für den raschen Abzug der Gase und Dämpfe aus den Schaltzellen sorgt, soferne bei einem derartigen Anlaß sich solche entwickeln sollten. Die 132 kV Transformatoren und die ganze 132 kV Schaltanlage sind im Freien aufgestellt. Dr. B.

(El. World, Band 88, Heft 6, 1926.)

Verbrennungskraftmaschinen.

Über eine neue Zweitakt-Glühkopf-Rohölmaschine berichtet Dr. Riehm in der ZVDI, Heft 28 von 1926 nach „The Engineer". Bei der von Crossley Brothers, Manchester, gebauten Maschine tritt an die Stelle der Kurbelkastenspülung eine besondere Kolbenpumpe, wodurch eine bessere Spülung erzielt und Druckölschmierung für die Triebwerksteile des Arbeitszylinders möglich wird. Durch die Anwendung einer Brennstoffpumpe mit Rückstromventil und Nockenantrieb und eines selbsttätigen Nadelventils, wie bei kompressorlosen Dieselmotoren, werden der Einspritzvorgang und die Zerstäubung verbessert. Die Spülpumpe von ganz eigenartiger Bauart (mit einem im Kolben sitzenden, von der Pleuelstange gesteuerten Kolbenschieber als Saugventil und einem mit dem Kolben fest verbundenen Kolbenschieber zur Steuerung des Übertrittes der Spülluft in den Arbeitszylinder) ist neben dem Arbeitszylinder angeordnet. Durch diese zusätzlichen Einrichtungen wird die Maschine allerdings teuerer als die üblichen Bauarten und es wird sich erst zeigen müssen, ob sie mit dem kompressorlosen Dieselmotor in Wettbewerb treten kann. Der Brennstoffverbrauch einer Maschine von 14 PSe Bremsleistung soll rund 240 g Gasöl/PSeh oder rund 260 g Rohöl/PSeh betragen.

—k.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Die Konstruktion eines 80 000 kW-Generators für das Hudson Avenue-Kraftwerk[1]) der Brooklyn Edison Co. beschreibt J. R. Taylor. Der von der Westinghouse Electric & Manufacturing Co. gebaute Turbosatz besteht aus zwei gleich großen und gekuppelten Teilaggregaten, jedes aus einem Drehstromgenerator für a 44 450 kVA, 13 800 V, cos = 0·9, 60 Per/s, und einer Hochdruck- bezw. Niederdruckdampfturbine von 40 600 kW, 1800 U/min, gebildet; er ist zur Tragung der Grundbelastung bestimmt. Um die Wirkung wie von einer einzigen Maschine zu erzielen, werden die Gene-

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 508.

Digitized by Google

ratoren konform gesteuert. Der gerechnete Wirkungsgrad beträgt 96·6 vH, doch liegen bisher noch keine Versuchsresultate bezüglich Erwärmung und Verluste vor. An interessanten Details wird folgendes berichtet. Die Rotoren bestehen aus gewalzten Stahlringen, die von vier geschmiedeten Schraubenbolzen aus legiertem Stahl, in der Polmitte angeordnet, zusammengehalten werden. Als Sicherung gegen die Fliehkraftwirkung der Erregerwicklung, wobei aber Wärmedehnungen zugelassen werden müssen, ohne daß die Isolation beschädigt wird oder die Balance verloren geht, erhalten die Nuten Bronzekeile, die Wickelköpfe aber stützen sich gegen isolierte Ringe aus Chrom-Nickel-Stahl, die von den gewalzten Endplatten gehalten werden. Diese sind durch Muttern auf der Welle abgestützt und enthalten Ventilationslöcher, durch welche eine Kühlung der Wickelköpfe und ein axiales Durchstreichen des Rotors unterhalb der Wicklung ermöglicht wird. Durch passend angebrachte Öffnungen tritt die Luft dann radial in den Luftspalt. Die Drehzahl von 1800 ist bereits oberhalb der kritischen Geschwindigkeit. Das Statorgehäuse ist seiner axialen Länge nach in zwei Teilen gegossen, die mit einander zu verschrauben sind. Aus Transport-

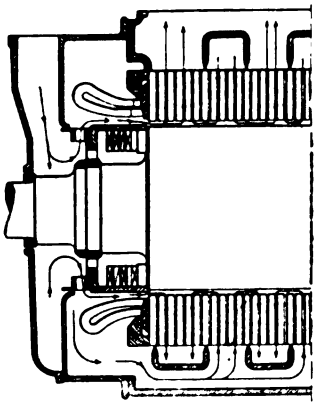


Abb. 1. Vielfach-Radial-Belüftung.

gründen konnten die Bleche erst an Ort und Stelle geschichtet und die Wicklung eingebracht werden. Vor der Pressung der Bleche wurde zur Erzielung möglichster Dichtheit der ganze Statorkern mit einem Isolierlack getränkt. Die Belüftung des Stators erfolgt nach dem Vielfach-Radial-System (Abb. 1). Die abströmende Luft wird zunächst durch das Abdampfkondensat der Turbinen auf 40° C (bei Vollast) abgekühlt. Eine weitere Wärmeentziehung besonders in Fällen, wo bei geringer Last das Kondensat ein zu kleines Volumen hat oder wenn seine Temperatur zu hoch ist, erfolgt durch ein Rohrsystem, gespeist von gewöhnlichem Flußwasser. Unter der Luftaustrittöffnung angeordnete Jalousien schützen den Generator vor Eindringen von Spritzwasser im Falle eines Rohrbruches. Dieser geschlossene Luftkreislauf gewährleistet Staubfreiheit und Reinlichkeit und nicht zuletzt eine bedeutende Verminderung der Brandgefahr des Generators, da nur eine beschränkte Sauerstoffmenge zur Verfügung steht. — Die Kosten der Herstellung und Montage haben 1 Mill. Doll. überschritten. Bei einer Länge des ganzen Satzes von 19·7 m übersteigt sein Gewicht 1000 t. Die Inbetriebsetzung erfolgte am 1. September d. J.

St. Schw.

(Electr. World, Bd. 88, Nr. 10, 1926.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Gleichstromrelais. W. Gaarz berichtet über ein neues Gleichstromrelais, das Einankerumformer wirksam zu schützen vermag. Im Gegensatz zu den bekannten Gleichstromauslösern arbeitet dieses Relais ähnlich wie die normalen Sekundärrelais in Dreh- und Wechselstromanlagen. — An Hand eines Beispieles wird die Verwendung dieses Relais zum Schutze von Einankerumformern, die parallel mit Akkumulatoren arbeiten, gezeigt. Beim Ausbleiben der Wechselspannung nimmt der Umformer gleichstromseitig einen Strom auf, der nur etwa 1·5 bis 2 vH des Normalstromes erreicht, wobei auf der Drehstromseite die Spannung fast zur Gänze erhalten bleibt. Das beschriebene Relais, das hochempfindlich ist, hat die Aufgabe, in solchem Falle den Umformer beiderseitig abzuschalten, damit beim Wiederkommen der Wechselspannung schwere Kurzschlüsse durch Phasenopposition des Umformers vermieden werden. Normale Primärauslöser, deren Empfindlichkeit viel kleiner ist, reichen hiezu nicht aus. Als Konstruktionsprinzip des Relais ist ein Deprezsystem gewählt. Durch einen kräftigen Dauermagneten wird ein sehr hohes Drehmoment und dadurch ein großer Kontaktdruck erreicht. Neben hoher Empfindlichkeit ist noch die große Überlastbarkeit und Kurzschlußsicherheit des Relais hervorzuheben. Es hält ohne weiteres den 100-fachen Normalstrom aus, wobei die Gefahr des Umpolens durch den Aufbau des Relais völlig vermieden ist. Das Relais ist für Spannungen bis 2000 V gebaut und wird mit 10 000 V auf Isolation

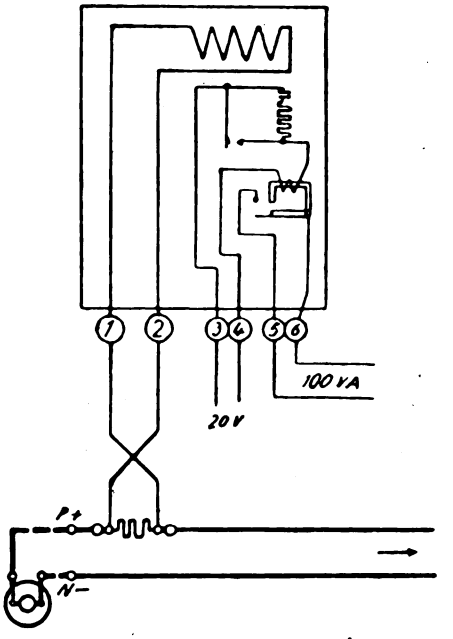


Abb. 2.

geprüft. Zur Betätigung des Auslösers wird eine kleine Akkumulatorenbatterie von 24 V verwendet. Die Hilfsspannung kann auch von einer unabhängigen Gleichstromquelle mit Hilfe eines Spannungsteilers abgenommen werden. Die Schaltleistung des Relais beträgt 100 W. Als weiteren Vorteil des Relais, dessen Schaltung Abb. 2 zeigt, ist hervorzuheben, daß es an beliebiger Stelle der Bedienungsanlage verwendbar ist und nicht wie die älteren Gleichstromauslöser unmittelbar in die Gleichstromschienen eingebaut werden muß. Hiedurch wird die Führung der Stromschienen wesentlich vereinfacht, in die nur normale Nebenwiderstände von 150 mV Spannungsabfall eingefügt werden müssen. Der Strom wird dem Relais von diesen Widerständen mittels beliebig langen Nebenschlußzuleitungen zugeführt. Um zu verhindern, daß das Relais auch bei kurzen Stromstößen die Schalter zum Auslösen bringt, wird es zweckmäßig mit einem Zeitrelais von 0·5 bis 5 oder 1 bis 10 Sekunden Einstellbereich verbunden. Außer als Rückstromrelais mit festem Einstellwert kann das Relais auch als Überstrom-Rückstromrelais mit getrenntem Einstellbereich oder auch als Über-, bezw. Nullspannungsrelais ausgeführt werden.

Ing. E.

(El. Obzor, Prag, Bd. 15, Heft 31, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Verfahren zur Bestimmung der Durchschlagsfestigkeit von Hochspannungsisolatoren unter betriebsmäßigen Verhältnissen. Dipl. Ing. Bechdoldt. Da die Durchschlagsspannung über der Überschlagsspannung liegt, wird zur Erzielung eines Durchschlages der Isolator meist unter Öl gesetzt. Unter Betriebsverhältnissen,

Digitized by Google

also in Luft, treten bei hohen Spannungen im Kopf und im Klöppelloch Büschelentladungen auf, die den Hohlraum vollständig einhüllen, und so eine leitende Oberfläche bilden. Unter Öl dagegen entstehen Gleitfunken, die an ihrem Ende das Porzellan außerordentlich stark beanspruchen. Je besser das Öl ist, desto eher treten, wie bei normalem Betrieb, die Durchschläge am Kopf auf, der elektrisch den schwächsten Teil des Isolators darstellt, wo also das richtigste Bild von dem Widerstandswert des Isolators gewonnen wird. Je schlechter das Öl desto mehr treten die Durchschläge gegen das Klöppelloch gegenüber dem Kappenwulste hin auf, die nicht mehr für die Durchschlagsfestigkeit maßgebend sind. Diese Abhängigkeit vom Öl zu vermeiden, kann man die Isolatoren insbesondere im Klöppelloch mit einem metallenen Überzug versehen. Die bis jetzt im Klöppelloch aufgetretenen Durchschläge treten nunmehr am Rande des Überzuges auf, bis sie bei vollkommen leitender Überdeckung der Unterseite des Isolators, da nunmehr keine Gelegenheit zur Ausbildung von Gleitfunken gegeben ist, im Kopf erscheinen. Den Überzug herzustellen oder den Isolator mit einer sehr guten Isoliermasse (Paraffin) auszufüllen, ist zu umständlich. Den Durchschlag durch Spannungsstoß zu erzwingen, ist nicht angängig, da die bestehenden Verfahren noch nicht weit genug durchgebildet sind, um untereinander vergleichbare Ergebnisse zu liefern, andererseits es auch noch nicht gelungen ist, alle Isolatorenarten mit diesem Verfahren durchzuschlagen. Die Hermsdorf-Schomburg G. m. b. H. hat darum ein an die bisherigen sich anlehnendes Prüfverfahren angegeben, das aber richtigere Ergebnisse als dieses liefert. Hiezu wird ein Isolator mit dem Kopf nach unten bis zum Rand in Öl gelegt, so daß die mit den Rillen versehene Seite noch vom Öl unbenetzt bleibt. Durch das Fehlen des Öles werden die gefährlichen Gleitentladungen im Klöppelloch vermieden. Die erreichten Durchschlagsspannungen lagen wesentlich höher als die beim gewöhnlichen Verfahren erzielten. Eine Reihe von Kugelkopfisolatoren wurden nach der neuen Probe bis zu 160 kV geprüft, ohne durchzuschlagen, bei der nachfolgenden gewöhnlichen Probe schlugen sie schon bei 137 kV durch. V. H.
(Mitteilungen der Hermsdorf-Schomburg G. m. b. H., Heft 26, 1926.)

Die Ermittlung der Gefährdungsgrößen der Beeinflussung von Fernmeldeleitungen durch Hochspannungsleitungen geschieht bei schrägen Näherungen nach den VDE-Leitsätzen derart, daß als Abstandswert ein Wert gleich der Wurzel aus dem Produkte des Anfangs- und Endabstandes eingesetzt wird. H. Böhm macht darauf aufmerksam, daß diese Berechnungsweise nicht ganz einwandfreie Werte liefert, was leicht nachzuweisen ist, wenn man einmal die Gefährdungsgröße für eine Näherung als Ganzes berechnet und das andere Mal die gleiche Näherung in mehrere Teile unterteilt, diese gesondert berechnet und die Summe der so erhaltenen Gefährdungsgrößen bildet. Es können dann voneinander wesentlich abweichende Werte resultieren. Böhm gibt ein graphisches Verfahren an, welchem diese Unrichtigkeit nicht anhaftet und mit welchem daher die Genauigkeit soweit getrieben werden kann, als es die Zeichnung überhaupt zuläßt. Nach den Leitsätzen des VDE[1]) ist die Gefährdungsgröße

$$F = \frac{k_1 l}{(a^2 + k_2)^2} = l \cdot A = l \cdot f(l).$$

Für einen sehr kleinen Teil der Näherung kann der Abstand A als konstant angenommen werden und es ist somit $dF = A\,dl$. Somit ist für die ganze Länge der Näherung:

$$F = \int_{l_1}^{l_2} A\,dl = \int_{l_1}^{l_2} f(l)\,d\,.$$

Das Verfahren besteht nun darin, daß aus dem gegebenen Lageplan zuerst ein vereinfachter Lageplan entwickelt wird, in welchem beide Leitungen gestreckt sind. Darnach wird die Kurve $A = f(a)$ aufgezeichnet und mit Hilfe dieser Kurve eine zweite Kurve $F = f(l)$ ermittelt. Die Planimetrierung der unterhalb dieser Kurve liegenden Fläche ergibt, mit den in Betracht kommenden Maßstäben umgerechnet, direkt die gesuchte Gefährdungsgröße. In gleicher Weise werden die anderen in den VDE-Leitsätzen enthaltenen Gefährdungsgrößen ermittelt. A. Fr.
(ETZ, Bd. 47, Heft 32, 1926.)

[1]) ETZ 1923, Seite 469 und 1925, Seite 836.

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Ein neuartiges Untergestell für Straßenbahnen. Ing. I. Buchli beschreibt ein von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur konstruiertes Untergestell für zweiachsige Straßenbahnwagen, das sich von den sonstigen Bauarten, welche den Kardanantrieb verwenden, wie zum Beispiel der Albrecht-Wagen in Dortmund[1]) oder der neue Wagentyp der Pariser Straßenbahn[2]) in wesentlichen Dingen unterscheidet. Zwischen den beiden Triebachsen, deren Abstand gegenüber normalen Wagen bis zu über 5 m vergrößert werden kann, ist ein zweiachsiges Laufgestell angeordnet, auf dem ein die beiden in die Längsachse des Wagens verlegten Motoren tragendes Rahmengestell federnd gelagert ist. Die äußeren Lagerschilder der Motoren sind als Kugelköpfe ausgebildet und greifen daran die Triebraddeichseln an (Abb. 3).

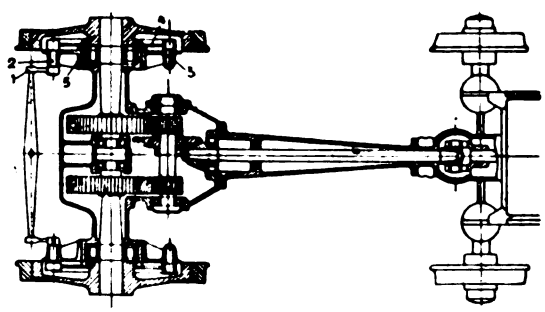


Abb. 3.

In einem allseits geschlossenen Gehäuse führt die in einem Rollenlager gestützte Kardanwelle zu einem Kegelradtrieb. Auf dessen Welle sitzen 2 Ritzel, die in je ein großes Rad eingreifen und so die beiden auf getrennten Wellenstummeln sitzenden Triebräder antreiben. Da die beiden großen Stirnräder Federung zwischen Nabe und Kranz haben, ist in Bogen eine gewisse Differentialwirkung möglich. Das Gewicht des Getriebes liegt auf der Triebachse, die sich im Bogen vollkommen frei einstellt. Bei dem Probewagen der Züricher Straßenbahn ist die Gesamtübersetzung 1 : 9. Sämtliche Getriebeteile sind in dem Stahlgußgehäuse vollkommen öl- und staubdicht eingeschlossen. Alle Lager sind als Walzenlager ausgebildet. Die Bremse greift über ein vollständig ausgeglichenes Gestänge an sechs Stellen an, das heißt, an den beiden Motorankern und den vier Triebrädern. Mittels des Hebels 1 der Abbildung und des Schlüssels 2 werden die zwei im Rad montierten und um die Achse 3 drehbaren Bremsklötze 4 an den inneren Rand des Rades gedrückt. Die Reibfläche ist mit Chekko belegt, das sich durch besonders geringe Abnutzung auszeichnet. Bei der ganzen Konstruktion ist großes Gewicht auf den zuverläßlichen Abschluß der Lagerstellen und Zahnräder gelegt, so daß mit einer langen Lebensdauer dieser Teile zu rechnen sein wird. Der Wagenkasten stützt sich auf zwei kräftige Pfannen, die in Öl laufen. Die Oberteile der Pfannen sind als Querträger ausgebildet und an ihren Enden mit den Tragfedern fest verbunden. Der Wagenkasten hängt mittels Schräglaschen an den Enden der Tragfedern. Die ganze Konstruktion wird trotz der Möglichkeit, schnellaufende Motoren zu verwenden

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, Seite 325.
[2]) E. u. M. 1926, TWN, Seite 45.

Digitized by Google

kaum leichter als ein Wagen mit der normalen Tramaufhängung, doch ergibt die Vergrößerung des Radstands einen größeren Fassungsraum und besonders in den Bogen einen gerigeren Stromverbrauch. Wl.
(Schweiz. Bauzeitung, Bd. 87, Heft 24, 1926.)

Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Über die Gewinnung des Phosphors und der Phosphorsäure im elektrischen Ofen. Die Herstellung von elementarem Phosphor oder von Phosphorverbindungen aus natürlichen Phosphaten ist für Frankreich von großer Bedeutung, da es in Tunis, Algerien und Marokko reiche Lager von zu 60 bis 75 vH aus Phosphaten bestehenden Mineralen besitzt, welche in so beträchtlichen Mengen gewonnen werden, daß im Jahre 1924 3 889 000 t, das ist mehr als die Hälfte der Weltproduktion auf Frankreich und seine Kolonien entfallen ist. Wenn auch in Amerika Phosphor und Phosphorsäure in mit Schweröl geheizten Öfen gewonnen werden konnten, da die hiefür notwendigen Temperaturen etwa 1800° C oder sogar noch etwas weniger betragen, so kommt doch in erster Linie für die Zerlegung der Phosphate der elektrische Ofen in Betracht, weil in ihm eine Lokalisation der Wärme und ein Minimum an Gasentwicklung möglich ist. Der elementare Phosphor ist in seiner Anwendung allerdings verhältnismäßig beschränkt (Zündholz-Industrie, Herstellung von Phosphorbronzen und Phosphorchlorür), hingegen ist aber die Phosphorsäure und deren Salze und insbesondere das Ammonphosphat von wesentlicher Bedeutung für die Erzeugung künstlicher Düngemittel. Die Herstellung des Phosphors erfolgt beispielsweise durch Erhitzen von Trikalziumphosphat mit Kieselsäure (Sand) und Kohlenstoff, wobei im Ofen Kalziumsilikat zurückbleibt, während der Phosphor in Dampfform zugleich mit dem bei der Reduktion des Phosphates gebildeten Kohlenoxid entweicht. Zur Durchführung dieses

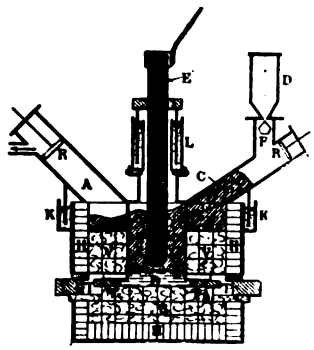


Abb. 4.

Verfahren eignet sich besonders der Ofen von Landis (Abb. 4), da dessen Bauart einen vollständigen Luftabschluß gewährleistet und somit die unter Umständen sehr gefährliche Entzündung der entwickelten Phosphordämpfe nach Möglichkeit verhindert. In der Zeichnung ist mit *E* die vetrikale bewegliche Elektrode bezeichnet, während *S* als Bodenelektrode dient, auf der das Gemisch von Phosphat, Koks und Sand aufgeschüttet wird. Zunächst kommt jedoch die Beschickung in den Trichter *D*, der durch den von außen betätigbaren Verschluß *F* mit der Beschickungsrinne *C* in Verbindung steht. Durch die Leitung *A* entweicht während des Betriebes der Phosphordampf und das Kohlenoxyd, während die aus Kalziumsilikat bestehende flüssige Schlacke *B* nach Entfernen der Holzpflöcke *T* abfließen kann. Der obere Teil des Ofens ist durch einen hydraulischen Verschluß *K* luftdicht mit dem Unterteil verbunden, während der an der Elektrode *E* angeordnete, ebenfalls hydraulisch abgedichtete Verschluß *L* eine Verschiebung derselben in vertikaler Richtung ermöglicht. Der Ofenherd selbst besteht aus feuerfestem Material *H*, das mit auswechselbaren Kohlenblöcken *S* und *V* ausgekleidet ist. Um ein Verstopfen der Zu- und Abfuhrleitungen *A* und *C* hintanzuhalten, sind in denselben kleine von außen bewegliche Schabeisen *R* angeordnet. Wenn man der Beschickung noch metallisches Eisen zusetzt, so kann man außerdem noch Ferrophosphor gewinnen. Der Energieverbrauch bei der Phosphorgewinnung im elektrischen Ofen hängt natürlich sowohl von der Ofentype, als auch von der Reinheit des Ausgangsmateriales ab, sodaß die Angaben der Fachleute über die zur Erzeugung eines kg Phosphor notwendigen Energiemengen weit auseinandergehen. (M. Flusin: 21·8 kWh, Stansfield: 12 kWh.) Den aus dem elektrischen Ofen entweichenden Phosphordampf kann man entweder unter Wasser kondensieren, oder aber unter Luftzutritt zu Phosphorpentoxyd verbrennen, das dann beim Zusammenbringen mit Wasser je nach dessen Menge in Metaphosphorsäure, Pyrophosphorsäure und Orthophosphorsäure übergeht. Man kann schließlich den ganzen Prozeß dadurch wirtschaftlicher gestalten, daß die Verbrennungswärme des Phosphors und des Kohlenoxydes zum Vorwärmen der Beschickung benützt wird, wodurch eine ziemlich bedeutende Stromersparnis möglich ist. Schließlich wird auf die Ofenkonstruktionen zur Darstellung von Phosphor und Phosphorsäure bezug genommen, die in den französischen Patenschriften Nr. 547027 der Firma Federal Phosphorus Co. und Nr. 565471 von Lilienroth beschrieben sind. Der eine Ofen ist ein Dreiphasenstromofen für 1000 bis 2000 kW, in dem der entwickelte Phosphor durch Luftzufuhr verbrannt und in einer Abzugsleitung, die außen von Wasser berieselt ist, gekühlt wird. Die gekühlten Gase werden dann durch einen Ventilator in einen unter Hochspannung stehenden Staubabschneider geführt, auf dessen Boden sich die Phosphorsäure sammelt. Gemäß dem Verfahren von Lilienroth wird der Phosphor in einem in seinem Unterteil, mit 2 Elektroden ausgerüsteten Schachtofen freigemacht und in einer besonderen Kammer bei 1000° C mit Wasserdampf und Luft vermischt. Hiebei bildet sich Phosphorpentoxyd und Wasserstoff, welch letzterer zur synthetischen Herstellung von Ammoniak dienen kann, welches dann wieder mit Phosphorsäure, das für Düngezwecke wertvolle Ammonphosphat ergibt. Schluck.
(Rev. gén. Electricité, Bd. 20, Nr. 11, 1926.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Die Herstellung stark raumtemperaturabhängiger elektrischer Widerstände behandelt Heinz Grüß. Starke Temperaturabhängigkeit des Widerstandes wird stets gefordert, wenn die Raumtemperatur durch die Widerstandsänderung gemessen werden soll. Aber auch zur Kompensation unerwünscht stark temperaturabhängiger Meßverfahren können stark temperaturabhängige Widerstände erforderlich werden. Es wurde daher versucht, den Temperaturkoeffizienten eines Eisen- oder Nickeldrahtes von 0·5 vH auf etwa 2·0 vH zu steigern. Da man Metalle mit so hohen Temperaturkoeffizienten nicht kennt, blieb als einzige Möglichkeit die Wärmeabfuhr temperaturabhängig zu machen. Wäre der Draht zum Beispiel von einem Gase umgeben, dessen Wärmeleitvermögen mit steigender Temperatur wesentlich abnimmt, so steigt die Drahttemperatur bei konstanter Stromstärke natürlich stärker als die Umgebungstemperatur. Ist dT_u die Änderung der Umgebungstemperatur und dT_d die der Drahttemperatur, so tritt an die Stelle des natürlichen Temperaturkoeffizienten a ein scheinbarer Temperaturkoeffizient β, gegeben durch

$$\beta = a \cdot dT_d/dT_u.$$

Schließt man den Draht in ein Rohr mit verschiedenen Gasfüllungen ein, so kommen für die Wärmeabfuhr nur die Strahlung, die Konvektion und die Wärmeleitung in Betracht. Die Strahlung ist bei geringen Temperaturänderungen von der Temperatur des umgebenden Gases unabhängig; ebenso die Konvektion, soferne der Gasdruck als konstant betrachtet werden kann. Die Wärmeleitung ist dagegen temperaturabhängig, und zwar nimmt sie im allgemeinen mit steigender Temperatur zu, würde also eine Verkleinerung des Temperaturkoeffizienten bewirken. Auf 160° erhitzte Platindrähte in Kohlensäure, deren Wärmeleitvermögen mit der Temperatur besonders stark wächst, zeigten bei einem Versuche tatsächlich einen um 30 vH verminderten Tem-

Digitized by Google

peraturkoeffizienten. Aussicht auf Erfolg bieten daher nur Gase, die im betreffenden Temperaturgebiete mit hoher Reaktionsgeschwindigkeit dissoziieren. Solche Gase haben nach Isnardi[1]) im Dissoziationsgebiet ein anormal hohes Wärmeleitvermögen. Da letzteres im vollständig dissoziierten Gase wieder auf einen normalen Wert sinkt, muß sein Temperaturkoeffizient ebenfalls sehr hoch sein, und zwar muß die Wärmeleitung mit steigender Temperatur abnehmen, also sowohl dem Sinne, als auch dem Grade nach dem oben gedachten Zwecke entsprechen. Abb. 5 gibt ein Bild der zu erwartenden Verhältnisse. Als einziges Gas, das bei Zimmertemperatur und technisch brauchbaren Drucken Dissoziation erleidet, kommt Stickstofftetroxyd N_2O_4, das in $2NO_2$ zerfällt, in Betracht. Der Druck des Gases muß beträchtlich unter einer Atmosphäre liegen, da es sonst schon bei Zimmertemperatur kondensiert wird. Es wurden Versuche mit einer gewöhnlichen von S & H hergestellten Eisendrahtlampe mit 0·04 mm dickem Eisendraht angestellt, die mit reinem $NO_2 - N_2O_4$-Gemisch unter einem Drucke von 100 mm Hg gefüllt wurde. Hiebei wurde aus Arsenik und rauchender Salpetersäure N_2O_3 erzeugt, vom Wasser durch Kühlung und Trocknung mit Phosphorpentoxyd befreit, durch weitere Kühlung kondensiert und durch einen Strom von

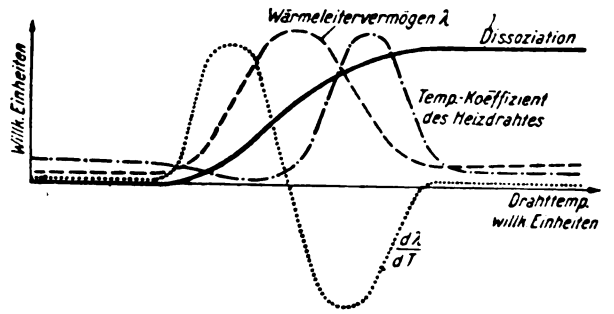


Abb. 5.

trockenem Sauerstoff in N_2O_4 verwandelt. Mit dem so erhaltenen reinen Gas wurden dann bei einer Heizstromstärke von 260 mA scheinbare Temperaturkoeffizienten des Eisendrahtes bis zu 10 vH/°C erreicht. So hohe Temperaturkoeffizienten waren aber äußerst stark vom Heizstrom abhängig, daher praktisch nicht verwendbar. Durch Beimengung unwirksamer Gase konnten brauchbare Widerstände mit einem Temperaturkoeffizienten von 3 vH/°C hergestellt werden. Zur Erzielung einer möglichst geradlinigen Temperaturcharakteristik muß man sich allerdings mit 0·8 vH/°C begnügen, was aber immerhin noch eine Verdopplung der Empfindlichkeit normaler Widerstandsthermometer bedeutet. Ein zweites im gleichen Sinne wirksames Mittel böte die Füllung der Röhre mit Wasserstoff und etwas Flüssigkeit, deren Dampf schlecht leitet. Mit steigender Temperatur nimmt dann die Dampfdichte zu und demgemäß der vH-Gehalt der Gas-Dampfmischung an Wasserstoff ab, so daß die Wärmeleitfähigkeit abnimmt. Dieses Verfahren ist aber weit weniger wirksam, als das obige. R. H.
(Wiss. Veröff. Siemens-Konzern, Bd. IV, Heft 2, Okt. 1925.)

[1]) Z. f. Elektrochemie, 21, 405, 1915.

Patentbericht.

Kabel.

Starkstromkabel.

a) Bauart.

Gegenstand einer Erfindung der Kabelfabrik und Drahtindustrie Akt.-Ges. in Wien ist ein Kabel, bei welchem die Isolierlagen ihrer Beanspruchung entsprechend angeordnet werden, dermaßen, daß die den Leiter unmittelbar umgebenden Schichten aus gut durchlässigen, mechanisch hingegen schwächeren Papiersorten, die weiter außen liegenden hingegen aus weniger gut durchlässigen, dafür aber mechanisch festeren gebildet werden. Bei der Herstellung dieser Kabel werden nach einem Verfahren eine oder mehrere Papierschichten aufgebracht und imprägniert, sodann neue trockene Papierschichten auf den Leiter aufgebracht, worauf dieser nochmals dem Imprägnierprozeß unterworfen wird usw.; nach einem anderen Verfahren werden die verschiedenen Papiersorten jede für sich schon vor dem Aufbringen imprägniert.
(Ö. P. Nr. 100121.)

Als Dielektrikum für Hochspannungskabel hat sich bisher am besten eine Papierisolation bewährt, welche mit Mineralölen allein oder Mischungen derselben mit Harzen imprägniert ist. Diese Isolationsart läßt sich jedoch nur anwenden, wenn die Isolationsmasse durch Aufbringen eines verhältnismäßig dicken Bleimantels, der wiederum durch eine starke Eisenbewehrung geschützt werden muß, in ihrer Lage festgehalten und von äußeren Einflüssen abgeschlossen wird. Zweck und Wesen einer Erfindung der Firma Felten & Guilleaume Carlswerk A.-G. in Köln-Mülheim bestehen nun darin, ein Mittel zu finden, die gesamte Metallbewehrung der Kabel zu ersparen und deren Gewicht auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Versuche haben ergeben, daß die Harzmineralölgemische elastische Celluloseester und Celluloseäther nicht angreifen, wodurch diese mit Vorteil zur luft- und wasserdichten Umhüllung imprägnierter Kabelseelen verwendet werden können. Umspritzt oder umlegt man eine nach der bisherigen Art imprägnierte Kabelseele mit einer zusammenhängenden Schicht irgendwelcher elastischer Cellulosederivate, so genügt bereits ein dünner Überzug, um den Einfluß auszuschalten, den die Imprägniermasse der Kabelseele auf weitere aufzubringende Schutzumhüllungen, wie Kautschuk oder Bitumenmassen, ausüben kann. Schon geringe Mengen der genannten Zellulosepräparate genügen, um eine dem Bleimantel gleichwertige Schutzumhüllung zu bilden.
(Ö. P. Nr. 102187.)

Eine weitere Erfindung der genannten Firma betrifft ein Verfahren zur Herstellung isolierender Schichten verschiedener Dielektrizitätskonstante zu dem bekannten Zwecke, in inhomogenen elektrischen Feldern die auf die Schichten höherer Dielektrizitätskonstante entfallenden Teilspannungen zu vermindern. Wie festgestellt wurde, wird die Dielektrizitätskonstante von mit Isoliermasse getränkter Papierisolation um so größer, je mehr das Raumgewicht des verwendeten Papiers durch Walzen unter Druck oder andere Preßmittel gesteigert wird. Erfindungsgemäß werden daher isolierende, Papier enthaltende Schichten verschiedener Dielektrizitätskonstante in der Weise hergestellt, daß die Staffelung der Dielektrizitätskonstante durch entsprechende, durch Walzen unter Druck oder andere Preßmittel erzeugte Staffelung des Raumgewichtes des Papiers erreicht wird. Die Isolation von Hochspannungskabeln wird erfindungsgemäß derart hergestellt, daß die Dielektrizitätskonstante des Isolierpapieres durch Erhöhung seines Raumgewichtes durch Walzen unter Druck oder andere Preßmittel um so mehr gesteigert wird, je näher die betreffende Schicht dem Stromleiter liegt. (Ö. P. Nr. 103412.)

Ein Drehstromkabel mit verseilten Einleiterkabeln der S S W in Berlin, welches strahlungsfrei ist und doch die günstige Verteilung der Isolierung gewöhnlicher Drehstromkabel aufweist, ist dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die Oberfläche der Einleiterkabel als auch die Innenfläche der die drei Einleiterkabel umgebenden gemeinsamen Isolierschicht leitend gemacht und miteinander in Verbindung gebracht sind. Damit wird nicht nur erreicht, daß die isolierend ausgefüllten Räume zwischen gemeinschaftlicher Isolierschicht und Einzelkabeln feldfrei sind, sondern auch, daß das Drehstromkabel überhaupt für sehr viel höhere Spannungen wirtschaftlich gebaut werden kann, als die bekannten Drehstromkabel mit zum Beispiel metallisierten Einzelkabeln. Die gemeinsame Isolierschicht kann auch außen metallisiert werden, um Glimmerscheinungen zwischen ihr und dem Bleimantel auszuschließen. (D. R. P. Nr. 420067.)

Wenn mehrere Einleiterkabel zu einem Drehstromkabel verseilt werden, so entstehen zwischen den

Digitized by Google

isolierenden Hüllen der Einzelkabel und dem Bleimantel Zwickel, die man bisher mit Isolierstoffen ausgefüllt hat. Zur Vermeidung von Glimmerscheinungen, hervorgerufen durch eventuelle Hohlräume in den Zwickeln, hat man die Isolierhüllen der Einzelkabel mit leitenden Überzügen versehen, so daß der Isolierstoff in den Zwickeln vollständig von leitendem Material umgeben und damit praktisch feldfrei gemacht war. Gemäß einer Erfindung der S S W in Berlin-Siemensstadt, wird das Füllmaterial in den Zwickeln dadurch feldfrei gemacht, daß das Füllmaterial aus einem Stoff von nur geringer, aber für die elektrischen Kraftlinien als Kurzschluß wirkender Leitfähigkeit besteht. Dieser Stoff muß elastisch genug sein, um beim Biegen des Kabels sich dicht an die Oberfläche der Einzelkabel und die Innenwandung des Bleimantels anzuschmiegen. Man kann beispielsweise mit Graphit durchsetztes Isolationsmaterial zur Füllung der Zwickel verwenden.
(D. R. P. Nr. 415946.)

Für die Bewehrung von Einleiter-Wechselstromkabeln wurden zur Vermeidung von Energieverlusten durch Hysterese und Verminderung der Wirbelstromverluste Aluminium, Kupfer und verschiedene Bronzen vorgeschlagen. Gemäß einer Erfindung der F e l t e n & G u i l l e a u m e C a r l s w e r k A.-G. wird als Bewehrungsmaterial für Einleiter-Wechselstromkabel, und zwar für Stark- und Schwachstrom, eine der an sich bekannten stark eisenhaltigen Legierungen mit solchem Gehalt an anderen Metallen, vorzugsweise Nickel, Mangan und Chrom verwendet, daß sie unmagnetisierbar oder äußerst schwach magnetisierbar ist. Besonders geeignet sind Legierungen folgender Zusammensetzung: 73 vH Fe, 8 vH Ni, 1 vH Mn, 18 vH Cr oder 80 vH Fe, 13 vH Ni, 5 vH Mn, 2 vH Cr. Diese Legierungen enthalten noch geringe Beimengungen von Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel und Silizium, sie haben eine Permeabilität von bloß etwa 1·5 und zeichnen sich gegenüber den bisher als Bewehrungsmaterial gebräuchlichen durch große Festigkeit aus. (Ö. P. Nr. 103410.)

Stahldrahtbewehrung für Einleiter-Wechselstromkabel ist wegen der Magnetisierungsverluste unvorteilhaft. Es wurde daher vorgeschlagen, für die Bewehrung solcher Kabel über dem Bleimantel Drähte aus unmagnetischem Metalle, zum Beispiel Bronzedrähte hoher Festigkeit zu verwenden. Zur Ausfüllung des Kabelumfanges würde man jedoch entweder unnötig dicke oder unnötig viele Bronzedrähte verwenden können. Nach einer Erfindung derselben Firma werden daher die dünnen Bronzedrähte beispielsweise auf der Bleipresse mit einem Bleimantel versehen, wodurch sie den gewünschten stärkeren Umfang erhalten; dies hat außerdem den Vorteil, daß elektrische Einwirkungen zwischen den Bronzedrähten und dem Bleimantel vermieden werden, was besonders bei Unterseekabeln von Wichtigkeit ist. Außerdem wird dadurch der unmittelbare Druck der harten Bronzedrähte auf den weichen Bleimantel verhütet. (Ö. P. Nr. 102894.)

Bei Leitungsdrähten, insbesondere Kabeladern, die mit Baumwolle oder Seide besponnen sind, wird durch verschieden gefärbte Fäden, die zu Farbengruppen vereinigt sind, eine Kennzeichnung der Einzelleiter ermöglicht. Um dasselbe bei Drähten mit Papierbandbespinnung zu erzielen, ohne daß es jedoch nötig ist, mehrere Papierbänder oder -Streifen von je einer anderen Farbe nebeneinander aufzubringen, was Schwierigkeiten verursacht, wird gemäß einer Erfindung der Firma D e u t s c h e T e l e p h o n w e r k e u n d K a b e l i n d u s t r i e A k t i e n g e s e l l s c h a f t in Berlin ein Papierstreifen zur Bespinnung verwendet, der mit nebeneinanderliegenden gruppierten Kennfarben versehen ist. Indem dieser Streifen sich um den Draht legt, bilden sich Farbenringe, bzw. -Spiralen, die ebenfalls in regelmäßiger Folge gruppiert sind und dadurch den Draht kennzeichnen. Die Herstellung der Papierstreifen geschieht entweder so, daß der einzelne Streifen vor der Bespinnung der Ader mit den Kennfarben versehen wird, oder besser so, daß ein die mehrfache Streifenbreite besitzendes Papierband laufend mit Streifen der Kennfarbe versehen und dann quer, parallel oder diagonal zu diesen Farbstreifen in die für die Spinnmaschine geeigneten Streifen zerschnitten wird. (D. R. P. Nr. 427957.)

Bei starren Kabeln werden in Rohrsysteme aus Eisen, Beton oder dergleichen Metalleiter eingezogen, durch Distanzscheiben, Glasperlen oder dergleichen distanziert und das Ganze dann mit Isoliermasse ausgegossen. Es hat sich nun gezeigt, daß an der Trennungfläche zwischen Distanzierungsmittel und Isoliermasse Kriechströme entstehen, die in kürzerer oder längerer Zeit einen Durchschlag verursachen. Diesem Übelstand kann nach einer Erfindung des Ing. A l f r e d R o t h in Wien durch die folgenden Maßnahmen begegnet werden: Es werden entweder Distanzierungsscheiben verwendet, die durch die eingebrachte heißflüssige Isoliermasse oberflächlich erweicht werden, ohne jedoch ihre tragfähige Konsistenz zu verlieren, und nach dem Erkalten mit der Isoliermasse ein kompaktes Ganzes ohne Trennungsflächen ergeben; oder es werden Distanzscheiben verwendet, die bei der Temperatur der eingebrachten Isoliermasse ihre feste und tragfähige Konsistenz behalten, jedoch nachträglich durch Erhitzen geschmolzen und in die Isoliermasse in Lösung gebracht werden. Schließlich kann die Verwendung von Distanzierungsscheiben unnötig gemacht werden, indem das Kabel abschnittweise mit Isoliermasse ausgegossen wird. (Ö. P. Nr. 102222.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

1473 **Die Vektoranalysis und ihre Anwendung in der theoretischen Physik.** Von Dr. W. v. I g n a t o w s k y, Prof. an der Universität Leningrad. Dritte Auflage 1926. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner. I. Die Vektoranalysis. 27 Abb., VIII und 110 Seiten. Preis 5·60 Mk. — II. Anwendung der Vektoranalysis in der theoretischen Physik. 14 Abb. IV und 120 Seiten. Preis 5·60 Mk.

Mit Vektoren hatte man es in der Physik sachlich schon lange zu tun, ehe irgendwelche Vektorsymbole gebräuchlich waren. Die ersten (meist ziemlich kleinen) Lehrbücher der Vektorenrechnung, die um die Jahrhundertwende erschienen, benutzten zur Ableitung der Rechenregeln die Rechnung mit den Vektorkomponenten; die Vektorsymbole spielten dann nur die Rolle einer Kurzschrift für die Ergebnisse. Das 1909 erschienene inhaltsreiche Buch I g n a t o w s k y s hat es als erstes vermieden, zur Ableitung der Rechenregeln willkürliche spezielle Koordinatensysteme einzuführen und die Vektoren in Komponenten in Richtung der Koordinatenachsen zu zerlegen, und es gewöhnte den Leser von vornherein daran, mit den Vektoren wirklich zu r e c h n e n[1]). Insbesondere wurde der Hamiltonsche Differentiator ∇ mit Hilfe von Hüllenintegralen invariant definiert. Die 2. Auflage war ein unveränderter Abdruck der ersten. Die jetzt vorliegende 3. Auflage weicht von der ersten in einigen Punkten ab, wenn auch die Gesamtanlage des Werkes beibehalten worden ist. So werden die reziproken Vektorentripel eingeführt, wodurch man bei schiefwinkligen Koordinatenachsen ebenso bequem rechnen kann wie bei rechtwinkligen (Übergang von kontravarianten Komponenten zu kovarianten und umgekehrt). Es wird bewiesen, daß man bei der ∇-Differentiation immer denselben Grenzwert erhält, gleichgültig welche Gestalt die Hüllfläche hat, die man auf e i n e n Punkt zusammenzieht. Die linearen Vektorfunktionen werden etwas eingehender behandelt als früher. Die Einführung von Tensorsymbolen ermöglicht es, im zweiten (den Anwendungen gewidmeten) Band manche Beziehungen nicht nur wirklich sachgemäß und durchsichtiger, sondern auch einfacher darzustellen. Außerdem erkennt man überall das Bestreben, in Einzelheiten zu bessern und zu vereinfachen. Bei der Durchsicht wird sich der sachkundige Leser natürlich trotzdem hier dies, dort jenes anders wünschen. Aber das ändert nichts an der Tatsache, daß das Ignatowskysche

[1]) Vgl. E. u. M. 1910, Seite 28, 362.

Digitized by Google

Werk zu den besten Lehrbüchern der Vektorenrechnung gehört, die wir besitzen. Zweifellos wird auch die 3. Auflage in weite Kreise dringen und als Lehrbuch gern benutzt werden.

Die Bezeichnungen sind fast genau die vom AEF vorgeschlagenen (E. u. M. 1921, Seite 372). Es verdient das hervorgehoben zu werden, weil man die in den deutschen Büchern schon vorhandene Einheitlichkeit der Vektorbezeichnungen in den letzten Jahren durch Einführung der Gibbsschen Bezeichnungen zu zerstören beginnt. Fritz Emde.

3449 **Die magnetischen Eigenschaften der chemischen Stoffe (Magnetochimica).** Von O. Bonazzi. 132 Seiten, 32 Abb. Tipografia Editrice Mariotti, Piso 1914.

Nach einem Überblick über die magnetischen Erscheinungen und Meßmethoden werden systematisch die magnetischen Eigenschaften der Elemente, der Legierungen, der organischen und anorganischen Verbindungen und der Lösungen besprochen, woran noch eine Erläuterung der molekularmagnetischen Erscheinungen angeschlossen ist. Es ist das Verdienst des Verfassers, die umfangreiche und zerstreute Literatur dieses Gegenstandes zusammengefaßt und das spröde Gebiet systematisch dargestellt zu haben. Angesichts der wichtigen neueren Untersuchungen muß jedoch als empfindlicher Mangel der Umstand bezeichnet werden, daß die Literatur seit 1914 keine Berücksichtigung gefunden hat, so daß einige Kapitel, zum Beispiel über Stähle, einer durchgreifenden Neubearbeitung bedürften. Eine neue Auflage, die den Gegenstand vom heutigen Standpunkt aus behandelte, würde jedoch gewiß eine Bereicherung der einschlägigen Literatur bedeuten.

Dr. L. Kneissler-Maixdorf.

Eingegangene Bücher.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern. Fünfter Band, zweites Heft (abgeschlossen am 23. August 1926). Mit einer Bildnistafel und 149 Taxabb. Herausgegeben von der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Forschungsarbeiten des Siemens-Konzerns. Verlag Julius Springer, Berlin 1926.

Neue Preislisten.

Gans & Goldschmidt, Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H., Berlin N 39.

Liste VIb, 1926/27, Gleit-Schiebewiderstände für Grob- und Feinregulierung in Präzisionsausführung; Einfach-Schiebewiderstände für Schalttafelmontage und Tischgebrauch von 0·15 bis 5500 Ohm bei Belastungen von 25 bis 0·25 A; Doppel-Gleitwiderstände mit gemeinsamem Schieber und solche mit zwei getrennten Schiebern für Grob- und Feinregulierung; Gleitschiebewiderstände mit anmontiertem Amperemeter oder Voltmeter; Bühnenlichtregulatoren für Lichteffekte für Dauerbelastung in jeder Schieberstellung für 200 bis 4000 W Lampenverbrauch und 110 und 220 V; Widerstände für Kleinmotoren für Kino, Sprechmaschinen, Nähmaschinen, Reklamemotoren (1/20 bis 1/4 PS); Saalverdunkler für 200 bis 3000 W Lampenverbrauch.

Pervesler Komm. Ges., Wien VII.

Preisliste Nr. 28, November 1926. (Installationsmaterial, Beleuchtungskörper und Glühlampen, Taschenlampen, Zähler, Ventilatoren usw.)

Chronik.

Erste Tagung des Internationalen Beratenden Ausschusses für Telegraphie. An der ersten Konferenz des Internationalen Beratenden Ausschusses für Telegraphie des „Comité consultatif international des communications télégraphiques" (C. C. I. T.), die vom 3. bis 11. November 1926 im Hause des Vereines deutscher Ingenieure in Berlin zusammentrat, nahmen Delegierte von Belgien, China, Dänemark, Danzig, Frankreich, Großbritannien, Holländisch-Indien, Italien, Japan, Jugoslawien, Mozambique, der Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Siam, Sowjet-Rußland, Tschechoslowakei und der Türkei nebst den Vertretern der großen privaten Kabel- und Funkentelegraphengesellschaften und Konstruktionsfirmen teil.

Nach einer überaus herzlichen Begrüßungsansprache des Reichspostministers Dr. Stingl wurde an die Erledigung des Arbeitsprogrammes geschritten, das eine Reihe von technischen und Betriebsfragen des internationalen Telegraphendienstes umfaßte. Aus den Erörterungen, die vielfach auf das Interesse der gesamten Technikerschaft Anspruch erheben dürfen, seien im Nachstehenden einige Punkte entnommen.

Für die internationalen Verbindungen wurde als Einheit der Telegraphiergeschwindigkeit das „baud" aufgestellt, zu Ehren Emile Baudots, des Erfinders des Typendruckapparates der absatzweisen Mehrfachtelegraphie. Ein „baud" ist bei den Telegraphensystemen mit Morsezeichen oder Fünferalphabet durch den reziproken Wert der Übermittlungsgeschwindigkeit des Elemenarintervalles in Sekunden definiert, beim Hughes- oder ähnlichen Systemen mit der Umdrehungszahl der Typenräder pro Minute. Die Frage der Verwendbarkeit der neuen Einheit zur Bewertung projektierter Telegraphenverbindungen gibt Anlaß zu weiteren Untersuchungen.

Zum Punkte „Vereinheitlichung der grundsätzlichen Arbeitsweisen der verschiedenen Telegraphenapparate" wurden nur vorbereitende Beschlüsse gefaßt, die Erledigung der Hauptfragen jedoch der nächsten Konferenz überlassen.

Einen breiten Raum nahm in den Beratungen die Frage der Vereinigung von Telephon- und Telegraphenleitungen in demselben Leiterkabel in Anspruch. Aus ökonomischen Gründen müssen mit der fortschreitenden Verkabelung der Fernsprechleitungen Mittel und Wege gefunden werden, auch die Telegraphenleitungen in den gleichen Kabeln unterzubringen, ohne daß dadurch Störungen in den empfindlicheren Telephoneinrichtungen hervorgerufen werden. Der Telegraphen- und Telephonbetrieb kann dabei entweder gleichzeitig auf denselben Adern erfolgen (Simultantelegraphie, Unterlagerungstelegraphie) oder es können getrennte Leiter verwendet werden. Für jeden dieser Fälle lagen der Konferenz ausgearbeitete Bestimmungen über Sendespannung, zulässige Dämpfungserhöhung durch die Telegrapheneinrichtung, Höchstwert der Störgeräusche und des Nebensprechens usw. vor, die jedoch noch geprüft werden müssen. Desgleichen wurde ein Vorschlag für die Wahl der in pupinisierten Kabeln zu verwendenden Trägerfrequenzen der Tonfrequenztelegraphie unter Bedachtnahme auf die mit den verschiedenen Apparatsystemen erzielbare Reichweite bezw. Leitungsausnützung dem Studium eines Berichterstatterkollegiums zugewiesen.

Bezüglich der Verwendung von oberirdisch geführten Leitungen für internationale Telegraphenverbindungen, namentlich mit Schnell- oder Mehrfachbetrieb wurde beschlossen, für die Leitungen, die wegen Mangel an verfügbaren Adern vorläufig oder dauernd nicht in Kabeln geführt werden können, vorzugsweise Kupferdrähte von mindestens 3 mm Durchmesser und 40 kg/mm² Zugfestigkeit, oder Bronzedrähte von mindestens 2·5 mm Durchmesser und 60 kg/mm² Zugfestigkeit zu verwenden. Inwieweit ein Ersatz blanker Drähte durch isolierte vorteilhaft erscheint, ist noch durch praktische Erprobung festzustellen.

Zum Programmpunkte „Schutz der Telegraphenleitungen vor Starkströmen" wurde die Notwendigkeit festgestellt, sobald als möglich Richtlinien zu schaffen. Diese Normen haben sich sowohl auf die Vorkehrungen zur Hintanhaltung der Gefährdung von Personen und der Beschädigung der Apparate, als auch auf die Vermeidung von störenden Erscheinungen zu erstrecken. In jeder Hinsicht liegen bereits Vorschläge vor, die jedoch noch weiteren Studiums bedürfen; sie schließen sich teils (und zwar bezüglich Gefährdung und Beschädigung) den Bestimmungen des beratenden Ausschusses für Telephonie[1]) an, teils sind neue, der Eigenart des Tele-

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 938.

Digitized by Google

graphenbetriebes angepaßte Normen enthalten. Es wird zum Beispiel vorgeschlagen, die mit Rücksicht auf den Betrieb noch als zulässig zu betrachtende Störungsgröße als das Verhältnis der effektiven Störspannung zur Betriebsspannung der ganzen Leitung auszudrücken und mit höchstens 0·05 (5 vH) festzusetzen. Als Vorkehrungen zur Unterdrückung oder Herabsetzung der durch Starkströme hervorgerufenen Betriebsstörungen werden in erster Linie ungeerdete Doppelleitungen für den Telegraphenbetrieb und eine möglichste Erhöhung der Betriebsspannung empfohlen. Es folgen dann Vorschläge für Maßnahmen zur Störungsverminderung bei den verschiedenen Arten der elektrischen Bahnen, und zwar bei Einphasenwechselstrombahnen Saugtransformatoren und Gegenspannungsdrähte; bei den dreiphasigen Systemen, die bei normalem Betrieb im allgemeinen keine schädlichen Wirkungen auf die Telegraphenleitung ausüben, müssen Störungen durch allfälligen Erdschluß des einen Hochspannungsleiters in Betracht gezogen werden, man muß daher die Entfernung zwischen den beiden Leitungen vergrößern, wenn man bei Drehstromanlagen mit isoliertem Nullpunkt nicht verbieten kann, den Betrieb durch mehr als drei Stunden nach dem Auftreten des Fehlers fortzuführen. Für die Störungen des Telegraphenverkehrs durch Gleichstrombahnen fehlen noch hinreichende Erfahrungen; man hat jedoch festgestellt, daß im Falle eines Kurzschlusses sehr beträchtliche Spannungen (600 V und mehr) induziert werden können. Besonders gefährlich ist dabei die Verwendung von Ausschaltern mit rascher Unterbrechung. Für den Schutz der Telegraphenkabel gegen elektrolytische Wirkungen wird die Annahme der vom Internationalen Ausschuß für Telephonie auf weite Entfernungen (Bern, September 1926) für Fernsprechkabel aufgestellten Ratschläge empfohlen.

Von den Betriebsfragen, die die Konferenz noch zu erörtern hatte, ist vor allem die Vereinheitlichung der Betriebsvorschriften für Schnelltelegraphen und das Gegensprechen zu erwähnen. Es wurde der Vorgang bei der Abgleichung der Kunstleitung in Leitungen mit einem oder mehreren Übertragungsämtern genau festgelegt und die der Korrespondenz vorausgehenden einleitenden Verrichtungen der Endämter einheitlich geregelt sowie gewisse Sonderbestimmungen für das Anhalten der Übermittlung des Gegenübers, die Einschiebung von Mitteilungen und Dienstnotizen usw. für die verschiedenen Apparatsystems normiert, bezw. der Telegraphenunion in Vorschlag gebracht. Über die Kennzeichnung der Telegramme durch Laufnummern werden die Verwaltungen und Gesellschaften im gegenseitigen Einvernehmen Versuche anstellen. Die Frage des Dienstcodes wird bis zur nächsten Versammlung von einem Berichterstatterkollegium studiert.

Die an der ersten Versammlung des C. C. I. T. teilnehmenden Delegierten fanden neben diesem reichen Beratungsprogramm Gelegenheit, eine vom Telegraphentechnischen Reichsamt in großartiger Weise zusammengestellte Telegraphenausstellung zu besuchen, die die herrschenden Telegraphensysteme und Betriebsbehelfe (Förderanlagen-, Schutzvorrichtungen, Prüfgeräte usw.) umfaßte und damit ein anschauliches Bild der modernen Telegraphentechnik einschließlich der neuesten Einrichtungen für Bildübertragung bot. Auch ein Besuch des Wernerwerkes mit einem Vortrag Dr. Lüschens, sowie Besichtigungen der Anlagen von Königswusterhausen und Nauen und Exkursionen in mehrere großindustrielle Unternehmungen fanden statt.

Am 11. November fand die erste Zusammenkunft des beratenden Ausschusses für Telegraphie mit einer herzlichen Abschiedsansprache des Präsidenten Ministerialrat Arendt, des belgischen Delegierten Roosen und des Staatsekretärs Dr. Feyerabend ihren Abschluß.

Ing. Axamit.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, statt.

Mittwoch, den 12. Jänner 1927, um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Direktor O. H. Hartmann (Cassel-Wilhelmshöhe) über: **„Die Entwicklung von mittelbar beheizten Hochdruck-Dampferzeugern unter Berücksichtigung des S. H. G.-Höchstdruck-Sicherheitskessels".**

Mittwoch, den 26. Jänner 1927, um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ing. Kloninger (Baden, Schweiz) über: **„Ölschalter".**

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Elektrizitätswirtschaft Großbritanniens. Der Antrittsrede des neuen Präsidenten des englischen Institution of Electrical Engineers, Dr. Eccles, entnehmen wir folgende bemerkenswerte statistische Daten über die Elektrizitätswirtschaft in England. Entsprechend der geringen Entwicklung von Großkraftanlagen mit weiten Übertragungsleitungen und dem mangelnden Zusammenschluß verschiedenartiger Verbraucher ist der Ausnutzungsfaktor im Vergleich zu anderen Ländern gering: 1730 kWh je installiertes kW, was gleichbedeutend mit einer täglichen Benutzungsdauer von 4¾ Stunden ist, gegenüber 3460 kWh je kW in Deutschland. Eccles verweist auf die geringe Verwendung von Elektrizität im Haushalt. Während in der Schweiz durchschnittlich 90 vH aller Wohnhäuser elektrischen Anschluß besitzen, beträgt die entsprechende Ziffer in Großbritannien bloß 18 vH. Große Städte, wie Glasgow und Manchester, sind kaum mit 10 vH vertreten. Der Bedarf an elektrischer Energie im Haushalt beläuft sich auf 10 kWh jährlich je Kopf der Bevölkerung, statt 40 bis 60 kWh, wofür Verwendung wäre. Ähnlich liegen die Verhältnisse in der Landwirtschaft. Gegenüber Deutschland, dessen Bauernhöfe zu 90 vH an Kraftwerke angeschlossen sind, sind bloß 0·8 britischer Bauernhöfe mit elektrischem Anschluß versehen. Dr. Eccles schlägt ferner die Propagierung von Akkumulator-Fahrzeugen vor, die auf kurze Strecken wirtschaftlicher als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren sind. Die Batterieladung kann außerhalb der Spitzenzeiten erfolgen, wie dies auch in New-York bei 93 vH der Sammler für Fahrzeuge der Fall ist. Ein solcher Sammler stellt einen nennenswerten Verbraucher dar, im Durchschnitt gleichbedeutend mit 20 städtischen Energieabnehmern. In der Erzeugung von Unterseekabeln ist England führend. Seit 1924 sind 18 000 km armierte Seekabel in Auftrag gegeben worden. Das britische Imperium kontrolliert ein Unterseekabelnetz von doppelter Ausdehnung wie Amerika und viermal größerer als Frankreich.

Bezüglich des englischen Außenhandels in elektrotechnischen Artikeln wird erwähnt, daß im Jahre 1925 bei einem schätzungsweisen Umsatz von 284 Mill. Pfd. in der elektrotechnischen Industrie Amerikas, 90 Mill. Pfd., in der Deutschlands und 70 Mill. Pfd. in der Großbritanniens hievon 5·5 vH in den V. St. A., 15·7 vH in Deutschland und 25 vH in Großbritannien zur Ausfuhr gelangten. Der Wert der exportierten Waren ist demnach für alle drei Länder ungefähr gleich, während der deutsche Außenhandel vor dem Krieg den englischen, amerikani-

Digitized by Google

schen und französischen Export zusammengenommen übertraf. Die Reihenfolge der einzelnen Länder bezüglich ihrer Bedeutung für die Ausfuhr elektrischer Großmaschinen war 1913: Deutschland, England, Amerika, 1925 dagegen England, Amerika, Deutschland, bezüglich der Ausfuhr von Kabeln unverändert 1913 und 1925 England, Deutschland, Amerika, in telegraphischen Apparaten England, Deutschland, Amerika, während 1913 Deutschland hierin weitaus an erster Stelle stand. Dagegen war die Position der englischen Radio- und Instrumentenindustrie enttäuschend, in diesen Artikeln war eine ziemliche Einfuhr zu verzeichnen. Im allgemeinen war jedoch der einheimische Markt 1925 um 15 vH weniger aufnahmsfähig als im Vorjahr. Patentstatistisch wird festgestellt, daß von den 1925 erteilten 49 000 amerikanischen, 16 000 deutschen und 15 000 englischen Patenten 89·2 vH in Amerika, 77 vH in Deutschland und 57 vH in Großbritannien von einheimischen Erfindern herrühren. Elektrotechnischer Richtung waren von der Gesamtsumme 9·8 vH in Amerika, 10·3 vH in Deutschland und 21 vH in Großbritannien, wovon allerdings 13·5 vH in Amerika, 26 vH in Deutschland und 59 vH in England ausländischen Ursprungs waren. St. Schw.

(Electrician, Bd. 97, Nr. 2526, 1926.)

Die Schweizerische Elektroindustrie im Jahre 1925. Nach einem Berichte in „The Electrical Review" vom 12. November 1926 war zwar in der Maschinenerzeugung die Beschäftigung in der ersten Hälfte des Jahres besser als im Vorjahre, in der zweiten Hälfte wurde es aber immer schwieriger, neue Aufträge zu erhalten. Die Ursache davon sind insbesondere die Krise in England und der Kapitalsmangel in Deutschland, die beide zu einem erhöhtem Wettbewerb im Ausland führten. Die genannten Länder suchten Aufträge auch durch Preisopfer zu erlangen, um ihre Bestände zu verringern. Überall konnte festgestellt werden, daß die Leistung der Fabriken den Bedarf der Märkte überstieg und die Preise gingen daher ständig herunter. Die Einführung der 52-Stundenwoche in der Schweiz ermöglichte jedoch eine Verminderung der Erzeugungskosten, dadurch einen wirksamen Wettbewerb im Ausland und als Folge davon eine bessere Beschäftigung. Die Aufträge der S. B. B. für die Elektrisierung gaben den in Betracht kommenden Unternehmungen bisher ausreichend Arbeit, man fürchtet aber nach der Beendigung der Elektrisierung ein Abreißen der Beschäftigung dieser Werke. Durch die Aufhebung der Einfuhrbeschränkungen im Herbst nahm die Deutsche Einfuhr, über deren Wettbewerb sehr geklagt wird, stark zu und die Preise der Deutschen Fertigerzeugnisse waren zum Teil nur die Hälfte der Schweizer Preise. Dagegen stellten sich aus Deutschland bezogene in der Schweiz nicht hergestellte Halbfabrikate viel teuerer. Die erwähnte Aufhebung der Einfuhrbeschränkungen machte sich besonders in der Kabelindustrie bemerkbar. Es wurden große Mengen Gummiader und Gummikabel von neu gegründeten Firmen eingeführt, und nur im Inland umsponnen, aber dann als Schweizer Erzeugnis verkauft. Es wird bezweifelt, daß der verwendete Gummi eine entsprechende Güte aufweist und eine strengere Überprüfung der Isolierung gefordert. Die Erzeuger elektrischer Meßgeräte klagen darüber, daß die Ausfuhr nur bei ganz geringem Gewinn möglich war, und zwar wegen der hohen Einfuhrzölle verschiedener Länder und des Niederganges einzelner Währungen, besonders der französischen. Auch in der Radioindustrie sind die Verhältnisse sehr ungünstig, weil das Publikum ausländische Erzeugnisse vorzieht. Hier macht sich der Einfluß der billigen französischen Apparate geltend. Interessant sind noch einige Angaben über das Einkommen der Arbeiter. Dieses betrug i. J. 1924 je Tag für einen Meister 16·47 Fr., für Facharbeiter 12·10 Fr., für ungelernte Arbeiter 9·63 Fr., für Frauen über 18 Jahren 6·33 Fr. und für Arbeiter unter 18 Jahren 4·93 Fr. Während die Kosten der Lebenshaltung (Indexziffer) in den Jahren 1923, 1924 und 1925 164, 171 und 167 betrugen, waren die Vergleichsziffern für die Löhne geschulter Arbeiter in der Maschinenindustrie 177, 179 und 185.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

Berliner Börse.

(Nach Mitteilungen der „Frankfurter Zeitung".)

Preise in Mk. pro 100 kg	17. XII.	20. XII.	22. XII.
Elektrolytkupfer	130½	130⅛	130¼
Orig.-Hütt.-Kohzink	66—66½	66—66½	66—66½
Plattenzink	59½—60	60—61	60—61
Hütten-Alumin. 98—99 vH	210	210	210
Rein-Nickel	340—350	340—350	340—350
Antimon	115—120	115—120	115—120

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 23. Dezember 1926.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	64	5	0	64	15	0
Wire bars	64	15	0	—	—	—
Standard Kassa	56	15	0	56	17	6
Standard 3 Monate	57	10	0	57	12	6
Zinn:						
Engl. ingots	301	0	0	301	10	0
Standard Kassa	302	15	0	303	0	0
Standard 3 Monate	296	10	0	296	12	6
Blei:						
Engl. pig common	30	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	33	0	0	32	16	3
Remelted	32	15	0	—	—	—
English Swansea	33	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175
Platin: Pf. 23 p. Unze nom.

Preise für Metall-Halbfabrikate.

(Mitgeteilt von der Verkaufsstelle der österr. Metallwerke in Wien, giltig ab 7. IX. 1926.)

Grundpreise in S pro 100 kg

Kupfer-Halbfabrikate.
(Mit den Aufschlägen der Liste vom 1. III. 1925.)

Kupferbleche	348
Kupferdrähte	317
Kupferstangen	340

Messing-Halbfabrikate.
(Mit den Aufschlägen der Liste vom 7. VII. 1926.)

Messingbleche	312
Messingdrähte	318
Messingstangen	270

Aluminium-Halbfabrikate.
(Mit den Aufschlägen der Listen vom 1. VI. und vom 7. VII. 1926.)

Aluminiumbleche	540
Aluminiumdrähte und -Stangen	550

Röhren.
(Mit den Aufschlägen der Listen vom 1. III. 1925 u. 15. VI. 1926.)

Messingröhren	346
Kupferröhren	375
Aluminiumröhren (plus 20 vH)	645

Preise für Freileitungsmaterial.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, giltig ab 4. VII. 1926.)

Grundpreise in S pro 100 kg.

Elektrolyt-Kupferdrant, blank, hart oder halbhart von 1·4 mm aufwärts 308
(bei Mindestabnahme von 50 kg in einer Dimension)
—, blank, weich von 1·4 mm aufwärts 317
(bei Mindestabnahme von 50 kg in einer Dimension)
Freileitungsseile, blank, hart oder halbhart, 16 mm², 7 fach verseilt 326
(bei Mindestabnahme von 200 kg in einem Querschnitt)
—, über 16 mm², 7 bezw. 9 fach verseilt 324
(bei Mindestabnahme von 200 kg in einem Querschnitt)

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 9. Jänner 1927 | Heft 2

INHALT:

Die neuesten Erfahrungen auf dem Gebiete der elektrischen Fernübertragung. Von Direktor Ing. Kvetensky, Linz. S. 21.
Drehzahlregelung und Erregung asynchroner Drehfeldmaschinen. Von Karl Baudisch, Berlin. S. 31.
RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 33. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 33. / Elektrische Meßkunde. S. 34. Stromverteilung. S. 35. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge, S. 36. / Elektrische Apparate. S. 36. / Telepraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 37. / Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie. S. 37. / Baustoffe. S. 37.
LITERATURBERICHTE. S. 38.
VEREINSNACHRICHTEN. S. 39.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 40.

Die neuesten Erfahrungen auf dem Gebiete der elektrischen Fernübertragung.

Von Direktor Ing. **Kvetensky**, Linz.[1])

Einleitung.

Die elektrische Kraftübertragung ermöglicht es erst, billige Kraftquellen zu erschließen, indem diese an den günstigsten Orten, das heißt, an geeigneten Wasserläufen oder Kohlenvorkommen errichtet werden, wodurch günstige Erzeugungskosten resultieren und durch den Zusammenschluß mit wirkungsvollen Fernleitungen sind volle Ausnutzungsmöglichkeiten und weitere Verbilligungen der Erzeugung gegeben. Es ist daher naheliegend, daß die elektrische Fernübertragung, die ja doch erst in den letzten Jahrzehnten größeren Umfang angenommen hat, in technisch einwandfreier Weise hergestellt werden muß, wenn ein billiger, aber auch ein sicherer Betrieb möglich sein soll. Billig ist hier in dem Sinne gemeint, daß nur das wirklich Notwendige, aber das Vollkommenste ausgewählt und Überflüssiges vermieden wird, aber auch allzu große Sparsamkeit an Material und Konstruktion, die keine Gewähr für dauernden Bestand geben, unterbleiben soll.

Eine Aussprache über die auf diesem Gebiete gemachten Erfahrungen ist sowohl für den Elektrizitätswerks-Leiter als auch für den Fabrikanten von Vorteil, da es im beiderseitigen Interesse gelegen sein muß, die zu verwertenden Konstruktionen so zu wählen, daß sie den Betriebsanforderungen entsprechen.

Es kann natürlich nicht Gegenstand dieses Vortrages sein, den ganzen Umfang der Anlagen der elektrischen Kraftübertragung zu besprechen und zu behandeln, und ich will mich auch hier größtenteils auf die mit der ersten in Österreich erstellten Fernkraftübertragung gemachten Erfahrungen beschränken.

Kraftquellen.

Es wird immer wieder von Fall zu Fall genau zu erwägen sein, welche effektiven Erzeugungskosten bei schwarzer oder weißer Kohle entstehen und es ist hier, wenigstens in Österreich, wo beide Quellen noch in ausreichendem Maße vorhanden sind, wohl nur der Zinsfuß des aufgewendeten Kapitales maßgebend.

Es kann wohl im allgemeinen angenommen werden, daß die Wasserkraftanlagen bei gleicher Ausbauleistung etwa doppelt soviel Kapital erfordern, als Dampfkraftanlagen. Sehr interessante und nach meiner überschlägigen Prüfung einwandfreie Zahlen sind in dem vorzüglichen Buch „Landeselektrizitätswerke" von A. Schönberg und E. Glunk enthalten.[2]) Die Ziffern bewegen sich bei Wasserkraftanlagen, und zwar Niederdruckanlagen, je kW Ausbauleistung etwa zwischen 740 und 940 Mk., bei Hochdruckanlagen zwischen 470 und 300 Mk., bei Talsperrenanlagen zwischen 940 und 700 Mk. Dampfkraftanlagen ähnlicher Leistung erreichen für Steinkohlenverwertung Kosten von 435 bis 215 Mk. je kW Nutzleistung, bei Rohbraunkohle 245 Mk., bei Steinkohlenstaub 220 Mk. Die letzteren beiden Ziffern nur für ganz große Anlagen von 192 000 kW Leistung.

Dampfkraftwerke.

Auch die in letzter Zeit veröffentlichten, ganz hervorragenden Verbesserungen bei den Dampfkraftwerken können bei den Erzeugungskosten nicht voll in Erscheinung treten, da andererseits die Anlagekosten für diese bessere Kohlenausnützung einen Großteil der Ersparnisse an Kohlen selbst verschlingen. Tatsächlich aber hat sich das Bild der neuen Kraftanlagen gegenüber solchen, die noch vor einigen Jahren errichtet wurden, vollständig verändert. Es werden Dampfdrücke von 35 bis 45 at bis 415° C Überhitzung und darüber angewendet und auch die Aggregate haben ganz bedeutende Größen erhalten; Kesselheizflächen bis zu 2000 m² können schon beobachtet werden. Es werden Dampfturbinenaggregate bis 200 000 kW Leistung[3]) und selbst solche mit 3000 U/min bis zu 40 000 kW hergestellt, also

[1]) Auszug aus einem Vortrag, gehalten bei der Hauptversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke in Innsbruck am 27./28. September 1926.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 655.

[3]) VDI-Nachrichten 1926, Nr. 40.

Digitized by Google

Einheiten, wie man sie noch vor kurzer Zeit sich nicht hätte träumen lassen. Der Kohlenverbrauch ist in einzelnen Fällen bis auf 4000 WE/kWh heruntergegangen, was nach amerikanischen Erwägungen bis auf 2470 WE/kWh erreichbar sein soll.[4]) Die Kohlenstaubfeuerung ermöglicht eine gute Anpassung an die jeweilige Belastung und starke Forcierung bei vorübergehenden Höchstbelastungen. Wenn auch die Nutzeffekte dieser größeren Aggregate keinen nennenswerten Vorteil mehr bringen, so wird an Betriebsunkosten und Wartung sehr gespart.

Wasserkraftwerke.

Auch die Wasserkraftanlagen haben bessere Nutzeffekte, als in den früheren Zeiten erreichbar waren, zu verzeichnen, da größere Aggregate angewendet werden und auch die Konstruktionen sich wesentlich verändert haben. Es werden Francis-Spiralturbinen bis zu 240 m Gefälle angewendet, bei Mitteldruckanlagen aber neuerdings sogenannte Propeller-Turbinen vielfach verwertet, die bei hohen Tourenzahlen noch sehr gute Nutzeffekte, wenn auch nur bei bestimmtem Wasserverbrauch, erreichen lassen. Darum kann an den Kosten des baulichen und besonders des elektrischen Teiles sehr gespart werden.

So wie man bei Dampfkraftwerken durch ständige genaue Kontrolle über den Materialverbrauch genauen Einblick über die jeweils verfügbare Kohle haben muß, soll auch bei den Wasserkraftwerken eine genaue Wasserwirtschaft durchgeführt werden. Zu diesem Zwecke wurde beim Werk Partenstein[5]) ein Wassermengen-Prognosen-Dienst durch Aufstellung von Niederschlag-Beobachtungsstellen angewendet, die durch einen gut organisierten Meldedienst ihre Angaben raschest der Zentrale mitteilen, die wiederum auf Grund von umfangreichen Erfahrungsmaterial und mittelst Korrelationskurven, sowie mit Zuhilfenahme der Wetterprognosen der meteorologischen Anstalten ziemlich gut die jeweils zufließenden Wassermengen vorherbestimmen kann, wodurch eine möglichst restlose Verwertung des zufließenden Wassers erreichbar ist. Die damit verbundenen Kosten können reichlich durch die Mehreinnahmen gedeckt werden.

Nunmehr auf die verschiedenen Einzelheiten eingehend, möchte ich auf die automatische Untergewichts-Stauklappe, die vor kurzem beim Wehr Langhalsen des Kraftwerkes Partenstein eingebaut wurde, aufmerksam machen. Diese Klappe ist in der Lage, bis zu 14 m^3/sec abzuführen und ist so eingerichtet, daß die geringste Stauspiegelschwankung eine sehr bedeutende Veränderung der Klappe bewerkstelligt, wodurch die Bedienung der schweren Schützen auf das geringste Maß beschränkt ist. Die Lösung ist in der Weise erfolgt, daß durch einen Überlauf das Bassin, in dem sich das Gegengewicht befindet, gefüllt wird und somit die Entlastung durch das zuströmende Wasser rascher bewerkstelligt wird, als eine direkte Kommunikation mit dem Stauweiher es ermöglichen würde. Diese Konstruktion, die von der Firma Voith zum erstenmal ausgeführt wurde, scheint sich nach den bisherigen Erfahrungen sehr gut zu bewähren.

Auch ist es zweckmäßig, die Schützen und Rechen durch elektrische Heizung von jedem Eisbelag frei zu halten, um jederzeit die Bewegungsfreiheit, bzw. Eisfreiheit dieser Anlageteile zu ermöglichen.

Bei Hochdruckwerken empfiehlt es sich, in die Druckrohrleitung eine Wassermeßeinrichtung einzubauen, um jederzeit eine genaue Kontrolle über den Zustand der Maschinen und über die Betriebswirtschaft führen zu können. Beim Werk Partenstein ist ein Venturiwassermesser für einen Rohrdurchmesser von 2·4 m eingebaut, der wohl einen der größten Meßapparate dieser Art darstellt und der nach den bisherigen Erhebungen sehr gute Meßergebnisse zeigt. Beim Walchenseewerk ist diese Meßeinrichtung mittels hydrometrischer Flügel bewerkstelligt.

Ein Abschlußorgan am Beginn der Rohrleitung kann genügen, wenn dasselbe dicht schließt und sicher funktioniert. In einer Anlage in den Pyrenäen ist eine solche Drosselklappe dadurch zertrümmert worden, daß die Linse während der Schließbewegung durch das durchströmende Wasser zurückgedreht wurde. Das Gegengewicht wurde hinausgeschleudert und hat dabei 2 Arbeiter getötet. Genaue Untersuchungen haben ergeben, daß viel höhere Drücke auf das Abschlußorgan wirken, als die Berechnung ergibt und daher ganz besonders schwere Konstruktionen für den Bewegungsmechanismus gewählt werden müssen.[6])

Wichtig erscheint mir auch der Einbau eines sogenannten Fußrechens vor Beginn der Druckrohrleitung und die Anordnung einer Fanggrube vor diesem Rechen, durch welche Mittel etwa angeschwemmtes Material noch zurückgehalten wird. Diese Sammelgrube muß eine Ablaufleitung gegen außen erhalten, um auch während des Betriebes Entleerungen unschwer durchführen zu können. Jedenfalls sollen Abzweigungen an der unteren Seite der Druckrohrleitung, wie sie etwa für die Gewinnung von Kühlwasser für Transformatoren oder Lager erforderlich sind, nicht ausgeführt werden, sondern es sollen diese Abzweigungen seitlich oder oben angebracht werden, weil doch immerhin Schwemmaterial mitgeführt wird, und dieses unbedingt diese Abzweigungen verlegt.

Die Krananlage im Maschinenhaus soll von dem Gesichtspunkte aus projektiert werden, daß es sich hier um einen Montage- und nicht um einen Werkstätten-Kran handelt. Es ist daher die Anordnung eines Führerkorbes unzweckmäßig, weil der Bedienungsmann zu viel unausgenützte Zeit dort verbringen müßte. Eine bessere Lösung ist es, die

[4]) E. u. M. 1926, Heft 28, Seite 513.
[5]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 309, 677.
[6]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 842.

Digitized by Google

Steuerung von einem tiefer gelegenen Standort anzuordnen, was unschwer durchzuführen ist und noch eine Druckknopfsteuerung für entlegene Arbeitsorte herzustellen, wodurch eine rasche Bedienung mit wenig Personal möglich ist.

Turbinen.

Fast allgemein werden jetzt die Turbinen vertikalachsig gewählt, weil hierdurch meist sehr viel Platz gespart werden kann und auch die Anordnung allgemein sich günstiger gestaltet. Diese Anordnung kann umsomehr gewählt werden, als nunmehr Spurlagerkonstruktionen gefunden wurden, die ohne besondere Wartung vollkommen sicher die auftretenden Beanspruchungen übernehmen können. Dagegen ist die Schmierung der übrigen Lager gegenüber horizontalachsigen Aggregaten, da dort keine Achsdrücke auftreten, sehr vereinfacht.

Um bei Demontagen Zeit und Platz zu sparen, kann eine Abstellvorrichtung für den Rotor auf einem freien Platz des Maschinenhausfußbodens eingebaut werden. Diese besteht aus einem gußeisernen Ring, der den Rotor in vertikaler Lage aufnimmt und der bei Nichtgebrauch durch eine Abdeckplatte bodeneben verdeckt wird. Die bei Abstellen des Rotors aufzunehmende hohe Bodenbelastung kann dadurch auf einen bestimmten Punkt konzentriert werden.

Im Werke Partenstein aber sind zum Zwecke der vollen Ausnützung des Gefälles die Turbinen sehr tief angeordnet und sind daher vertikale Wellen von etwa 17 m Länge erforderlich gewesen. Es hat sich herausgestellt, daß an diesen Wellen doch ganz plötzlich, ohne ersichtlichen Grund, Erschütterungen aufgetreten sind, die so heftig waren, daß sich die Schrauben für die Bremsturbine oder sonstige Befestigungen lösten und bei solchen Erscheinungen die Maschinen sofort abgestellt werden mußten. Untersuchungen von D. Thoma[7]) haben ergeben, daß bei irgend einer Exzentrizität der Welle sich diese an einem bestimmten Punkt des Umfanges erwärmt, wodurch sie einseitig verlängert und krumm wird. Wenn natürlich diese Krümmung einen stärkeren Grad erreicht hat, treten ganz heftige Erschütterungen auf. Durch Nacharbeiten an den gefährdeten Stellen wurden diese Erscheinungen vollkommen beseitigt.

Um den Wirkungen der Kavitation[8]) zu begegnen, ist es vor allem notwendig, die Saughöhen möglichst gering zu wählen. So angenehm es auch sein mag, wegen einer hochwasserfreien Anordnung der Aggregate diese möglichst hoch zu stellen, aber doch das verbleibende Sauggefälle auszunützen, wird häufig mit demselben bis an die technisch mögliche Grenze gegangen. Es mußte aber vielfach wegen der auftretenden starken Erschütterungen und Schwingungen künstlich Luft in das Saugrohr eingelassen werden, wodurch natürlich das Sauggefälle verloren geht. Es ist daher zweckmäßig, von vorneherein mit diesem nicht so hoch zu gehen.

Korrosionen[9]) werden im allgemeinen nur mehr an unrichtig konstruierten Laufrädern festgestellt oder aber an Wässern, die stark sandführend sind. Wenn nicht genügend große Sammelbecken vor dem Einlauf angeordnet werden können, in welchen das schwere Material abgesetzt werden kann, sind Entsandungsvorrichtungen[10]) etwa nach dem System Dufour oder Pfletschinger einzubauen, die sich gut bewährt haben. Beim Einlauf empfiehlt es sich, Spülschützen, wie sie bei der Mittleren Isar verwendet sind, anzuordnen, um das Geschiebe abzuführen. Durch die größere Schnellläufigkeit der Turbinen, die bei den Propellerturbinen bis zu einer spezifischen Drehzahl von 800 und darüber ansteigt, muß umsomehr auf die vorerwähnten Maßnahmen größtes Augenmerk gelenkt werden.

Regler.

Auch für die Regler werden neue Konstruktionen angewendet und es scheint, daß sich die horizontale Pendellage durchsetzt, da diese Anordnung verschiedene Vorteile bietet. Es kann das Kegelzahnrad, das bei den vertikalen Pendeln notwendig ist, vermieden werden. Am besten eignet sich noch immer der Riemenantrieb für den Regler. In bestimmten Fällen kann auch der elektrische Antrieb mittelst Synchronmotor gewählt werden. Die Übertragung der großen Leistungen für die Betätigung der Leitapparate, die bis zu zirka 1300 kgm erreichen, wird häufig schon statt der schweren Wellen, die nicht ganz torsionsfrei gemacht werden können, mittels Öldruck-Servomotor bewerkstelligt. Die Ölpumpen für das Drucköl werden bei größeren Reglern besonders elektrisch betrieben und neuerdings Windkessel gänzlich vermieden.

Generatoren.

Obwohl Generatoren für hohe Leistung für den Antrieb von Dampfturbinen schon in großem Umfange zur Aufstellung gekommen sind, mußten doch für die Generatoren für Wasserturbinenantrieb mit viel geringeren Tourenzahlen erst neue Konstruktionen gefunden werden. Es war nicht zu verwundern, daß bei solchen Neuausführungen noch Erfahrungen gesammelt werden mußten. Auch erscheint bei vertikaler Ausführung die richtige Anordnung der Klemmenausführung wichtig, um möglichst geringe Leistungswege zu erhalten. Wenn diese Ausführungen durch das gußeiserne Gehäuse gehen, muß dieses an diesen Stellen geschlitzt werden, um Erwärmungen durch Wirbelströme zu vermeiden.

Auf zweckmäßige Anordnung der Luftzu- und Abführung ist besonderes Augenmerk zu lenken. Es wird wohl im allgemeinen bei Wasserkraftwerken der Einbau von Luftfiltern sich erübrigen, da

[7]) ZVDI 1925, Heft 30.

[8]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 316, 493, 631, 843.

[9]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 493, 843.

[10]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 158.

Digitized by Google

diese Werke gewöhnlich in staubfreier Lage sich befinden, aber der Lufteintritt muß doch so gelegt werden, daß aufwirbelnder Staub nicht sofort dort eingesaugt wird. Im Werk Partenstein war bei der Eintrittsöffnung eine Geschwindigkeit von etwa 2 m vorhanden, die sich als zu groß erwies, weil Regentropfen und Schneeflocken bei einer solchen Geschwindigkeit durch die Jalousien eingesaugt wurden. Es wurde diesem Übelstand dadurch abgehofen, daß der Luftweg umgekehrt und hinter dem Maschinenhaus ein größeres Gebäude aufgeführt wurde, wodurch die Eintrittsgeschwindigkeit auf 1 m/sec herabgemindert werden konnte.

Neuerdings wird wohl am zweckmäßigsten für die Generatorrückkühlung die Rücklaufkühlung angewendet, nachdem die vorerst dagegen herrschenden Bedenken wegen Ozonbildung usw. zerstreut sind. Diese Anordnung ist besonders bei Wasserkraftwerken sehr zweckmäßig, da diese ja gewöhnlich über genügend kühles Wasser verfügen. Nichtsdestoweniger wird es aber empfehlenswert sein, für Frischluft und Abluft Vorsorge zu treffen, um bei Versagen der Kühleinrichtung den Generator nicht außer Betrieb nehmen zu müssen.

Peucker hat schon aufmerksam gemacht, daß auch mitunter Dynamos bei unbelasteten Hochspannungsleitungen mit 90° voreilendem Strom und mit ganz nennenswerten Leistungen belastet sind.[11]) Die Leitung Partenstein—Wien von 220 km Länge, zum Teil Doppelleitung, 100 kV, braucht 12000 kVA Leistung zur Aufladung. Es ist zu beachten, daß die kapazitive Erregung bedeutende Spannungserhöhungen hervorruft, selbst wenn der Generator durch die Erregermaschine vollständig unerregt ist. Es ist daher geboten, die Reglereinrichtung mit Gegenerregung auszurüsten, um allzu große Spannungserhöhungen zu vermeiden.[12]) Neuerdings wird wieder die Anwendung von Asynchron-Generatoren studiert, weil diese bei Untererregung nicht unstabil werden.

Elektrische Regler.

Die Anordnung von Hauptstrom-Widerständen für die Erregung ist wohl nicht mehr üblich. Es werden vielmehr die Erregermaschinen mittels Fremderregung durch die Akkumulatorenbatterie oder mittels einer Hilfserregermaschine erregt und diese letztere durch die Regler beeinflußt. Im Werk Partenstein sind Schnellregler, die von der Firma Neufeld & Kuhnke in Kiel hergestellt sind, angewendet, die sich ausgezeichnet bewährt haben.[13]) Diese Regler haben außer der Einrichtung für Kompensation bis 15 vH noch die Eigenschaft, bei Kurzschluß die Maschinen sofort abzuerregen, ja selbst bis zur Gegenstromerregung zu gehen. Diese Aberregung erfolgt außerordentlich rasch, sodaß die Generatoren bei Kurzschlüssen sehr geschont werden. Der Regler ist sehr einfach und robust ausgeführt. Er besteht aus einer durch einen kleinen Elektromotor angetriebenen Ölpumpe. Die Ölventile werden durch Strom- und Spannungsspulen beeinflußt. In Gefahrsfällen wird durch das Herausfallen des Ölschalters ein Hilfsstrom in die Steuerspulen des Reglers gesandt, welcher denselben veranlaßt, auf volle Gegenerregung zu gehen, bis die Spannung auf Null abfällt. (Abb. 1 und 1*a*.)

Transformatoren.

Über die Transformatorenkonstruktionen, die fast von allen Firmen einheitlich in gleicher Weise aufgebaut werden, ist nicht viel zu sagen. Gewöhnlich werden die Anfangs- und Endwicklungen mit verstärkter Isolation ausgeführt, obwohl nachgewiesen wurde, daß die auftretenden Überspannungen auch im Mittelteil der Wicklung gleiche Höhe erreichen können. Um die eintretenden Sprungwellen zu vermeiden, bzw. deren Stirn abzuflachen, wurden bisher Drosselspulen

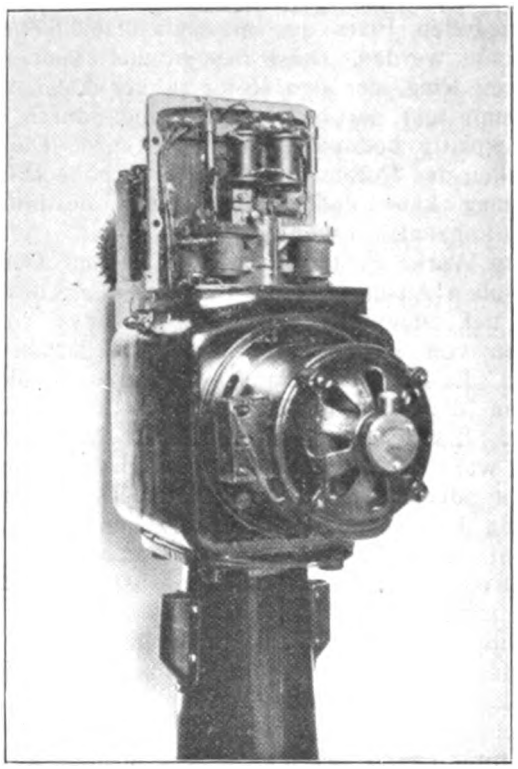


Abb. 1. *N* und *K* Schnellregler geöffnet.

vorgebaut, die zweckmäßigerweise durch Ohmsche Widerstände überbrückt werden. Neuerdings werden diese aber auch weggelassen, da es, wie es scheint, den Fabrikationsfirmen gelungen ist, die Isolation doch so herzustellen, daß sie den auftretenden Ansprüchen gewachsen ist. Wichtig ist, daß wenigstens eine der Wicklungen in Dreieck geschaltet wird, um die etwa auftretenden dritten Harmonischen zu dämpfen. Wenn dies nicht möglich ist, ist es notwendig, eine Tertiärwicklung einzubauen, die aber ebenso gute Isolation und Distanzierung gegenüber den anderen Wicklungen haben muß, wie die Arbeitswicklung, weil auch in

[11]) ETZ 1925, Heft 3.

[12]) E. u. M. 1926, Heft 32. Vgl. Dr. Ing. A. Mandl, „Das Aufladen großer Netze mit Drehstrom-Generatoren".

[13]) ETZ 1926, Seite 864.

Digitized by Google

dieser vorübergehend ganz bedeutende Potentiale auftreten können. Ein sehr sinnreich konstruierter Apparat zur Anzeige von Fehlern ist der Buchholz-Schutz[14]) der vielfach angewendet wird und durch welchen das Auftreten größerer Schäden vermieden wird.

Die Kühlung dieser Transformatoren wird derzeit gewöhnlich außenliegend mittels Wasser durchgeführt; neuerdings aber wird das umlaufende Öl durch Luft gekühlt,[15]) was gewiß vom betriebstechnischen Standpunkt aus sehr empfehlenswert ist. Die Kurzschlußspannung wird neuerdings wesentlich höher gewählt. Man geht auf 10 bis 20 vH bei 15 000 bis 20 000 kVA Leistung, wodurch die Kurzschlußfestigkeit wesentlich erhöht und die Kurzschlußleistung herabgesetzt wird. Auch wird die Spannungsregelung mit Phasenschiebern wirksamer. Für die Spannungsregelung werden vielfach Zusatztransformatoren aufgestellt, da bei Höchstspannungs-Transformatoren größerer Leistung An-

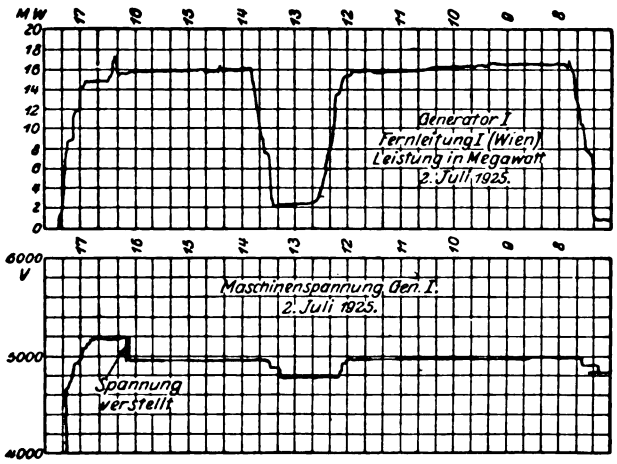


Abb. 1 *a*. Leistungs- und Spannungsdiagramm im Werke Partenstein.

zapfungen nur schwer anzubringen sind. Diese Zusatztransformatoren können auch bei entsprechender Schaltung unter Last umgeschaltet werden, sodaß eine Anpassung an die jeweiligen Betriebsverhältnisse leicht möglich ist. Diese Spannungsregelung in den Werken ist die billigste und zweckmäßigste. Im übrigen wird die Spannungsregelung durch Blindlastregelung bei den Abnehmern selbst am besten erfolgen.

Schaltanlagen.

Auch die Schaltanlagen haben sich in den letzten Jahren sehr verändert. Wir können grundsätzlich zwischen Zellenbau, Hallenbau und Freiluftanlagen unterscheiden. Die Zellenbauweise, die noch vor wenigen Jahren ausschließlich in Europa angewendet wurde, wird nun mehr und mehr verlassen. Es wurden nach amerikanischem Muster vielfach Freiluftanlagen ausgeführt, die sich nach den bisherigen Ergebnissen trotz der klimatischen Verhältnisse in unseren Breitegraden gut bewährt haben. Neuerdings hat Herr Direktor A. Rachel der Aktiengesellschaft Sächsische Werke eine neue Bauweise in Flachbauart entwickelt.[16]) Diese Anlage hat jedenfalls den Vorteil, daß sie sehr wenig Eisenkonstruktion erfordert, aber großen Platzbedarf hat.

Als die Schaltanlagen für das Werk Partenstein zur Aufstellung gelangt sind, waren die meisten größeren Firmen noch nicht für die Herstellung von Freiluftanlagen vorbereitet. Auch die Hallenbauweise wurde wegen der noch herrschenden Angst vor Verqualmungen nicht empfohlen. Es wurde daher für diese Anlagen ein Mittelding gewählt, indem die Schaltanlagen als solche in Zellen untergebracht wurden, während die Transformatoren, für die ein Gebäude ja schon wegen der notwendigen Abkühlung überflüssig erscheint, im Freien aufgestellt wurden. Diese Art der Aufstellung wurde verschiedentlich wiederholt und hat sich gut bewährt.

Grundsätzlich werden die Generatoren mit dem zugehörigen Transformator ohne zwischenliegende Schalter verbunden, also unterspannungsseitig keine Sammelschienen angeordnet. Für den Eigenbedarf wird ein kleines unabhängiges Aggregat aufgestellt, das außer für die Stromversorgung des Licht- und Kraftbedarfes der Werksanlage auch für die Aufladung der unerläßlichen Akkumulatorenbatterie dient und auch als Reserve für die Erreger ausgebildet werden kann.

In dem von den Berliner Städtischen Elektrizitätswerken A.-G. herausgegebenen Pflichtenheft wird für die Umspannwerke durchwegs die Hallenbauweise gewählt und es ist Vorsorge für die Unterbringung von Petersen-Drosselspulen getroffen. Die Ölkühlung der Transformatoren erfolgt mittels Luft und wird die Warmluft zur Heizung und Trocknung der Schalträume verwendet. Hiezu möchte ich bemerken, daß von H. Thoma ein Apparat konstruiert wurde, ein sogenannter Exsicator, bestehend aus einem Blechgefäß, das mit Chlorkalzium gefüllt wird, über welchem ein Ventilator angeordnet ist. Dieser Apparat in der Größe eines kleinen Zimmerofens wird in beliebiger Anzahl, je nach Umfang der Räume, in den Schalthäusern aufgestellt und die Luft durchgepeitscht. Hierdurch wird bei vollkommen geschlossenen Fenstern eine gute Trocknung erzielt und der Feuchtigkeitsbeschlag an Isolatoren vermieden. Das durch das ausgeschiedene Wasser in der Luft aufgelöste Chlorkalzium kann zweckmäßig zur Besprengung der Straßen und Wege in der Umgebung verwendet werden, weil die Lösung staubbindend ist.

Die grundsätzliche Abneigung verschiedener Betriebsleiter einerseits gegen Porzellan-, andererseits gegen Papier-Isolatoren, ist wohl beseitigt, da sich beide Typen gut bewährt haben. Der Papier-Isolator hat aber den Vorzug, daß er nach Beschädigung durch Abdrehen oder Abschleifen und Neulackieren wieder verwendbar

[14]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 933; E.-Werk, Seite 23.
[15]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 809, 814, 844.
[16]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 652.

Digitized by Google

ist. Jedenfalls sollen die Isolatoren auf die geringste Anzahl eingeschränkt werden und möglichst die horizontale Lage vermieden werden, was insbesonders bei der Hallenbauweise möglich ist.

Die Trennschalter werden neuerdings schon für Fernbetätigung ausgeführt, wodurch eine sichere und einfache Bedienung gewährleistet ist.

Ölschalter.

Die Ölschalter sind wohl allgemein schon so konstruiert, daß sie den Betriebsbedingungen genügen dürften. Es hat sich hier insbesonders die Festlegung für die entsprechenden Leistungen und Spannungen durch die Serienbestimmung des VDE sehr bewährt. Es dürfte aber noch immer von Vorteil sein, bei der Wahl der Schalter nicht zu knapp zu gehen und möglichst die nächst höhere

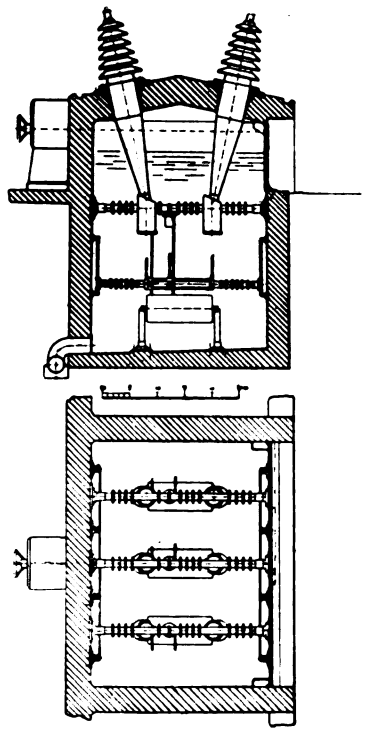


Abb. 2. Ölschalter in Beton.

Serie zu wählen, um vollkommene Betriebssicherheit zu erhalten.

Überall werden für die Schalterfernbetätigung Akkumulatorenbatterien aufgestellt, die viel Wartung und hohe Anschaffungskosten bedingen. Es dürfte möglich sein, eine viel einfachere und sichere Anlage mittels Druckluft auszuführen, die bei Neuentwürfen zu erwägen wäre.

Große Meinungsverschiedenheiten sind bei der Wahl von Vorstufenschaltern, auch Schutzschalter genannt, aufgetreten, da durch die Anordnung der Schutzwiderstände innerhalb des Ölkessels die Schalter leicht explodieren können, und daß es zweckmäßiger wäre, die Schutzwiderstände außerhalb der Ölschalter anzuordnen, wie dies auch im Pflichtenheft der Bewag vorgesehen ist. Jedenfalls ist es nicht erforderlich, unbedingt an allen Stellen Vorstufenschalter zu verwenden. In Amerika sind solche fast gar nicht zur Anwendung gebracht. Da die modernen Transformatoren geringere Eisensättigung haben und daher keine so großen Magnetisierungs-Stromstöße besitzen, dürfte es wohl möglich sein, künftig ohne Vorstufenwiderstände auszukommen.

Um die Explosionssicherheit der Schalter zu ermöglichen, wurden verschiedene Konstruktionen gewählt, Es scheint, daß die Löschkammereinrichtung die einfachste und beste Lösung gibt, da sie einerseits ein rasches Löschen eines Öffnungsfunken bewerkstelligt und andererseits keine allzu große Gasentwicklung im Schalterkessel gestattet. Eine neue Lösung dieser Aufgabe wurde von H. Thoma getroffen. Statt der üblichen Blechkessel ordnet er betonierte Gruben an, in welche die Ölschalter hineinragen (Abb. 2). Die Deckel sind aus schwerer Eisenkonstruktion her-

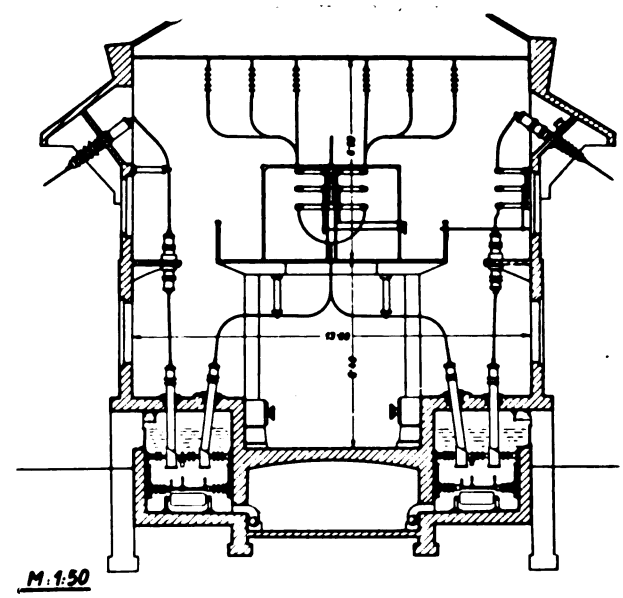


Abb. 3. Schaltanlage mit Betonölschaltern.

gestellt und der Luftraum mittels einer sich selbsttätig öffnenden Klappe mit der Außenluft verbunden. Durch die schwere Masse des Deckels ist wohl eine Zertrümmerung desselben vermieden. Die Revision des Schalters erfolgt durch Einstieg in den Kessel selbst. Es ist natürlich diese Anordnung nur für große Schaltertypen von 100 kV aufwärts möglich. Abb. 3 zeigt die Anordnung dieser Ölschalter in einem 110 kV-Schalthaus.

Kabel.

Die Bewag schreibt bei Kabelendverschlüssen vor, daß die Verbindungen im Innern derselben unzulässig sind. Wir haben diese Anordnung auch bei unseren Schaltanlagen aus der natürlichen Erwägung heraus getroffen, daß solche unzugängliche Kontaktstellen nicht geeignet sind. Es ist natürlich die Vorsicht zu gebrauchen, daß die durch die Ausführung der Endverschlüsse geführten

Digitized by Google

Kabelseelen bei der Durchtrittsstelle vollkommen verlötet werden, um die Kapillarwirkung der Hohlräume zwischen den Drähten, wodurch Feuchtigkeit in das Innere der Endverschlüsse gelangen kann, zu vermeiden. Hier ist zu bemerken, daß meines Erachtens die bisher von den Kabelfabriken gewählten Typen für die angegebene Betriebsspannung zu klein sind und jeweils größere gewählt werden müssen. Wir haben solche für 24 000 V Betriebsspannung bei effektiv 5500 V Betriebsspannung gewählt, da wir bei kleinen Typen, die für 12 000 V Spannung angegeben waren, schlechte Erfahrungen gemacht haben.

Kommandoräume.

Die Kommandoräume, in Deutschland neuerdings als „Warte" bezeichnet, sollen nicht allzu entfernt von den Betriebsstätten liegen. Sie werden heute bei den Kraftanlagen gewöhnlich so angeordnet, daß eine Wand mittels Fenster direkt mit dem Maschinenhaus verbunden ist. Bei Unterstationen sollen diese möglichst zentral gelegt werden, um kurze Wege für das Betriebspersonal zu geben.[17]) Gewöhnlich wird an geeigneter Stelle ein Schaltbild der gesamten Anlage angeordnet, das mit Rückmelderelais jeweilig die Stellung der Schalter automatisch zur Darstellung bringt. Ich bin der Meinung, daß man dieses Schaltungsschema auf den wichtigsten Teil der Anlage beschränken soll, um größte Übersichtlichkeit zu erlangen.

Einer richtigen und dauernden Verlegung der Erdleitungen[18]) muß besonderes Augenmerk zugewendet werden. Am besten scheint sich hier die Oberflächen-Erdleitung bewährt zu haben, da sie so verlegt werden kann, daß sie leicht zugänglich ist. Außerdem wird das verwendete Material nicht so leicht von Humussäuren und sonstigen Angriffsmöglichkeiten beeinträchtigt und es läßt sich ein sehr niederer Erdwiderstand bei Wahl großer Oberflächen ermöglichen.

In Partenstein wurden verschiedene Kupferbänder in den ober dem Werk liegenden Hang, der unwillkürlich immer etwas feucht ist, verlegt, während in der Unterstation Wegscheid in den trockenen Sandboden Gasrohre eingetrieben wurden, die mittels eines Eisenbandes knapp unter der Bodenfläche verbunden wurden. Wir haben die Anordnung so gewählt, daß die Erdleitungen selbst zusammengeschlossen werden, während die Leitungen in den Gebäuden für die Betriebserdung, Schutzerdung und auch für die verschiedenen Spannungen getrennt geführt werden und erst im Boden zum Anschluß gelangen. Dadurch ist es wohl erreichbar, einerseits wegen des außerordentlich günstigen Erdungswiderstandes, andererseits wegen der getrennten Verlegung, daß die Schutzerdungen, die ja von dem Bedienungspersonal jederzeit berührt werden können, niemals zu hohe Potentiale erhalten.

[17]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1926, Seite 100.

[18]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 43, 175, 765.

Überstromschutz.

Für den Überstromschutz werden verschiedentlich Relais angeordnet, die wohl derzeit allgemein durch Strom- und Spannungswandler, also nicht durch direkte Auslösung, beeinflußt werden. Es werden solche mit unabhängiger und abhängiger Zeitauslösung gewählt. Leider müssen wir noch immer feststellen, daß die Relais verschiedener Fabrikate sehr ungleiche Charakteristik haben, und daher nicht ohne weiteres hintereinander angewendet werden können. Auch verändert sich die Charakteristik dieser Relais mit der Zeit teilweise durch Eintrocknung des Schmieröles oder durch Veränderung des Materials. Es ist daher notwendig, periodisch die Relais einer Nachprüfung zu unterziehen. In letzter Zeit wurde das Distanz-Relais von Biermanns der AEG-Union für lange und vermaschte Leitungen mit Erfolg verwendet.[19]) Diese Relais, die von Strom und Spannung beeinflußt werden, ermöglichen tatsächlich die Abschaltung des jeweils kranken Teiles des Netzes. Es muß nur geachtet werden, wenn solche Relais im Netze eingebaut sind, daß auch die Relais in den Stationen auf entsprechend längere Zeit eingestellt werden, weil sie sonst zu früh zur Auslösung gebracht werden. Der beste Überstromschutz ist ein schnell und sicher wirkender Regler.

Die Differential-Relais[20]) die zum Schutze gegen Defekte in Transformatoren und Generatoren fast allgemein angewendet werden, sind bei Anlagen mit geerdetem Nullpunkt jedenfalls nicht anwendbar, oder nur zur Betätigung eines Signales.

Zum Schutze gegen Überschläge gegen Erde werden sogenannte Erdungsrelais angeordnet, die durch Stromwandler, welche in dem Nullpunkt der Generatoren eingebaut sind, beeinflußt werden, doch muß auch hier die Vorsicht gebraucht werden, daß diese Relais sowohl bei Überschlag auf der Hochspannungsseite, als auch auf der Unterspannungsseite jeweils ansprechen. Im Werk Partenstein wurde deshalb noch in einem Abzweig der Erdungswiderstände ein Spannungswandler für die Betätigung dieser Relais eingebaut.

Überspannungsschutz.

Für den Überspannungsschutz wird neuerdings statt der gewöhnlichen Hörnerschutzapparate mit Erdungswiderständen der Bendmann-Ableiter[21]) verwendet. Der ähnlich konstruierte SSW-Ableiter schaltet automatisch einen größeren Widerstand zu.[22])

Von der EMAG Elektrizitäts-A.-G. Frankfurt am Main wird ein ähnlicher Schutzapparat hergestellt.[23]) dessen Funkenstrecke durch einen Kondensator überbrückt ist. Nach den bisherigen Erfahrungen scheint sich der Bendmannschutz sehr

[19]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 371, 821.

[20]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 936.

[21]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 491.

[22]) E. u. M. 1926, Seite 887.

[23]) E. u. M. 1926, Seite 485.

Digitized by Google

gut zu bewähren; es dürften aber auch die anderen erwähnten Konstruktionen vollkommen entsprechen und ich bin der Meinung, daß eine Verquickung dieser Konstruktionen einen vollkommenen Apparat ergeben wird.

Bei 100 kV-Anlagen wird gewöhnlich kein Überspannungsschutz angeordnet und es scheint auch ohne diesen das Auslangen gefunden zu werden, wenn auch bei sehr ausgedehnten Netzen schon neuerdings der Wunsch ausgesprochen wird, einen solchen zu besitzen.

Bei einem Großkraftwerk wurde eine Erscheinung beobachtet, die außerordentlich unangenehm war. Beim Abschalten des letzten Generators im Werk war selbst bei stark verminderter Spannung jedesmal ein Überschlag an den maschinenseitigen Durchführungen der Ölschalter zu beobachten. Bei genauer Untersuchung hat sich ergeben, daß die Kapazität der leerlaufenden Freileitung und die Induktivität des Transformators und Generators einen Schwingungskreis darstellen, ähnlich einem Poulsen-Generator. Auch sonst können durch Kurzschlüsse Überspannungen auftreten, wie dies im Werk Partenstein durch Explosion eines Endverschlusses entstanden ist und es wäre notwendig, gegen solche eine Schutzmaßnahme zu treffen. Die AEG hat zwar Schutzschalter für diese Zwecke ähnlich dem Bendmannschutz auf den Markt gebracht, doch dürfte dieser Apparat zuviel Entladeverzug besitzen. H. Thoma hat einen Apparat

Abb. 4. Oszillogramm über die Wirkung der Glimmröhre.

in Ausarbeitung, der aus einer Glimmröhre mit einer Art Elektronensteuerung besteht. Wenn auch ein solcher Apparat nur geringe Energiemengen abzuführen in der Lage ist, hat er den Vorteil, daß Maschinenstrom nicht nachfließen kann. Es sind nur noch Fabrikationsschwierigkeiten zu überwinden und dürfte dann ein gutes Schutzmittel gegen solche Erscheinungen gefunden werden. (Abb. 4.)

Für Mittelspannungsanlagen hat sich der Ge-Schutz der Firma Dr. Paul Mayer gut bewährt, da nach Einbau desselben die Anzahl der Störungen stark vermindert wurde.

Erdstromschutz.

Bei umfangreichen Hochspannungsnetzen erreicht der Erdstrom eine solche Größe, daß Schutzmaßnahmen notwendig sind, denn bei intermittierendem Erdschluß können die dadurch verursachten Überspannungen großen Schaden anrichten. Die für diesen Zweck in Verwendung stehenden Löscheinrichtungen haben alle sehr gute Erfolge zu verzeichnen, nachdem die Störungen nach Einbau dieser Einrichtungen wesentlich an Zahl und Zeit geringer geworden sind. Im Werk Partenstein ist der Nullpunkt direkt geerdet und es scheint sich diese Anordnung, wie sie in Amerika allgemein geübt wird, gut zu bewähren.

Nicht unerwähnt möchte ich lassen, daß der Leitungsführung innerhalb der Anlagen ein besonderes Augenmerk zuzuwenden ist.

Verbindungsleitung.

In Partenstein wurde wegen allzu großer Erwärmung der vorerst verlegten 4 Kabel (das 5. Kabel wurde bei der ersten Anlage gespart) erst nachher ein 5. Kabel zur Entlastung der übrigen 4 Kabel zugelegt. Es stellte sich heraus, daß dieses Kabel um 30 vH mehr Strom aufnimmt, als die übrigen und daher viel zu warm wird. Die Ursache war, daß die Leitungsführungen von den Endverschlüssen zu den Transformatoren im Freien kürzer und mehr entfernt von den Eisen-

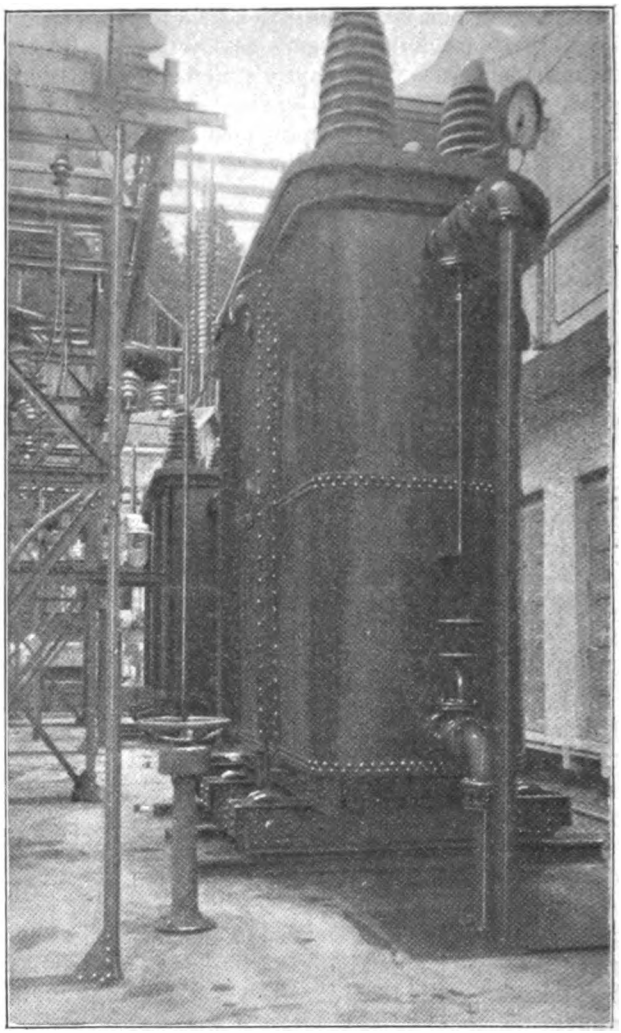


Abb. 5. Eisendrossel auf Verbindungsleitung zum Ausgleich der Stromstärken auf mehreren Verbindungskabeln.

gerüsten verlegt wurden und somit weniger durch die magnetische Induktion gedrosselt waren. Zur Abhilfe wurden auf diesen Verbindungsleitungen Eisenspiralen aufgebracht, die die gleiche Drosselwirkung wie die Eisenkonstruktionen bei den übrigen Kabelverbindungen bewirken. (Abb. 5.)

Digitized by Google

Eine derartige Überspannung wurde eines Tages im Umspannwerk Wegscheid beobachtet. Die Aufladungsspannung hatte eine relativ große Oberwelle der fünften Harmonischen, die durch die Resonanzschaltung leere Leitung-, leerer Transformator, 24 vH der Grundwelle erreicht. Die Erdschluß-Voltmeter sind an Kondensatordurchführungen angeschlossen und zeigten statt 63 kV zirka 120 kV, weil der Ladestrom der Kondensatoren proportional der Frequenz zunimmt und die Voltmeter von diesem beeinflußt werden. Durch Resonanz für die fünfte Oberwelle im Meßstromkreis betrug diese 210 vH der Grundwelle. Diese irreführende Anzeige kann durch Einschalten eines passenden Kondensators im Meßstromkreis, der dadurch auf 50 Per/sec abgestimmt wird, leicht behoben werden.

Ölbehandlung.

Abgesehen von den in regelmäßigen Perioden notwendigen Revisionen der Schaltanlagen ist eine häufige Kontrolle und Prüfung des Öles für Transformatoren und Schalter notwendig. In großen Anlagen ist eine Reinigung mittels der Ölzentrifuge sehr geeignet,[24]) da diese Apparate große Leistungsfähigkeit besitzen und das gereinigte Öl hohe Durchschlagsfähigkeit erreicht. Das Transformatorenöl aber muß wohl mittels Kochapparat unter Vakuum ausgekocht und mittels Filter gereinigt werden, weil sonst die Feuchtigkeit, die sich auch in den Wicklungen absetzt, nicht herausgebracht wird. Neuerdings werden Methoden zur Regenerierung alten Öles versucht, mittels Fullererde oder auch mittels Schwefelsäure und Bleicherde oder Floridin, das ist ein Aluminium-Silizium-Hydro-Silikat aus Florida eingeführt[25]) und es wurden damit sehr gute Erfolge erzielt. Diese Anlagen können aber nur bei sehr großen Werken oder im Zusammenschluß von mehreren Werken hergestellt werden, da diese große Anschaffungskosten bedingen. Es wird wohl auch für Österreich sehr empfehlenswert sein, sich mit der Beschaffung einer solchen Anlage zu befassen, da die hier verwendeten Ölmengen schon so bedeutend sind, daß mit dem Material gespart werden muß.

Fernleitung.

Auch im Fernleitungsbau sind verschiedene Veränderungen zu verzeichnen. Herr Direktor A. Rachel der Aktiengesellschaft Sächsische Werke in Dresden hat in sehr ausführlicher und deutlicher Weise in seinem Vortrag bei der Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke in Düsseldorf darauf verwiesen, daß auch in Mittelspannungsanlagen zweckmäßigerweise Kleinhänge-Isolatoren[26]) Verwendung finden sollen und hat alle Vorteile genau erörtert. Er kommt freilich zu dem Satz, der nicht genug wiederholt werden kann: „Bei der Kostenfrage kommt es nicht allein auf die Anlage- oder Umbau-Kosten an, wie auch völlig unzutreffend immer wieder gerechnet wird, sondern auch darauf, welche Unterhaltungskosten eine Leitung je Jahr aufweist; und hier stehen die Weitspannhängeleitungen mit ihren ganz geringen Störungsziffern überragend an der Spitze, mit geringem Kostenaufwand je km. Das Anlagekapital für die Isolation allein herauszugreifen ist überhaupt eine völlig gegenstandslose Rechnung."

Die Mastkonstruktionen für die Höchstspannungsleitungen, für die wohl ausschließlich Eisenkonstruktionen verwendet werden, haben ein sehr verändertes Bild erhalten. Wir kennen die Tannenbaum-Type, die wohl die günstigsten Beanspruchungen des Mastes bei Seilriß ergibt, aber bei Montage und Revisionen Nachteile besitzt; dann die verkehrte Tannenbaum-Type und verschiedene zwischenliegende Konstruktionen. Neuerdings werden die Leitungsseile gern in einer wagrechten Ebene angeordnet. Hierfür hat die AEG eine sehr gute Konstruktion mit schwenkbaren Auslegern gewählt, wodurch eine große Standsicherheit für die Maste gewährleistet erscheint.

Als Isolatoren werden wohl durchwegs Hängeketten verwendet, wenn auch die früheren Schlingen-Isolatoren (Hewlett) verlassen wurden und Kappen-Isolatoren verschiedener Konstruktion der Klöppelbefestigung gewählt werden. Die Zementkittung soll für die Klöppelbefestigung gänzlich vermieden werden, weil sie nach den gemachten Erfahrungen nicht geeignet erscheint. Eine Besonderheit ist der neuerdings häufig verwendete Motor-Isolator. Er ist elektrisch sowohl wie mechanisch außerordentlich widerstandsfähig, hat aber den Nachteil, daß bei Zertrümmerung des Porzellanteiles, da derselbe nur auf Zug beansprucht ist, die Leitung herunterfällt.

Als Leitungsmaterial wird wieder neuerdings nur Kupfer verwendet, da die Kalkulation bei den erhöhten Aluminiumpreisen keine Vorteile für die Verwendung von Reinaluminium mehr ergibt. Wichtig wäre zu erwähnen, daß es doch nicht empfehlenswert ist, die Erdungsseile, über deren Anwendung sehr geteilte Meinungen herrschen, die aber in Europa in großem Umfange angewendet werden, aus verzinktem Eisen auszuführen, da sie doch zu rasch durch Rost verschleißen. Ich glaube, daß für dieses Seil ein Stahlseil mit einer dünnen Aluminiumhülle zu wählen zweckmäßiger wäre und würde empfehlen, die Stahlseile vor Aufbringung der Aluminiumhülle mittels eines Teerpräparates zu tränken, da sich diese Ausführung bei den Stahlaluminiumseilen der Leitung Partenstein—Linz gut bewährt hat. Bei dieser Leitung wurden auch vereinfachte Armaturen angewendet, die den Ansprüchen vollkommen genügen.

Die elektrische Fernübertragung bewährt sich bei richtiger Ausführung überall sehr gut und sind sehr wenige Störungen zu verzeichnen, sodaß auch

[24]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 816.
[25]) Elektrizitätswirtschaft, Nr. 416, Seite 381 und Nr. 411 Seite 261.
[26]) E. u. M. 1926, Seite 14.

Digitized by Google

wichtige und große Verbrauchsgebiete mittels dieser ohne Anstand versorgt werden können, umsomehr als es hiedurch auch möglich ist, viele große Kraftwerke zu verbinden und damit die Reservehaltung von Maschinen auf das geringste Maß einzuschränken. In Deutschland wird nunmehr auch vom Goldenbergwerk ab bis Rheinau zum Zusammenschluß der Badischen Wasserkraftwerke mit den Kohlenwerken am Rhein eine 220 kV-Leitung gebaut, die bei geerdetem Nullpunkt auch mit 380 kV betrieben werden kann. Auch hier wurde trotz des wegen der Koronaverluste erforderlichen großen Durchmessers der Seile von 42 mm, Kupfer verwendet, und zwar als Hohlseile, das heißt, es ist über einer Blechspirale eine Seilhülle mit Profildraht hergestellt. Man hat von der Verwendung von Stahlaluminium, wodurch der große Durchmesser leichter erzielbar wäre, Abstand genommen, weil diese Kupferseile billiger und voraussichtlich auch widerstandsfähiger sind. Eine ähnliche Leitung ist von Vorarlberg nach Württemberg geplant.

Der Leitungsbau hat in dem dicht besiedelten Europa einen Umfang angenommen, der insbesonders auch wegen der zunehmenden Luftschiffahrt als unangenehm empfunden wird und es werden Untersuchungen angestellt, auch für Höchstspannungen Kabel zu verwenden. Leider ist das Kabel für 100 000 V noch immer etwa fünfmal so teuer als die Freileitung, wenn auch Versuche ergeben haben, daß technisch einwandfreie Lösungen möglich sein dürften.

H. Thoma hat nunmehr eine neue Konstruktion für ein Kabel vorgeschlagen, in dem er in einem Eisenrohr unter hohem Luftdruck die Seelen mittels Porzellan- oder Papier-Isolatoren führt. Bekanntlich nimmt die Durchschlagsfähigkeit der Luft bis etwa 15 at nahezu proportional mit dem Druck zu, sodaß bei etwa 6 bis 7 at schon ganz brauchbare Dimensionen erzielt werden können. Nach seinen überschlägigen Rechnungen kann ein solches Kabel mit gleichem Kostenaufwand wie eine Freileitung erstellt werden. Es wäre wohl sehr zu begrüßen, wenn es möglich wäre, die Freileitung durch solche Kabel zu ersetzen.

Lastverteilung.

Ein wichtiges Glied in der elektrischen Fernversorgung ist insbesonders bei Zusammenschluß mehrerer Werke die Lastverteilung, die nach amerikanischem Muster im Verbrauchsschwerpunkt zentral angeordnet wird.[27]) Eine solche Lastverteilungsstelle hat die Aufgabe, alle Schaltmanöver zu dirigieren und muß daher durch telephonische Verbindungen mit allen Kraftstellen und größeren Verbrauchsstellen direkt in Fühlung sein. Es werden häufig auch Signalleitungen zur elektri-Übertragung der jeweiligen Belastungen verwendet.

Wenn wir auch feststellen können, daß nach dem heutigen Stand die elektrische Fernübertragung einen Sicherheitsgrad erlangt hat, der uns schon befriedigen kann, so müssen wir doch zugeben, daß an verschiedenen Stellen Verbesserungen und Ergänzungen notwendig sind. Zu diesem Zwecke haben sich die großen Elektrizitäts-Unternehmungen Deutschlands und Österreichs zu einer Gemeinschaft zusammengeschlossen und die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen in Berlin gegründet, die in außerordentlich gewissenhafter wissenschaftlicher Arbeit die verschiedenen Fragen behandelt. Es werden diese Ergebnisse in umfangreichen vertraulichen Berichten den Mitgliedern übermittelt. Zu erwähnen ist vor allem die Erforschung der Gewitterbildung und -Wirkungen[28]) und ist hiefür eine besondere Versuchsstation errichtet. Eine gut ausgerüstete Station ist am Broken eingerichtet zur Beobachtung der Eislastverhältnisse. Außerdem werden die Beobachtungen der verschiedenen Werke gesammelt und durch einen statistischen Dienst erfaßt. Eine wertvolle Ergänzung sind die Untersuchungen in den technischen Laboratorien der Hochschulen. So wurde in der Technischen Hochschule in Aachen ein Kathoden-Oszillograph hergestellt, mittels welchem die uns besonders interessierenden Überspannungserscheinungen, also insbesonders die Sprungwellen, dargestellt werden können, weil durch die Kathodenstrahlen ein massenloser Zeiger gegeben ist, und so die tatsächlichen Verhältnisse dargestellt werden können. Auch die Isolierstoffe wurden in einer besonderen Tagung ausführlich behandelt und so noch viele andere Fragen, die die elektrische Fernversorgung betreffen, studiert und Aufklärungen herbeigeführt. Es ist zu erwarten, daß diese gründliche deutsche Bearbeitung dieser ganzen Fragen zu einem Ergebnis führen wird, das uns alle befriedigen und die Aufgabe der elektrischen Fernversorgung uns wesentlich verbessern wird, indem sie es ermöglichen wird, hier vollkommene Sicherheit zu schaffen, denn wir dürfen nicht vergessen, daß wir erst am Anfang dieser Entwicklung stehen und noch viele Aufgaben der Lösung harren.

Wenn auch die erstellten Anlagen große Betriebssicherheit bieten, so wird es doch notwendig sein, die im Betrieb gesammelten Erfahrungen zu verwerten, um vollkommenes zu erzielen. Die Vervielfachung des Stromkonsums, die nach den Beispielen in Amerika und anderen, näheren Ländern sicher zu erwarten ist, wird uns neue Aufgaben stellen und diese müssen wir lösen können, aber auch die Vermehrung des Stromkonsums und der Zusammenschluß der großen ökonomisch arbeitenden Werke mit gleichzeitiger Aufsaugung kleiner, veralteter Anlagen wird eine Herabsetzung des Strompreises ermöglichen und dadurch die Volkswirtschaft beleben.

[27]) E. u. M. 1926, Seite 242, 247, 410.

[28]) E. u. M. 1926, Seite 801.

Digitized by Google

Drehzahlregelung und Erregung asynchroner Drehfeldmaschinen.

Von Karl **Baudisch**, Berlin[1]).

Die überaus große Anwendung, welche die asynchrone Drehfeldmaschine mit dem Vorherrschen der Drehstrom-Übertragung gefunden hat, stellt Betriebsanforderungen, welchen sie in vielen Fällen noch nicht in genügender Weise nachkommen kann. Die Mängel sind in ihrer unvollkommenen Regelfähigkeit begründet, zum Teil fordern Antriebe eine Drehzahl-Drehmomenten-Charakteristik, denen die Eigen-Charakteristik der Asynchronmaschine nur unvollkommen entspricht. Hierzu ist als weiterer Nachteil ihre magnetische Unselbständigkeit zu bezeichnen, denn die Drehfeldmaschine entnimmt den zur Aufrechterhaltung ihrer Felder notwendigen Magnetisierungsstrom dem Netz und belastet die Übertragungsorgane und Generatoren mit Blindleistung. Es war daher stets eine der vornehmsten Aufgaben der Elektrotechnik, der Asynchronmaschine weitere Anwendungsbereiche zu erschließen und insbesondere in den letzten Jahren sind hier erhebliche Fortschritte zu verzeichnen. Die Wege wurden teilweise durch die lange Entwicklung der Kommutatormotoren gewiesen.

Am einfachsten erhält man einen Einblick in die Regelvorgänge der asynchronen Drehfeldmaschine durch Betrachtung ihres Transformator-Diagrammes, welches für verschiedene Betriebszustände unter Vernachlässigung der Streuung in der Abb. 1*a* gezeichnet ist. Die sekundäre EMK der Maschine eilt dem Magnetisierungsstrom J_μ um 90° nach, ihr wird durch den Läuferabfall $-J_2 r_2$ und die in Gegenphase befindliche Regelspannung E_r das Gleichgewicht gehalten. Dient die EMK zur Überwindung des Spannungsabfalles eines zusätzlichen Widerstandes im Sekundärkreis, so erhält man das Verhalten eines mit Schlupfwiderstand geregelten Asynchronmotors mit der bekannten von der Belastung abhängigen Drehzahl-Charakteristik. Drückt man dagegen dem Läufer eine Fremdspannung E_r von der jeweiligen Schlupffrequenz auf, so muß dieser die Läufer EMK und damit die Drehzahl folgen; es ist leicht ersichtlich, daß man dann durch passende Beeinflussung der Regelspannung der Maschine jede beliebige Drehmomenten-Charakteristik erzielen kann. Die in Gegenphase zur Läufer-EMK befindliche Regelspannung (Abb. 1*a*) kann nur auf die Drehzahl der Maschine einwirken.

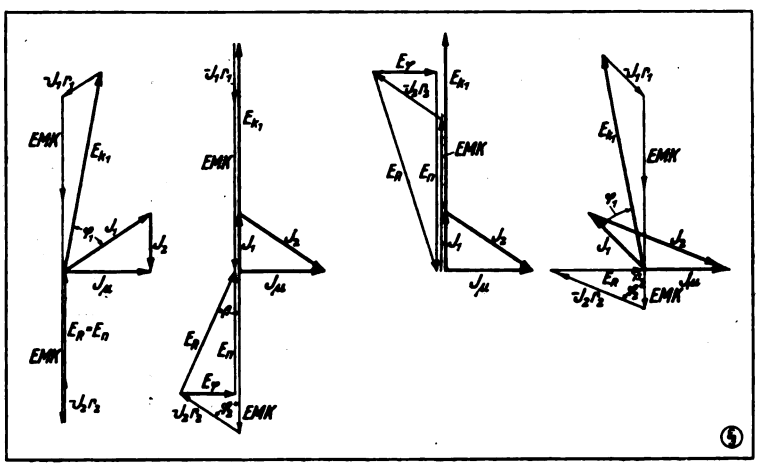
Befindet sich dagegen die Regelspannung außer Phase mit der Läufer EMK wie in Abb. 1*b*, so kann man sie leicht in zwei aufeinander senkrechte Komponenten E_n und E_φ zerlegen, wobei die eine drehzahlregelnd, die andere erregend wirkt. Die Erregerspannung ist so gewählt, daß die Maschine mit $\cos\varphi_1 = 1$ arbeitet. Bezeichnet E_0 die Stillstandsspannung der Maschine und n die jeweilige Drehzahl so gilt mit den Bezeichnungen der Abbildung

$$E_2 \cdot (1 - n) = J_2 r_2 \cos\varphi_2 + E_r \cos\beta \quad . \quad . \quad (1).$$

Die Drehzahl ist somit nicht nur von der Größe und Phase der Regelspannung, sondern auch vom sekundären Ohmschen Abfall abhängig. Man erhält

$$n = 1 - \frac{J_2 r_2 \cos\varphi_2 + \sqrt{E_r^2 - J_2^2 r_2^2 \sin^2\varphi_2}}{E_2} \quad . \quad (2).$$

Wie ersichtlich, wird die durch eine gegebene maximale Regelspannung erreichbare Drehzahländerung umso größer je kleiner die Stillstandsspannung wird, allerdings bei einem größeren Läuferstrom. Man kann mit der Beziehung 2 leicht besonders kennzeichnende Betriebszustände festhalten. Für Abb. 1*a* mit $\varphi_2 = \beta = 0$ wird



a b c d

Abb. 1. E_R = Regelspannung, E_n = drehzahlbestimmende Spannung, E_φ = Phasenspannung.

$$n = 1 - \frac{J_2 r_2 + E_r}{E_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Erteilt man der Regelspannung die entgegengesetzte Richtung wie bei diesem nur untersynchronen Lauf, so muß die Läufer-EMK ebenfalls ihre Richtung umkehren, das heißt, die Läuferstabgeschwindigkeit muß größer als die Drehfeldgeschwindigkeit werden und die Maschine geht zum übersynchronen Lauf über. Es ist dies ein weiterer besonders wertvoller Betriebszustand gegenüber der Schlupfregelung, und Abb. 1*c* läßt erkennen, daß man durch entsprechende Wahl der Phase der Regelspannung ohne weiteres mit der Drehzahländerung eine erregende Wirkung verbinden kann.

Hält man die Größe der Regelspannung konstant und verändert ihre Phasenlage, so läßt sich jedes beliebige Verhältnis zwischen drehzahlregelnder und erregender Spannungskomponente erhalten. Im Grenzfalle für $\beta = 90°$ kommt über-

[1]) Auszug aus einem Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien, am 17. März 1926.

Digitized by Google

haupt nur eine erregende Wirkung zustande, wie aus Abb. 1*d* hervorgeht und man erhält aus der Beziehung *2)*

$$n = 1 - \frac{J_2 r_2 \cos \varphi_2}{E_2} \quad \ldots \ldots (4).$$

Die Maschine arbeitet mit starker Voreilung und gibt an die Welle noch eine Leistung $E_1 J_1 \cos \varphi_1$ ab, wenn von ihren Eigenverlusten abgesehen wird. Diese erregende Wirkung kann bei Leerlauf soweit gesteigert werden, daß die Maschine eine ihrer Modellgröße entsprechende Blindleistung erzeugt, sie arbeitet als asynchrone Blindleistungsmaschine auf das Netz. Kehrt man diese Erregerspannung um, so übt sie eine entmagnetisierende Wirkung aus und die Maschine entnimmt stark nacheilende Ströme dem Netz. Es ist dies ein besonderer Vorteil der Asynchron- gegenüber Synchronmaschinen, der für die Spannungshaltung in Hochspannung- oder Kabelnetzen nicht zu unterschätzen ist.

Diese Regelmöglichkeiten lassen sich auf verschiedene Arten verwirklichen. Bedingung ist nur das Vorhandensein einer nach Größe und Phase fest einstellbaren Regelspannung, die stets die Läuferfrequenz der Asynchronmaschine besitzen muß, wodurch meistens die Verwendung eines Kommutators gegeben ist. Dieser Kommutator kann mit der Drehfeldmaschine unmittelbar vereinigt sein, wie bei allen Kommutatormaschinen, oder getrennt angeordnet werden, wie bei allen Kaskadenschaltungen im allgemeineren Sinne. Die Eigenschaften dieser Kommutator-Hintermaschine und der von ihr erzeugten Regelspannung sind entscheidend für das Verhalten der Maschinensätze.

Wird die Hintermaschine mit der Drehfeldmaschine mechanisch gekuppelt, so arbeitet der Regelsatz innerhalb des Drehzahlbereiches auf gleichbleibende Leistung, bei elektrisch gekuppelter Hintermaschine auf gleichbleibendes Drehmoment, denn die Schlupfleistung wird bei diesen Regelsätzen an das Netz zurückgeführt. Verwendet man Gleichstrom-Hintermaschinen, die über Einankerumformer mit der Drehfeldmaschine verbunden sind, oder vom Schlupfstromkreis aus erregte Drehstrom-Kommutator-Hintermaschinen, so lassen sich nur einige der eingangs erwähnten Regelmöglichkeiten erfüllen, denn mit diesen Sätzen läßt sich ein stabiler Durchgang durch den Synchronismus nicht erreichen.

Erst mit fremerregten kompensierten Kommutatormaschinen lassen sich alle Regelmöglichkeiten verwirklichen, und zwar sind zwei Entwicklungswege zu unterscheiden. Der eine führt zur ständererregten Maschine nach Scherbius, der zweite zu der von J. Kozisek durchgebildeten läufererregten kompensierten (LK)-Maschine. Besonders mit Hilfe der LK-Maschine wurden Aufgaben gelöst, die die Drehfeldmaschine in allen Betriebsbereichen beanspruchen, bei welchen sie im motorischen und generatorischen Gebiet arbeiten muß. Die LK-Maschine besteht aus einem Gleichstromanker, der mit einer im Ständer angeordneten Kompensationswicklung in Reihe geschaltet ist, so daß sich Ständer- und Läufer-Amperewindungen aufheben. Die Läuferwicklung ist an 3 um 120° versetzten Stellen angezapft und über Schleifringe an das Netz oder an einen Synchronumformer gelegt. Im Schleifringkreis fließt nur ein verhältnismäßig geringer Erregerstrom, der ihre Magnetisierung besorgt.

Die LK-Maschine findet, je nach der Phasenlage der Erregerspannung zur Läufer-EMK der Drehfeldmaschine, eine doppelte Verwendung. Besitzt die von ihr erzeugte Regelspannung eine Lage nach Abb. 1*d*, so wirkt sie als Erregermaschine und dient zur Kompensation von Asynchronmotoren und Generatoren oder bei starker Übererregung arbeitet schließlich die Asynchronmaschine als reine Blindleistungsmaschine.[2]) Diese sind bereits für Leistungen bis zu 10 000 BkVA in einer Einheit ausgeführt, ihr Vorteil gegenüber synchronen Blindleistungsmaschinen ist in dem günstigeren Kurzschlußverhalten, der Pendelfreiheit und asynchronen Betriebsweise schlechthin begründet.

Besitzt dagegen die Regelspannung eine drehzahländernde Komponente, so führt die LK-Maschine als Hintermaschine Wirkleistung, sie dient als Regelsatz-Hintermaschine. Es ist ohne weiteres feststellbar, daß sich mit Hilfe der Fremderregung unter- und übersynchrone Drehzahlen erreichen lassen, es ist nur erforderlich, beim Durchgang durch den Synchronismus die Erregerspannung der Hintermaschine umzukehren. Besonders in der Schaltung mit synchronem Erregerumformer fand sie weiteste Verwendung, man erhält dann Regelkreise geringer Stromstärke, die sich leicht selbsttätig in Abhängigkeit von den Betriebszuständen des Maschinensatzes beeinflussen lassen. Die LK-Regelsätze fanden in dieser Schaltung Verwendung zum Betrieb von durchlaufenden Walzenstraßen, Ilgner-Umformern für Fördermaschinen, Turbo-Kompressoren, Gruben-Ventilatoren[3]) und nicht zuletzt zum Antrieb von Umformern zur Kupplung von Netzen veränderlicher Frequenz, wie im Bahnbetrieb. Derartige gleitende Netzkupplungen stellen in manchen Fällen die einzig mögliche Lösung für das Zusammenarbeiten mehrerer Kraftwerke dar und bieten außer der Anpassung an das jeweilige Frequenzverhältnis der Netze noch den Vorteil, daß man die Übertragungsleistung durch Verstellen der Leerlaufdrehzahl des Regelsatzes beliebig einstellen kann, ohne daß es erforderlich ist, die Kraftmaschinenregler in den Zentralen zu beeinflussen.

Aus der Entwicklung regelbarer Drehstromantriebe konnten in diesem Zusammenhange nur einige Ausführungsformen herausgegriffen werden, die klar erkennen lassen, daß dieses schwierige Gebiet bereits zu Lösungen führte, die weitgehenden Bedürfnissen der Praxis entsprechen. Mit

[2]) M. Schenkel, ETZ 1924, S. 1265.

[3]) Elektr. im Bergbau 1926, Hefte 4 u. 5; E. u. M. 1926, TWN S. 12.

Digitized by Google

Hilfe der unter- und übersynchronen Regelung wurde es nicht nur möglich, wesentlich größere Leistungen und Regelbereiche zu erreichen, sondern es führte die Erkenntnis der Vorteile der asynchronen Betriebsweise mit kleinen und kleinsten Regelbereichen bereits zu einer ausgedehnten Verwendung von Asynchronmaschinen in denjenigen Fällen, wo man bisher Synchronmaschinen zur Ausführung brachte. In dieser Betrachtung tritt auch der innige Zusammenhang der verlustlosen Drehzahlregelung und Drehstromerregung asynchroner Drehfeldmaschinen klar hervor.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Eine Vorschalt-Kolbendampfmaschine wird von Gebr. Sulzer, Ludwigshafen, nach einem Bericht in der „Revue Technique Sulzer" für eine Deutsche Papierfabrik gebaut. Die vorhandene Kraftanlage, bestehend aus einer 800 PSe Dreifach-Expansionsmaschine für 11 at ü Druck, sollte auf die doppelte Leistung vergrößert werden, wobei auch die Abgabe von niedrig gespanntem Heizdampf für die Papiermaschinen berücksichtigt werden mußte. In Erwägung gezogen wurde: 1. eine zweite Maschine für 11 atü mit 800 PSe Leistung aufzustellen und deren Abdampf für Heizzwecke zu verwenden (Gesamtdampfverbrauch 12 000 kg/h); 2. die Aufstellung von Hochdruckkesseln für 30 at, der Umbau der vorhandenen Maschine auf die Eintrittsspannung von 28 atü und die Aufstellung einer zweiten 800 PSe Maschine für die gleiche Spannung (Gesamtdampfverbrauch 8500 kg/h; 3. die Aufstellung einer Anzapf-Dampfmaschine oder Turbine für 1600 PSe und 4. die Aufstellung von 30 at Kesseln und einer neuen Vorschaltdampfmaschine für das Gefälle von 28 bis 11 at, deren Abdampf in der vorhandenen Maschine weiter ausgenutzt wird. Der letzte Vorschlag kommt zur Ausführung, weil damit der geringste Dampfverbrauch (8000 kg/h) und auch die geringsten Anlagekosten verbunden sind. Die neue Maschine ist eine Zweikurbelverbundmaschine von 900 PSe normaler und 1100 PSe maximaler Leistung für Dampf von 28 atü und 300° mit 425 und 525 mm Zylinderdurchmesser und 600 mm Kolbenhub und 165 U/min. Sie treibt einen direkt gekuppelten 500 kW Generator und außerdem auch über das Riemenschwungrad auf die Transmission, auf welche die vorhandene Maschine arbeitet. An Heizdampf werden 1600 kg/h von 2 atü für die Papiermaschine I und 3000 kg/h von 0·70 atü für die Papiermaschine II benötigt. Die Steuerung des Hochdruckzylinders der Vorschaltmaschine wird durch einen normalen Geschwindigkeitsregler beeinflußt. Der Arbeitsdampf tritt aus diesem Zylinder mit 11 atü zum Teil in den Hochdruckzylinder der vorhandenen Maschine und zum Teil in den Niederdruckzylinder der Vorschaltmaschine. Der letztere gibt seinen Abdampf mit 0·75 atü an die Papiermaschine II ab und seine Steuerung wird durch einen Druckregler beeinflußt, der in Abhängigkeit von der zur Papiermaschine II führenden Leitung steht, in der eben ohne Rücksicht auf die Dampfmenge der Druck von 0·75 atü dauernd erhalten werden soll. Bei dem Hochdruckzylinder der vorhandenen Maschine wird die Steuerung von einem Geschwindigkeitsregler beeinflußt, der selbst in Abhängigkeit von einem Druckregler steht, der den Druck vor der Maschine unverändert auf 11 at hält. Steigt der Druck vor der vorhandenen Maschine, so wird die Füllung ihres Hochdruckzylinders durch die Wirkung beider Regler vergrößert und umgekehrt. Der Dampf geht aus dem Hochdruckzylinder der vorhandenen Maschine zum Teil in deren Mitteldruckzylinder und zum Teil in die zur Papiermaschine I führende Leitung, wobei ein weiterer Druckregler in dieser Leitung die Spannung unverändert hält und dadurch auch die Dampfzufuhr zum Mitteldruckzylinder regelt. Vom Mitteldruckzylinder geht dann der Dampf in den Niederdruckzylinder der vorhandenen Maschine und schließlich in den Kondensator. Es ist noch Vorsorge getroffen, daß die vorhandene Maschine auch unmittelbar Dampf aus den vonhandenen 11 atü Kesseln erhalten, ebenso, daß die vorhandene Maschine auch beide Papiermaschinen mit Dampf versorgen kann. Durch die beschriebene Anordnung, bei welcher die Druckregler mit Drucköl arbeiten, wird neben wirtschaftlicher Dampfausnützung gewährleistet, daß die beiden Papiermaschinen stets den erforderlichen Dampf bei gleichbleibender Spannung erhalten und daß in die vorhandene Maschine nicht Dampf von höherer Spannung als bisher gelangen kann, wobei selbstverständlich die Umlaufszahl der beiden Maschinen innerhalb der üblichen Grenzen unveränderlich ist. Jk.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Die Abhängigkeit des Kontaktes zwischen Kollektor und Kohlebürsten vom Kohlenprofil bei elektrischen Maschinen. F. Schröter, Prüfstelle der Ringsdorff-Werke. Zu den mannigfachen Ursachen schlechter Kommutierung in elektrischer Hinsicht kommen noch eine Menge mechanischer Fehlerquellen, die auf unvollkommenen Kontakt zwischen Bürsten und Kollektor beruhen. Während bei einem unrunden Kollektor satter Kontakt ausgeschlossen ist, finden sich aber Bürstenprofile, welche bei einem runden, jedoch exzentrisch gelagerten Stromwender ein mechanisch einwandfreies Arbeiten gewährleisten. Von den neun denkbaren Profilen, die sich ergeben, wenn jeweils α bezw. β (siehe Abb. 1) ein spitzer, annähernd rechter oder stumpfer Winkel wird, scheiden einzelne Profile wegen schlechten Kontaktes an der Ablaufkante von vornherein aus, andere wieder, da sie im Kohlenkasten kanten. Unter

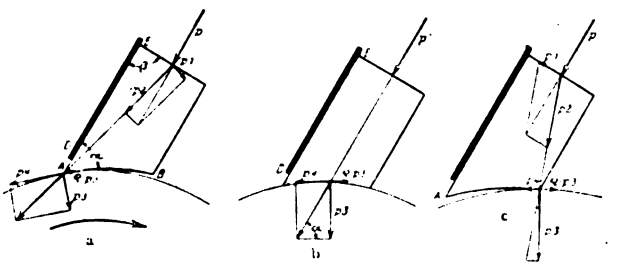


Abb. 1. Kräftespiel am Reaktionsbürstenhalter.

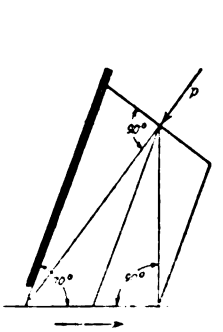


Abb. 2. Profil des Reaktionsbürstenhalters.

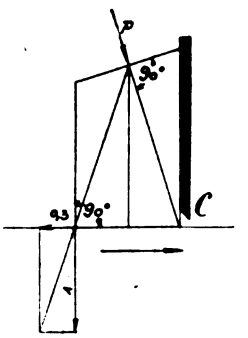


Abb. 3 Profil des Radialbürstenhalters.

diesen ist auch das bei wechselnder Drehrichtung zu verwendende Profil ($\alpha = 90$, $\beta = 90$), so daß es für diese Art der Verwendung keine Bürstenform gibt, die den gestellten Anforderungen entspricht. Nur die Profile der Abb. 1 (Reaktionsbürstenhalter) und Abb. 3 (Radial-

Digitized by Google

bürstenhalter) bieten bei richtiger Konstruktion Aussicht auf einwandfreies Arbeiten.

Abb. 1 läßt für den Reaktionshalter das Kräftespiel bei verschiedenen Kollektorstellungen erkennen, wobei sich folgende Bedingungen ergeben: Um im Falle *a* ein Kippen der Bürste um *A* zu erzielen, muß $p_4 \geq \varrho \cdot p_3$ und im Grenzfall $p_1 = o$ sein, das heißt die Deckfläche senkrecht zur Kraftrichtung stehen. Die gleiche Bedingung ist auch im Falle *b* zu erfüllen, um Anliegen an der Kastenwand zu sichern. Im Falle *c* muß ein Kippen um *E* gewährleistet sein, woraus sich $p_4 < \varrho p_3$ ergibt, was sicher für den Fall $p_4 = o$ eintritt, mit anderen Worten wenn p_3 radial zum Kollektor auftrifft. Aus der erstgenannten Bedingung

$$\frac{p_4}{p_3} \geq \frac{\varrho_{max} p_3}{p_3} = \cot \alpha_{max}$$

erhält man mit einem Reibungskoeffizienten ϱ, der zwischen 0 und 0·3 schwankt, ein $\alpha_x = 73° 15' \approx 70°$

Mit Hilfe dieser Bedingungen kann somit das günstigste Profil für die Reaktionsbürste (Abb. 2) gezeichnet werden. Eine analoge Untersuchung für das Radialprofil ergibt Abb. 3 unter Berücksichtigung der Bedingungen $p_4 \geq \varrho \cdot p_3$ und andererseits des Vorhandenseins einer Kraftkomponente p_1 senkrecht zur Kastenwand im Falle *b* entsprechend Abb. 1 (sattes Aufliegen auf Kollektor). Dagegen muß im Falle entsprechend *c* der Abb. 1, $p_1 = o$, das heißt p senkrecht zur Deckfläche sein, um ein Kippen um Punkt *C* zu gewährleisten. Profil Abb. 2 verdient aber wegen des geringen Anpreßdruckes und damit geringerer Kastenreibung, sowie erleichterter Kippbewegung vor dem der Abb. 3 den Vorzug, ferner auch deshalb, weil ein Ausbrechen der Kohle bei dem stumpfen Winkel *B* vermieden ist, zumal auch die Rückseite mechanisch nicht beansprucht ist.

Eine experimentelle Untersuchung verschiedener Profile, wobei in den Gleichstromkreis — Batterie, Gleichstrommesser und (kurzgeschlossener, stark exzentrisch gelagerter) Kollektor — ein Stromwandler mit sekundärem Wechselstrom-Amperemeter eingebaut war, welches die durch die Bürstenvibrationen bewirkten Stromschwankungen registrierte, ergab die bedeutende Überlegenheit des nach obigen Gesichtspunkten konstruierten Profiles der Abb. 2. St. Schw.

(Archiv f. El., Bd. 16, Heft 5, 1926.)

Kommutierung bei Gleichstrommaschinen. Masuho Terada untersucht in einer längeren Arbeit die Kommutierung von Gleichstrommaschinen. Obwohl nach der modernen Praxis alle Gleichstrommaschinen, mit Ausnahme der allerkleinsten, Wendepole besitzen, ist doch auch durch Verändern der Stärke des Wendefeldes nicht immer eine befriedigende Kommutierung zu erzielen. Dies rührt daher, daß ein Wendepol bloß imstande ist, den Hauptwert der in den kurzgeschlossenen Spulen induzierten Spannung, die sogenannte Reaktanzspannung, aufzuheben, während EMKe, hervorgerufen durch die Pulsationen der Reaktanzspannung sowie der Kompensationsspannung, nicht aufgehoben werden können. In gewissen Fällen können nun diese letzeren Spannungen solche Werte annehmen, daß eine gute Kommutierung unmöglich ist. Um zumindestens einen qualitativen Überblick über die hiebei auftretenden Verhältnisse zu bekommen, werden vom Autor die in den kurzgeschlossenen Windungen induzierten Spannungen einer ausführlichen und genauen Betrachtung unterzogen. Es lassen sich dabei drei Arten von EMKen unterscheiden: 1. Spannungen, hervorgerufen durch das Schneiden des Wendepolflusses durch die Ankerspulen; 2. Spannungen, hervorgerufen durch Pulsationen in der Stärke des Hauptpolflusses und 3. Spannungen, hervorgerufen durch die Selbst- und gegenseitige Induktion der kommutierenden Windungen. Bei dieser Untersuchung werden insbesondere nicht nur die Hauptwerte der einzelnen Spannungen untersucht, sondern auch die höheren Harmonischen einer Betrachtung unterzogen. Um den Einfluß der verschiedenen Spannungsarten auf die Kommutierung festzustellen, müssen die Einzelspannungen summiert werden, welche in den Windungen induziert werden, die zwischen aufeinanderfolgenden Kollektorlamellen liegen und von den Bürsten kurzgeschlossen werden. Es ergibt sich daraus, daß hauptsächlich zwei Arten von Harmonischen von größtem Einfluß sind. Die erste Art sind die Zahnharmonischen, die infolge der Nutung des Ankers entstehen und deren Größe von den Dimensionen und der Gestalt der Nut, sowie der Größe des Luftspaltes abhängt. Eine Verminderung dieser Harmonischen läßt sich durch Abschrägen der Polschuhe, eine gänzliche Ausmerzung durch Schrägstellen der Polkanten um eine Nutteilung erzielen. Die zweite Art von Harmonischen entsteht durch die Kommutierung selbst und hat daher eine Periode, deren Länge der Dauer des Kommutierungsvorganges entspricht. Ihre Größe hängt von den Verhältnissen in der Kommutierungszone und der Wicklungsanordnung ab. Im allgemeinen ist, wie nachgewiesen wird, die Wellenwicklung besser wie die Schleifenwicklung, da bei der ersteren Wicklungsanordnung die Zahnharmonischen sich zwischen zwei aufeinanderfolgenden Lamellen aufheben und die Harmonischen der zweiten Art eine geringere geometrische Summe ergeben. Ferner gibt es bei der Wellenwicklung keine Ausgleichströme über die Bürstenbrücke. Aus ähnlichen Untersuchungen ergibt sich, daß die sogenannte Duplexwicklung für die Kommutierung weniger günstig und daher besser zu vermeiden ist. Die Kommutierung von Maschinen mit zwei Kollektoren ist im wesentlichen von der bei Maschinen mit einem Kollektor nicht verschieden und kann daher in ähnlicher Weise beurteilt werden. Die Äquipotentialverbindungen, deren Vorteile bekannt sind, können, wenn ihre Zahl zu klein ist, jedoch sogar für die Kommutierung schädlich sein. Sie können nämlich einen geschlossenen Stromweg für höhere Harmonische in dem Augenblick bilden, wenn die Bürsten auf gewissen Lamellen schleifen. Dadurch wird in regelmäßigen Abständen ein Funken hervorgerufen und eine Schwärzung des Kollektors an diesen Stellen verursacht. (Der neuere Ausbau der Kommutierungstheorie durch Dreyfus ist leider in diesen Untersuchungen nicht berücksichtigt, so daß sie in der Grundlage bloß auf der älteren Arnoldschen Theorie beruhen. D. Ber.) B. G.

(The selected Papers from the Journal of the Electrical Engineers of Japan, Nr. 10, April 1926.)

Explosionsschutz für elektrische Maschinen in Gruben. Als Ergebnis von englischen Versuchen, über die in der „Montanistischen Rundschau", Heft 20 von 1926, berichtet wird, erhielt man: Gelochte Bleche verhindern den Flammendurchtritt, wenn die Verbrennungsgase sich genügend abkühlen können und die die Stärke und Gesamtfläche der Bleche eine genügende Wärmeabfuhr gewährleistet. Handelsübliche rund und vierkantig gelochte Messingbleche von 0·8 mm Stärke ergaben erst völligen Schutz gegen Flammendurchtritt, sobald sie doppelt mit etwa 5 mm Abstand und versetzten Löchern verwendet wurden. Für ein Schutzgehäuse von 8 l Inhalt genügte als sicherer Schutz gegen Zündungsgefahr eine Blechgröße von etwa 39 cm², bei Verwendung doppelter Bleche etwa 6·5 cm². —k.

Elektrische Meßkunde.

Die elektrische Leistungswage. Von L. Schüler. Die Leistungswage besteht bekanntlich aus einer elektrischen Maschine (bis in die letzte Zeit ausschließlich eine Gleichstrommaschine), deren Ständer in Kugellagern derart aufgehängt ist, daß er sich gleichachsig mit der Läuferachse drehen kann. Bei einer Ausführung der Firma Dr. Max Levy in Berlin, von welcher auch die übrigen im Nachstehenden beschriebenen Bauarten stammen, trägt der Ständer zwei Hebelarme zu beiden Seiten der Achse, an denen Gewichtsschalen an Schneiden aufgehängt sind. Durch in die Schalen eingelegte Gewichte wird das bei Belastung auf den Ständer ausgeübte Drehmoment ausgeglichen und seine Größe aus der Gewichtsgröße und der Länge des Hebelarmes bestimmt. Die Ausführung mit zwei Hebelarmen ermöglicht, die Maschine als Motor oder Dynamo mit

Digitized by Google

beliebiger Drehrichtung zu betreiben. Die Leistungswage verbindet die Vorteile der gewöhnlichen mechanischen Bremse (Pronyscher Zaum) und der elektrischen Bremsung, ohne deren Nachteile aufzuweisen. Sie ist leicht zu bedienen, ermöglicht die Wiedergewinnung des größten Teiles der aufgewendeten Energie und liefert überdies sehr genaue Meßergebnisse. Zunächst werden die ganze im Läufer erzeugte Leistung und die durch die Lager- und Bürstenreibung hervorgerufenen Drehmomente auf den Ständer übertragen. Die nicht übertragenen Luftreibungsverluste lassen sich durch eine Berichtigung berücksichtigen, bei den neuen Ausführungen ist aber durch die Bauart des Lüfters ihr Wert auf ein Maß herabgedrückt, das vernachlässigt werden kann. Die Empfindlichkeit der Wage, die von der Reibung und der Lage des Schwerpunktes abhängig ist, ist sehr groß. Für die Reibung wurde bei ausgeführten Maschinen 0·001 des Vollastdrehmomentes festgestellt, der Schwerpunkt kann auch in der Drehachse selbst liegen und die Wage ist noch stabil. Die Drehzahl muß natürlich der zu untersuchenden Maschine angepaßt werden. Gleichstromwagen werden für Umlaufszahlen bis 3000 und 3500 U/min gebaut, bei Drehstromwagen mit Schleifringen ist man bei 150 PS bis auf 6000 und bei 900 PS bis auf 4000 U/min gekommen, für noch höhere Umlaufszahlen (50 PS bei 9000 U/min) werden Drehstrommaschinen mit Kurzschlußläufer benutzt, bei welchen die umlaufende Wicklung aus unisolierten Kupferstäben besteht, deren Enden mit starken Ringen verschweißt sind. Unter 300 U/min kann man deshalb schwer gehen, weil die Leistung der Maschinen im Verhältnis zum Drehmoment sehr stark abnimmt, die Maschinen also zu teuer würden. Die Firma baut nun in diesen Fällen die Maschine mit einem doppelten Vorgelege so zusammen, daß die Vorgelegewelle in der Verlängerung der Maschinenachse liegt und die Maschine samt dem Vorgelege in den Kugellagern schwingen kann. Es wird also die auf die Vorgelegewelle wirkende Leistung abgewogen. An der anderen Maschinenseite wird die Maschinenwelle herausgeführt und es kann die Maschine auch für ihre eigene hohe Umlaufszahl verwendet werden.

Das Hauptanwendungsgebiet der Leistungswage ist die Prüfung von Verbrennungsmotoren. Hiebei wird sie in der Regel zum Anwerfen und zum Messen der Reibungsverluste der zu prüfenden Maschinen als Motor mit weit veränderlichen Drehzahlen und bei der eigentlichen Leistungsprüfung als Dynamo bei allen in Betracht kommenden Leistungen und Umlaufszahlen verwendet. Bei Gleichstrom kann man die Drehzahl und Belastung durch Feldregelung weitgehend verändern und auch ohne weiteres die Energie zurückgewinnen. Unter Umständen wird man aus wirtschaftlichen Gründen, je nachdem mehr Wert auf billigen Betrieb oder niedrige Anschaffungskosten gelegt wird, eine größere Maschine mit unveränderlicher Spannung bei verschiedenen Drehzahlen oder eine kleinere Maschine wählen, die bei höherer Umlaufszahl Strom von höherer Spannung liefert, wobei dann ein Teil vernichtet werden muß. Für Drehstrom wird eine Asynchrondynamo verwendet, deren Bauart der eines Drehstrommotors mit Schleifringen gleicht. Der Läufer wird mit einem Anlaß- und Regelwiderstand verbunden. Die Maschine läuft sowohl als Motor als auch als Dynamo mit stark veränderlicher Drehzahl und es ist auch hier Energierückgewinnung möglich. Bei Betrieb als Motor kann natürlich die Synchrondrehzahl nicht überschritten, jedoch mittels des Widerstandes beliebig vermindert werden. Bei Betrieb als Stromerzeuger kann man durch Einschalten von Widerständen die Umlaufszahl beliebig höher treiben, wobei aber dann ein Teil der Leistung von den Widerständen verzehrt wird. Die rückgewonnene Energie N_R läßt sich nach der Formel $N_R = N\eta\frac{n_s}{n}$ berechnen, wobei N die abgebremste Leistung, η der Wirkungsgrad, n_s die synchrone Drehzahl und n die Betriebsdrehzahl ist. Man soll also bei Dauerbremsungen nahe von n^s bleiben. Müssen auch Bremsungen unter synchroner Drehzahl durchgeführt werden, so muß die Maschine mit Gleichstrom erregt, also als Synchronstromerzeuger betrieben und auf Widerstand belastet werden. Zur Erzeugung des Gleichstromes dient dann gewöhnlich ein kleiner Umformer.

Die schon erwähnten Drehstromwagen mit Kurzschlußläufer für sehr hohe Umlaufszahlen können nur in Verbindung mit Taktgeber- oder Drehstromerregermaschinen betrieben werden, wozu ein gewöhnlicher Drehstrom-Asynchronmotor dient. Die Leistungswage wird dabei als Motor oder Stromerzeuger mit mehr oder weniger vollständigem Energierückgewinn benutzt. Die Leistungswagen können auch zur Messung der zusätzlichen Verluste elektrischer Maschinen herangezogen werden, ferner zur Messung des Wirkungsgrades von Riemenübertragungen (mit zwei Wagen), ein weiteres Anwendungsgebiet ist auch der Kraftwagen- und Luftfahrzeugbau. J.

(ZVDI, Bd. 70, Nr. 34, 1926.)

Stromverteilung.

Die Bestimmung der erforderlichen Größe von Synchronkompensatoren behandelt ein Aufsatz von H. Jossc[1]). Bezeichnen die Weiser 1 und 2 die Oberspannungseiten von Zentrale und Unterwerk, so gelten bekanntlich die Gleichungen:

$$\mathfrak{E}_1 = \mathfrak{E}_2\,\mathfrak{A} + \mathfrak{J}_2\,\mathfrak{B},$$
$$\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{J}_2\,\mathfrak{A} + \mathfrak{E}_2\,\mathfrak{C},$$

worin wiederum

$$\mathfrak{A} = 1 + \frac{\mathfrak{Z}\mathfrak{Y}}{2} + \frac{\mathfrak{Z}^2\mathfrak{Y}^2}{24} + \dots,$$
$$\mathfrak{B} = \mathfrak{Z}\left(1 + \frac{\mathfrak{Z}\mathfrak{Y}}{6} + \frac{\mathfrak{Z}^2\mathfrak{Y}^2}{120} + \dots\right),$$
$$\mathfrak{C} = \mathfrak{Y}\left(1 + \frac{\mathfrak{Z}\mathfrak{Y}}{6} + \frac{\mathfrak{Z}^2\mathfrak{Y}^2}{120} + \dots\right),$$
$$\mathfrak{Z} = R + j\,\omega\,L,$$
$$\mathfrak{Y} = C' + j\,\omega\,C$$

bedeuten, wobei R der Wirkwiderstand der Leitung, L ihre Induktivität, C ihre Kapazität und C' die Ableitung darstellt. Ist $\mathfrak{E}_2$ vorgeschrieben und der Leistungsfaktor $\cos\varphi_2$ gegeben, so errechnet sich der gesamte Blindstrom zu

$$I_b = \frac{P_2 \sin\varphi_2}{E_2\sqrt{3}\cos\varphi_2} - I_{syn};$$

darin ist I_{syn} der voreilende Blindstrom des Synchronkompensators und P_2 die übertragene Leistung (einschl. der Verluste im Kompensator). Es läßt sich nun ein Diagramm entwerfen, dessen Abszisse E_2, dessen Ordinate I_{syn} darstellt und das für verschiedene Werte von P_2 Kurven enthält. Es gilt dann für einen bestimmten $\cos\varphi_2$. Ist die zu übertragende Leistung mit $P_{2\min}$ und $P_{2\max}$ begrenzt, so läßt sich das einem gewissen E_2 zugeordnete $I_{syn\max}$ und $I_{syn\min}$ finden. Die beiden Werte haben in der Regel verschiedenes Vorzeichen, entsprechend dem vor- oder nacheilenden Blindstrom. Die Leistung des Kompensators errechnet sich mit dem voreilenden Strom zu

$$P_{syn} = I_{syn}\,E_2\sqrt{3}.$$

Jedem Punkt im erwähnten Diagramm ist ein Wert von E_2 und ein Wert von P_2 zugeordnet, demgemäß auch ein bestimmter Wert von E_1 oder mit Berücksichtigung der Auftransformatoren ein Wert der Generatorspannung E_{gen}. Werden die Punkte, zu denen die gleichen Werte E_{gen} gehören, miteinander verbunden, so entsteht eine zweite Kurvenschar. Wird gewünscht, die Generatorspannung konstant zu halten, so kann eine dieser Kurven ausgewählt und die auf ihr liegenden durch die Schnitte mit $P_{2\min}$ und $P_{2\max}$ bestimmten Werte für I_{syn} bezw. P_{syn} abgelesen werden. Es ist dann nur fallweise zu überlegen, ob der für eine gewisse voreilende Blindlast ausgelegte Kompensator auch der im andern Grenzfall auftretenden nacheilenden Blindlast genügt. — Das Diagramm gilt jedoch, was festgehalten werden muß, stets nur für einen $\cos\varphi_2$, für andere Leistungsfaktoren ist stets ein neues zu entwerfen. A. Fr.

(Rev. gén Electricité, Bd. 20, Heft 7, 1926)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 429, 783.

Digitized by Google

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Elektromobile. C. W. Marshall. In Glasgow werden Elektromobile seit 1913 gefahren, und zwar von 0·5 bis zum 10 t Traktor. Die Frage, ob dicke oder dünne Platten der Bleiakkumulatoren, ist noch nicht entschieden, doch dürfte man sich wegen der zugestandenen dreijährigen Gewährleistung wahrscheinlich für letztere entscheiden. Die Lebensdauer der dünnen Plattenbatterie beträgt 12 bis 15 Monate, die Kosten sind 60 vH jener der Batterie mit dicken Platten, die 30 bis 36 Monate Lebensdauer aufweist. Andererseits ist die Unterbringung einer größeren Leistung durch die dünneren Platten bei einem bestimmten Gewicht von Wichtigkeit. Eine italienische Firma verwendet für Omnibusse Platten von nur 6 mm Stärke, diese haben eine zweimal so große Kapazität als die gewöhnlichen dünnen Platten, aber auch eine Lebensdauer von nur vier Monaten. Die Alkalibatterien kosten zwei- bis viermal soviel wie die besten Bleibatterien, ihre Lebensdauer ist 4 bis 6 Jahre unter schweren, 8 bis 10 Jahre unter leichten Bedingungen. Geringer kWh-Wirkungsgrad und hoher innerer Widerstand sprechen gegen ihre Einführung. Einen Vergleich gibt nachfolgende Zusammenstellung:

Batterie:	Alkali	Blei, dünne Platten	Blei, dicke Platten
kWh Wirkungsgrad in vH	59	75	75
kWh/cm³	0·0045	0·049	0·0355
kWk/kg	33	26·5	20
Anschaffungskosten Pfund/kWh	20	4	8
Lebensdauer in Jahren	6 — 8	4	8
Lebensdauer in Ladungen und Entladungen	1800—2400	300	900

Die jährlichen Unterhaltskosten eines Zweitonnenwagens verteilen sich wie folgt:

	Pfund	in vH
Lenker	150	34·5
Abschreibung und Verzinsung	75	17·2
Batterie Erneuerung	69	15·9
Radreifen	34	7·9
Elektrische Energie	26	6·0
Gebühren	25	5·8
Garage	22	5·0
Unterhaltung	19	4·4
Versicherung	14	3·2
	434	100

Hiebei ist vorausgesetzt: Anschaffungskosten 552 Pfund, Batteriekosten 208 Pfund, Energiekosten/kWh 0·75 Pence (13 g/kWh).

Bei dem Vergleich mit anderen Treibmitteln scheidet das Pferdefuhrwerk aus, da die Leistung des Pferdes im Vergleich zum Motor viel zu hoch kommt. Es ergibt sich an wöchentlichen Betriebkosten, in englichen Schillingen:

Last in t	Benzin	Dampf	Elektrisch
0·5	117	—	137
1	146	—	153
2	176	—	173
3·5	212	249	198
4	246	275	224

Der Vortragende erwähnt als Muster die deutsche Postverwaltung. Diese hat 800 Stück Zweitonnen-Elektrowagen in Betrieb mit Batterien mit dünnen Platten, 40 Stück 250 Ah-Zellen bei 6000 bis 7000 Meilen Fahrtleistung für die positiven und 12 000 bis 18 000 Meilen für die negativen Platten, und Luftreifen. Das Elektrizitätswerk Glasgow verwendet viele Güterwagen, und zwar leichtere für Verkauf, Zählertransport und Wohlfahrt, schwere für größere Transporte und schwerste für Aschenbeförderung. Diese Wagen sind die besten Werbemittel für Elektromobile. In der folgenden Wechselrede wurde davor gewarnt, Elektromobile zu für sie nicht geeigneten Zwecken zu verwenden. Die Nichtbefolgung dieses Grundsatzes hat schon viel Schaden gestiftet. Weiters wurde betont, daß die beste Werbetätigkeit für den Elektrowagen die ist, wenn ihn die Elektrizitätswerke selber verwenden[1]). (The Electrical Review, Nr. 2535, Bd. 98, 1926). V. H

Elektrische Apparate.

Über einige Sonderfragen der elektrischen Schürfmethoden. Die Feststellung metallischer Einschlüsse im Erdinnern durch Beobachtung des elektrischen und magnetischen Feldes von Erdströmen, die an zwei Punkten mittels Elektroden dem Erdboden zu bezw. abgeführt werden, beginnt sich anbahnen auf Grund erzielter Erfolge für praktische Zwecke einzunehmen[2]). Dr. W. Herne, Starnberg, hebt die zahlreichen Schwierigkeiten hervor, die dem Verfahren entgegenstehen, indem Fehlresultate möglich sind, wenn nicht zahlreiche Nebenumstände und Fehlerquellen berücksichtigt und durch wiederholte Messung von verschiedenen Punkten ausgeschaltet werden. Die Wechselstrom führenden Zuleitungen zu den Elektroden induzieren im Boden Ströme, die eine Verschiebung des normalen Verlaufes der Stromlinien vortäuschen können. Die Elektrodenanordnung und ihr Abstand (ein bis einige 1000 m) ist für verschiedene Zwecke, besonders verschiedene Tiefen der oft in Probeschachten gelegenen Beobachtungsstellen, nicht gleichgültig. Schiefrige Struktur des Gesteins deformiert ebenfalls die Potentiallinien. Das elektromagnetische Feld der Zuleitungen macht sich bei Beobachtung im Induktionsrahmen störend bemerkbar, in erhöhtem Maße tritt dies in geneigtem Gelände auf, wo der Umstand, daß die Meßpunkte sich nicht auf gleicher Höhe befinden, eine wesentliche Erschwerung verursacht. Ungeachtet dessen wird die Ansicht vertreten, daß das Verfahren zur Bodenerforschung geeignet und entwicklungsfähig sei, Voraussetzung für seine Anwendung sei die durch vielfache Untersuchungen an bereits bekannten Bodenverhältnissen zu erweiternde Kenntnis der Nebeneinflüsse und Fehlerquellen. Gn.
(Metall und Erz, Bd. 23, Heft 18, 1926.)

Eine einfache Synchronisiereinrichtung für Hochspannungslinien ohne Spannungstransformatoren. Die von der Societa meridionale di El. veranstalteten Versuche zielen dahin, mit Hilfe der Ölschalterdurchführungen eine einfache Synchronisiereinrichtung zu erhalten. Da der durch den Kondensator, der durch eine um den Durchführungsisolator gelegte Metallhülle und dem Leiter gebildet wird, erhaltene Kapazitätsstrom zu schwach ist, um eine der gewöhnlichen Anzeigevorrichtungen wie Milliampereimeter oder Lampe, zu betätigen, wurde ein hochfrequenter Schwingungskreis durch Einschaltung einer Funkenstrecke gebildet, deren Schwingungen eine Glimmlampe zum Aufleuchten bringen. Lampe und Funkenstrecke liegen in Reihe zwischen den Durchführungskondensatoren, der Synchronismus zeigt sich durch das Dunkelwerden der Lampe an. Will man aber den Synchronismus durch eine helle Lampe angezeigt haben, so wird die Lampe zwischen die Durchführungskondensatoren geschaltet und die Funkenstrecke mit dem einen Pol an die Erde und mit dem anderen an ein, um den Glaskolben der Neonlampe gelegtes Stanniolband, das eine dritte Elektrode der Lampe bildet, geschaltet. Die Zuleitungen zwischen Lampe und Ölschalter sollen 20 bis 30 m nicht übersteigen. Statt der Lampe kann auch ein statisches Voltmeter oder ein Milliamperemeter für Hochfrequenz genommen werden. Bei der Verwendung eines Telephons wird die Funkenstrecke zwischen die Durchführungskondensatoren geschaltet und das Telephon einerseits an den einen Pol der Funkenstrecke andrerseits an Erde gelegt. Vor das Telephon wird noch ein Kondensator gegeben. Diese Synchronisiereinrichtungen stehen bei der erwähnten Gesellschaft mit sehr gutem Erfolge in Verwendung.
(Elektroteknisk Tidskrift, Oslo, Bd. 39, Heft 10, 1926).

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Das E.-Werk, Seite 51.
[2]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 915.

Digitized by Google

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Das elektrische Schlagwerk am Stephansturm in Wien. K. Leopoldsberger. Im Dezember 1925 wurde am Stephansturm ein automatisches Schlagwerk in Betrieb gesetzt, das auf elektrischem Wege ausgelöst wird. In der Hauptsakristei ist eine Präzisionshauptuhr mit elektrischem Selbstaufzug aufgestellt, die ein Kontaktlaufwerk besitzt, durch das mit Hilfe von Strömen wechselnder Richtung jede Minute die angeschlossenen Nebenuhren weitergeschaltet werden. Zwei Schlagwerksnebenuhren setzen durch besondere Nockenscheiben stündlich bezw. viertelstündlich das Stunden- bezw. Viertelstundenschlagwerk in Tätigkeit. Die Nockenscheiben schließen den Stromkreis für einen Schlagwerksmagneten, der seinerseits wieder das Stockwerksrelais betätigt, das die Schlagwerksmotoren einschaltet. Diese Motoren können in nächster Nähe der Glocken aufgestellt werden, wodurch schwere Übertragungsmechanismen überflüssig werden. Störungen im Starkstromnetz oder in der Motorzuleitung bedingen kein Nachholen der ausgebliebenen Schläge, da die Relais nicht im Starkstromkreis liegen. Endlich gewährleistet die erschütterungsfrei aufgestellte Präzisions-Hauptuhr größte Genauigkeit. f. f.

(Siemens-Zeitschrift, Bd. 6, Heft 10, 1926.)

Die Entwicklung der Transformatorklingel. Eine selbsttransformierende Glocke, welche einen Klingeltransformator mit einer Schwachstromglocke vereinigt wurde bereits vor mehreren Jahren von Ingenieur Kerbaker angegeben.[1]) Daraus hat sich die Transformator-Klingel der „ELIN" Akt.-Ges. für elektrische Industrie entwickelt.[2]) Seit dieser Veröffentlichung sind von der ausführenden Firma eine Reihe von Verbesserungen durchgeführt worden, auf die hier hingewiesen werden soll.

Kerbakers Gedanke war der Zusammenbau des Transformators und einer Glocke; bei der ersten von der „ELIN" ausgeführten Abänderung wurde der ursprünglich vorgesehene Neefsche Hammer durch eine Art Wechselstromglocke ohne Kontakte ersetzt, woraus sich wesentliche konstruktive Vereinfachungen und Vorteile ergaben. Die einzige Schwierigkeit bildete noch die Einstellung der Lautstärke. Es hatte sich gezeigt, daß Glocken, die bei der Prüfung stark tönten, nach

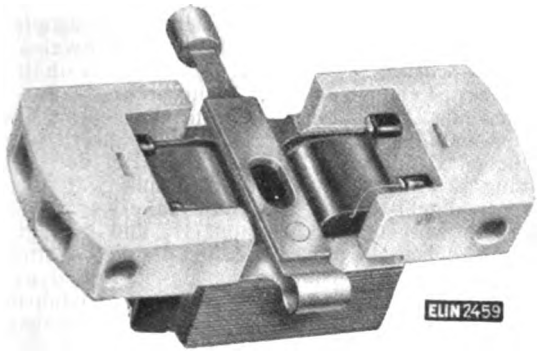


Abb. 4.

der Montage schwächer läuteten und eine Neujustierung notwendig machten. Nach eingehender Untersuchung wurde festgestellt, daß die Ursache in Formänderungen des Bodenbleches lag, auf welchem auch der federnde Klöppel befestigt war. Um diesen Übelstand zu beseitigen, wurde nach der neuesten Ausgestaltung (Abb. 4) der Klöppel auf dem verstärkten Endblech des Transformators angebracht und so volle Unabhängigkeit von äußeren mechanischen Einflüssen erzielt; auf ein Justieren des Klöppels konnte also überhaupt verzichtet werden. Dafür wurde die Glockenschale federnd gelagert und durch eine Flügelmutter eine Abstimmung der Lautstärke ermöglicht. Mit der neuen Glocke wurden Dauerversuche vorgenommen, wobei mehrere Exemplare durch sechs Monate ununterbrochen, 24 Stunden pro Tag, eingeschaltet waren, ohne daß eine wesentliche Änderung der Lautstärke während der Versuchsdauer eingetreten wäre. Ing. Weiß.

[1]) Selbsttransformierende Glocke für Starkstrom, System Kerbacker, E. u. M. 1922, Anzeiger, S. 91.

[2]) Vgl. Schanzer, Die Transformatorklingel, E. u. M. 1926, TWN, Seite 95.

Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Zur Konstruktion von Heiz- und Kochgeräten. Systematische Untersuchungen zwecks Herstellung einwandfreier Heiz- und Kochgeräte sind bisher nur in relativ geringem Ausmaße durchgeführt worden. W. Bohle untersucht die mechanische Festigkeit der meistens verwendeten Eisen-Nickel-Chromlegierungen in Abhängigkeit von Temperatur und Heizdauer. Die Kurven zeigen, daß bei Temperaturen über 700° bis 800° C eine rasche Zerstörung des Materials eintritt, die ihre Ursache teilweise in der Oxydation der Oberfläche, teilweise in den Gefügeänderungen des Materials findet. Der naheliegende Gedanke den Widerstandsdraht zur Vermeidung der Oxydation mit einem Schutzüberzug zu versehen, scheitert an der Schwierigkeit ein hierzu geeignetes, unhygroskopisches, elektrisch isolierendes, die Wärme jedoch gut leitendes Material zu finden. Die Gefügeänderungen sind den Veränderungen des Wirkwiderstandes zu entnehmen, der bis etwa 700° C abnimmt, dann jedoch rasch ansteigt. Ferner wird ausgeführt, wie wichtig es ist, bei den Konstruktionen von Heiz- und Kochgeräten auf Einfachheit der Handhabung und leichte Auswechslung einzelner Teile besondere Rücksicht zu nehmen. Es sei hier auch betont, daß die Konstruktion der elektrischen Heiz- und Kochgeräte noch vielfach als ein Nebengebiet betrachtet wird und daß, offenbar aus diesem Grunde, hier noch grundlegende und dankbare Fragen der Lösung harren.

K. M.

(Journal of the Inst. of El. Eng., London, Bd. 64, Nr. 353, Mai 1926.)

Baustoffe.

Untersuchungen über die Warmverarbeitbarkeit des Messings. Von Kl. Hanser, Osnabrück. Allen Metallkundigen ist die Warmbrüchigkeitszone des Messings bekannt, deren Wesen darin besteht, daß für jedes Messing beim Abkühlen ein Temperaturbereich in Betracht kommt, innerhalb dessen es außerordentlich brüchig wird, eine Erscheinung, die zum Beispiel das Messingwalzen zu einem schwierigen Vorgang macht. Für die Industrie der Warmverarbeitung des Messings ist es daher von großer Wichtigkeit, genauestens über die Temperatur orientiert zu sein, bei der eine bestimmte Kupfer-Zinklegierung der Warmverarbeitung, sei es durch Walzen, Pressen, Stauchen usw. am besten und technologisch am vorteilhaftesten unterzogen wird, weil nur bei genauer Kenntnis der Brüchigkeitszone die Gefahr vermieden wird, daß man rasch aus dem Bereich der günstigsten Verarbeitungstemperatur herauskommt. Die Untersuchungen des Autors haben daher den Zweck, jene Prüfungsarten festzustellen, die am besten zur sicheren Kennzeichnung des Verhaltens der Kupfer-Zinklegierungen bei der Wärmebearbeitung dienen können. Stauchversuche gaben wohl eine Richtschnur für das Verhalten in der Wärme, jedoch keine genügende Erklärung über die beim praktischen Betrieb auftretenden Erscheinungen. Die Härteprüfung mittelst der Schlaghärteprobe gibt zwar einen Zusammenhang zwischen Härte und Glühtemperatur; jedoch findet damit die Brüchigkeit nicht genügende Aufklärung. Auch die statische Brinellprobe, die die Abhängigkeit der Brinellhärte von Kupfer-Zinklegierungen von der Temperatur feststellt, hat sich nicht als geeignet erwiesen, die zugrundeliegenden Erscheinungen praktisch brauchbar zu erfassen. Am besten genügt nach den Forschungen des Verfassers die beim Warmzerreißversuch festgestellte Querschnittszusammenziehung zur richtigen Kennzeichnung der Kupfer-Zinklegierungen bei der betriebs-

Digitized by Google

mäßigen Warmbearbeitung. Verfasser schildert ausführlich die eigenen Warmzerreißversuche, deren Ergebnisse (Zerreißfestigkeit, Dehnung, Querschnittszusammenziehung) in Kurvenbildern übersichtlich und zusammenfassend dargestellt sind. Nach einer Besprechung des großen Einflusses der Zerreißgeschwindigkeit auf die Querschnittszusammenziehung schildert der Verfasser den Einfluß der Arbeitsgeschwindigkeit in der Praxis und stellt fest, daß der Bereich des guten Formänderungsvermögens nach obenhin durch die Nähe des Schmelzpunktes, nach unten durch die Brüchigkeitszone begrenzt ist, die bei umso höheren Temperaturen liegt, je höher die Deformationsgeschwindigkeit ist. Verfasser zeigt weiter, wie Temperatur und Deformationsgeschwindigkeit sich beeinflußen und vom Praktiker zur Auffindung der günstigsten Verhältnisse benützt werden können. Zum Schluße wird resumiert, daß zur Untersuchung eines Werkstoffes, dessen Verhalten bei der Warmverarbeitung noch nicht bekannt ist, die Feststellung der Querschnittszusammenziehung sich am geeignetsten erwiesen hat. Sechs Versuche genügen, darunter einer mit langsamer und einer mit schnellerer Zerreißgeschwindigkeit. Auf Grund der Ergebnisse wird es leichter, die Warmverarbeitbarkeit eines Werkstoffes festzustellen, wozu sonst oft kostspielige Versuche notwendig sind, deren Gelingen oft nicht sicher ist. J. W.

(Metallkunde, 18. Jahrg., Heft 8, 1926.)

Literaturberichte.

3442 **Die natürliche und künstliche Alterung des gehärteten Stahles,** physikalische und metallographische Untersuchungen von Dr. Ing. Andreas Weber, München. 76 Seiten mit 105 Abb. im Text und auf 12 Tafeln. Berlin 1926, Verlag Julius Springer. Preis Mk. 7·50, geb Mk. 9·—.

Lebhaft zu begrüßen ist es, daß ein Betriebstechniker, unterstützt von wissenschaftlicher und industrieller Seite, sowie vom bayrischen Landesamt für Maß und Gewicht, sich auf diesem noch wenig durchforschten Gebiete betätigt hat. Mit sechs Proben aus Stählen, welche typische Vertreter der im Werkzeugbau zur Verwendung kommenden Stähle sind, führte der Verfasser physikalische und metallographische Untersuchungen durch, deren Ergebnis er zur Grundlage seiner Betrachtungen macht. Diese Ergebnisse der Alterungsversuche faßt er in 15 Punkten zusammen, die ebenso wie das Schlußkapitel die praktische Betätigung des Verfassers erkennen lassen. Die jedem Praktiker in unangenehmster Weise sich bemerkbarmachenden Alterungserscheinungen der Stähle sichern dieser Abhandlung in praktischen Kreisen volles Interesse; aber auch jedem weiteren Forscher auf diesem Gebiete wird sie willkommen sein. Leitner.

3450 **Gleichstromtechnik.** Von Prof. G. Haberland. 96 Seiten, 105 Abb. Aus „Elektrotechnische Lehrhefte", Band I. Dr. M. Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1926. Preis Mk. 1·95.

Die Gesetze des Gleichstromes und seine Anwendungen in Beleuchtung, Heizung, Akkumulatoren und Fortleitung werden mittels elementarer Mathematik so weit behandelt, daß der Leser in den Stand gesetzt werden soll einfache Aufgaben zu lösen. Die leichtverständliche, korrekte Darstellung, die sich auf das Wesentliche beschränkt, und die durchgerechneten Beispiele machen das Buch für seinen Zweck wohl geeignet. Die Hinweise auf die Wirtschaftlichkeit bei Tarifen usw. sind auch bei dieser elementaren Einführung nur zu begrüßen. Die Maschinen sind einem eigenen Bande vorbehalten.

Dr. L. Kneissler-Maixdorf.

Die Schaltungen des elektrischen Weichenantriebes. Von Prof. Ing. Robert Edler. Verlag Dr. A. Tetzlaff, Berlin-Schöneberg, 1926.

Der Verfasser geht von der Erwägung aus, daß jede Schaltung von den Betriebsbedingungen abhängt. Diese werden demnach untersucht und aus der fortarbeitenden Untersuchung heraus ein klarer Einblick in das innere Wesen der Schaltung gewonnen. Es wird gezeigt, daß man durch methodische Entwicklung der Schaltungen ein versuchsweises Herumprobieren vermeiden kann und daß systematische theoretische Überlegungen die Bildung eines Urteiles darüber erleichtern, welche Schaltungsmöglichkeit als die einfachste für die Ausführung zu empfehlen ist. Buchmann.

1259 **„Hütte."** Des Ingenieurs Taschenbuch, herausgegeben vom Akademischen Verein Hütte E. V. in Berlin. 25. neubearbeitete Auflage. Zweiter Band. 1167 Seiten mit über 1700 Abb. Berlin 1926, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. Preis in Leinen geb. RMk. 14·70, in Leder RMk. 17·70.

Ebenso wie der bereits erschienene erste Band der Jubiläumsauflage[1]) weist auch der nunmehr vorliegende zweite Band in fast allen Abschnitten weitgehende Umgestaltungen oder zumindest umfangreiche Ergänzungen auf. Von den Maschinenelementen, die bekanntlich bisher im ersten Bande enthalten waren, sind die Zahnräder und Riementriebe neu bearbeitet worden, das die Schwingungen und die damit zusammenhängenden Fragen behandelnde Kapitel „Maschinenteile zur Beruhigung" wurde erweitert. Im Abschnitte Kraftmaschinen ist ein Kapitel „Der lebendige Motor" neu hinzugekommen, das einen Überblick über die Forschungen auf dem Gebiete der Arbeitsphysiologie gibt, soweit sie für den Ingenieur von Bedeutung sind. Daran schließt sich, ebenfalls neu, eine kurze Besprechung der Energiewirtschaft (Kupplung, Speicherung, Fernleitung usw.). Bei den Dampfkesseln sind die Bestrebungen zur Erhöhung des Dampfdruckes und der Dampftemperatur, die Kohlenstaubfeuerungen und die übrigen Neuerungen, die in der letzten Zeit auf diesem Gebiete Anwendung gefunden haben oder vorgeschlagen wurden, berücksichtigt worden. Der Wasserturbinenbau ist neu bearbeitet, ein Kapitel über Gasturbinen ist neu hinzugekommen. Aus dem Abschnitte Arbeitsmaschinen ist eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des elektrischen Einzel- und Gruppen-Antriebes von Werkzeugmaschinen zu erwähnen, ferner ist zum ersten Male die Förder- und Lagertechnik zusammenhängend dargestellt worden. In diesem Abschnitte finden sich jetzt auch die elektrischen Fördermaschinen. Im Abschnitte Beleuchtung sind, um den neuzeitlichen lichttechnischen Bestrebungen Rechnung zu tragen, insbesondere die verschiedenen von der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft gegebenen Vorschriften und Hinweise aufgenommen worden. Eine Reihe von Tafeln enthält Angaben über Leistungsbedarf, Lichtwirkung usw. der verschiedenen Beleuchtungsarten. Im Übrigen ist überall die Entwicklung der Lichttechnik und ihrer wissenschaftlichen Grundlagen berücksichtigt. Bei der Neubearbeitung des Abschnittes Elektrotechnik war die Erwägung maßgebend, daß die Hütte in erster Linie für den Maschineningenieur bestimmt ist und diesem Angaben aus der Elektrotechnik bringen soll. Es sind daher die Betriebseigenschaften, die Gewichte und andere Angaben über Maschinen und Apparate ausführlicher behandelt, während Theorie, Berechnung und Konstruktion nur soweit berücksichtigt wurden, als dies für das Verständnis der Vorgänge in den Maschinen und Apparaten erforderlich schien. Mehrfach wird mit Rücksicht auf ihre Wichtigkeit auch die cos φ —Frage gewürdigt. Neu sind ein Abschnitt über elektrische Meßgeräte und ein solcher über Elektro-Wärmetechnik. Der Abschnitt über elektrische Bahnen wird mit Rücksicht auf die Neueinteilung erst im dritten Bande im Eisenbahnwesen zu finden sein.

Schon aus dieser unvollständigen Übersicht geht hervor, welche Fülle von Arbeit auch bei dem vorliegenden Bande von dem Schriftleiter Dr. Ing. G. Sinner und den hervorragenden Mitarbeitern geleistet wurde. Daß der Band in seiner Gänze auf voller wissenschaftlicher Höhe steht, ist eigentlich selbstverständlich; vereinzelt dürften allerdings Angaben oder Bemerkungen nicht allgemeine Zustimmung finden,

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 324.

Digitized by Google

ebenso wie begreiflicherweise der Sonderfachmann manchmal noch Ergänzungen für wünschenswert halten dürfte. Derartige kleine Mängel sind aber bei einem Sammelwerke von dem Umfange der „Hütte" unverweidlich, sie vermindern natürlich ihren überaus großen Wert in keiner Weise. Druck, Abbildungen und sonstige Ausstattung des Bandes entsprechen allen Anforderungen, besonders anzuerkennen ist auch der gegenüber den sonstigen Fachwerken auf dem Gebiete der Technik sehr niedrige Preis. Jellinek.

1034 **„Güldner"**, Betriebskalender und Handbuch für praktischen Maschinenbau, herausgegeben von Dipl. Ing. A. Wiegand, Fürstenwalde, unter Mitarbeit namhafter Spezialfachleute, 35. Jahrgang 1927, in zwei Teilen mit 558 bezw. 378 Seiten, 9 × 16 cm, mit 630 Abb. und 250 Tabellen. Leipzig 1926, Verlag von A. L. Degener. Preis beider Bände kartoniert Mk. 4·50.

Der Kalender — er ist wohl richtiger als Handbuch zu bezeichnen — enthält im ersten Teile Abschnitte über Hilfswissenschaften, Stoffkunde, Maschinenelemente und Kraftversorgung, während der zweite Teil unter anderem die Betriebsmittel und Betriebseinrichtungen, die Betriebsverwaltung, Betriebswissenschaften, Rechtskunde usw. umfaßt. Greift man aus dem reichen Inhalte zum Beispiel das Kapitel über die Betriebswissenschaften heraus, welches das Wesen der wirtschaftlichen Fertigung, die DIN-Normen, den Austauschbau, die Passungen und Grenzlehren, die Betriebsstatistik, Berufsauslese und Eignungsprüfung, sowie die Fertigungsbeschleunigung durch Fließarbeit behandelt, so erkennt man die zeitgemäße Anschauung, die in dem gediegen ausgestatteten Handbuche vertreten wird.

Das Taschenbuch, in mehreren Abschnitten vollständig umgearbeitet, wird jedem Betriebsbeamten, Werkmeister, Vorarbeiter und Monteur ein wertvoller Behelf sein. Dr. Baudisch.

Eingegangene Bücher.

Loewe H., Dipl. Ing. Theorie des Wechselstromes in Einzeldarstellungen. Eine Einführung in die wissenschaftlichen Probleme der Starkstromtechnik, insbesondere zum Gebrauch an Technischen Hochschulen. Band II: Magnetische und elektrische Felder. Mit 42 Abb. Leipzig 1926. Preis geh. Mk. 3·80. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig.

Lübcke E., Dr. Über die neuesten Wasserschall-Apparate und ihre Anwendungen. Mit 26 Abb. Leipzig 1926. Preis geh. Mk. 1·50. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig.

Handbuch der Physikalischen und Technischen Mechanik. Von Prof. Dr. F. Auerbach und Prof. Dr. W. Hort. 1. Band. 1. Lieferung. 306 Seiten mit 120 Abb. Preis Mk. 30·—. 3. Band. 468 Seiten mit 198 Abb. Preis Mk. 40·—. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1927.

Die Sicherungs-Einrichtungen für den Zugverkehr auf den deutschen Bahnen. Von H. Möllering. 554 Seiten mit 376 Abb. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1927. Preis geh. Mk. 32·—, geb. Mk. 35·—.

Einführung in die Hochspannungstechnik. Von Prof. Dr. Ing. K. Fischer. II. Schalt- und Sicherheitsapparate in Hochspannungsanlagen. 95 Seiten mit 61 Abb. Sammlung Göschen, Band 940. Verlag Walter de Gruyter & Co., Leipzig und Berlin 1926. Preis in Leinen geb. RMk. 1·50.

Gefesselte Flammen. Von Dr. Karl Maurer. 80 Seiten mit 38 Abb. einem mehrfarbigen Umschlagbild von Kunstmaler W. Planck. 14. Auflage. Verlag Dieck & Co. (Franckh's Techn. Verlag), Stuttgart.

In dem kleinen Büchlein wird leicht verständlich die Verwendung der Wärme auf den verschiedenen Gebieten der Technik (Beleuchtung, Beheizung, Energieerzeugung usw.) geschildert.

(Die Schriftleitung behält sich die ausführliche Besprechung einzelner Werke vor.)

Eingegangene Preislisten.

Dipl. Ing. D. Bercovitz, Berlin-Schöneberg.

Weston, Elektrische Meßinstrumente und Apparate, Deutsche Ausgabe Nr. 1. 210 Seiten mit vielen Abb. Teil I: Tragbare Instrumente für Gleich- und Wechselstrom, Laboratoriumsapparate, unter anderen neue Differentialmilliamperemeter für die Vielfachtelegraphie, Instrumente für elektrolytische Untersuchungen usw. Teil II: Schalttafelinstrumente, darunter eine neue vollständige Serie von Schalttafelinstrumenten in rechteckiger Form von gleichem Aussehen wie Elektrizitätszähler zum Zwecke der Raumersparnis. Teil III: Instrumente für Sonderzwecke, und zwar für Automobile und für Präzisionsmessungen in Hochfrequenzkreisen. Teil IV: Erzeugnisse von D. Bercovitz, Berlin-Schöneberg, und zwar Dekaden-, Normal- und Gleitwiderstände, Wheatstonebrücken. Teil V: Erzeugnisse von Evershed & Vignoles, Ltd., London, und zwar Isolationsprüfer mit Hand- und motorischem Antrieb, Ohmmeter für Werkstatt, Laboratorien und für Außendienst.

Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H. in Siemensstadt.

Druckschriften: Nr. 2790. Schnellentregelung großer Wechselstrom-Synchronmaschinen (durch Schwingungswiderstand im Ankerzweig der Erregermaschine und durch Ausschaltmotor). — Nr. 2625. Drehstrom-Wattstundenzähler für 3 bis 30 A, bis 400 V verkettet und 40 bis 60 Per/s.

Preislisten und Einzelpreisblätter: S 10 a. Motorschalttafeln und Sicherungsschalter. — EP 83. Sockelautomaten (Installationsselbstschalter) für Gleich- und Wechselstrom. — EP 89. Diazed-Sicherungsschraubstöpsel bis 750 V. — Z 3. Gleichstrom-Wattstundenzähler für Zwei- und Dreileiteranlagen bis 750 V und von 300 bis 1000 bezw. 2 × 1000 A. — J 9 b. Anthygron-Leitungen und Zubehör zur Verlegung in Viehställen, chemischen Betrieben, feuchten und durchtränkten Räumen. — EP 71. Schirmleuchten fürs Freie und für Innenräume. — J 13. Neue Osramlampen, Osram-Nitra- und Drahtlampen. K 2610. Elektrische Hausgeräte.

Hans Boas Specialfabrik elektr. Maschinen und Apparate, Berlin.

Druckschrift Nr. 55. Vakuumprüfapparat für Glühlampen und Radioröhren (mit Strahlspulen).

Čechoslovakische Brown-Boveri Werke A.-G., Prag.

Der elektrische Antrieb von Ringspinnmaschinen (mit Kurzschlußankermotor).

J. M. Voith, Maschinenfabrik u. Eisengießerei, St. Pölten.

Druckschrift T 126. Voith-Turbinen (Beschreibung und Darstellungen der verschiedenen Bauarten, ausgeführter Anlagen und der wichtigsten Zubehörteile).

Vereins-Nachrichten.

Internationale Elektrotechnische Komission (I. E. C.).

Die nächste Hauptversammlung der I. E. C. wird gegen Ende September 1927 in Italien abgehalten werden.

Anträge oder Manuskripte von auf dieser Versammlung zu haltenden Vorträgen sind bis spätestens 1. Juni 1927 der Zentralstelle in London

International Electrotechnical Commission, 28, Victoria Street, Westminster, London S. W. 1,

zu übersenden.

Bereits englisch oder französisch abgefaßte und gedruckte Manuskripte sind der Zentralstelle bis längstens 1. Juli 1927 für die Aussendung an die nationalen Komitees zu überlassen.

Dementsprechend werden auch Anträge oder Manuskripte, deren Vorlage an die Hauptversammlung durch das Österreichische Elektrotechnische Komitee gewünscht wird, so zeitgerecht einzusenden sein, daß deren Weiterleitung an die zuständigen Stellen

Digitized by Google

bis zu den vorstehend angegebenen Terminen erfolgen kann.

Später einlaufende Manuskripte und Anträge können nicht mehr angenommen werden.

Im Auftrage des Obmannes des
Österreichischen Elektrotechnischen Komitees
Der Schriftführer:
Ing. A. Grünhut e. h.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 12. Jänner d. J., um ½7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Direktor Ing. O. H. Hartmann (Cassel-Wilhelmshöhe) über: **„Die Entwicklung von mittelbar beheizten Hochdruck-Dampferzeugern unter Berücksichtigung des S. H. G.-Höchstdruck-Sicherheitskessels."** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Einleitende Worte über die Entwicklungszeit des Hochdruckdampfes und über den derzeitigen Stand der Technik; Entwicklung der mittelbar arbeitenden Dampferzeuger; Beschreibung eines Versuchskessels und Angaben über die Versuche. Entwürfe derartiger mittelbar beheizter Hochdruckkessel.

Mittwoch, den 26. Jänner 1927, um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ing. Kloninger (Baden, Schweiz) über: **„Ölschalter".**

Die Vereinsleitung.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die südafrikanische Union als Markt für die Deutsche Elektroindustrie. In einem Berichte in der ETZ, Heft 48, 1926, lenkt W. Eschelbacher die Aufmerksamkeit der Elektroindustrie auf dieses Gebiet, das im Jahre 1923 zum Gesamtumsatz des afrikanischen Außenhandels im Werte von 7867 Mill. RMk. etwa ⅓ beitrug. Auf den Kopf der Bevölkerung bezogen, ist die Ausfuhr mit 214 RMk. größer als in Deutschland und den Vereinigten Staaten (103, bezw. 165 RMk. i. J. 1923). Nebst dem an erster Stelle stehenden Goldbergbau des Landes hat der Kohlenbergbau wachsende Bedeutung als Verbraucher elektrischer Erzeugnisse erlangt. Die Förderung im Jahre 1924 war 11·3 Mill. t. Die auf mindestens 55 Milliarden t geschätzten Kohlenvorräte bilden die Grundlage für die Schaffung einer Eisen- und Stahlindustrie. Sehr bedeutend ist auch die Industrie mit 7029 Fabriken i. J. 1922/23, die 172 000 Personen beschäftigten und über eine Betriebskraft von mehr als 0·75 Mill. PS verfügten; davon entfallen 22 vH auf elektrischen Strom und 66 vH auf Dampfkraft. Der gesamte Stromverbrauch aus öffentlichen Werken betrug 1922/23 1049 Mill. kWh, das sind 150 kWh je Einwohner gegen 185 kWh in Deutschland und 197 kWh in Österreich i. J. 1924 (wobei aber der Verbrauch aus Eigenanlagen mitgerechnet ist). Die drei Großstädte Johannesburg, Kapstadt und Durban, mit zusammen 640 000 Einwohnern (9·3 vH der Gesamtbevölkerung) verbrauchten i. J. 1923 69 Mill. kWh. In der Landwirtschaft, die verhältnismäßig viel mit Kraftmaschinen arbeitet, überwiegen die Öl-, Dampf- und Gasmaschinen, während 1921 nur 283 Elektromotoren gezählt wurden. Von dem oben angegebenen Gesamtverbrauch der Union an elektrischem Strom entfällt der allergrößte Teil (87 vH i. J. 1922/23) auf die Industrie. An elektrotechnischen Erzeugnissen werden im Lande nur wenig hergestellt, der Erzeugungswert betrug 1922/23 184 488 engl. Pfd., beschäftigt wurden in elektrotechnischen Werkstätten 508 Personen. Die Gesamteinfuhr an elektrotechnischen Erzeugnissen hatte im Jahre 1924 nominell einen Wert von 72·6 Mill. Pfd. (auf Vorkriegswert umgerechnet 56 Mill.), wovon der überwiegende Teil durch England gedeckt wird. An zweiter und dritter Stelle stehen die Vereinigten Staaten und Deutschland. Die Einfuhr umfaßte in der Hauptsache elektrische Maschinen, Kabel und Drähte, Lampen, Funkvorrichtungen und Bestandteile, sowie Installationsmaterial, aber auch nicht unbedeutende Beträge in Batterien, Heiz- und Kochapparaten, Zählern, Telegraphen- und Telephonmaterial. Große Aufträge brachten in den letzten Jahren unter anderen die Elektrisierung der Bahnen[1]) und die Errichtung einer drahtlosen Station, die in direkter Verbindung mit England steht. Die Zahl der Telegraphenämter betrug 1922/23 1931, die Zahl der öffentlichen Telephonämter 3076 mit 55 704 Apparaten und 41 302 Teilnehmern. Zwei Städte verfügen bereits über selbsttätige Zentralen. Eine einheitliche Elektrowirtschaft mit großen Kraftwerken und Überlandleitungen, sowie mit Einführung einer einheitlichen Stromart, Gebrauchsspannung und Frequenz ist angebahnt. Für neue Anlagen ist bei Gleich- und Wechselstrom 220 V, bezw. 50 Per/s festgelegt worden. Neben einer staatlichen Überwachungsbehörde ist noch eine private Organisation vorhanden, welche ebenfalls alle Gesuche für die Errichtung oder Erweiterung von Anlagen zu überprüfen hat. Die Regierung selbst hält sich der Unternehmertätigkeit auf diesem Gebiete im allgemeinen fern. Jedenfalls besteht unter den geschilderten Verhältnissen für die europäische elektrotechnische Industrie, die doch auch auf anderen Märkten der englischen und amerikanischen Konkurrenz erfolgreich entgegengetreten ist, auch in Südafrika die Aussicht, ein neues Absatzgebiet zu gewinnen oder den schon erreichten Absatz zu vergrößern. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 902.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	28. XII. 1926	29. XII. 1926	30. XII. 1926
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	130¼	129¼	129¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	66—66¼	66—66¾	65½—66
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	60—61	60—61	60—61
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	110—115	110—115	115—120

Metallmarkt.

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 31. Dezember 1926.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	63	10	0	64	0	0
Wire bars	64	0	0	—	—	—
Standard Kassa	56	2	6	56	5	0
Standard 3 Monate	57	0	0	57	2	6
Zinn:						
Engl. ingots	298	5	0	298	15	0
Standard Kassa	300	5	0	300	10	0
Standard 3 Monate	294	12	6	294	17	6
Blei:						
Engl. pig common	30	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	32	15	0	32	15	0
Remelted	32	15	0	—	—	—
English Swansea	33	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home: Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 23 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 16. Jänner 1927 | 3 Heft

INHALT:

Vergleichende Sprungwellenversuche und Durchschlagsmessungen an der Wicklung eines 3000 kVA-, 60 kV-Transformators. Von Dr. M. Wellauer, Oerlikon. S. 41.
RUNDSCHAU: Verbrennungskraftmaschinen. S. 50. Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 51. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 51. / Akkumulatoren, galvanische Elemente und Thermoelemente. S. 52. / Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie. S. 53. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 53.
PATENTBERICHT. S. 55.
LITERATURBERICHTE. S. 56.
CHRONIK. S. 57.
VEREINSNACHRICHTEN. S. 59.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 60.

Vergleichende Sprungwellenversuche und Durchschlagsmessungen an der Wicklung eines 3000 kVA-, 60 kV-Transformators.

Von Dr. M. Wellauer, Oerlikon.

A. Allgemeines.

1. Während in früheren Jahren der Windungsisolation von Transformatoren wenig Beachtung geschenkt wurde, führten die häufigen Windungsdurchschläge, die an im Betriebe befindlichen Transformatoren, besonders nach starken Gewittern auftraten, dazu, daß man neben der Isolation der Wicklung gegen Erde der Isolierung zwischen Windung und Windung mehr Aufmerksamkeit schenkte. Die Forderung nach einer sprungwellensicheren Wicklung wurde allgemein an die Hersteller von Transformatoren gestellt. Begnügte man sich anfangs damit, die Eingangswindungen besser zu isolieren, so geht man in neuester Zeit soweit, die Isolation der gesamten Wicklung so zu bemessen, daß sie selbst den größten Überspannungen standhält. Mit dieser Entwicklung in engem Zusammenhange steht die Frage nach der Prüfung eines Transformators auf die Sprungwellenfestigkeit seiner Wicklung. Vorschriften, die diese Forderung erfüllen, sind nicht so leicht aufzustellen, wie solche zur Prüfung einer Wicklung gegen Erde oder Eisen. Genügt es in diesem Falle, der Wicklung eine statische Spannung gegen Eisen oder Erde aufzudrücken, so liegen bei der Sprungwellenprüfung die Verhältnisse wesentlich komplizierter. Betriebsmäßig hat die Wicklung zwischen Windung und Windung fast keine Spannung auszuhalten. Eine Spannungsbeanspruchung tritt in ihr erst auf als Folge von unstationären Vorgängen, deren genaue experimentelle und rechnerische Erfassung bis jetzt noch nicht vollständig gelungen ist. Ebensowenig kann man heute eine Versuchsanordnung angeben, die mit einfachen Mitteln, das heißt, ohne die Betriebsverhältnisse im Großen nachzuahmen, es ermöglichte, die Transformatoren im Versuchsfeld so zu prüfen, daß der Käufer die Gewähr dafür hätte, der Transformator sei wirklich auf Sprungwellenfestigkeit geprüft. Dies ist wahrscheinlich überhaupt nicht vollständig möglich, da die betriebsmäßig auftretenden Überspannungen derart verschieden sind, daß keine Versuchseinrichtung alle diese Verhältnisse wiedergeben kann. Aber nicht einmal soweit sind die Spannungsverhältnisse bei den heutigen Prüfvorschriften aufgeklärt, daß wir uns ein Bild machen können von den einfachsten Prüfbedingungen, denen die Windungsisolation dabei unterworfen wird. Die der Sprungwelle zum Durchschlag zur Verfügung stehende Energie, die Dauer und Form der Sprungwelle sind nicht bekannt.

2. Umso notwendiger erschien es dem Verfasser, vergleichende Messungen über die von den verschiedenen Ländern vorgeschriebenen Sprungwellenprüfungen auszuführen. Unseres Wissens bestehen bis jetzt erst zwei solcher Vorschriften, diejenige des VDE und des SEV (Schweizerischer Elektrotechnischer Verein). Deshalb wurden in erster Linie diese zwei Prüfmethoden miteinander verglichen. Wenn daneben noch eine dritte Schaltung angewandt wurde, so vor allem um zu zeigen, daß mit Laboratoriumsmitteln noch andere und stärkere Sprungwellenbeanspruchungen erzielt werden können.

3. Nachdem die Wicklung des geprüften Transformators auf ihre Sprungwellenbeanspruchung untersucht worden war, wurde die Windungsisolation mit verschiedenen Spannungsarten auf Durchschlag geprüft, insbesondere in Anlehnung an eine Schaltung von Peek auf kurzzeitige Spannungsstöße untersucht, die nach Ansicht des Verfassers ein zuverlässigeres Bild über die Sprungwellenfestigkeit einer Wicklungsisolation ergibt als die bisherigen Prüfvorschriften. Die an der Windung auftretende Spannung ist bei dieser Schaltung genau bekannt und die Durchschlagsenergie kann genügend hoch gewählt werden. Diese Probe hat allerdings den Nachteil, daß sie am fertigen Prüfobjekt nicht angewendet werden kann, sondern an Probespulen durchgeführt werden muß. Andererseits wird dadurch der Transformator vor der Inbetriebsetzung von einer Probe verschont, die unter Umständen, wie jede Prüfung, wenn sie eine

Digitized by Google

solche sein soll, den Transformator schädigen kann. Ein weiterer Punkt, der der heutigen Prüfmethode vorgeworfen werden muß, ist der, daß bis jetzt nicht genügend Erfahrung darüber vorliegt, daß die bestehenden Sprungwellenvorschriften einen bei der Prüfung entstehenden Fehler auch aufzudecken vermögen. Es besteht sehr wohl die Möglichkeit, daß besonders ein am Ende der Prüfzeit entstehender Schaden nicht bemerkt wird. Die nachfolgende Prüfung der ganzen Wicklung mit statischer Wechselspannung kann jedenfalls solche Fehler nicht aufdecken.

4. Die Prüfung der Windungsisolation an Probespulen wird heute schon von vielen Käufern von Großtransformatoren vorgeschrieben, allerdings mit betriebsmäßigem Wechselstrom von 50 Per/s. Umsoweniger bestehen Bedenken, die vom Verfasser vorgeschriebene Prüfmethode anzuwenden.

5. Sämtliche Versuche wurden im Hochspannungslaboratorium der Maschinenfabrik Oerlikon ausgeführt.

B. Der Versuchstransformator, die Schaltanordnung und die Prüfvorschriften.

1. Der ältere Versuchstransformator hatte folgende Daten:

Scheinleistung	3000 kVA
Spannung	15/60 kV
Frequenz	16⅔ Per/s
Leerlaufscheinleistung .	136 kVA

Der Transformator hatte zwei Schenkel. Die Oberspannungswicklung war als innere, die Unterspannungswicklung als äußere Zylinderspule ausgebildet. Die Oberspannungsspule, die hier insbesondere interessiert, bestand aus 44 Spulen pro Schenkel, wovon die drei ersten als Eingangsspulen aus je 12 besser isolierten Windungen, die übrigen normalen Spulen aus je 44 Windungen bestanden.

2. Die Wicklungsisolation war die folgende:

Normale Spulen: Cu 1·8 × 18 mm. Isolation zwischen Kupfer und Kupfer zweier benachbarter Windungen 3 × 0·15 mm Preßspan.

Eingangsspulen: Cu 1·3 × 18 mm. Isolation zwischen Kupfer und Kupfer zweier benachbarter Windungen 8 × 0·25 mm Preßspan + 1·1 mm Preßspanzwischenlage.

3. Da die Oberspannungswicklung innen, die Unterspannungswicklung außen saß, wurde die Unterspannungswicklung desjenigen Schenkels, an dessen Oberspannungswicklung die Spannungsverteilung gemessen werden sollte, abgehoben. In Anbetracht der kurzen Zeit, die für die Versuche zur Verfügung stand, konnten an der Wicklung nur die folgenden Anzapfungen zur Spannungsmessung angebracht werden: an der 2. und 3. Windung der ersten Spule, an den Enden der 1. bis und mit 8. Spule, am Ende der 19. und Ende der 43. Spule. An der Unterspannungswicklung des anderen Schenkels wurden ebenfalls Anzapfungen angebracht an der 1., 2., 3., 14. und 27. Spule, um auch hier die Spannungsverteilung messen zu können.

4. Zur Speisung des Transformators wurde Wechselstrom von 50 Per/sec benützt. Die Spannungsregulierung geschah über einen Zwischentransformator und einen Induktionsregler. Die Sprungwellenspannungen wurden mittels einer 20 mm Durchmesser Kugelfunkenstrecke (KFS) gemessen, die zur Vermeidung des Entladeverzuges mit einer Quarzlampe bestrahlt wurde. Die gemessenen Werte waren reproduzierbar bis auf Unterschiede kleiner als 4 bis 5 vH. Die übrige Versuchseinrichtung war den Vorschriften möglichst genau angepaßt.

5. Die Sprungwellenvorschriften des SEV: Da die Vorschriften des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins im Ausland weniger bekannt sein dürften, seien Schaltung und Vorschriften hier wiedergegeben:

Die Prüfung soll am fertigen Transformator auf dem Prüffelde des Erstellers vor der Abnahme der Prüfung mit erhöhter Eigenspannung erfolgen. Sie ist normalerweise im kalten Zustande vorzunehmen. Die Prüfung kann aber auch im warmen Zustande verlangt werden. Die Höhe der Prüf-

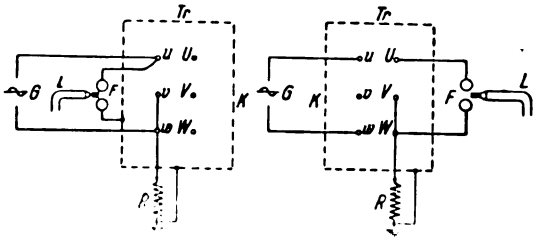


Abb. 1. Sprungwellenschaltung SEV. Prüfung und Speisung von der Unterspannungswicklung.

Abb. 2. Sprungwellenschaltung SEV. Prüfung der Oberspannungswicklung und Speisung von der Unterspannungswicklung.

G = Netz,
Tr = Transformator,
K = Kessel,
R = Wasserwiderstand,
F = Erregerfunkenstrecke.
L = Gebläse.

spannung, bzw. die Sprungwellenhöhe V_e soll 1·3mal die Nennspannung V_n betragen. Schaltung (siehe Abb. 1 und 2): Der zu prüfende Pol wird über eine mit eine Gebläseeinrichtung versehenen Erregerfunkenstrecke an Erde gelegt, ebenso der, bzw. die anderen Pole in Parallelschaltung über einen Widerstand. Für die Speisung der Prüfeinrichtung sind verschiedene Schaltungen zulässig, unter denen die nachfolgend beschriebenen besonders empfohlen werden. Die Speisung wird mit gleicher oder höherer Frequenz als derjenigen des Prüfobjektes vorgenommen und kann von der Prüfseite (Abb. 1) oder von der anderen Seite aus (Abb. 2) erfolgen.

Bei Speisung von der Prüfseite aus ist die Funkenstrecke zuerst an die Phasenklemmen *u* (bzw. *U*) anzuschließen, *v* und *w* (bzw. *V* und *W*) miteinander kurzzuschließen und über den Widerstand *R* an Erde zu legen.

Die Speisung erfolgt an *u* und *w* (bzw. *U* und *W*). Bei Speisung von der entgegengesetzten Seite aus ist die Funkenstrecke zuerst an die

Digitized by Google

Phasenklemme U (bzw. u) anzuschließen, V und W (bzw. v und w) miteinander kurzzuschließen und über den Widerstand R an Erde zu legen. Auf der entgegengesetzten Seite sind u und w (bzw. U und W) zu speisen.

Die Prüfung der anderen Phasen geschieht durch zyklisches Vertauschen aller Anschlüsse.

Bei Prüfung der Oberspannungswicklung ist ein Punkt der Unterspannungswicklung zu erden.

Die Prüfung selbst geschieht folgendermaßen:

Die Schlagweite der Funkenstrecke F wird für die vorgeschriebene Sprungwellenhöhe V_e eingestellt, der Lufthahn der Gebläseeinrichtung L geöffnet und hierauf die Spannung der Stromquelle G bis zum Überschlag der Funkenstrecke gesteigert. Sobald der Überschlag erfolgt, wird die Funkenstrecke während der vorgeschriebenen Zeitdauer zum Ansprechen gebracht.

Der Widerstand R ist innerhalb der Grenzen 0·5 bis 2 Ohm pro Volt Anschlußspannung zu wählen. Der angegebene obere Grenzwert soll nicht überschritten werden, um die beim Ansprechen der Funkenstrecke an den nicht geprüften Schenkeln auftretenden Überspannungen gegen Erde in zulässigen Grenzen zu halten, die untere Grenze soll eingehalten werden, damit der im Kreise auftretende Strom klein bleibt und so das Auftreten eines Lichtbogens an Stelle von Funkenentladungen verhindert wird.

Alle Zuleitungen sind so kurz wie möglich zu halten. Die Prüfzeit ist so bemessen, daß eine 1000malige Sprungwellenbeanspruchung entsteht, wobei zu beachten ist, daß pro Halbwelle der Grundfrequenz der Energiequelle ein Überschlag eintritt. Bei 50periodigem Wechselstrom entspricht dies einer Prüfzeit von 10 Sekunden. Die Funkenstrecke ist mit einem Luftstrom von zirka 6 m/sec Geschwindigkeit anzublasen. Das Aussehen der Funkenentladung ist bei richtig dimensioniertem Widerstand und bei genügender Geschwindigkeit der Gebläseluft violett oder blau, bei zu niederohmigem Widerstand oder zu schwachem Luftstrahl werden die Funken gelb.

6. Die Sprungwellenvorschriften des VDE: Die Vorschriften werden als bekannt vorausgesetzt. Die Sprungwellen werden so erzeugt, daß jede KFS auf die 1·1fache Nennspannung eingestellt, mit einem Luftstrahl von zirka 3 m/sec Geschwindigkeit angeblasen[1]) und der Transformator auf die 1·3fache Nennspannung erregt wird. Das Verhältnis zwischen der Funkenspannung einer Funkenstrecke und der Transformatorerregerspannung ist demnach 1 : 1·18. Das Funkenspiel wird durch mechanisches Zünden eingeleitet, indem die eine KFS vorübergehend überbrückt wird. Es zeigte sich nun bei der Durchführung der Versuche, daß das Funkenspiel nicht stehen blieb, sondern augenblicklich erlosch, sobald die Überbrückung entfernt wurde. Zur Erreichung eines kontinuierlichen Funkenspieles war eine Erregung des Transformators über das 1·18fache der Funkenspannung einer KFS auf etwa das 1·3- bis 1·6fache der Funkenspannung notwendig. Diese Spannung sei mit Zündspannung P_z bezeichnet. Bei einer Versuchsreihe wurde die Zündspannung so hoch gewählt, daß die Funkenstrecken selbständig ansprachen. Dazu war eine Erregung des Transformators auf das 1·8fache der Funkenspannung einer KFS notwendig. Sobald das Funkenspiel kontinuierlich aufrecht erhalten wurde, zeigte sich eine kapazitive Belastung des Transformators. Die Unterspannung stieg dann infolge Änderung des Spannungsabfalles im Induktionsregler auf etwa das 1·15- bis 1·3fache. Theoretisch braucht es zum Zünden beider Funkenstrecken die doppelte Funkenspannung für die jede Funkenstrecke eingestellt ist. Wird die eine leitend überbrückt, so spricht die andere, da der Transformator auf die 1·18fache Funkenspannung eingestellt ist, sofort an. Der Vorschrift des VDE liegt wohl der Gedanke zugrunde, daß das Funkenspiel deshalb aufrecht erhalten wird, weil die Ladung des Kondensators beim Erlöschen der KFS liegen bleibt, so daß bei Umkehr der Spannung des Transformators die doppelte Spannung an der Erregerfunkenstrecke herrscht, die dann zur Neuzündung ausreicht.

Nimmt man an, daß diese Ladungen auf dem Kondensator sich sehr rasch ausgleichen, so ist es leicht möglich, daß eine Neuzündung nicht stattfindet. In unserem Falle war die zur Aufrechterhaltung eines Funkenspieles notwendige Spannung das 1·3- bis 1·6fache der Funkenspannung. Da die Spannungserhöhung infolge kapazitiver Belastung des Transformators durch die Kondensatoren nur das 1·15- bis 1·3fache der Erregerspannung betrug, genügt diese Erhöhung zur Aufrechterhaltung des Funkenspieles nicht. Tritt bei anderer Anordnung überhaupt keine kapazitive Spannungserhöhung ein, so kann ein Funkenspiel bei einer Erregung des Transformators auf das 1·18fache der Funkenspannung noch weniger eintreten.

7. Als dritte Schaltung wurde eine solche gewählt, bei der im Gegensatz zu den ausdrücklichen Bestimmungen sowohl der deutschen als auch der schweizerischen Vorschriften eine längere Leitung angewendet wurde. Die Leitungslänge (60 m) wurde so lange gewählt, daß nach den Messungen von Binder angenommen werden konnte, daß die infolge des Überschlages entstehende Wanderwelle sich vollständig ausbilden kann, so daß eine Welle mit sinusförmig ansteigender Front von der Höhe der Überschlagsspannung am Transformator eintrifft. Andererseits ist die Leitung genügend kurz, sodaß ein wesentlicher Verlust und damit eine Abflachung der Wellenstirn noch nicht eintreten kann. Vergleichsmessungen mit einer kurzen Leitung zeigten, daß die Überspannungen bei der kurzen Leitung wesentlich kleiner ausfallen. Diese Anordnung mit langer Leitung hat unseres Erachtens den Vorteil, daß sie viel eher als die zwei anderen Schaltungen die Form der die Wicklung beanspruchenden Sprungwelle überschen lassen.

[1]) Die Luftgeschwindigkeit kann in weiten Grenzen verändert werden, ohne daß die Überspannung wesentlich kleiner oder größer wird. Maßgebend ist das Aussehen des Funkens. Der richtige Funken ist blau oder violett.

Digitized by Google

C. Sprungwellenversuche nach den Vorschriften des SEV.

1. Die Messungen zeigen die Abb. 3, 4 und 5. Der Linienverlauf stellt die Spulenspannungen von Spule zu Spule längs der Oberspannungswicklung in Prozent der Funkenspannung der Erregerfunkenstrecke dar. Es sind die folgenden Versuchsreihen aufgenommen worden:

Transformator in Luft:

$P_F = 20$, 30 und 40 kV.

Transformator in Öl:

$P_F = 40$, 50 und 60 kV.

Zusammenfassung:

Sämtliche Kurven zeigen übereinstimmenden Verlauf: Maximale Beanspruchung an der ersten Spule. Beanspruchung dann gegen die 2. und

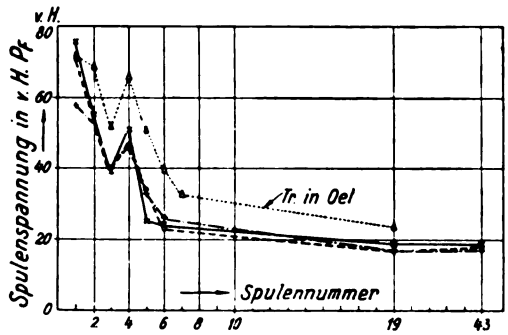


Abb. 3. Sprungwellenschaltung SEV. Prozentuale Spulenspannung in Abhängigkeit von der Spulennummer. Transformator in Luft.

——× $P_F = 20$ kV (100 vH) ——+ $P_F = 30$ kV (100 vH)
——○ $P_F = 40$ kV (100 vH) ·····△ $P_F = 40$ kV (100 vH)

3. Spule stark abfallend. Dann starke Erhöhung der Spulenspannung an der 4. Spule, die jedoch das Maximum der ersten Spule nicht mehr erreicht. Dann endgültiger Abfall bis zur 6. und 7. Spule, von

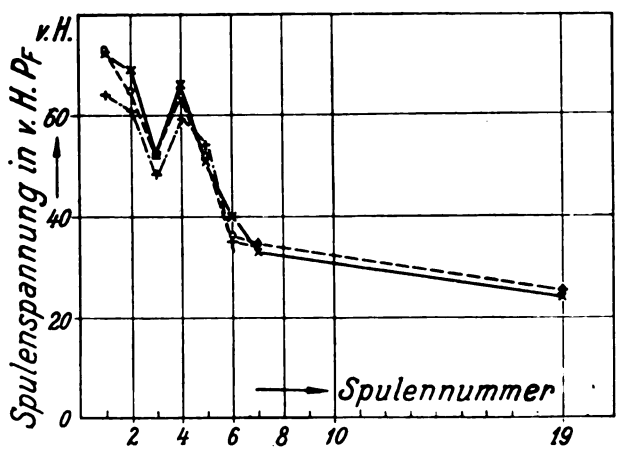


Abb. 4. Sprungwellenschaltung SEV. Prozentuale Spulenspannung in Abhängigkeit von der Spulennummer. Transformator in Öl.

——× $P_F = 40$ kV (100 vH) ——○ $P_F = 50$ kV (100 vH)
——+ $P_F = 60$ kV (100 vH)

wo die Spulenspannung sich langsam, aber stetig verringert. An diesem typischen Verlauf ist folgendes besonders hervorzuheben:

a) Der Spannungsverlauf ist einheitlich stark abfallend, ähnlich demjenigen einer Kondensatorkette.

b) Die Unstetigkeit an der 4. Spule ist auf die Änderung der Windungszahl beim Übergang von den Eingangsspulen zu den Normalspulen zurückzuführen.

Punkt 1 läßt erkennen, daß der Spannungsverlauf in erster Linie durch die statische Spannungsteilung bedingt ist, das heißt, man kann in erster Annäherung annehmen, daß die volle Spannung an der ersten Windung sitzt und die weiteren Spulen und Windungen ihre Spannung durch das statische Feld gemäß ihrer kapazitiven Verkettung mit der ersten Spule erhalten. Man muß demnach auf einen sehr hochfrequenten Vorgang schließen, der nicht weit in die Wicklung eindringt. Daß die Sprungwelle trotzdem einige Spulen weit in die Wicklung eindringt, beweist der Spannungssprung an der 4. Spule. Da diese Unstetigkeit nicht durch veränderte kapazitive Verkettung bedingt sein kann,

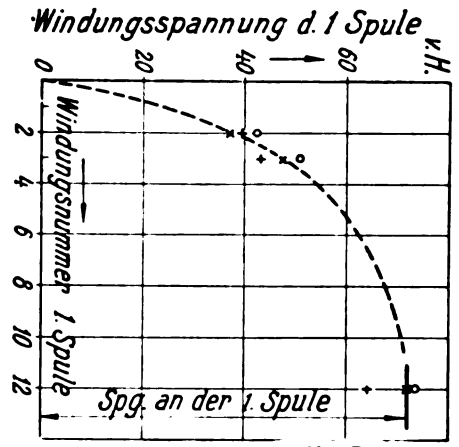


Abb. 5. Sprungwellenschaltung SEV. Prozentuale Windungsspannung der 1. Spule in Abhängigkeit der Windungsnummer. Transformator in Oel.

× $P_F = 40$ kV ○ $P_F = 50$ kV +. $P_F = 60$ kV

ist sie auf eine erneuerte, besonders starke Reflexion der eindringenden Welle zurückzuführen. Ebenso können die weiter innen liegenden Spulen ab Spule 10 ihre erhöhte Spulenspannung gegenüber der normalen Wechselspannung nur durch die eindringende, nun schon stark gedämpfte Sprungwelle erhalten haben, während die Spulen 5, 6 und 7 ihre höhere Spulenspannungen durch das statische Feld der 4. Spule erhalten. Daß es sich fast ausschließlich um eine statische Spannungsverteilung handelt, zeigt auch der Verlauf der Windungsspannung in der ersten Spule (Abb. 5). Die erste Windung erhält eine maximale Windungsspannung von ungefähr 35 vH der totalen Spulenspannung.

2. Durch eine besondere Anordnung wurde festgestellt, daß bei dieser Sprungwellenprüfung keine Reflexionen am Nullpunkt und damit auch keine Spannungserhöhungen an den Spulen in dessen Nähe auftreten. Die Sprungwelle dringt also nicht soweit in die Wicklung ein.

Digitized by Google

3. Der Verlauf der Spulenspannungen für verschiedene Funkenspannungen zeigt, daß die prozentuale Spulenspannung mit wachsender Sprungwellenspannung kleiner wird.

Die prozentuale Spulenspannung ist für den Transformator in Öl nicht unwesentlich größer als in Luft. Dies ist wohl auf seine größere Eigenkapazität und damit größere Entladeenergie in Öl zurückzuführen. (Im Gegensatz zur Schaltung des

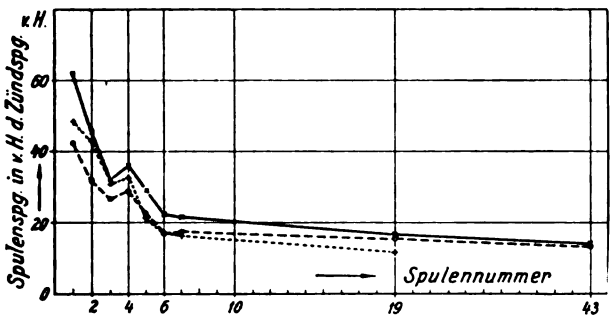


Abb. 6. Sprungwellenprüfung nach VDE. Prozentuale Spulenspannung in Abhängigkeit von der Spulennummer. Transformator in Luft.

——× $P_F = 20$ kV, $P_z = 26{\cdot}2$ kV (100 vH)| Zündung
——o $P_F = 25$ kV, $P_z = 41{\cdot}8$ kV (100 vH)| mechanisch,
——+ $P_F = 15$ kV, $P_z = 28$ kV (100 vH), Transformator so hoch erregt, daß Zündung selbständig.

VDE steht dem Transformator im Augenblick des Funkenüberschlages nur seine eigene elektrostatische Energie zur Verfügung.)

4. Die Messung der Sprungwellenspannungen an der Unterspannung beim Eintreffen der Sprungwelle wie bisher an der Oberspannungswicklung ergab einen ganz ähnlichen Verlauf der Spulenspannung längs der Unterspannungswicklung. Umgerechnet mit dem Übersetzungsverhältnis des Transformators sind die Überspannungen an der

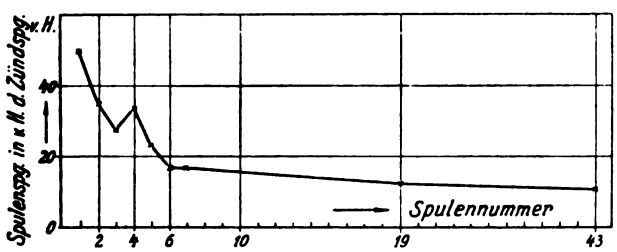


Abb. 7. Sprungwellenprüfung nach VDE. Prozentuale Spulenspannung in Abhängigkeit von der Spulennummer. Transformator in Oel.

——× $P_F = 30$ kV, $P_z = 50$ kV (100 vH), Zündung mechanisch.

Unterspannungswicklung prozentual so hoch, wie an den Oberspannungsspulen. Die Messung ergab bei 40 kV Funkenspannung, Transformator in Öl, eine maximale Spulenspannung an der ersten Unterspannungsspule von 4·7 kV entsprechend 66 vH der Funkenspannung bei einem Übersetzungsverhältnis 8 : 1. Natürlich sind diese Überspannungen, wenn sie auch prozentual so hoch sind wie die der Oberspannung, doch der Wicklung weniger gefährlich, da der Sicherheitsgrad der Unterspannungsisolation höher gewählt werden kann.

D. Sprungwellenversuche nach den Vorschriften des VDE.[2])

1. Die Messungen zeigen die Abb. 6 und 7, in denen die Ergebnisse folgender Versuchsreihen dargestellt sind:

Transformator in Luft, Zündung mechanisch:

$P_F = 20$ kV, 25 kV;

$P_z = 26{\cdot}2$ kV, $41{\cdot}8$ kV; entspr. $1{\cdot}3 . P_F$, $1{\cdot}67 . P_F$.

Transformator in Luft, Zündung selbständig:

$P_F = 15$ kV;

$P_z = 28$ kV entsprechend $1{\cdot}86 . P_F$.

Transformator in Öl, Zündung mechanisch:

$P_F = 30$ kV,

$P_z = 50$ kV, entspr. $1{\cdot}66 . P_F$.

Zusammenfassung:

Bei der prozentualen Spulenspannung erhob sich die Frage, auf welche Spannung die Spulenspannung bezogen werden sollte. In den Kurven der Abbildungen, die diese Messungen enthalten, wurde als Bezugsspannung die Zündspannung, das heißt, jene Spannung des Transformators gewählt, bei der das Funkenspiel gerade noch aufrecht erhalten werden konnte.

Der Verlauf der Spulenüberspannungen längs der Oberspannungswicklung ist derselbe wie bei der SEV-Methode, so daß sich eine Diskussion darüber erübrigt. Die Messung in Öl ergab dieselben Werte wie in Luft.

An den Vorschriften des VDE ist eine einpolige Erdung des Transformators nicht vorgesehen. Dies ist auch richtig, da sich diese Schaltung dafür nicht eignet.

E. Sprungwellenmessungen nach Schaltung Abb. 8.

1. Die Schaltung zeigt die Abb. 8. Es wurden folgende Fälle durchgemessen, die in den Abb. 9 und 10 eingetragen sind:

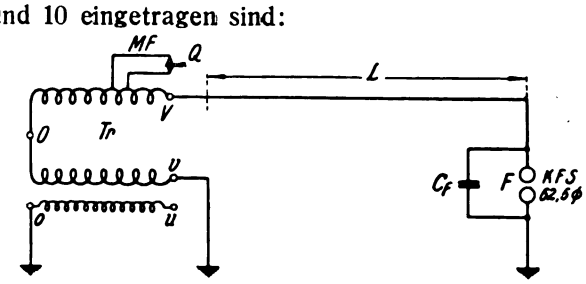


Abb. 8.

L = Leitung, Tr = Transformator,
F = Erregerfunkenstrecke, Q = Quarzlampe,
C_F = Entladekapazität, MF = Meßfunkenstrecke.

Transformator in Luft:

$P_F = 30$ und 40 kV bei verschiedener Leitungslänge und Entladekapazität.

Transformator in Öl:

$P_F = 40$ und 50 kV.

Zusammenfassung:

Der allgemeine Charakter des Spulenspannungsverlaufes ist derselbe geblieben, wie bei den

[2]) Vorschriften und Normen des VDE, 11. Aufl. 1923.

Digitized by Google

vorhergehenden Versuchen. In den ersten Spulen starke, aber rasch abnehmende Spulenüberspannungen; in der 4. Spule eine Spannungserhöhung infolge erhöhter Windungszahl. In Öl größerere Spulenspannungen bei gleichem Verlauf. Auffallend ist nur die schwache Beanspruchung der ersten Spule. Sehr groß ist der Einfluß der Leitungslängen, was, wie schon erwähnt, auf die Aus-

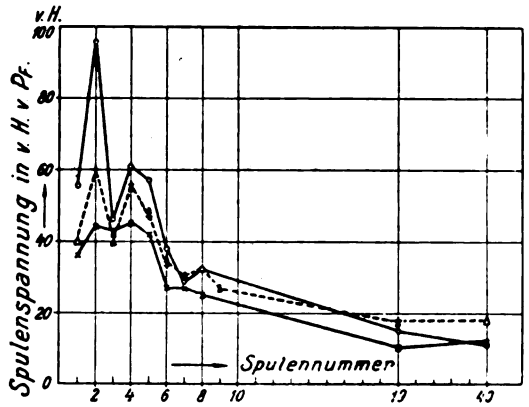


Abb. 9. Sprungwellenmessung nach Schaltung Abb. 8 Prozentuale Spulenspannung in Abhängigkeit von der Spulennummer. Transformator in Luft.
——× $P_F = 30$ kV (100 vH) $C_F = 2 \times 6300$ cm $L = 3$ m
——○ $P_F = 30$ kV (100 vH) $C_F = 2 \times 6300$ cm $L = 60$ m
–––+ $P_F = 30$ kV (100 vH) $C_F = 6300$ cm $L = 60$ m
△ $P_F = 40$ kV (100 vH) $C_F = 6300$ cm $L = 60$ m

bildung der Wellenstirn zurückzuführen ist. Diese Schaltung ergab bei der maximal angewandten Leitungslänge von 60 m die höchsten Spulenspannungen. Die Spulenspannung der 2. Spule erreicht bei genügend hoher Entladekapazität nahezu den Wert von 100 vH der Funkenspannung. Mit zu-

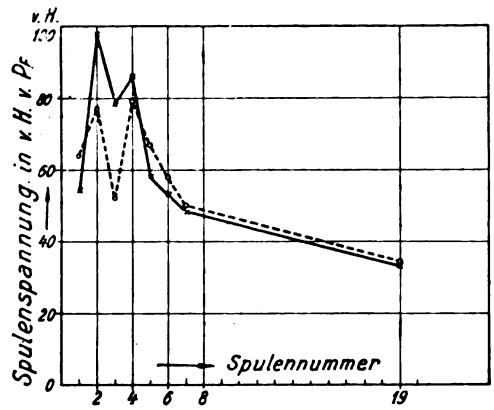


Abb. 10. Sprungwellenmessung nach Schaltung Abb. 8. Prozentuale Spulenspannung in Abhängigkeit von der Spulennummer. Transformator in Öl.
——× $P_F = 40$ kV (100 vH) $C_F = 6300$ cm $L = 60$ m
——○ $P_F = 50$ kV (100 vH) $C_F = 6300$ cm $L = 60$ m

nehmender Funkenspannung werden die Spulenüberspannungen weniger gefährlich. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß bei höheren Funkenspannungen die Wellenstirn weniger steil ist.

F. Zusammenfassung der Resultate sämtlicher Sprungwellenversuche und Schlußfolgerungen.

1. Sowohl die Sprungwellenmethode des SEV, als auch die des VDE ergeben denselben Spulenspannungsverlauf an der Wicklung. Auch die Schaltung nach Abb. 8 ergibt im Wesentlichen dieselbe Spannungsverteilung.

2. Die Sprungwellen beanspruchen nur die wenigen ersten Eingangsspulen. Die Methode des SEV gibt eine maximale Spulenspannung von 60 bis 70 vH der Funkenspannung an der Erregerfunkenstrecke (Funkenspannung = Erregerspannung des Transformators). Bei der Schaltung nach Abb. 8 erhält man maximal nahezu 100 vH der Funkenspannung (= Erregerspannung). Die Sprungwellenvorschriften des VDE ergeben 50 bis 60 vH Spulenspannungen, bezogen auf die Zündspannung des Transformators.

3. Bei der am meisten beanspruchten 1. Eingangsspule ergaben die Messungen eine maximale Beanspruchung der 1. Windung von 35 vH der Spulenspannung.

4. Vergleich der Methoden des SEV und des VDE: Nimmt man als Bezugsspannung die Spannung, auf die der Transformator beim Funkenspiel erregt ist, so erhält man bei der Methode des VDE eine um zirka 30 vH kleinere Spulenspannung als die SEV-Methode. Die schweizerische Methode hat den Vorteil, daß sie genau definierte Verhältnisse ergibt. Wie unsere Versuche gezeigt haben, ist dies bei der VDE-Vorschrift nicht der Fall, weil ein selbständiges Funkenspiel bei Einhaltung der VDE-Vorschriften nicht zustande kam.

5. Die Versuche haben gezeigt, daß die Spulenisolation bei den offiziellen Sprungwellen nicht so stark beansprucht wird, daß diese Vorschriften zu fürchten wären. Trotz starker Vorbeanspruchung und trotzdem der Versuchstransformator vor den Versuchen längere Zeit im Betrieb war, wurde der Transformator selbst bei 60 kV Sprungwellenbeanspruchung und obwohl die Prüfzeit das Vielhundertfache der vorgeschriebenen betrug, bei den Versuchen nicht beschädigt.

6. Die Sprungwellenvorschriften erfüllen insofern ihren Zweck nicht, als sie nur eine Beanspruchung der ersten Eingangswindungen ergeben, und von diesen wenigen Windungen werden wiederum nur die ersten paar Windungen beansprucht. Im Betriebe sind jedoch gerade diejenigen Überspannungen gefährlich, die tiefer in die Wicklung eindringen, da sie durch die bis jetzt bekannten Überspannungsschutzvorrichtungen nicht von der Wicklung eines Transformators abgehalten werden können.

G. Durchschlagsmessungen zwischen den Windungen des geprüften 3000 kVA-Transformators.

1. Um die Durchschlagsfestigkeit der Windungsisolation des mit Sprungwellen geprüften Transformators festzustellen, wurde eine große Anzahl von Normalspulen zu diesem Zwecke demontiert, aufgeschnitten und zwischen Windung Windung auf Durchschlag geprüft. Bei dieser Probe wurde so vorgegangen, daß die Isolation

Digitized by Google

zwischen Windung und Windung solange mit einer bestimmten Spannung beansprucht wurde, bis der Durchschlag eintrat. Trat ein Durchschlag nach der maximalen Prüfdauer noch nicht ein, so wurde die betreffende Windung als vorbeansprucht nicht mehr verwendet.[3])

2. Die Durchschlagsversuche wurden mit folgenden Spannungsarten vorgenommen:

a) Gleichspannung, erhalten durch Gleichrichtung einer Wechselspannung mit zwei Hochspannungselektronenröhren ohne Kondensator.

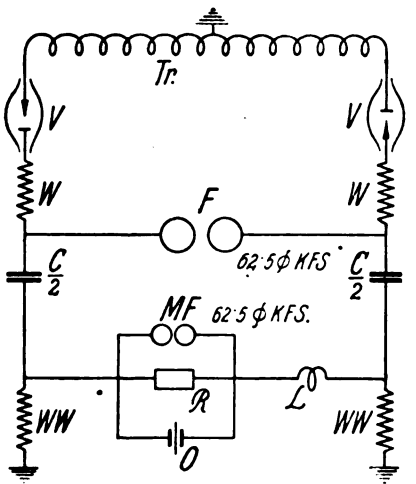


Abb. 11. Schaltung zur Erzeugung von Stoßspannungen.

Tr	= Transformator,	*C*	= Kapazität,
V	= Elektronenventilröhren,	*MF*	= Meßfunkenstrecke,
		O	= Prüfobjekt,
F	= Kugelfunkenstrecke,	*WW*	= Wasserwiderstände,
R	= Wasserwiderstand,	*W*	= Silitwiderstände.
L	= Selbstinduktivität,		

b) Wechselspannung von 50 Per/s. Sowohl die Gleich-, als auch die Wechselspannung wurden so angewandt, daß die volle Spannung plötzlich auf das Prüfobjekt geschaltet wurde. Eine Spannungserhöhung tritt dabei nicht ein, wenn das Einschalten über einen hohen Widerstand erfolgt.

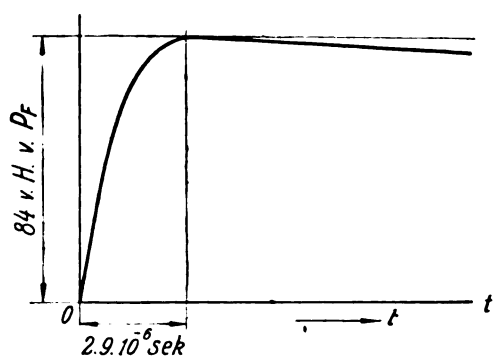


Abb. 12. Spannungsverlauf am Widerstande *R*.

c) Stoßspannungen nach der Schaltung von Peek. Die Anordnung zeigt die Abb. 11.

Man erhält bei dieser Schaltung einen vollkommen definierten Spannungsverlauf am Wasserwiderstande *R*. Bei den Versuchen wurde *R* konstant gelassen, und zwar gleich 2400 Ohm. Die Kapazität $C = 4200$ cm bestand aus Glaskondensatoren und *L* war eine zylindrische Luftdrosselspule von 1·5 mH. Die Verbindungsleitungen wurden möglichst kurz gehalten. Die Drosselspule dient in erster Linie dazu, dem Schwingungskreis eine bekannte Selbstinduktion zu geben. Aus diesen Konstanten berechnet sich:

Maximale Stoßspannung = 84 vH von P_F.

(P_F = Funkenspannung an der Kugelfunkenstrecke.)

Zeitdauer von Nullwert bis zum Maximalwert der Stoßspannung = $2{\cdot}9 \cdot 10^{-6}$ Sek.

Dieser Spannungsanstieg entspricht demjenigen einer Wechselspannung von der Frequenz $f = 86\,000$ Per/s.

Den Verlauf der Stoßspannung gibt Abb. 12. Der Maximalwert der Stoßspannung wurde mittels Kugelfunkenstreckenmessungen kontrolliert und in

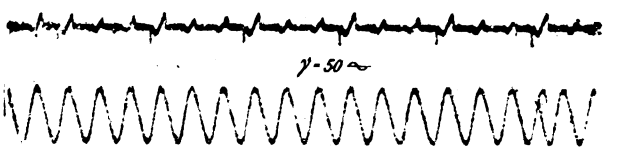


Abb. 13.

Übereinstimmung mit der Rechnung gefunden. Allgemein ist die gemessene Stoßspannung bei langsamer Funkenfolge einige Prozent tiefer, bei sehr rascher Funkenfolge etwas höher als die berechnete Spannung. Dies ist wahrscheinlich auf Entladeverzögerungen zurückzuführen.

3. Um den Einfluß der Stoßfolge der Stoßspannungsbeanspruchung festzustellen, wurden Zeit-Spannungskurven mit Stoßfolgen von 0·1 Stöße je Sekunde (ein Stoß in 10 Sek.), von 2 Stöße/sec und von 50 Stöße/sec aufgenommen. Die letztere

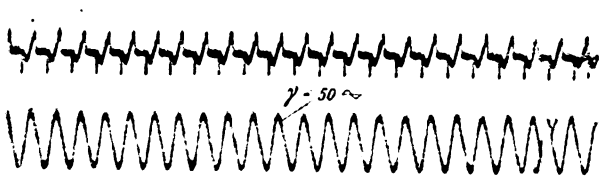


Abb. 14.

Stoßfolge entspricht der halben maximalen Stoßzahl, die je Sekunde in einem Netz von 50 Hertz auftreten kann. Diese Stoßzahl hat demnach eine besondere praktische Bedeutung. Um die Stoßfolge zu bestimmen, wurde der Entladevorgang oszillographisch aufgenommen. Die obenstehenden Oszillogramme (Abb. 13 und 14) enthalten zwei solcher Aufnahmen von 50/3 und 50 Stöße in der Sekunde. Der Eintritt eines Stoßes ist deutlich durch einen stärkeren Ausschlag der Oszillographen-

[3]) Um solche Werte trotzdem verwenden zu können, wurden sie in die Zeit-Spannungskurven eingetragen und mit einem Pfeil nach oben versehen, der andeuten soll, daß die richtige Durchschlagsspannung höher liegt.

Digitized by Google

schleife gekennzeichnet. Die untere periodische Linie gibt die Eichung mit 50periodigem Wechselstrom.

4. Sämtliche Versuche wurden in kaltem Öl von 20° C und heißem Öl von 85 bis 90° C vorgenommen.

5. Die Meßresultate sind in den folgenden Abb. 15 bis 19 dargestellt.

Um auch ganz kurze Zeiten eintragen zu können, wurde die Zeitabszisse mit logarithmischer Einteilung versehen. Man erhält dann einen fast geradlinigen Verlauf der Zeit-Spannungskurve. Erhält die Zeitabszisse eine proportionale Einteilung, so kommt die Tatsache deutlicher zur Geltung, daß die Durchschlagslinie bei kleinen Zeiten rasch abfällt, um dann fast horizontal zu verlaufen. Da sich bei den Stoßspannungsversuchen herausstellte, daß für den Durchschlag die Stoßzahl ausschlaggebend ist, wurde bei ihrer Darstellung die Stoßzahl in logarithmischem Maßstabe als Abszisse gewählt. Eine viel imprägnantere Darstellung der erhaltenen Resultate geben die Abb. 18 und 19. In ihnen ist als Ordinate derjenige Prozentsatz aller mit einer bestimmten Spannung geprüften Windungen aufgetragen, die diese Spannung während der vollen maximalen Prüfzeit ausgehalten haben. Bei der Gleich- und Wechselspannung war dies 10 Minuten, bei den Stoßprüfungen 1500 oder 3000 Stöße. In der Abb. 18 sieht man beispielsweise, daß bei 50periodiger Wechselspannung sämtliche mit 20 kV max. geprüften Windungen diese Beanspruchung während 10 Minuten ausgehalten haben. Die Beanspruchung von 21·2 kV max. wird jedoch nur noch von 47 vH sämtlicher Windungen 10 Minuten lang ausgehalten, während sämtliche mit 24 kV max. beanspruchten Windungen durchschlagen, bevor die maximale Prüfdauer abgelaufen ist. Diese Darstellung zeigt sehr übersichtlich, wie eng begrenzt eigentlich der Spannungsbereich für die Prüfzeiten ist. Sie ist jedoch nicht so allgemein, wie die Zeit-Spannungscharakteristik, da sie sich eben nur auf die gewählte maximale Prüfdauer bezieht. Für jede andere gewünschte Zeit müssen neue Kurven bestimmt werden.

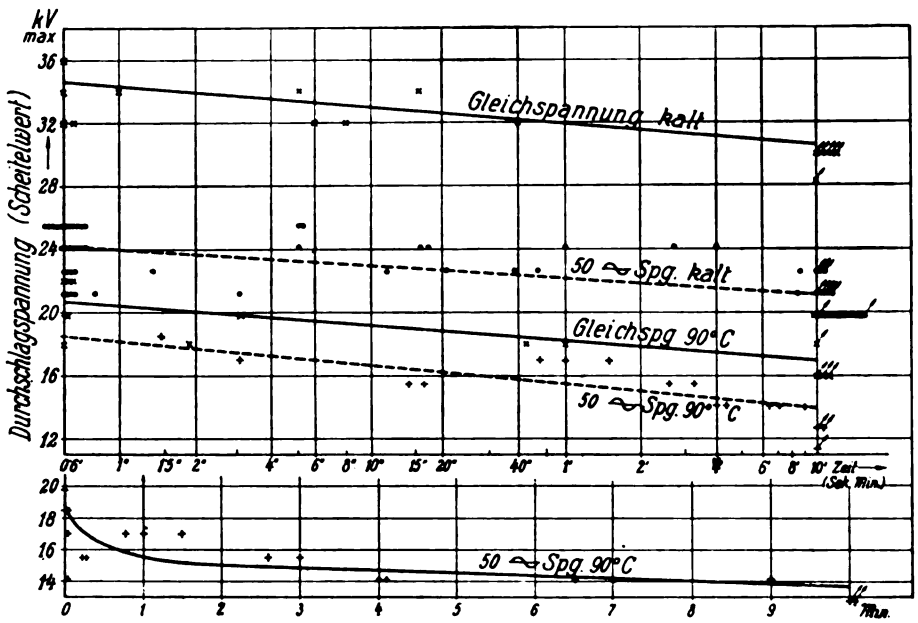


Abb. 15. Zeit-Spannungskurven für Gleichspannung und 50 Per/s Wechselspannung in heißem und kaltem Öl.

7. Resultat.

a) Der Verlauf der Zeit-Spannungs-Charakteristik ist sehr flach. Bei Gleich- und Wechselspannung ist die 10 Minuten-Durchschlagsspannung nur 14 vH im kalten, 30 vH im warmen Zustand kleiner als die plötzliche Durchschlagsspannung. Der Verlauf in Abhängigkeit von der Beanspruchungsdauer ist jedoch kein gleichmäßiger. Die Durchschlagsspannung nimmt anfangs rasch ab, um dann nur noch ganz langsam zu fallen (siehe unterer Teil, Abb. 15).

b) Dieselben Verhältnisse ergeben sich bei den sehr kurzzeitigen Stoßspannungen. Diese Feststellung ist sehr wichtig, da sie zeigt, daß kleine Unterschiede in den Prüfzeiten bei Abnahmeproben wichtig sind, wenn diese Zeiten nur wenige Sekunden betragen. Bei Zeiten von einigen Minuten und mehr hingegen hat selbst eine wesentliche Verlängerung der Prüfdauer keinen großen Einfluß auf die Sicherheit gegen Durchschlag mehr.

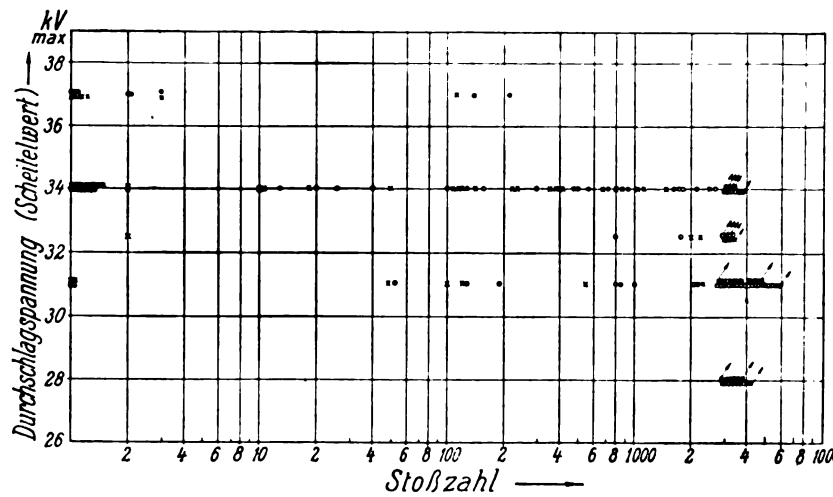


Abb. 16. Zeit-Spannungs-Kurven für Stoßspannungen in kaltem Öl. ○ 2 Stöße/Sek. × 50 Stöße/Sek.

Digitized by Google

c) Vor allem interessiert das Verhältnis zwischen der Durchschlagsspannung bei 50periodiger Wechselspannung zur Stoßdurchschlagsspannung. Es bestätigt sich die bekannte Tatsache, daß das Isoliermaterial eine stoßweise Beanspruchung besser aushält, als die normale Wechselspannung. Die Stoßspannung ist in unserem Falle derart, daß der Stoß immer in derselben Richtung erfolgt. Wesentlich ungünstiger ist der Fall, wenn das Material nach jedem Stoß umpolarisiert wird. Eine solche Stoßbeanspruchung kommt jedoch in Leitungsnetzen weniger häufig vor. Das Verhältnis zwischen Stoßspannungsdurchschlag und Durchschlag bei technischer Wechselspannung wurde von Peek als Impulsverhältnis bezeichnet. Für die von uns geprüfte Windungsisolation ergab sich ein Impulsverhältnis bezogen auf eine Prüfdauer von 1 Minute bzw. 3000 Stöße von

1·45 im kalten Zustand (20° C)
1·57 im warmen Zustand (90° C)

d) Durch zahlreiche Messungen wurde festgestellt, daß für die Zeit-Spannungs-Charakteristik bei Stoßbeanspruchung nur die Stoßzahl maßgebend ist. Es ließ sich kein wesentlicher Unterschied in der Durchschlagsspannung feststellen, wenn die Stoßfolge 0·1, 2 oder 50 Stöße in der Sekunde betrug. Dies erklärt sich daraus, daß die Stöße derart kurz sind, daß es für das Material ganz gleichgültig ist, ob der nächstfolgende Stoß in $^1/_{50}$ Sekunde oder erst nach 10 Sekunden erfolgt. Es findet also von Stoß zu Stoß keine Ermüdung, sondern eine dauernde Beschädigung statt, so daß nach einer bestimmten Stoßzahl der Durchschlag eintritt. Daraus muß man schließen, daß jede Prüfung einer Wicklung mit Stoßspannung schädlich ist, wenn die Sprungwelle eine gewisse Höhe hat.

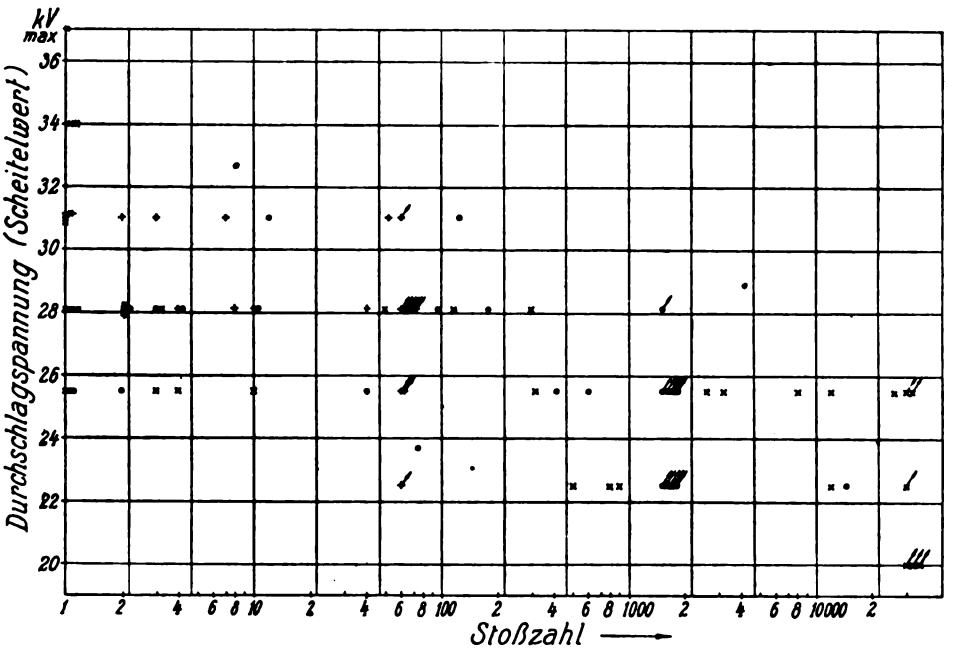


Abb. 17. Zeit-Spannungs-Kurve für Stoßspannungen in heißem Öl.
+ 0·1 Stöße/Sek. ○ 2 Stöße/Sek. × 50 Stöße/Sek.

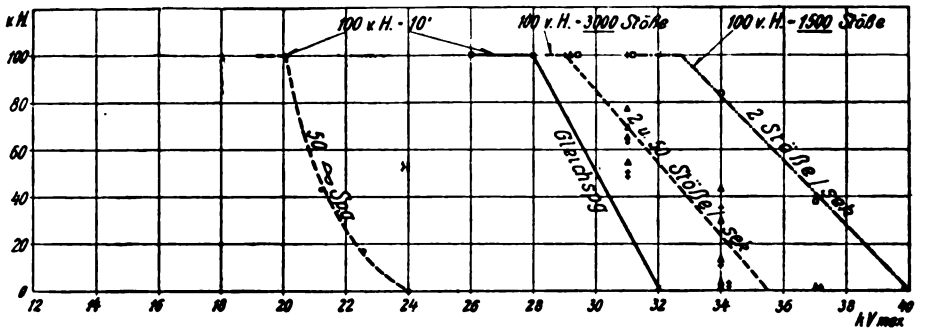


Abb. 18. Öl kalt (20° C).
-----× 50 Perioden Wechselspannung. —— ○ Gleichspannung. -----△ 2 Stöße/Sek.
-·-·-·-□ 2 Stöße/Sek. -----+ 50 Stöße/Sek.

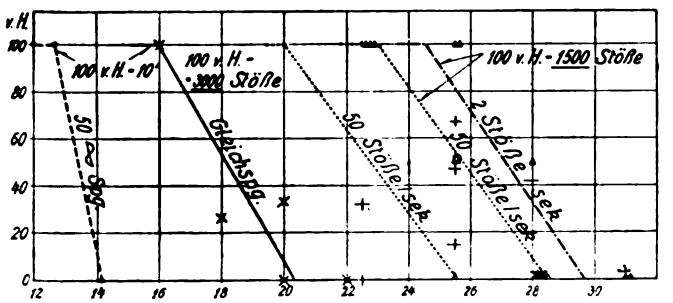


Abb. 19. Öl heiß (90° C).
——× 50 Per. Wechselspannung. ——○ Gleichspannung.
—— △ 2 Stöße/Sek. — — — + 50 Stöße/Sek.

H. Vergleich der Sprungwellenprüfung mit der Durchschlagsmessung und Schlußfolgerung.

1. Die Sprungwellenmessung ergab, daß die höchste Windungsbeanspruchung an den Normalspulen bei einer Sprungwellenprobe nach SEV von

Digitized by Google

60 kV effektiv in Öl kleiner war als 14 kV max. Bei der vorgeschriebenen Probe von 78 kV effektiv würde dieses einer max. Sprungwellen-Beanspruchung von 18·2 kV max. entsprechen. Wie die Durchschlagsmessung gezeigt hat, hält die Isolation einer Windung die Wechselspannung von 20 kV max. während 10 Minuten sicher aus, da sämtliche mit dieser Spannung beanspruchten Windungen nicht durchschlugen. Dieser 50periodigen Wechseldurchschlagsspannung gleichwertig ist eine Stoßdurchschlagsspannung von 29 kV max. nach 3000 Stößen bei 50 Stößen pro Sekunde.

2. Da man unbedingt annehmen muß, daß die Stoßbeanspruchung bei der Sprungwellenprobe bedeutend weniger wirksam ist als bei der Methode nach Peek, kommt man zum Schluß, daß die Sprungwellenproben des SEV als auch des VDE eine Beanspruchung ergeben, die nach heutigen Begriffen sehr schwach ist. Eine Sprungwellenfestigkeit von 19 kV max. entspricht einer 50periodigen Durchschlagsfestigkeit von 13 kV max. oder einer Windungsfestigkeit von 16 vH der Betriebsspannung. Eine solche Beanspruchung wird heute mit Recht als zu klein angesehen.

3. Wenn, wie obige Überlegung zeigt, die Sprungwellenprobe für den Käufer unnütz ist, da sie die Transformatorenwindung nur sehr schwach beansprucht, so ist sie für den Hersteller zudem noch umständlich, ohne für ihn den Vorteil einer Fabrikationskontrolle zu besitzen, denn es werden, wie die Versuche gezeigt haben, nur ganz wenige Windungen mit einer wesentlichen Spannung beansprucht. Als Ersatz für die Sprungwellenprobe möchte der Verfasser die Windungsprobe mit Stoßspannung an Probespulen befürworten.

4. Die Stoßspannungswindungsprobe an Probespulen hat den wesentlichen Vorteil, daß die Beanspruchung der Isolation genau bekannt ist. Sie hat den Nachteil, keine Fabrikationskontrolle am fertigen Transformator zu sein, was jedoch die jetzige Sprungwellenprobe auch nicht ist. Was die Höhe der Stoßbeanspruchung anbelangt, so möchte der Verfasser für die Eingangswindungen eine Stoßspannungswindungsbeanspruchung von der vollen Betriebsspannung und für die Normalwindungen von der halben Betriebsspannung und 50 Stöße pro Sekunde während 1 Minute vorgeschlagen. Zum Vergleich des neuen Vorschlages mit den Anforderungen, die heute gestellt werden, sei folgendes Beispiel gewählt. Die Schweizerischen Bundesbahnen schreiben für ihre neuen Transformatoren eine Windungsfestigkeit von der halben Betriebsspannung für die Normalspulen mit 50 Perioden Wechselspannung während 5 Sekunden vor. Dies entspricht, gleiche Verhältnisse vorausgesetzt, bei einem 60 kV-Transformator einer 50periodigen Wechselspannung von 37 kV max. während 10 Minuten. Bei gleichem Impulsverhältnis dieser stärkeren Isolation von 1·45 gibt dieses eine Stoßspannungsfestigkeit von 54 kV max. (38 kV eff.) mit 50 Stößen pro Sekunde 3000 mal. Nimmt man wieder an, die max. Windungsbeanspruchung bei der Sprungwellenprobe sei 16 vH der Totalspannung, so müßte eine Sprungwellenprobe von 240 kV eff. angewendet werden, um dieselbe Beanspruchung zu erreichen. Man sieht, daß die heutigen Anforderungen an die Windungsisolation und die Beanspruchung der Wicklung bei der Sprungwellenprobe nicht im Einklang miteinander stehen, so daß die letztere ruhig fallen gelassen werden kann. Andererseits ist die obige Vorschrift für die Windungsfestigkeit nach Ansicht der Verfassers entschieden zu hoch. Solche Vorschriften bedingen für die Eingangsspulen eine sehr starke Isolation, wodurch es für den Konstrukteur unmöglich wird, den Übergang von Eingangsspulen zu Normalspulen möglichst sanft zu machen. Die Prüfung der Eingangswindungen mit der vollen Betriebsspannung und der Normalspulen mit der halben Betriebsspannung mit Stoßspannungen von 50 Stößen pro Sekunde während 1 Minute würde genügen. Bei 50periodiger Wechselbeanspruchung während 1 Minute entspricht dies dann einer Windungsspannung von 60 kV max., bzw. 70 vH der Betriebsspannung, ohne daß damit gesagt sein soll, daß beide Prüfmethoden einander gleichwertig sind.

Rundschau.

Verbrennungskraftmaschinen.

Die Systemwahl für Großkraftdieselmaschinen behandelte M. Gercke in einem Vortrag auf der Hauptversammlung des VDI. Als Anwendungsgebiet kommen hiefür in erster Linie der Schiffsmaschinenantrieb und der Antrieb von elektrischen Stromerzeugern in Betracht. Während man bis vor kurzer Zeit noch sowohl einfach als auch doppeltwirkende Zwei- und Viertaktmaschinen baute, wendet man sich heute mehr der doppeltwirkenden Zweitaktbauart zu. Großen Anteil an dieser Entwicklung hat die MAN durch die Vervollkommnung der Spülung, das ist durch Schaffung des Umkehrschlitzspülverfahrens, bei welchem die Spülluft, nachdem sie den ganzen Zylinder durchstrichen hat, etwa an der gleichen Stelle mit den Abgasen wieder aus dem Zylinder austritt. Gegen den doppeltwirkenden Viertakt sprechen nach den Erfahrungen der MAN die hohen Baukosten und der ungünstige Brennstoffverbrauch gegenüber dem bei großen Leistungen allerdings überhaupt nicht in Frage kommenden einfachwirkenden Viertakt, ferner bauliche Nachteile. Auch in bezug auf die Triebwerksausnützung steht — abgesehen von der doppeltwirkenden Viertaktmaschine in Tandemanordnung, die an sich unwirtschaftlich ist — die doppeltwirkende Zweitaktmaschine an erster Stelle. An Hand einer großen Zahl ausgeführter Maschinen zeigt nun Gercke, daß für kleine und mittlere Leistungen in erster Linie der einfachwirkende Viertaktmotor mit oder ohne Kreuzkopf auch weiter angewendet werden dürfte. (Der einfachwirkende Zweitakt ist baulich wohl geeignet, hat aber bekanntlich etwas ungünstigeren

Digitized by Google

Brennstoff- und Ölverbrauch.) Bis etwa 10 000 PSe kommen sowohl der doppeltwirkende Viertakt und einfachwirkende Zweitakt und daneben schon der doppeltwirkende Zweitakt in Betracht. Die höchste Zylinderleistung ist 1250 PSe. Zylinderleistungen von 2000 bis 2500 PSe und vielleicht später auch mehr, das heißt Gesamtmaschinenleistungen von 20 000 (vielleicht 30 000) PSe lassen sich nur mit doppeltwirkenden Zweitaktmaschinen erreichen. Das Gewicht der verschiedenen Bauarten (einfachwirkender Viertakt, doppeltwirkender Viertakt, einfachwirkender Zweitakt, doppeltwirkender Zweitakt) beträgt im Mittel 150, 100, 120, 90 kg/PSe, der mittlere indizierte Kolbendruck für die gleichen Bauarten 6·6, 6·6 bis 5·9, 6·7 bis 8·2, 5·5 at, der nutzbare mittlere Kolbendruck etwa 5, 4·5, 5·5 und 4·4 at, der mechanische Wirkungsgrad für Viertakt 73 bis 78, für Zweitakt 75 bis 82 vH, wobei die höheren Werte für doppeltwirkende Maschinen gelten. Das Hubvolumen je PSe ist für die vier angeführten Bauarten 170, 190, 90, 100 l/min, die Kolbengeschwindigkeit 4·5 bis 6·25 m/s bei Viertakt, 4 bis 4·8 m/s bei Zweitakt. Im Raumbedarf ist natürlich die doppeltwirkende Zweitaktmaschine allen übrigen überlegen, doch spielt dies praktisch keine ausschlaggebende Rolle. Auch die Anlagekosten sind bei den doppeltwirkenden Zweitaktmaschinen um etwa 12 vH im Mittel geringer als bei Viertaktmaschinen. Der Brennstoffverbrauch ist bei Vollast bei allen Maschinen praktisch gleich, bei Teilbelastung ist die Zweitaktmaschine etwas im Nachteil, ebenso ist der Schmierölverbrauch größer als bei Viertaktmaschinen. Die Abhitzeverwertung ist bei der Zweitaktmaschine nicht so wirtschaftlich wie bei der Viertaktmaschine. Bezüglich der besonderen Anforderungen der Elektrizitätswerke verweist Gercke darauf, daß Maschinen für Grund- oder Gesamtbelastung von schwerer Bauart mit möglichst günstigem Brennstoffverbrauch sein sollen, während für Spitzenbelastung leichtere Bauart bei höherer Drehzahl und hohem mittleren Druck in Betracht kommt, wobei die Anlagekosten niedrig zu halten sind. Ein Entwurf einer solchen Spitzendeckungsmaschine für 5000 kW von der MAN liegt bereits vor, das Maschinengewicht ist nur 36 bis 32 kg/PSe. J.

(ZVDI, Bd. 70, Nr. 32, 1926.)

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Der Genauigkeitsgrad von Flügelmessungen bei Wasserkraftanlagen[1]) ist abhängig von der Wahl der Meßstelle, der Profilaufnahme, dem Flügel, der Zeitmessung, der Messungsart und dem Berechnungsverfahren. Ist in Rohrleitungen jede längere gerade Rohrstrecke als Meßstelle geeignet, wird hinter Rohrkrümmern erst in gewisser Entfernung (40facher Rohrdurchmesser), und hier möglichst in zwei zueinander senkrechten Durchmessern gemessen, so ist die Messung in offenem Gerinne nur bei neueren Kraftwerken leicht, da bei denselben bereits bei Entwurf auf die Messungsmöglichkeit geachtet wird. Die Profilaufnahme ist bei Rohrleitungen leicht, aber auch bei offenen Gerinnen kann sie bis 0·2 vH genau durchgeführt werden, wobei die Eppersche Nivellierlatte gute Dienste leistet. Der hydrometrische Flügel bedarf zu seiner Eichung ruhenden Wassers im Eichgerinne, was Messungen nur in sehr großen Intervallen gestattet. Dann ergeben sich aber geradezu verblüffend regelmäßig liegende Punkte der Eichkurve, die der Aufstellung der Flügelgleichungen[2]) keine Erschwernisse entgegenstellen. Die Schaufelform soll nach Epper mit Hilfe von Gipsformen fallweise nachgeprüft werden. Der mittlere Fehler guter Flügeleichungen bewegt sich um 0·5 vH. Schrägströmungen wirken sehr störend, da statt v nur $v \cos \alpha$ zur Wirkung kommt, wenn α der Richtungsunterschied von Strömung und Flügelachse ist. Bis heute ist die Konstruktion einer „Komponentenschaufel" nur bis $\alpha = 15°$ (als Speichenschaufel) gelungen, so daß $\alpha > 15°$ Holzeinbauten im Gerinne erfordert. Erschwernisse ergeben sich bei turbulenten und bei pulsierenden Strömungen, wofür der D. B. F.-Flügel[1]) empfehlenswert ist. Die Beobachtungsdauer soll wegen der Pulsation nicht unter 30 bis 40 sec betragen, besser 100 bis 200 sec. Geschwindigkeiten von 10 bis 13 m/s werden vom Flügel trotz Drehzahlen von 3000 bis 6000 sicher gemessen. Die Zeitmessung erfolgt durch die Stoppuhr, besser durch den Chronographen. Wenn erstere $^1/_5$ Sekundenhemmung besitzt, beträgt bei einer

Meßdauer von 20, 40, 60 und 120 sec
der Maximalfehler 1, 0·5, 0·33 „ 0·17 vH.

Neuere Stoppuhren haben $^1/_{30}$ Sekundenhemmung mit $^1/_{10}$ Sekunden-Ablesung. Die Geschwindigkeitsmessung kann nach der Punktmeßmethode, nach dem Integrierverfahren von Harlacher oder nach der Querfahrtmessung von Ott durchgeführt werden. Erstere, die meist verwendete, wird mit einem einzigen Flügel oder gleichzeitig mit mehreren Flügeln durchgeführt. Als Berechnungsverfahren kommt die rechnerische und graphische Ermittlung in Frage. Da bei ersterer die Geschwindigkeitsverteilung verschwindet, ist das graphische Verfahren vorzuziehen. Ist μ_b der Fehler in der Breitenmessung, ebenso μ_h in der Höhenmessung des Gerinnes und μ_v in der Geschwindigkeitsmessung, so ist der Fehler der ganzen Wassermessung durch

$$\mu = \pm \sqrt{\mu_b^2 + \mu_h^2 + \frac{\mu_v^2}{z}}$$

gegeben, wenn in z Punkten gemessen wird. Wassermessungen in Rohrleitungen[2]) werden rechnungsmäßig und graphisch durchgeführt. Der Genauigkeitsgrad der Flügelmessung ist erstaunlich. Eine Wassermessung mit Salzlösung ergab 102·9, mit Schirm 98·9, mit Überfall 101·6 vH des Ergebnisses der Flügelmessung. β.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Der Einfluß der Eisensättigung auf den Kurzschlußstrom von Synchronmaschinen. In der Literatur findet sich zur Berechnung des Kurzschlußstromes I_k' aus der Leerlaufspannung E_0 bei einer Erregung i_e die Beziehung

$$I_k' = \frac{E_0}{\sqrt{(x_\sigma' + x_n)^2 + R^2}}$$

oder bei Vernachlässigung des Ohmschen Widerstandes R der Strombahn

$$I_k' = \frac{E_0}{x_\sigma' + x_n} \quad \ldots\ldots\ldots (1),$$

wobei x_σ' die Synchronreaktanz der Maschine, x_n die Reaktanz des äußeren Stromkreises bedeutet und alle Werte sich nur auf eine Phase beziehen. Gleichung (1) berücksichtigt den Einfluß der Eisensättigung nur unvollkommen, worauf F. Foerster hinweist. Schreibt man den tatsächlichen Kurzschlußstrom in der Form $I_k = \frac{E_k}{x_\sigma + x_n}$ an, wobei mit E_k die Kurzschlußspannung, mit x_σ die Streureaktanz bezeichnet sei, so kann man aus Streuspannung E_s und Normalstrom I_n die Streureaktanz $x_\sigma = \frac{E_s}{I_n}$ und mit Hilfe des bekannten Klemmenkurzschlußstromes I_{k0} die dazu gehörige Spannung $E_{k0} = I_{k0} x_\sigma$ errechnen. Der Punkt für E_{k0} auf der Magnetisierungslinie aufgesucht und mit i_e verbunden (Abb. 1), bezw. durch i_e die Parallele zur Hypothenuse des bereits gefundenen Potier'schen Dreieckes gezogen, gestattet auf der Ordinatenachse die Abtragung eines Reaktanzmaßstabes, und auf der Abszissenachse von i_e aus einen Maßstab für I_k anzulegen. Der Schnittpunkt der Magnetisierungslinie mit der Kurzschlußcharakteristik für eine

[1]) Nach der gleichnamigen Broschüre von Prof. Dr. Ing. A. Staus. 35 Seiten, 24×16 cm, mit 15 Textabb. und 4 Zahlentafeln, Berlin 1926, Verlag von J. Springer. Preis geh. Mk. 2·40.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 787.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, Seite 425.

[2]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 387.

Digitized by Google

Gesamtreaktanz von $(x_\sigma + x_n)$ (Verbindungslinie von Punkt $x_\sigma + x_n$ auf dem Reaktanzmaßstabe mit i_e) liefert den gesuchten Kurzschlußstrom I_k mit genauer Berücksichtigung der Eisensättigung, während der nach Gleichung (1) berechnete Strom I_k' sich aus dem Schnittpunkt dieser Charakteristik mit der Geraden $\overline{E_{k_0}, E_0}$ ergibt, wie sich auf einfache Weise zeigen läßt. Hiemit ist schon eine einfache Methode zur Korrektur der nach obiger Formel gerechneten Werte gegeben.

Ist jedoch die Magnetisierungslinie nicht bekannt, so bietet eine Ersatzgerade $\overline{E_{k_0}, k \cdot E_0}$ (siehe Abb.) eine genügende Annäherung, wenn sie sich in dem für Kurzschlüsse zu erwartenden Bereich möglichst der Magnetisierungslinie anschmiegt. Die durch den Koeffizienten gegebene Neigung der Ersatzgeraden ist nicht von wesentlichem Einfluß, als Mittelwerte mögen

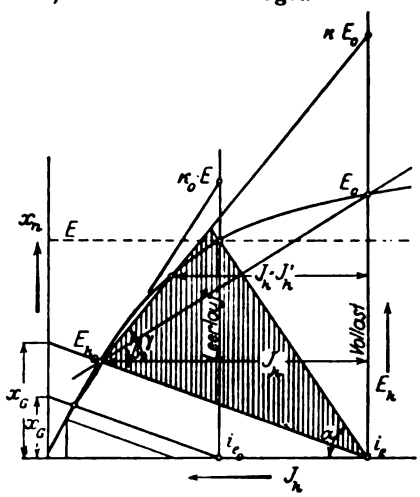


Abb. 1.

für Vollast-Erregung und $\cos\varphi = 0{\cdot}7$ bis $0{\cdot}8$ . . $k = 1{\cdot}6$
für Leerlauferregung, die auch in der Abb. angedeutet ist . . . . . $k_0 = 1{\cdot}25$
gelten. Damit ergibt sich auf Grund einer kurzen Ableitung

$$I_k = \frac{E_0}{x_\sigma' + \frac{1}{k} x_n} \quad \ldots\ldots\ldots (2).$$

Eine Berücksichtigung des Ohmschen Widerstandes der Strombahn erfolgt, indem entweder der Blindstromanteil des Kurzschlußstromes, da ja nur dieser entmagnetisierend wirkt,

$$I_{kb}' = \frac{E_0}{x_\sigma' + x_n + \frac{R^2}{x_\sigma + x_n}}$$

errechnet und, wie oben, korrigiert wird oder entsprechend Gleichung (2) aus

$$I_{kb} = \frac{E_0}{x_\sigma' + \frac{1}{k}\left(x_n + \frac{R^2}{x_\sigma + x_n}\right)} \quad \ldots (2\,a)$$

näherungsweise zu bestimmen ist. Der Gesamtkurzschlußstrom ergibt sich dann aus $I_{kg} = \frac{I_{kb}}{\sin\varphi_k}$. Eine Korrektur des zweipoligen Kurzschlusses läßt sich mit Berücksichtigung des Verhältnisses der Streureaktanzen bei dreiphasigem und einphasigem Kurzschluß $x_\sigma^{(3)} : x_\sigma^{(2)} = 1 : \frac{2}{\sqrt{3}}$ und der entsprechenden Neigungen der Kurzschlußgeraden $\operatorname{tg}\alpha^{(3)} : \operatorname{tg}\alpha^{(2)} = 1 : 2$ durchführen. Dabei sind wegen der im höheren Bereich verlaufenden Spannungen die Ersatzgeraden flacher zu legen und $k = 1{\cdot}4$, $k_0 = 1{\cdot}15$ zu wählen. St. Schw.

(ETZ Bd. 47, Heft 38, 1926.)

Über den Ölbedarf luftgekühlter Transformatoren. Dr. Ing. J. Liska untersucht Drehstrom-Öltransformatoren der Kerntype hinsichtlich ihres Ölbedarfes. Die gesamte, im Transformator enthaltene Ölmenge läßt sich in eine minimale Ölmenge $\ddot{O}m$, die notwendig ist, um die erforderliche Isolationsfestigkeit und eine entsprechende Zirkulation zu erreichen, und in eine zusätzliche $\ddot{O}z$ trennen. Mit der Menge $\ddot{O}m$ kann man nur selten, und zwar bei glatten Kastenwänden auskommen. Die zusätzliche Ölmenge $\ddot{O}z$ teilt sich nun wieder in zwei Teile: in die Ölmenge, welche in den Wellen der Kühlrippen enthalten ist und in jene, welche aufzuwenden ist, weil der Ölstand im allgemeinen höher ist, als der Menge $\ddot{O}m$ entspricht. Es lassen sich nun relativ einfache Zusammenhänge zwischen der kleinsten Kastendimension (der Tiefe), der Wellenhöhe der Kühlrippen und der abgeführten Verlustwärme finden. Um mit dem kleinsten $\ddot{O}z$ auszukommen, wählt man bei einer angenommenen Kastentiefe den Ölstand nur so hoch, als dies durch $\ddot{O}m$ bedingt ist, und bestimmt die Wellenhöhe, welche dann erforderlich ist, um bei normaler Beanspruchung der Manteloberfläche die Verlustleistung abzuführen. Dabei zeigt sich, daß $\ddot{O}z$ bei kleinen Transformatoren kleiner, bei größeren jedoch gleich, ja selbst größer als $\ddot{O}m$ wird. Die Untersuchungen sind für Kasten mit seitlich halbzylindrisch abgerundeten Wänden und für solche mit rein rechteckigem Grundriß durchgeführt. Außerdem ist eine Kombination berücksichtigt, bei der die halbzylindrischen Seitenwände aus glattem Blech und nur die geradlinig begrenzten Wände mit Kühlrippen versehen aus Wellblech verfertigt sind. Diese Kombination ermöglicht es, mit möglichst wenigen Wellenformen auszukommen. Die rein rechteckige Form und die mit abgerundeten Wänden sind bei Wellblechausführung bezüglich der Ölmenge ziemlich gleichwertig, weil mit der Volumsvergrößerung bei der rechteckigen Form auch die Mantelfläche größer wird. Bei glatten Wänden, wo $\ddot{O}z = 0$ ist, gibt die halbkreisförmig abgerundete eine Ölersparnis von zirka 10 vH. Bei Transformatoren mit Ölkonservator ist noch zu berücksichtigen, daß auch der Deckel Verlustwärme abführt. Bei der Bestimmung der erforderlichen Wellenhöhe hat man daher von den Gesamtverlusten vorerst 5 F_D W abzuziehen, wobei F_D die Deckelfläche in dm² bedeutet. f. f.

(ETZ, Bd. 47, Heft 37, 1926.)

Akkumulatoren, galvanische Elemente und Thermoelemente.

Der selbsttätige Ladeschalter System Pöhler. Von Dipl. Ing. W. Klein, Berlin. Da die bisher gebräuchlichen Verfahren zur selbsttätigen Ladung von Akkumulatoren, beruhend auf dem Prinzip der Messung der aufgenommenen und abgegebenen Amperestunden mittels Zähler oder auf Abschaltung bei Erreichung einer bestimmten Endspannung, nicht voll befriedigen, bei den in stets zunehmender Zahl in Gebrauch stehenden beweglichen Batterien eine vollkommene Einrichtung hiefür im Interesse der Lebensdauer aber von größter Wichtigkeit ist, hat die AEG einen automatischen Ladeschalter auf abweichender Grundlage entwickelt (D. R. P. Nr. 415705). Er beruht auf der Eigentümlichkeit der Ladekurve, daß die Spannung vom Anfang der Ladung von 2·1 bis 2·3 V sehr langsam, von 2·3 bis 2·55 V sehr rasch und dann von da ab wieder langsam zunimmt und daß die Ladezeit von dem kurzdauernden Intervall zwischen 2·3 und 2·55 im Mittel 2·4 V bei dem selben Akkumulator und festgelegten Ladeverhältnissen unabhängig von der Art der vorangegangenen Entladung immer die gleiche ist. Es kann daher bei 2·4 V ein Relais betätigt werden, welches eine Uhr in Gang setzt, die nach Ablauf einer bestimmten Zeit, die für die Beendigung erforderlich ist, die Abschaltung bewirkt. Der Ladeschalter besteht aus Relais, Uhr, Hauptschalter und einer Kontaktbrücke, welche nötig ist, um der Forderung zu entsprechen, daß von 2·4 V ab die Ladestromstärke nur mehr einen Bruchteil (50 oder 40 bezw. 25 vH) der maximalen, zu Anfang der Entladung zulässigen betragen darf. Der von 2·4 V ab vorzuschaltende Widerstand, wenn die Netzspannung wenig größer ist als die benötigte Ladespannung, bezw. die anfänglich vorgeschalteten Parallelwiderstände, deren einer bei Erreichen von 2·4 V abgeschaltet wird, wenn die Netzspannung die Ladespannung wesentlich übersteigt, sind fallweise Gegenstand genauer Errechnung.

Digitized by Google

Die Einrichtung beruht auf einer charakteristischen Eigenschaft des Bleiakkumulators, ist daher für Eisen-Nickel-Zellen nicht verwendbar. Besonders vorteilhaft zeigt sie sich bei der Ladung der Batterien von Fahrzeugen, insbesondere Elektrokarren. Gn.

(ETZ, Bd. 47, Heft 32, 1926.)

Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Elektrisch geschweißte Stahlhäuser. Die Westinghouse Electric and Manufacturing Company in East Pittsburgh, Pa, hat in jüngster Zeit zwei Gebäude aufgeführt, deren Konstruktionsteile aus Stahl bestehen und mittels elektrischen Lichtbogens aneinander geschweißt sind; das eine Gebäude ist einstöckig und dient den East Pittsburgh Werken zu Laboratoriumszwecken, das zweite fünf Stock hoch für die Fabrikation von Transformatoren der Westinghouse-Sharon-Werke. Beide Gebäude sind die ersten der Welt, deren Konstruktionsteile keine Nietverbindungen aufweisen. Die Baukosten für das fünfstöckige Gebäude betrugen 275 000 Doll. Mit den geschweißten Trägern, die hierbei verwendet werden, hat das Carnegie Institut zahlreiche Versuche angestellt, die das Ergebnis hatten, daß die geschweißten Träger eine größere Festigkeit besitzen, als genietete Träger der gleichen Dimensionen und daß die Ersparnis an Stahl eine beträchtliche ist, nicht nur wegen des Fehlens von Verbindungsstücken (Winkel, Platten usw.), sondern auch deshalb, weil schwächer dimensionierte Träger genommen werden konnten; denn für die Festigkeit der genieteten Tragkonstruktionen sind vielmehr die für die Verbindung erforderlichen Dimensionen des Trägers maßgebend, nicht so sehr die Dimensionen der Träger selbst; so konnten beim Sharongebäude an Stahl zirka 100 t bei einem Gesamtverbrauch von 700 t erspart werden, ein Vorteil, der neben dem der geräuschlosen Herstellung der Verbindungen nicht zu unterschätzen ist. Vorläufig war das Schweißmaterial in Überschuß; es gelangen aber jetzt Versuche zur Durchführung, um festzustellen, mit welchem Minimum an Schweißmaterial man das Auslangen findet, um Verbindungen der erforderlichen Stärke herzustellen. L. V.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Die Mechanik des elektrischen Feldes. In der 17. Kelvin-Vorlesung vor der Institution of Electrical Engineers in London behandelt J. J. Thomson dieses Thema in einem außerordentlich gedankenreichen Vortrag, aus dem nachstehend das Wesentlichste herausgehoben werden soll.

Wendet man die sogenannte klassische Elektrodynamik, die ihren Ausdruck in den beiden Gleichungen

$$dE/dt = c \,.\, \mathrm{rot}\, H, \quad dH/dt = c \,.\, \mathrm{rot}\, E$$

findet, worin E und H die elektrische und magnetische Feldstärke und c die Lichtgeschwindigkeit bezeichnet, auf die Vorgänge im Atom an, so findet man beträchtliche Widersprüche mit den tatsächlichen Erscheinungen. Dies führte bekanntlich zur Aufstellung der sogenannten Quantentheorie, die in ihren Grundlagen und Folgerungen vielfach von der klassischen Mechanik abweicht, und nur in gewissen Grenzfällen (Korrespondenzprinzip) die gleichen Ergebnisse liefert. J. J. Thomson versucht nun diese Abweichungen durch eine diskontinuierliche Wirkung der elektrischen und magnetischen Kräfte zu erklären, ähnlich, wie man in der Gastheorie den Druck des Gases auf einen Kolben durch eine den Wahrscheinlichkeitsgesetzen unterworfene Folge von einzelnen Molekularstößen ersetzt. In den meisten praktischen Fällen sind diese Stöße nicht voneinander zu trennen und es wird nur der mittlere Zuwachs an Bewegungsgröße über eine, gegenüber dem Stoßintervall sehr lange Zeit beobachtet. Durch Herabsetzen des Gasdruckes kann man das Stoßintervall verlängern: denkt man sich hierin so weit gegangen, daß man die Wirkung der einzelnen Stöße auf den Kolben beobachten kann, so tritt die Wahrscheinlichkeitsrechnung an Stelle der üblichen Mechanik. Die Wahrscheinlichkeit, daß der Kolben in der Zeit t eine gewisse Anzahl, zum Beispiel n Stöße erhält, wird dann durch

$$(t/T)^n \,.\, (1/n!) \,.\, e^{-t/T}$$

ausgedrückt, worin T das mittlere Stoßintervall bezeichnet. Während im gewöhnlichen Falle die klassische Mechanik nur eine einzige Lösung der Frage nach der übertragenen Bewegungsgröße mv

$$\left(\int_{t_1}^{t_2} p \,.\, dt = m \int_{t_1}^{t_2} g \,.\, dt = m \int_{v_1}^{v_2} dv = m v_2 - m v_1 \right),$$

also Gewißheit liefert, besteht im letzteren Falle nur eine gewisse Wahrscheinlichkeit, die beinahe jede Kolbenbewegung innerhalb gewisser Grenzen zuläßt. Wenn nun auch die Annahme einer kontinuierlichen Kraftwirkung mathematisch einfacher ist, so besitzt dagegen die Stoßtheorie größere physikalische Anschaulichkeit. Man muß hiezu allerdings annehmen, daß der Äther aus noch viel kleineren Teilchen besteht, als es die Elektronen und die positiven Grundelemente sind, also eine Art subelektronisches oder subatomisches Gas darstellt. Die Ätherteilchen seien um die positiven und negativen Ladungen konzentriert, und zwar um so dichter, je näher der Ladung. Je nach dem Vorzeichen der Ladung mag man sie sich um diese in einem oder dem anderen Sinne rotierend vorstellen. Ist nur eine Ladung vorhanden, so sind die Ätherteilchen um diese symmetrisch verteilt und stoßen nach allen Richtungen auf sie, so daß sich die Wirkungen dieser Stöße in einem längeren Zeitabschnitte gegenseitig aufheben. Die Ätheratmosphären zweier Ladungen stören jedoch gegenseitig ihre Symmetrie, so daß als resultierende Kraftwirkung Anziehung oder Abstoßung auftritt. Nach der klassischen Elektrodynamik ist im Falle zweier Ladungen, die sich in den Endpunkten der Strecke AB befinden und nach dem Coulombschen Gesetze anziehen oder abstoßen, der Zuwachs $d\,(mv)$ an Bewegungsgröße gleich $dt \,.\, E \,.\, e/AB^2$, worin E und e die elektrischen Ladungen in den Punkten A und B bezeichnen. Ist I der Zuwachs an Bewegungsgröße durch einen einzelnen Stoß und T das zeitliche Stoßintervall, das ist gewissermaßen die zeitliche Feinstruktur der Kraft, so gilt obige Formel auch für die diskontinuierliche Kraftwirkung, soferne T gegenüber dt sehr klein ist. Die Kraft F ist dann durch die Gleichung $F = I/T$ gegeben. Dagegen gelten für Beobachtungszeiten, die nicht mehr lang gegen T sind, folgende Gesetze, wenn die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Zuwachses an Bewegungsgröße dt/T ist:

1. Die Wahrscheinlichkeit, daß der Körper überhaupt keinen Zuwachs erhält, ist $e^{-t/T}$.
2. Die Wahrscheinlichkeit, daß er nur einen einzigen Zuwachs erhält, ist $(t/T) \,.\, e^{-t/T}$.
3. Die Wahrscheinlichkeit, daß er nur zwei Zuwüchse erhält, ist $\frac{1}{2}\,(t/T)^2\, e^{-t/T}$.
4. Die Wahrscheinlichkeit, daß er r Zuwüchse erhält, ist $(1/r!) \,.\, (t/T)^r e^{-t/T}$. Das Verhältnis der Wahrscheinlichkeit von $r+1$ Zuwüchsen zu der von r Zuwüchsen ist also $t/T \,.\, (r+1)$. Je nachdem $r+1$ kleiner oder größer als t/T ist, ist die Wahrscheinlichkeit einer größeren Anzahl von Stößen größer, als die einer kleineren Anzahl und umgekehrt. Die Stoßzahl, welche die größte Wahrscheinlichkeit besitzt, ist t/T; die Erwartung für einen Zuwachs an Bewegungsgröße ist $I \,.\, t/T$, oder Ft, wenn $F = I/T$ ist. Der wahrscheinliche Zuwachs ist also der von der Kontinuitätstheorie geforderte.

Ein horizontal fortbewegtes Elektron werde einer Kraft senkrecht zu seiner Bahnrichtung unterworfen. Nach der Kontinuitätstheorie würde hieraus eine parabolische Bahn folgen; bei intermittierender Kraftwirkung gibt es dagegen unendlich viele Bahnmöglichkeiten. Die Bahn kann irgend ein Polygon sein, dessen r-te Seite mit der Horizontalen einen Winkel $\vartheta_r = k \,.\, r$ einschließt, worin k eine Konstante bezeichnet. Auch eine horizontale Gerade ist eine mögliche Bahn, wenn das Elektron keinen Stoß empfängt, ebenso unendlich

Digitized by Google

viele verschiedene Bahnen mit zwei Polygonseiten. Seine kinetische Energie am Ende aller dieser zweiseitigen Bahnen ist die gleiche; dagegen ist die Entfernung von der Geraden und damit die Änderung seiner potentiellen Energie verschieden, je nachdem es der ablenkende Stoß an einem früheren oder späteren Punkte seiner Bahn trifft. Das Gesetz von der Erhaltung der Energie erscheint also hier in seiner üblichen Form nicht mehr anwendbar. Dasselbe gilt auch für alle Bahnen mit 3, 4 oder 5 Polygonseiten; dabei ist die kinetische Energie umso größer, je mehr Stöße das Elektron treffen. Die wahrscheinlichste Anzahl von Polygonseiten ist t/T. Teilt man die Bahn in Abschnitte von der Länge x_1, x_2, x_3 usw., so ist die Wahrscheinlichkeit, daß je ein Stoß in jeden Abschnitt fällt, gleich $x_1 . x_2 . x_3 \ldots$ und sie besitzt wegen $x_1 + x_2 + x_3 + \ldots =$ konst. ein Maximum für $x_1 = x_2 = x_3 = \ldots$, also für gleichmäßige Verteilung Stöße über die Bahn. Die wahrscheinlichste Bahn ist also wieder jene, die der Bahn unter kontinuierlicher Kraftwirkung am nächsten liegt. Bewegt sich ein Elektron in einer exzentrischen Bahn um ein positives Teilchen, so kann es auf seinem Wege vom Aphel zum Perihel mehr Energie aufnehmen, als es auf dem Rückwege wieder abgibt und dadurch von seinem positiven Kern endgültig abgetrennt werden. Dieser Vorgang entspricht dem freiwilligen Zerfall radioaktiver Atome. Die Wahrscheinlichkeit eines Energiezuwachses ω auf dem Wege des Elektrons ist proportional $e^{-p\omega^2}$, worin p von ω unabhängig ist. Die Wahrscheinlichkeit eines Energiezuwachses verringert sich also sehr rasch mit der Größe desselben; sie ist der mittleren Lebensdauer des Atoms proportional, die also sehr rasch mit der zum Zerfall erforderlichen Energie zunimmt. Ein Beispiel hiefür ist auch das Verhalten der Elektronen in ionisierten Gasen, die sich sowohl mit einem oder mehreren Gasmolekülen verbinden, als auch wieder davon trennen. Die Geschwindigkeit dieses letzteren Vorganges wird weder durch den Gasdruck noch durch Strahlung beeinflußt, scheint also zur vorerwähnten Kategorie des freiwilligen Zerfalles zu gehören. Ebenso kann ein mit geringerer, als der zur Stoßionisation erforderlichen Energie ausgeschleudertes Elektron durch Zusammenstöße mit positiven Ionen die ihm fehlende Energie gewinnen.

Auch bei Elektronen mit kreisförmiger Bahn können ähnliche Fälle eintreten, wenn man annimmt, daß nicht nur in der Richtung der Kraft, sondern auch senkrecht dazu Stöße vorkommen, die sich zwar im Durchschnitt gegenseitig aufheben, dagegen in Zeitintervallen, die von der Größenordnung von T sind, eine resultierende Wirkung im Sinne einer Beschleunigung oder Verzögerung des Elektrons in seiner Bahn ergeben können.

Wirkt ein elektrisches Feld auf ein Volumelement, das eine große Zahl von Atomen enthält, während der Zeit t, die von derselben Größenordnung wie T ist, so ist der Zuwachs an Bewegungsgröße des ganzen Systems unabhängig von der Zeitdauer der gleiche wie bei kontinuierlicher Wirkung einer Kraft I/T. Die Verteilung der Bewegungsgröße wird dagegen in beiden Fällen ganz verschieden ausfallen, da im letzteren Falle der Zuwachs sich gleichförmig auf alle Atome verteilt, während im ersteren der größte Teil derselben überhaupt keinen, einige wenige dagegen einen verhältnismäßig sehr großen Zuwachs an Bewegungsgröße erhalten. Der mv^2 proportionale Energiezuwachs ist daher weit größer bei intermittierender als bei kontinuierlicher Kraftwirkung, und zwar im Verhältnis $(T + t)/t$. Das tritt besonders bei periodischer Umkehrung der Kraftrichtung in kurzen Zeitintervallen hervor. Bei kontinuierlicher Kraftwirkung wird die in einer Halbperiode aufgenommene Energie in der nächsten wieder abgegeben. Anders bei intermittierender, bei der nur ein kleiner Bruchteil der Atome Energie empfangen hat und die in der zweiten Halbperiode Energie aufnehmenden Atome wieder andere sind als in der ersten Halbperiode. Es wird also im Gegensatze zur kontinuierlichen Kraftwirkung in jeder Halbperiode Energie absorbiert. Daher treten bei Periodendauern, die kurz gegen T sind, ganz andere Absorptionsverhältnisse auf, als bei längeren Wellen.

Die Gleichungen des elektrischen Feldes haben somit nach allem nur eine statische Bedeutung unter Verhältnissen, die auf längere Zeit als konstant betrachtet werden können, und gelten nicht mehr für Verhältnisse, die sich in Zeiträumen von der Größenordnung T merklich ändern. Da die im ersteren Falle beobachtete Kraft gleich $F = I/T$ ist, sollte man, welche Annahme immer man über die Ursache der Impulse machen mag, erwarten, daß das Intervall T mit der Abnahme der Feldstärke zunimmt. Betrachtet man nun mit der Periode T_0 schwingende Elektronen, so ist das Feld in ihrer nächsten Umgebung sehr stark, T sehr klein und die klassische Theorie anwendbar; es entstehen daselbst elektromagnetische Wellen. Diese können sich aber nur bis zu einer gewissen Grenze ausbreiten, da in einiger Entfernung vom Erregungszentrum das Feld abnimmt und T wächst; die Wellenbewegung also nach dem Vorhergehenden verschwinden muß. Für lange Wellen liegt diese Grenze weiter entfernt, für kurze näher beim Erregungszentrum. Der Vorgang ist ähnlich, wie bei Schallwellen, die von der Erdoberfläche ausgehen und ebenfalls gewisse hohe Luftschichten, in denen die freie Weglänge der Moleküle und mit ihr die sogenannte „Relaxationszeit" des Gases, die zum Verschwinden einer Störung erforderlich ist, anwächst. Eine entstehende Verdichtung würde nicht weiterschreiten, sondern solange andauern, bis wieder eine Verdünnung eintritt; die Wellenbewegung wird also entweder reflektiert oder in Wärme verwandelt. Ein oft von Lord Kelvin gebrauchtes Beispiel besteht in einer straff gespannten, mit gleichen Massen in gleichen Abständen besetzten Saite, die vielerlei Schwingungsdauern besitzt. $P = \pi \sqrt{l\,m/T}$ ist die kürzeste darunter, wenn T die Saitenspannung, m eine der Einzelmassen und l ihr Abstand von den benachbarten ist. Wird das eine Ende A der Saite mit der Periode p erregt, so wandern die Wellen längs der Saite weiter, so lange $p < P$ ist; ist dagegen $p > P$, so bleibt die Wellenbewegung auf das erregte Ende beschränkt. Macht man nun, um größere Ähnlichkeit mit dem elektrischen Falle zu erhalten, die Abstände l umso größer, je weiter man sich von A entfernt, so wandern die Wellen mit der Periode p nur so lange von A weiter gegen das andere Ende der Saite, bis sie einen Punkt erreichen, wo $p = P$ ist und sie wieder zurückgeworfen werden. Ebenso werden die von den Elektronen ausgehenden Wellen in einigem Abstande wieder auf ihre Schwingungserreger zurückgeworfen und von ihnen absorbiert; wandern also nicht in den Raum hinaus. Beschreiben die Schwingungserreger kreisförmige Bahnen, so werden diese durch die zurückgeworfenen Wellen im allgemeinen verändert werden. Es kann aber bestimmte Kreisbahnen geben, bei denen durch die Zurückwerfung nur eben die Verluste bei der Aussendung kompensiert werden, die also konstant bleiben. Da sich die Zeitkonstante des Feldes mit der Feldstärke ändert, müssen solche Kreisbahnen durch stärkere Felder verschoben werden.

Da das Licht eine elektromagnetische Wellenbewegung ist, könnte es sich also nicht bis zu beliebiger Abschwächung im Raume ausbreiten. Die Stoßtheorie erfordert daher eine Korpuskulartheorie des Lichtes, das sich in geschlossenen Volumelementen von größerem Durchmesser bei langen, von kleinerem bei kurzen Wellen ohne Energieverdünnung fortpflanzen müßte. Der Verfasser stellt sich diese Korpuskel als aus zwei Teilen bestehend vor; einem kreisförmigen Ring, dessen Ebene auf der Fortbewegungsrichtung senkrecht steht, und der der Sitz eines starken elektrischen Feldes ist. Der Umfang des Ringes ist gleich der Wellenlänge und sein Energieinhalt entspricht einem Lichtquantum. Er schwingt und sendet Wellen aus, die aber nur bis zur kritischen Schicht und wieder zurück laufen. Das Licht hat also Wellennatur mit einem Quantum als Kern. Erstere verursacht die Interferenzen, letzterer die photoelektrischen Erscheinungen.

Es wurde eingangs angenommen, daß die Elek-

Digitized by Google

tronen und Atomkerne von einer Atmosphäre von Ätherteilchen umgeben sind. Diese Ätherhüllen müssen durch gegenseitige Einwirkung Formänderungen erleiden. Verschwindet die Ursache der Formänderung, so können auch in den Ätherhüllen vereinzelter Atomkerne und Elektronen Schwingungen um die symmetrische Gleichgewichtslage entstehen. Es kann daher ein positiv elektrisches *H*-Atom, das ist ein solches, welches nur aus einem Atomkern ohne Elektron besteht, auch ohne vorherige Neutralisation durch Aufnahme eines Elektrons Licht aussenden. Die Möglichkeit von Schwingungen eines elektrischen Feldes ohne Bewegung der Ladungen im Felde ist allerdings noch nicht genügend sicher gestellt. Jedenfalls liegt jenseits der Atome und Elektronen noch eine weitere, die der Eroberung und Erforschung harrt.

Die Darlegungen des ungemein ideenreichen Verfassers deuten vorläufig wohl nur die Richtung eines neuen Weges zur Erklärung der Naturerscheinung und zugleich einer Brücke zwischen der klassischen Mechanik und der Quadratenlehre an, ohne in den Einzelheiten unbedingte Geltung zu beanspruchen. Aber auch die bisher stets vergeblichen Bemühungen der hervorragendsten Physiker, die Maxwellschen Gleichungen mit irgend einer plausiblen Ätherstruktur in Einklang zu bringen, weisen darauf hin, daß diese Gleichungen nur eine statistische Bedeutung besitzen.

Dr. R. Hiecke.

(Journ. Inst. El. Eng., London, Bd. 64, Nr. 355, 1926.)

Patentbericht.

Kabel.

Starkstromkabel.

(Fortsetzung aus Heft 1, Seite 16.)

b) Verlegung.

Bei im Erdboden verlegten unbewehrten und daher empfindlichen Kabeln, insbesondere Wechselstromkabeln hoher Spannung, ist eine gute Ableitung der im Bleimantel durch Strombelastung entstehenden Wärme wichtig. Dieser Forderung trägt ein Verfahren der Firma Felten & Guilleaume Carlswerk A.-G. in Köln-Mülheim zur Verlegung solcher Kabel unter Erde Rechnung, indem es ermöglicht, die Kabel vollständig und dauernd innig mit der Erde in Berührung zu bringen. Die Kabel werden je für sich in oben offenen Rinnen aus U-förmig oder ähnlich geformten Schutzsteinen nebeneinander verlegt und in diesen vollständig mit Sand oder gesiebter Erde und dergleichen umgeben. Die Kabel sind durch die Rinnen von unten und von der Seite her geschützt und voneinander getrennt, sodaß Lichtbogen zwischen den einzelnen Kabeln nicht zu befürchten sind. Der wichtige Schutz von oben wird durch gemeinsame Abdeckplatten aus Beton oder dergleichen bewirkt, welche je nach der gewünschten Sicherheit entsprechend dick gemacht werden. Zwischen der Oberkante der Rinnen und der Unterfläche der Abdeckplatten wird eine reichlich dicke Sandschicht vorgesehen, so daß der Sand in den Rinnen mit der äußeren Sandfüllung gut in Berührung bleibt, womit eine gute Wärmeableitung gewährleistet ist. Im Sand entstehende Hohlräume füllen sich bei dieser Anordnung immer wieder selbsttätig aus. (Ö. P. Nr. 103732.)

Werden zur Fortleitung von Drehstrom drei Hochspannungs-Einleiterkabel, die weder einen Bleimantel noch eine metallische Bewehrung besitzen, also zum Beispiel solche, die über der Papierisolation lediglich einen von diesen durch eine öldichte Zwischenlage getrennten, aus Gummi oder Bitumen bestehenden Schutzmantel tragen, verlegt, so bieten diese unter Umständen infolge der sich um sie herum ausbildenden Schichten verschiedenen Potentials eine gewisse Gefahr für den auf der Erdoberfläche über sie Hinwegschreitenden, besonders wenn die elektrische Leitfähigkeit des Erdreiches über zwei nebeneinander liegenden Kabeln verschieden ist. Zur Vermeidung dieser Gefahr wird nach einer Erfindung der genannten Firma eine leitende, zweckmäßig verbleite Platte oder ein ebensolches Netz über den Kabeln verlegt, wodurch ein Ausgleich der sonst an dieser Stelle auftretenden Potentialdifferenzen erreicht wird, und Stellen ungleichen Potentials an der Erdoberfläche vermieden werden.

(Ö. P. Nr. 103417.)

Eine Erfindung der Siemens & Halske, Aktiengesellschaft in Berlin und Wien betrifft eine Einrichtung an in gußeisernen Gehäusen wasserdicht gekapselten Kabelendverschlüssen, die namentlich für die Verbindung der Adern mehrerer verschiedener, in gesonderte Endverschlüsse eingeführter Kabel geeignet ist und darin besteht, daß die Anschlußleitungen innerhalb des Gehäuses gemeinsam durch seitliche Öffnungen geführt sind, die bei Nebeneinanderanordnung mehrerer Kabelendverschlüsse sich genau passend aneinanderlegen. Gemäß Abb. 1 wird das Kabel durch einen Stutzen 1 eingeführt. Die Adern werden mit den unteren Lötösen der wagrecht angeordneten Klemmenplatte 2 verbunden. An den Klemmen 3 werden die Anschlußleitungen angeschraubt, durch eine Führungsleiste 4 gezogen und durch eine von zwei am hinteren Teil des Gehäuses 5 vorgesehenen Öffnungen 6 aus diesem herausgeleitet. Diese Öffnungen sind in flanschartigen Ansätzen vorgesehen, die bei Nebeneinanderanordnung von Kabelendverschlüssen genau dichtend gegeneinander angelegt werden, so daß die Anschlußleitungen, ohne aus den Gehäusen sichtbar herauszutreten, überführt werden. Die nicht benützten Öffnungen werden durch Blindflansche 8 verschlossen. (Ö. P. Nr. 103689.)

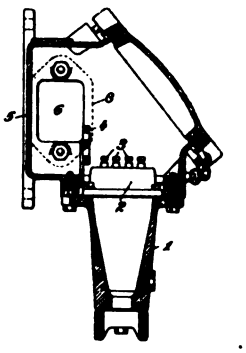


Abb. 1.

Eine Kabelverbindungsmuffe gemäß einer Erfindung der SSW in Berlin ist besonders für Hochspannung geeignet und erfordert einen erheblich geringeren Materialaufwand gegenüber der bisher üblichen Form mit gegenüberliegenden Einführungs- bzw. Austrittsöffnungen. Erfindungsgemäß werden sowohl das einmündende als auch das herausführende Kabelende ungefähr an derselben Stelle durch die Gehäusewandung hindurchgeführt, wobei dann die miteinander zu verbindenden Kabelenden, zum Beispiel beim Drehstromkabel die drei Leiter, im Gehäuse derart angeordnet sind, daß sie im Gehäuse je eine Schleife bilden. Dadurch wird die Baulänge des Gehäuses wesentlich verkürzt, sein Gewicht und der Fassungsraum für Ausgußmaterial verkleinert. Die Kabelenden werden im Gehäuseinnern zweckmäßig auf Isolatoren befestigt.

(Ö. P. Nr. 103398.)

Man hat vorgeschlagen, zwecks Verminderung der Koronaverluste bei Hochspannungsfreileitungen, eine Vergrößerung des Leiterumfanges dadurch zu bewirken, daß der Leiter mit einer rohrartigen Umhüllung von entsprechender innerer Weite umgeben wird. Nach einer Erfindung der Firma Felten & Guilleaume Carlswerk A.-G. in Köln-Mülheim kann jede gewünschte Verdickung des Leiters dadurch erzielt werden, daß über das Leitungsseil *b* (Abb. 2) volle oder gefalzte Rohre *a* aus gutleitendem Metallblech (Cu, Al) geschoben und durch Tragwände *c* aus dem gleichen Metalle, deren Form das Aufschieben auf das Leitungsseil erleichtert, auf dem Seile gestützt werden, so daß

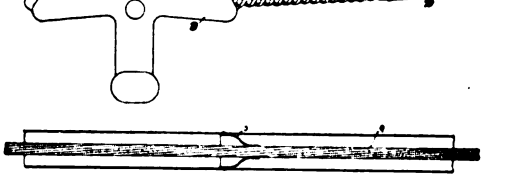


Abb. 2.

Digitized by Google

das Leitungsseil in der Mitte des Rohrdurchmessers liegt. Um Übergangswiderstände zu vermeiden und hohe Festigkeit zu erzielen, werden die Rohre durch Schweißung miteinander und gleichzeitig mit den Tragwänden *c* verbunden. Vor den Hänge- und Abspannklemmen *e* erhält das Rohr einen nachgiebigen strumpfförmigen Ansatz *d*, der bis zur Klemme reicht und dem Rohr erlaubt, Schwingungen und Wärmedehnungen ungehindert zu folgen. Jedes Strumpfende trägt einen aufgeschweißten Kabelschuh *f*. Die zusammengehörigen Kabelschuhe werden untereinander und mit den zugehörigen Klemmen gut leitend und mechanisch fest, zum Beispiel durch Schraubenbolzen *g*, verbunden.

(Ö. P. Nr. 103403.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3432 **Arbeiten aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Aachen.** Band I, 1924/25, herausgegeben von Prof. Dr. Ing. W. Rogowski. 159 Seiten mit 150 Abb. Im Selbstverlag des Elektrotechnischen Institutes. o. J. (1926). Preis Mk. 5·—.

Dem Beispiele vieler anderer Hochschulforschungsinstitute folgend, gibt der Leiter des Elektrotechnischen Institutes der Aachener Hochschule nunmehr auch dessen Arbeiten gesammelt heraus und bringt in dem vorliegenden Band nachstehende Beiträge: Albersheim, „Kritisches über das Problem des Ziehens des Röhrensenders und seine Literatur"; derselbe, „Oberschwingungen des Röhrensenders"; Rogowski und Flegler, „Die Wanderwelle nach Aufnahmen mit dem Kathodenoszillographen"; dieselben, „Ein Kathodenoszillograph für Aufnahmen im Vakuum"; Rogowski und Grösser, „Über einen lichtstarken Glühkathodenoszillographen für Außenaufnahme rasch verlaufender Vorgänge; Mündel, „Zum Durchschlag fester Isolatoren"; Loebner, „Dämpfung und notwendige Gliedzahl bei Siebketten"; derselbe, „Die nicht abgeglichene Belastung von Siebketten"; Rogowski und Rengier, „Ebene Funkenstrecke mit richtiger Randausbildung"; Rengier, „Die Durchbruchfeldstärke der Luft bei ebenen Elektroden mit richtiger und falscher Randausbildung". Wenn auch alle Arbeiten schon im Archiv für Elektrotechnik (Band XIV—XVI)[1]) der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurden, so wird die vorliegende Sammlung, weil sie Gruppen zusammenhängender Arbeiten enthält, den Fachkreisen doch sehr willkommen sein. Der Wert der einzelnen Arbeiten braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, es genügt hiezu der Hinweis auf den Namen des Herausgebers. Zu erwähnen ist neben der guten Ausstattung des Bandes auch dessen niedriger Preis.

J.

1649 **177 Schaltbilder von Transformatoren, Generatoren. Akkumulatoren und Umformern.** Von L. Lerch. Herausgegeben von Dipl. Ing. H. Schütte, 160 Seiten, 125 × 170. Verlag Schmorl & von Seefeld, Hannover. Preis Mk. 3·40.

Das Buch ist eine Fortsetzung der „Schaltungen für elektrische Beleuchtungs- und Maschinenanlagen" des gleichen Verfassers. Es bringt sauber gezeichnete und übersichtlich zusammengestellte Schaltbilder von den im Titel genannten Anlagen und als Abschluß noch zirka 30 Schaltungen für Isolationsmessung. Besonders reichlich sind Gleichstromschaltbilder vertreten, wobei auch die Prinzipschaltung des Quecksilberdampfgleichrichters Aufnahme gefunden hat. Erklärungen sind nur in ganz kurzer Form beigegeben, wodurch die Übersichtlichkeit gewahrt bleibt. Die Auswahl der Schaltbilder ist im allgemeinen gut. Ebenso die Ausstattung des Buches.

F. Fritz.

[1]) Über die meisten dieser Arbeiten ist in der Zeitschrift bereits berichtet worden. Vgl. E. u. M. 1925 und 1926.

3451 **Leitfaden für den Fachunterricht in Elektrikerklassen.** Von F. Jeß und F. Köhne. Erste und zweite Auflage mit 48 Seiten, 130 Abb. Creutz'sche Verlagsbuchhandlung, Magdeburg 1926.

Das Büchlein ist für die Hand des Schülers in Fachschulen bestimmt. Im Anschluß an die Grundgesetze des elektrischen Stromes werden die hauptsächlichsten Kapitel der Elektrotechnik an Hand von Abbildungen in kurzen Worten erläutert. Die klare Fassung des Textes und die deutlichen Abbildungen, die auch neueste Errungenschaften, zum Beispiel einen 60 000 kVA-Turbogenerator im Bilde bringen, machen das Büchlein für seinen Zweck sehr geeignet. Einige Kleinigkeiten könnten in der nächsten Auflage verbessert werden. Der Satz auf Seite 15 „Wird ein geschlossener Leiter in einem magnetischen Felde so bewegt, daß er Kraftlinien schneidet, so fließt in ihm ein elektrischer Strom" kann zu Irrtümern führen, da bei transversaler Bewegung einer geschlossenen Leiterschleife in einem homogenen magnetischen Feld kein Strom induziert wird. Als Zweck der Wendepole die Aufhebung der Ankerrückwirkung zu bezeichnen, ist nicht ganz korrekt, da hierzu eine eigene Kompensationswicklung dient. Bei den einleitenden Worten über den Wechselstrom wäre es vielleicht angezeigt, über die Sinuslinie und den Begriff des cos φ Näheres zu sagen.

Dr. L. Kneissler-Maixdorf.

3312 **Grundlagen der Algebra.** Von Dipl. Ing. Arnold Meyer, Heft 13 der „Technischen Fachbücher". München, C. W. Kreidels Verlag, 1926. Preis Mk. 2·25.

Die leicht verständliche Art, in welcher der Verfasser dieses Bandes der „Technischen Fachbücher" die Elemente der Algebra behandelt, ist sehr ansprechend. Seine zeichnerischen Darstellungen algebraischer Operationen sind nicht nur Verständnis- und Gedächtnishilfen, sondern eine sich zwanglos ergebende Einführung in die so wichtig gewordene graphische Ausdrucksweise. Die 222 Aufgaben, zu denen auch die Lösungen geboten werden, sind leider oft gebrauchte Schablonen. Es gibt doch schon auf dieser Stufe eine Menge technischer Beispiele, die den Anfänger mehr interessieren, wie das Alter des Vaters und des Sohnes, wo sich die zwei Freunde treffen, wenn . . . usw.

Dieser leicht zubehebende Mangel kann aber eine Empfehlung des Buches, besonders für den Selbstunterricht, nicht verhindern.

Prof. Gust. Wagner.

3444 **Selbstkostenberechnung durch die Kalkulationsbuchführung im Zusammenhang mit der Hauptbuchführung.** Von Willy Stöckel. Reinhold Wichert, Verlagsanstalt „Soll und Haben", Berlin 1926. 48 Seiten und 1 Tabelle. Preis geh. Mk. 1·20.

Das Wesen der vom Verfasser entwickelten Methode besteht darin, daß die Belastung jedes einzelnen Erzeugnisses mit den darauf entfallenden Beträgen für Material, Lohn und Unkosten in der Kalkulationsbuchführung erfolgt. Das Fabrikationskonto wird zu diesem Zweck aus der Hauptbuchführung herausgenommen. Jeder Auftrag wird mit den durch ihn direkt verursachten Material- und Lohnkosten sowie mit einem Unkostenanteil in seiner Kalkulationskarte belastet, und das Material-, Lohn- und Unkostenkonto der Kalkulationsbuchführung hiefür erkannt. In der Hauptbuchführung werden die eingekauften Waren, die gezahlten Löhne und aufgelaufenen Unkosten ohne Zergliederung auf den entsprechenden Kontis verbucht, wobei das Unkostenkonto nach Bedarf unterteilt werden kann. In bestimmten Zeiträumen werden die Kalkulationskontis ausgeglichen und das Ergebnis in der Hauptbuchführung verbucht, und das Fabrikationskonto mit der Summe aller Aufträge belastet. Mit den unproduktiven Löhnen werden die Unkostenkontis belastet und zeigt die restlose Ausgleichung des Lohnkontos die vollständige Erfassung aller Löhne. Ein eventueller Saldo auf dem Unkostenkonto zeigt an, daß die anteilige Belastung der einzelnen Erzeugnisse mit den Unkosten nicht richtig war und kann der Fehler in der Zukunft richtiggestellt werden. Dieser Saldo wird am Jahresschluß über das Verlust- und Gewinnkonto ausgeglichen. Die durch den Verkauf ent-

Digitized by Google

stehenden Unkosten sind nicht in die Kalkulationsbuchführung aufzunehmen, sondern ebenfalls über das Verlust- und Gewinnkonto auszugleichen. Eine Durchrechnung eines Geschäftsfalles sowie ein bildliches Schema des Buchungsvorganges zeigen die praktische Durchführung, die man dank einer kurzen und klaren Darstellungsweise rasch überblicken kann.

C. Wlach.

Eingegangene Bücher.

Taschenkommentar des Patentgesetzes, sowie des Gesetzes, betreffend die Patentanwälte, und des Gesetzes, betreffend den Schutz von Gebrauchsmustern, nebst ergänzenden Vorschriften. Von Dr. L. Ebermayer. 230 Seiten. Verlag von Otto Liebmann, Berlin 1926. Preis geb. Mk. 5·—.

Das Büchlein enthält nebst dem eigentlichen Wortlaut der Gesetze eine knappe übersichtliche Erläuterung derselben mit sehr vielen Hinweisen auf das einschlägige Sonderschrifttum, sowie einen Abdruck der wichtigsten Verordnungen und Bekanntmachungen auf dem behandelten Gebiete. Zur raschen Orientierung über einzelne Fragen oder Gesetzesstellen wird es gute Dienste leisten. —k.

Fließarbeit. Beiträge zu ihrer Einführung. Herausgegeben im Auftrage des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. Von Dipl. Ing. Frank Mäckbach und Dr. Ing. Otto Kienzle. Mit 132 Abb., zwei Zahlentafeln und zwei Tafeln. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1926.

Werkstattbücher für Betriebsbeamte, Vor- und Facharbeiter. Herausgegeben von Eugen Simon. Heft 26. Räumen. Von Leonhard Knoll. 57 Seiten mit 129 Abb. Heft 31. Gesenkschmiede. Von P. H. Schweißguth unter Mitarbeit des Herausgebers. I. Teil: Arbeitsweise und Konstruktion der Gesenke. 64 Seiten mit 231 Abb. Verlag Julius Springer, Berlin 1926. Preis Mk. 1·80 je Heft. — In Heft 26 wird die neueste und in vielem zweckmäßigste Art der Herstellung von Bohrungen, die Räumarbeit, behandelt, und zwar sowohl die Anwendungen der Räumnadel (mit Beispielen auch aus der Elektrotechnik), die Maschinen, die Konstruktion, Herstellung und Prüfung der Werkzeuge, sowie die Fehler bei der Arbeit. Heft 31 bildet eine Fortsetzung der früher erschienenen Hefte 11 und 12 über Freiformschmiede vom gleichen Verfasser, der hier wieder seine reichen Erfahrungen niedergelegt hat. Beide Hefte entsprechen sowohl dem Inhalt, als auch dem Druck und der Ausstattung nach den früher erschienenen[1]).

(Die Schriftleitung behält sich die ausführliche Besprechung einzelner Werke vor.)

Chronik.

Eröffnung der Fernkabellinie Wien — Passau — Nürnberg. Am 4. Jänner wurden auf dieser Linie die ersten Gespräche in Form von Begrüßungsansprachen zwischen dem Bundespräsidenten Dr. Hainisch und dem Reichspräsidenten von Hindenburg, sowie zwischen dem Bundeskanzler Dr. Seipel und dem Reichskanzler Dr. Marx und zwischen den Leitern des österreichischen und des deutschen Postwesens abgehalten. Daran schloß sich eine Festversammlung im Zeremoniensaale der Wiener Hofburg, an welcher Bundespräsident Dr. Hainisch, Bundeskanzler Dr. Seipel, Vizekanzler Dr. Dinghofer, die Bundesminister Dr. Schürff, Dr. Kienböck und Dr. Resch, der Deutsche Reichspostminister Dr. Stingl mit mehreren hohen Beamten der deutschen Postverwaltung, Mitglieder des diplomatischen Korps, viele Abgeordnete und Bundesräte, die Spitzen der Behörden und Vertreter des Wirtschaftslebens teilnahmen. Bundesminister Dr. Schürff hob in seiner Begrüßungsansprache besonders die wirtschaftliche Bedeutung der ersten österreichischen Fernkabellinie hervor, die zunächst Österreich an die westeuropäischen Kabelnetze anschließe. Die Anschlüsse an Ungarn und die Schweiz werden in naher Zukunft folgen. Nach weiteren Ansprachen des Bundespräsidenten und des Bundeskanzlers — der auf die Bedeutung Österreichs im europäischen Verkehr hinwies, der durch das neue Kabel eine wichtige Verbesserung erfahren habe, und der außerdem erwähnte, daß auch der Völkerbund der Fernkabelfrage großes Interesse darbringe, da er in der Schaffung eines europäischen Kabelnetzes ein neues Band zwischen den einzelnen Völkern sehe — nahm Reichspostminister Dr. Stingl das Wort. Er hob die Leistungen der österreichischen Post- und Telegraphenverwaltung und der österreichischen Industrie beim Bau des neuen Kabels hervor, das sich gleichwertig dem bereits 7000 km langen Deutschen Kabelnetze anschließe, das den Hauptteil des jetzt schon mehr als 15 000 km umfassenden europäischen Netzes bilde. Das neue Kabel werde aber auch darüber hinausgehend ein wichtiges Glied der geplanten Fernsprechverbindungen zwischen Westeuropa und dem Osten bis nach Persien und Indien bilden. Nach Eröffnung der transozeanischen Fernsprechverbindung[1]) ist andererseits eine direkte Verbindung von Wien über London nach New-York technisch durchführbar.

Zum Schlusse hielt Generalpostdirektor Sektionschef K. Hoheisel einen Vortrag über das neue Kabel. Nach einer allgemeinen Darstellung der Entwicklung des Fernsprechwesens von den Versuchen Philipp Reis (1852) und der Schaffung praktisch verwendbarer Telephone durch Graham Bell (1876) bis zur Vollautomatisierung der Zentralen einerseits und bis zur Erzielung der heute üblichen Reichweiten durch die Erfindungen von M. J. Pupin (1900) und der Verstärkerröhre von Lieben (1906) andererseits, besprach er die Bestrebungen zur Schaffung eines europäischen Fernsprechverkehrs. Sie begannen im Jahre 1908, wurden aber durch den Krieg unterbrochen und erst im Jahre 1923, nachdem in Deutschland das 1912 begonnene Rheinlandkabel[2]) schon fertiggestellt war, wieder aufgenommen und führten zunächst zur Schaffung eines ständigen „Comité consultatif international des Communications Téléphoniques à grande distance", das zum ersten Male im Jahre 1924 unter Teilnahme der Vertreter von 19 Staaten, darunter auch von Deutschland, Österreich und den Nachfolgestaaten tagte und die Grundlagen für einen einheitlichen Ausbau und Betrieb des europäischen Kabelnetzes schuf[3]). In diesem Netz bildet nun das KabelWien — Passau — Nürnberg ein wichtiges Glied. Seine Trassenlänge beträgt 272·5 auf österreichischem und 233·1 km auf deutschem Gebiet. Es ist ein 98 paariges Normalkabel mit Pupinspulen und mit Verstärkerämtern in Nürnberg, Hemau, Straubing und Passau, sowie in Linz, Amstetten, St. Pölten und Wien. Der deutsche Teil der Kabel und Spulen wurde durch die zur Deutschen Fernkabelgesellschaft m. b. H. gehörenden Firmen Felten & Guilleaume in Köln-Mülheim, Kabelwerk Duisburg, Süddeutsche Kabelwerke Mannheim und Siemens & Halske A.-G. (Spulen) geliefert, die deutschen Verstärkerämter sind von der Süddeutschen Telephon-Apparate-, Kabel- und Drahtwerke A.-G. in Nürnberg eingerichtet worden. Die Auslegung des Kabels hat die deutsche Fernkabelgesellschaft von April bis Dezember 1926 durchgeführt. Das österreichische Kabel wurde von Siemens-Schuckert und Felten & Guilleaume in Wien im Jahre 1926 in Wochenleistungen von je 4 km im Durchschnitt hergestellt, die Lieferung und der Einbau der Spulenkasten, Kondensatorenmuffen und Verstärkereinrichtungen, sowie das Auslegen des Kabels wurde Ende 1925 der Siemens & Halske A.-G. in Wien übertragen. Für die Verstärker-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, Seite 130.

[1]) Bekanntlich ist dieselbe kürzlich eröffnet worden. In England liegt der Sender in Rugby (Radiotechnik, 1925, Seite 85) der Empfänger in Wroughton; Amerika sendet von Rocky Point (Long Island) und empfängt in Houlton (Maine). Über die technischen Einrichtungen vgl. Radiotechnik 1927, Heft 1, Seite 6.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 147, 303, 367, 1021.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 367, 938.

Digitized by Google

ämter St. Pölten und Amstetten wurden Neubauten aufgeführt, für das Verstärkeramt Linz ein Aufbau auf das Hauptpostgebäude und in Wien ist das Verstärkeramt (und später auch das Fernamt) im ehemaligen Justizministerium untergebracht. Das Kabel wurde, abgesehen von der schon früher verlegten Strecke Wien — Purkersdorf, in der Zeit vom 12. April bis 25. September 1926 verlegt, wobei gleichzeitig von beiden Endpunkten aus gegen Linz hingearbeitet wurde. Die Aufstellung und Zusammenschaltung der Einrichtungen der Verstärkerämter wurde von Oktober bis Dezember 1926 durchgeführt. Innerhalb von 18 Monaten (am 6. April 1925 wurde das Übereinkommen über den Bau des Kabels zwischen der deutschen und österreichischen Postverwaltung abgeschlossen) wurde eine auch volkswirtschaftlich recht bedeutende Arbeit durchgeführt, wie aus folgenden Zahlen hervorgeht:

Das österreichische Kabel (Wien — Passau) hat ein Gewicht von mehr als 3 Mill. kg, darunter 545 000 kg Kupfer, 1·68 Mill. kg Blei und 550 000 kg Eisen zur Panzerung. Mit der Erzeugung der Kabel und Muffen waren in 47 Wochen durchschnittlich 279 Personen beschäftigt (547 400 Arbeitsstunden), für den Einbau der Muffen und Spulenkasten waren rund 55 000 Arbeitsstunden erforderlich. Für die Verlegung wurden in 36 Wochen bei durchschnittlich 612 Arbeitern rund 1·32 Mill. Arbeitsstunden aufgewendet. Hiezu kommen noch die Einrichtungsarbeiten in den Ämtern und die unmittelbaren Arbeitsleistungen aus dem Bedarf an Baumaterialien für die Tiefbauarbeiten (27 000 t). Für die Versendung des Kabels samt Zubehör und die Rücksendung der leeren Trommeln waren 407 Eisenbahnwagen für eine Strecke von durchschnittlich 150 km erforderlich, außerdem noch über 58 000 km Lastautofahrten für die Verteilung des Kabels und Zugehörs auf der Baustrecke und die Zufuhr und Verteilung der Baustoffe. Für die deutsche Strecke (Passau — Nürnberg) sind rund 86 vH der angegebenen Zahlen zu rechnen. Die Kosten der österreichischen Teilstrecke betrugen 19·6 Mill. S (20 Mill. waren veranschlagt), davon 9·62 Mill. auf das Kabel, 4·74 Mill. auf dessen Ausrüstung, 2·65 Mill. auf die Verteilung und Legung und 2·6 Mill. auf die Verstärkerämter samt Häusern und Meßeinrichtungen.

Für die Benutzung ist folgender Plan vereinbart worden: 18 Stromkreise werden für den Verkehr über besonders weite Entfernungen bestimmt und mit leichter Pupinisierung und Echosperren[1]) versehen in Vierdrahtschaltung verwendet werden. Weitere 15 Stromkreise in Vierdrahtschaltung mit normaler Pupinisierung sind für Entfernungen von mehr als 700 km bestimmt. Für kürzere Entfernungen sind 72 Stromkreise vorgesehen. Vier Doppelleitungen sollen für Telegraphenzwecke bereitgehalten werden. Besonders ausgerüstet ist der Kernvierer, um für hochwertige Musikübertragung (insbesondere für die Besprechung des Innsbrucker Rundfunksenders von Wien) aus Verwendung finden zu können. Die für besonders weite Entfernungen bestimmten Leitungen werden zunächst Wien mit den Umschaltplätzen Berlin, Frankfurt a. M. und Hamburg verbinden. Mit der Eröffnung des Kabels werden drei neue Leitungen Wien — Berlin und zwei Leitungen Wien — Frankfurt a. M. zur Verfügung gestellt, die übrigen in Aussicht genommenen Leitungen werden in rascher Folge der Benutzung zugeführt werden. Neben dem Verkehr zwischen Deutschland und Österreich wird durch das Kabel auch der Verkehr mit Frankreich wesentlich verbessert und beschleunigt und auch die Möglichkeit der Neuaufnahme des Verkehrs mit England, Belgien und den Niederlanden auf direkten Linien oder durch Vermittlung in Deutschland ist gegeben. Außerdem wird aber auch der gesamte innerösterreichische Verkehr durch die Entlastung der vorhandenen Leitungen verbessert und beschleunigt werden. Eine Fortsetzung wird das Fernkabel Nürnberg — Wien in einem halben Jahre durch die Eröffnung des bereits im Bau befindlichen Kabels Wien — Budapest erfahren, dessen Weiterführung nach Belgrad erwogen wird.

Über die technischen Einrichtungen des Fernkabels wird demnächst eingehend berichtet werden.

J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 157, 217.

18. Hauptversammlung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. Die Hauptversammlung des Verbandes fand am 3. und 4. Dezember v. J. unter Beteiligung der Vertreter des österreichischen und schweizer Verbandes in Berlin statt.

In der Eröffnungsrede wies Dr. Ing. Köttgen darauf hin, daß es heute mehr als früher Aufgabe der wissenschaftlichen Forschung sei, sich der Stoffe des täglichen Bedarfes anzunehmen. Der bevorzugten Behandlung der eigentlichen Konstruktionsstoffe ist es zuzuschreiben, daß andere wirtschaftlich sehr bedeutende Stoffgebiete uns heute noch erhebliche Schwierigkeiten in bezug auf Herstellung, Verarbeitung und Verwendung bereiten. Es wird eine Aufgabe der allernächsten Zeit sein, hier die wichtigen Fragen herauszuschälen und, hoffentlich unter maßgeblicher Beteiligung der daran interessierten Industrien, die forschende Tätigkeit und die Prüfung der Stoffe zu fördern. Dr. Ing. O. Petersen gab Kenntnis von der Werkstofftagung, die vom Verein Deutscher Ingenieure in Verbindung mit den maßgebenden Fachverbänden in Berlin, im Oktober 1927 veranstaltet wird. Sie hat die Aufgabe zu zeigen, daß die durch den Krieg veranlaßte Wirtschaft mit Ersatzstoffen endgültig abgetan ist und daß die deutsche Industrie sich mehr denn je auf die Erzeugung von Werkstoffen eingestellt hat, deren Güten einwandfrei bestimmt und auf Grund wissenschaftlicher Forschung und Bewährung in der Praxis für jeden Verwendungszweck ausgewählt sind. Es soll in einer Schau gezeigt werden, welche Stoffe die erzeugende Industrie heute zu liefern imstande ist, welche Eigenschaften die Stoffe haben, wie sie geprüft werden und was für zweckmäßige Behandlung und Verwendung anzustreben ist. Im ersten der fachlichen Vorträge gab dann Prof. Dipl. Ing. K. Memmler, Direktor im Staatlichen Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem, einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung internationaler Arbeiten auf dem Gebiete der Materialprüfung. Er hob hervor, daß aus den in Deutschland bereits in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts veranstalteten Konferenzen zur Förderung der Werkstoffrage, die unter Leitung des Müncheners Bauschinger standen, sich der Internationale Verband für die Materialprüfungen der Technik entwickelte, der 1895 gegründet wurde und bis 1914 tätig war. Durch eine Aussprache in Zürich im Herbst v. J. sind die Arbeiten auf Anregung des Holländischen Materialprüfungsverbandes wieder eingeleitet worden, und es wird in der Zeit vom 12. bis 17. September 1927 der erste internationale Kongreß nach dem Kriege in Amsterdam stattfinden.

Dr. M. Polanyi, Dahlem, berichtete über den „Aufbau der Materie im Lichte der Röntgenstrahlen". Die Entdeckung v. Laues wurzelt in dem Glauben an zwei Hypothesen der Physik. Einerseits nahm er an, daß die Röntgenstrahlen eine Art Licht sind, dessen Wellenlänge etwa 10 000 mal kürzer sei als die des sichtbaren Lichtes, also etwa 0·0000001 mm beträgt. Andererseits fußte er auf der Annahme, daß der gesetzmäßige Bau der Kristalle auf einer eigenartigen Anordnung der Atome und Moleküle beruhe, die man als Gitterstruktur bezeichnet. Diese Gitterstruktur sollte wie ein regelmäßiges Netz gebaut sein, in dessen Knotenpunkten Atome oder Moleküle sitzen. Die Maschenweite des Gitters berechnet sich ebenfalls auf theoretischer Grundlage zu etwa 3×0·0000001 mm. Die Idee v. Laues war nun die, daß, wenn Röntgenlicht durch ein solches Netz durchgeht, eine Abbeugung der Röntgenstrahlen eintritt, aus der ein quantitativer Zusammenhang zwischen Wellenlänge der Röntgenstrahlen und Abstand der Atome im Gitternetz erschließbar würde. Die schlagende Bestätigung dieser Schlußfolgerung hat es ermöglicht, ein wissenschaftliches Gebäude aufzurichten, dessen grundlegende Methoden die

Digitized by Google

Beugungserscheinung der Röntgenstrahlen am Kristallgitter sind und das einen umfassenden Einblick in den Feinbau der Materie gewährt hat. Rückschlüsse auf die Natur der chemischen Kräfte, auf Zustandsänderungen in festen Körpern bei Erhitzung und Verformung werden in den letzten Jahren immer weiter ausgebaut. Im Anschluß hieran berichtete Dr. Ing. G. Sachs, Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem, über die Auswertung physikalischer Erkenntnisse in einem Vortrage: „Struktur und technische Eigenschaften der Werkstoffe". Er zeigte an Beispielen, wie sich die Röntgenstrahlen für die Materialuntersuchung auf den verschiedenen Stoffgebieten nutzbar machen lassen. Es ist heute möglich, beim Durchleuchten der Metalle Fehler im Stoff zu erkennen und weiter wichtige Schlüsse auf die Bearbeitung, den Zustand und die Eigenschaften des Materials zu ziehen. Über Organisation der Materialprüfung in Verbraucherbetrieben sprach Dr. Ing. E. H. Schulz, Dortmund.

Eine Besichtigung des Staatlichen Materialprüfungsamtes zu Berlin-Dahlem bot einen Einblick in das umfassende Arbeitsgebiet der Anstalt. Das zu Beginn dieses Jahrhunderts von Martens geschaffene Prüfungsamt hat dank seiner großzügigen Anlage Raum und Mittel, sich mit den Stoffragen auf allen Gebieten zu befassen. Neben den Abteilungen für die metallischen und die nichtmetallischen Baustoffe zeigten die Abteilungen für Papier, Textilien, Öle und Fette, für Kautschuk, Anstrichstoffe, Brennstoffe usw., daß auch die Verbrauchsstoffe und Betriebsstoffe in gleicher Weise durch die Materialprüfung erfaßt werden. Umfangreiche Anlagen für die Prüfung von Baukonstruktionen, ganzen Brückenteilen, Drahtseilen, für Brandversuche usw. gestatten die Untersuchung für besondere Verwendungszwecke. Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung, das dann besichtigt wurde, besitzt neben den Einrichtungen für Festigkeitsversuche und metallographische Untersuchungen eine mustergiltige Anlage für röntgenologische Forschungen. —k.

Vereins-Nachrichten.

Ing. Emil Kwaysser.

Vor kurzem verstarb plötzlich Ing. E. Kwaysser, der Gründer der Firma Scheiber & Kwaysser G. m. b. H. in Wien, im 58. Lebensjahr.

Ing. Emil Kwaysser wurde am 13. Mai 1869 in Semil in Böhmen geboren. Nach Vollendung der in Prag und Reichenberg zurückgelegten Gymnasial- und technischen Studien und einer mehrjährigen Tätigkeit bei der Ersten Böhmisch-Mährischen Maschinenfabrik in Prag, gründete er, 24 Jahre alt, mit Ing. Eugen Scheiber in Wien ein Ingenieurbüro, das sich vorerst mit der Konstruktion von Spezialmaschinen auf verschiedenen Gebieten, insbesondere auch elektro-

technischen Arbeiten, und mit der Projektierung und Einrichtung von Fabriksanlagen beschäftigte. 1895 erwarb Kwaysser die Konzession zur Herstellung von elektrischen Anlagen jeder Art, auf Grund deren die Firma nunmehr auch die Projektierung und Installierung elektrischer Anlagen durchführte in Verbindung mit den Deutschen Elektrizitätswerken, vorm. Garbe, Lahmeyer & Co. in Aachen. Doch schon 1898 begann Kwaysser die Konstruktion und Erzeugung von elektrischen Starkstromapparaten, vorerst nur in bescheidenem Umfange, galt es doch zunächst auf dem Gebiete des Apparatebaues Erfahrungen zu sammeln. Diente die Fabrikation anfangs zumeist nur dem Eigenbedarfe, so erweiterte sich der Apparatebau immer mehr und mehr, so daß der Betrieb in ein eigenes Fabriksgebäude verlegt wurde, aus dem sich die heute bestehende Fabrik entwickelte. 1919 wandelte Kwaysser die bis dahin bestandene offene Handelsgesellschaft in eine Gesellschaft m. b. H. um. 1921 erfolgte die vollständige Loslösung der Installations-Abteilung und die Gründung der Elektrobau A.-G. vorm. Ing. Kalmar & Griess — Scheiber & Kwaysser, Wien I.

Mit der ihm eigenen Energie ging Kwaysser nun daran, den Apparatebau immer mehr und mehr auszugestalten und zu verbessern, Umkonstruktionen und Neukonstruktionen, vielfach durch Patente geschützt, reihten sich in rascher Folge.

Trotz der vielen Arbeiten im eigenen Unternehmen fand Kwaysser immer noch Zeit, sein Wissen und Können als Mitglied der verschiedensten Fachverbände in den Dienst der Allgemeinheit zu stellen.

Kwaysser gehörte seit 1899 dem Elektrotechnischen Verein in Wien an, dessen Vereinsangelegenheiten er von Anbeginn großes Interesse entgegenbrachte. Als eifriges Mitglied des die „Sicherheitsvorschriften für elektrotechnische Starkstromanlagen" behandelnden Regulativkomitees hat er dort durch seine hervorragenden fachtechnischen Kenntnisse eine sehr ersprießliche und fruchtbringende Tätigkeit entfaltet, im besonderen auf seinem Spezialgebiete, dem Apparatebau. Seine verdienstvolle Mitarbeit im Regulativkomitee hat der Obmann, Direktor Ing. Kallir, in der Komiteesitzung vom 17. Dezember v. J. in einem tiefempfundenen Nachruf hervorgehoben und des großen Verlustes gedacht, welchen das Komitee durch das Ableben Kwayssers erlitt.

Der Elektrotechnische Verein und die Fachgenossen werden dem Dahingeschiedenen immer ein ehrendes Angedenken bewahren.

Vortrag im Elektrotechnischen Verein in Wien.

Mittwoch, den 26. Jänner 1927, um 1/2 7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Ing. Kloninger (Baden, Schweiz) über: **„Ölschalter".**

Die Vereinsleitung.

Österr. Verband des Vereins deutscher Ingenieure.

Vortrag des Herrn Ing. A. Dietrich, Steyr, am Montag, den 17. Jänner 1927, 3/4 6 Uhr abends, im Vortragssaal des Österr. Museums für Kunst und Industrie, Wien, I., Wollzeile 45, über: **„Die Fabrikation von Gummiwaren".** (Mit Lichtbildern.)

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Digitized by Google

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Bedeutung des Erdöles für die Wirtschaft. Diese seit dem Kriege immer wieder erörterte Frage hat neuerdings auch Dr. G. Baum in einem Vortrage auf der letzten Hauptversammlung des VDI behandelt[1]) und insbesondere sehr ausführliche Zahlenangaben gebracht, von welchen die nachstehenden als besonders interessant hervorgehoben seien: Die sicheren, bezw. wahrscheinlichen Erdölvorräte verteilen sich auf die Erdteile in Mill. t wie folgt: Europa 2·5, bezw. 784, Nordamerika 415, bezw. 5073, Südamerika 2, bezw. 32, Asien 20, bezw. 1280, Australien 4, bezw. 170 und Afrika 0·5, bezw. 58. Die bisher vielfach vertretene Ansicht, daß in etwa einem halben Jahrhundert unsere Erdölvorräte (unter Zugrundelegung der derzeitigen Jahresgewinnung) erschöpft sein würden, wird daher nicht mehr als zutreffend angesehen. Die Erdölerzeugung auf der ganzen Erde ist von 52 Mill. t im Jahre 1913 auf 152 Mill. im Jahre 1924 und 161 im Jahre 1925 gestiegen, Europas Anteil ist in dieser Zeit von 21·6 vH auf 5·53 vH gesunken. Auf den Kopf der Bevölkerung der Erde entfallen derzeit 9 kg jährlich. (Bei der Kohle sind die Verhältnisse umgekehrt. Die Gesamterzeugung fiel von 1325 Mill. t im Jahre 1913 auf 1173 Mill. im Jahre 1922, der Anteil Europas stieg von 47·4 vH auf 57 vH.) An der Spitze stehen in der Erdölerzeugung die Vereinigten Staaten mit 759 Mill. Faß (zu 0·15 t) im Jahre 1925 im Werte von 1 Milliarde Doll. (das sind 71·2 vH der gesamten Welterzeugung), dann folgen Mexiko mit 115 Mill. Faß (10·8 vH), Rußland mit 54 Mill. Faß (5·1 vH), Persien (3·2 vH) usw. In Mexiko steht nur 3 vH des in Erdöl angelegten Kapitals in einheimischem Besitz, der Rest gehört dem Auslande, hauptsächlich den Vereinigten Staaten. In Rußland, das 1898 bis 1900 sogar mehr förderte als die Vereinigten Staaten, ist jetzt wieder eine Steigerung der Erzeugung zu verzeichnen, ebenso auch in Rumänien.

Von technischen Daten sind zu erwähnen: Die tiefste Bohrung der Welt wurde 1925 in Pennsylvanien bis 2365 m ausgeführt, die höchste Tagesleistung erbrachte eine Bohrung in Mexiko mit 40 000 t, das ist die Hälfte der Jahresgewinnung Deutschlands. In Nordamerika wurden 1924 rund 300 000 Ölbrunnen betrieben. Die gesamte Länge der Ölleitungen in den Vereinigten Staaten überschreitet 100 000 km, zur Beförderung des Rohöles auf dem Wasser standen 1924 über 1000 Tankschiffe mit einem Fassungraum von 5 Mill. B.-R.-T. zur Verfügung, von welchen rund die Hälfte unter amerikanischer Flagge fuhr. Auf der ganzen Erde gibt es etwa 800 Raffinerien mit einer täglichen Leistung von 3·4 Mill. Faß, davon verfügen die Vereinigten Staaten über etwa 500, die täglich 2·5 Mill. Faß verarbeiten können, einzelne davon haben eine tägliche Leistungsfähigkeit von 200 000 Faß, Mexiko kann täglich 250 000 Faß verarbeiten, Rußland 150 000, England 80 000, Indien und Polen je 65 000. Der Weltverbrauch an Erdöl war 1923 138 Mill. t, davon sind 62 vH Heizöl, 18 vH Benzin, der Rest sind Schmieröle, Leuchtöle usw. Am Heizölverbrauch ist hauptsächlich die Schiffahrt stark beteiligt (sowohl für Kesselfeuerung, als auch zum Betrieb von Motoren). Benzin verwenden in erster Linie die Kraftwagen, deren es 1923 auf der ganzen Erde 18 Mill. gab, davon 15 Mill. in den Vereinigten Staaten (diese verfügen aber heute schon über rund 20 Mill. Wagen).

Mit der Gewinnung und Verarbeitung von Erdöl befassen sich auf der ganzen Erde rund 20 000 Gesellschaften, davon 14 000 in den Vereinigten Staaten, etwa zehnmal soviel Gesellschaften dürften sich mit dem Ölhandel beschäftigen. Über die Bedeutung der größten Konzerne (Standard Oil Co. mit 2·5 Milliarden Doll. Anlagekapital und einer Tankflotte von 3/4 Mill. B.-R.-T., Royal Dutch-Shell mit 80 Mill. Pfd. und Anglo Persian Oil Co. mit 27 Mill. Pfd. Anlagekapital) ist an dieser Stelle schon mehrfach berichtet worden.[2]) Nach außen hin bekämpfen sich die drei Gesellschaften noch, in Wirklichkeit hat sich durch gemeinsame Beteiligung bereits eine Annäherung vollzogen. In Deutschland spielt trotz der geringen Eigengewinnung Rohöl eine recht bedeutende Rolle. Vor dem Kriege wurden 10 vH der gesamten Zolleinnahmen des Reiches durch Erdöleinfuhr gedeckt. Die Gewinnung betrug im Jahre 1925 rund 70 000 t (gegen 71 400 t im Jahre 1913 ohne Elsaß-Lothringen). Die zehn Raffinerien können nur einen ganz geringen Teil des deutschen Bedarfes verarbeiten, der größte Teil wird fertig eingeführt, und zwar war die gesamte Einfuhr im Jahre 1925 rund 1·1 Mill. t im Werte von 210 Mill. Mk. ohne Einfuhrsteuer (gegen 1·3 Mill. t im Jahre 1913). Diese Menge verteilt sich auf Rohöl (52 500 t), Rohbenzin (132 000 t), Benzin (173 700 t), Schwerbenzin (131 100 t), Leichtöle (146 300 t), Gasöl (138 800 t), Schmieröl (305 500 t) und Paraffin (19 000 t). Bei diesen großen Mengen ist es begreiflich, daß gerade Deutschland einerseits die größten Anstrengungen macht, die verschiedenen Öle im Inlande aus der vorhandenen Kohle zu gewinnen und daß man aber andererseits so viel als möglich trachtet, den Verbrauch herabzumindern, wobei besonders die Bestrebungen zur Verminderung des Schmierölverbrauches zu beachten sind, die sich in mehreren Richtungen (Verbesserung an den zu schmierenden Teilen, Verbesserungen an den Schmiervorrichtungen, Wahl der richtigen Schmiermittel usw.) erstrecken. Ebenso wird man nach den gegebenen Zahlen über den Weltverbrauch und die Gewinnung wieder nur begreiflich finden, wenn die Erdölfrage heute zu einer politischen Machtfrage geworden ist. J.

[1]) ZVDI, Bd. 70, Heft 49, 1926.
[2]) E. u. M. 1926, TWN, Seite 235.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	3. 1. 1927	5. 1. 1927	7. 1. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	129½	126¼	126½

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	65—65¾	65—65⅛	65—65⅛
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	60—60¾	60—60¾	60—60¾
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	115—120	110—115	110—115

Metallmarkt.

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 7. Jänner 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	0	0	62	10	0
Wire bars	62	10	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	55	10	0	55	12	6
Standard { 3 Monate .	56	5	0	56	7	6
Zinn:						
Engl. ingots	298	0	0	298	10	0
Standard { Kassa . .	300	0	0	300	5	0
Standard { 3 Monate .	294	17	6	295	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	29	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	32	2	6	32	3	9
Remelted	32	5	0	—	—	—
English Swansea . .	33	12	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 23 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 23. Jänner 1927 | Heft 4

INHALT: *Kritische Bemerkungen über Einphasenbahnmotoren. Von Dr. Iwan Döry, Wien. S. 61. / Praktische Winke für den Erdschlußschutz. Von Dr. F. Ahrberg, Berlin-Halensee. S. 66. / Die Fortschritte des Elektromaschinenbaues im Jahre 1925. S. 69. RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 71. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 72. / Leitungen und Leitungsbau. S. 74. / Elektrische Apparate. S. 74. / Baustoffe. S. 75. PATENTBERICHT. S. 76. LITERATURBERICHTE. S. 77. CHRONIK. S. 79. VEREINSNACHRICHTEN. S. 79. WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 80.*

Kritische Bemerkungen über Einphasenbahnmotoren[1]).

Von Dr. Iwan Döry, Wien.

1. Einleitung.

Vor 25 Jahren hat Lamme die Grundform des Einphasenbahnmotors geschaffen. Seine Mängel sind im Laufe der Entwicklung restlos beseitigt worden. Sein hoher Blindverbrauch ist bis auf einen Bruchteil vermindert worden. Sein Leistungsfaktor wurde nahezu der Einheit gleichgemacht. Seine Kommutierung wurde zu einem so hohen Grad der Vollkommenheit gebracht, daß eine weitere Verbesserung kaum noch möglich ist. Die gegenwärtigen Bestrebungen sind deshalb weniger auf eine Vervollkommnung des Einphasenbahnmotors als auf seine bessere Ausnützung gerichtet. Man will eine immer größere Leistung im Fahrzeug unterbringen.

Dem vierfachen Fortschritt in der Kommutierung und in der Ausnützung, im Blindverbrauch und im Leistungsfaktor liegt eine gemeinsame Ursache zugrunde: Das ist der immer höhere Übersynchronismus, der dem Einphasenbahnmotor im Laufe der Entwicklung verliehen worden ist.

Tabelle I.

Parallelkurbelantrieb. 800 ÷ 1000 PS Motorleistung. $16^2/_3$ Per/s.

Anlage	Polzahl $2p$	Drehzahl n	Ankerfrequenz $pn/60$	Übersynchronismusgrad	Transformator-Spannung e Volt/Wdg.	Polteilung t' mm	Feldbelag $\frac{e}{t}$ Volt/dm
Bitterfeld . . .	6	200	$16^2/_3$	1	—	—	—
Lötschberg . .	8	225	$16^2/_3$	1	12	590	2·04
Mittenwald . .	12	167	$16^2/_3$	1	8	420	1·9
Bitterfeld . . .	16	200	26·6	1·6	7	410	1·7
Preßburg . . .	24	180	36	2·15	4	210	1·9
Halle	40	175	58	3·5	2	189	1·07

Die Tabelle 1 enthält den Übersynchronismusgrad mehrerer Einphasenbahnmotoren zeitlich geordnet. Man sieht, daß er dauernd gewachsen ist. Der Übersynchronismusgrad ($\ddot{u}$) ist das Verhältnis der Ankerfrequenz zur Netzfrequenz:

$$\ddot{u} = \frac{\text{Ankerfrequenz}}{\text{Netzfrequenz}} = \frac{\text{Polzahl} \times \text{Drehzahl}}{\text{Netzfrequenz}}.$$

Er wächst, wenn die Netzfrequenz sinkt oder wenn die Polzahl oder die Drehzahl steigt.

Der Einphasenbahnmotor hat alle drei Möglichkeiten, zum höheren Übersynchronismus zu gelangen, verwirklicht: Das erste Jahrzehnt der Entwicklung brachte die Frequenzsenkung von 25 auf $16^2/_3$ Per/s. Das zweite Jahrzehnt, das auf dem Kontinent fast ausschließlich Lokomotiven mit Parallelkurbelantrieb sah, ist durch die Polzahlsteigerung von 6 auf 40 Pole gekennzeichnet. Das dritte Jahrzehnt bringt mit der fast allgemeinen Einführung des Zahnradantriebes den von ihm herrührenden Drehzahlsprung.

2. Die Kommutierung.

Der dreifachen Ursache seines höheren Übersynchronismus, der Frequenzsenkung, der Polzahlsteigerung und dem Drehzahlsprung verdankt der Einphasenbahnmotor seinen Fortschritt in der Kommutierung und ihre Annäherung an die des Gleichstrommotors.

In den durch die Bürsten kurzgeschlossenen Ankerwindungen, die sich nicht wie bei Gleichstrom in einem Gleichfeld, sondern in einem Wechselfeld befinden, induziert dieses eine Spannung, die sogenannte Transformatorspannung, unter der die Kommutierung leidet.

Die Transformatorspannung ist nach dem Induktionsgesetz der Netzfrequenz und dem Polfluß proportional. Der Kommutierung war deshalb der Erfolg gesichert, als die Frequenz auf $16^2/_3$ Per/s sank und die große Zahl der Pole den Fluß eines Pols so verringerte, daß die Transformatorspannung von den Widerständen des Kommutierungskreises noch ohne Funkenbildung verzehrt werden konnte. Die Kraftlinienzahl am Ankerumfang ($2p\Phi$) brauchte deshalb nicht kleiner werden. Nicht von ihrem Absolutwert ($2p\Phi$), nur von ihrem Verhältnis ($2p\Phi/2p$) zur

[1]) Auszug aus dem Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 24. November 1926.

Digitized by Google

Polzahl ($2p$) hängt der Polfluß (Φ) ab. Die Kraftlinienzahl pro cm Ankerumfang (der Feldbelag), bleibt also auch bei einem Bruchteil der Transformatorspannung und des Polflusses unverändert, wenn man die Polzahl auf ein Vielfaches erhöht.

Die Entwicklung des Einphasenbahnmotors bei allen Firmen zeigt, daß man die Polzahl tatsächlich immer mehr erhöhte und die Transformatorspannung immer mehr verminderte und daß sie von etwa 12 V auf 3 bis 5 V, ja sogar auf 2 V verringert wurde (vergl. Tabelle I).

Im Ausgangspunkt der Entwicklung hat man auch versucht, die Transformatorspannung in besondern Widerstandsverbindungen zu vernichten und eine Großfirma tut das noch heute. Die Widerstandsverbindungen stören aber die Stromwendung, die im Einphasenbahnmotor ganz ähnlich wie im Gleichstrommotor abläuft und erschweren seine Kommutierung mehr als sie sie erleichtern. Bei den heute üblichen hohen Beanspruchungen trifft die von den Widerstandsverbindungen herrührende Störung der Stromwendung die Kommutierung des Einphasenbahnmotors sogar an ihrer empfindlichsten Stelle.

Der Übersynchronismus hat durch die niedrige Netzfrequenz und durch die hohe Polzahl die Sorge um die Wechselstromkommutierung immer mehr vermindert und durch die hohe Drehzahl die Sorge um die Gleichstromkommutierung immer mehr gesteigert und derart den Einphasenbahnmotor in doppelter Hinsicht dem Gleichstrombahnmotor genähert. Deshalb kann nur die Vorsorge der für Gleichstrommaschinen notwendigen Bedingungen für die Stromwendung auch dem Einphasenmotor die vollkommene Kommutierung sichern. Die geradezu ideale Kommutierung der AEG- und AEG-Union-Motoren, deren hohe Leistung nur durch die Erwärmung und nirgends durch die Kommutierung begrenzt wird, beweist ebenso die Richtigkeit dieser Forderung, wie die Tatsache, daß gerade die Vertreter der Widerstandsverbindungen es umgekehrt notwendig haben, die Leistung des Einphasenbahnmotors statt durch die Erwärmung auch heute noch durch die Kommutierung zu begrenzen.

3. Drei Leistungsparameter.

Während die Sorge um die Kommutierung, um den Blindverbrauch und um den Leistungsfaktor im Laufe der Entwicklung immer kleiner wurde, wurde die Sorge um eine möglichst hohe Einbauleistung immer größer. Sie beherrscht noch heute den Entwurf des Einphasenbahnmotors und jede neue Type ist der Ausgangspunkt vergleichender Betrachtungen über die erreichte Ausnützung des Raumes und Gewichtes.

Die bisher beste Vergleichsmöglichkeit für die Ausnützung elektrischer Maschinen bietet die bekannte Leistungsformel von Esson

$$N = \mathrm{kW}/D^2 E n$$

(E = Eisenbreite, D = Durchmesser, n = Drehzahl)

Sie verdankt ihre allgemeine Verwendung einem zweifachen Grund: Sie hat eine einfache mechanische Bedeutung und sie ist auf einfache Weise aus den Abmessungen der Maschine zu berechnen.

Die mechanische Bedeutung des Parameters von Esson wird durchsichtig, wenn man den Quotienten aus Leistung und Drehzahl durch das Drehmoment (T) und dieses durch die Zugkraft (Z), die am Ankerradius ($D/2$) wirkt, ersetzt:

$$\mathrm{kW}/D^2 E n \sim T/D^2 E \sim Z/D\pi E = \sigma.$$

Man erkennt dann: Die Essonsche Leistungszahl (N) ist der Zugkraft pro cm² Ankermantelfläche (σ) proportional. Sie hat also die Bedeutung einer Schubspannung. Emde nennt sie den Ankerdrehschub.[2])

Vergleicht man Kollektorbahnmotoren verschiedener Spannung, so zeigt sich oft, daß der Drehschub unverändert bleibt, daß aber die Einbauleistung unabhängig davon mit wachsender Spannung am Kollektor steigt. (Abb. 1.)

Das kommt daher, daß der Kollektor mit steigender Spannung immer schmäler wird, so daß die Eisenbreite und mit ihr die Einbauleistung auch bei gleicher Ausnützung je cm² Ankermantelfläche, also auch bei gleichem Drehschub wachsen kann. Die höhere Einbauleistung bei höherer Spannung rührt eben nicht von der besseren Ausnützung

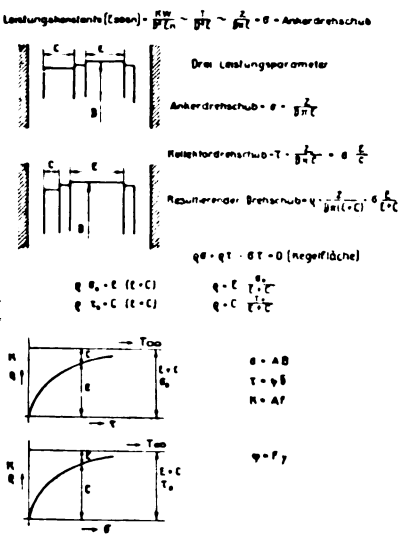


Abb. 1.

der Ankermantelfläche, sondern von ihrem größeren Absolutwert her, den der schmälere Kollektor zuläßt. Nicht der Anker höherer Spannung hat die bessere Ausnützung, nur der Kollektor hat sie, und nur die von ihm herrührende höhere Ausnützung des Einbauraumes gibt die größere Einbauleistung. Die Ankerausnützung oder der Ankerdrehschub, das ist die auf die Eisenbreite (E) bezogene Zugkraft:

$$\sigma = Z/D\pi E$$

ist also kein Kriterium der Einbauleistung. Man muß auch die Kollektorausnützung oder den Kollektordrehschub (τ), das ist die auf die Kollektorbreite (C) bezogene Zugkraft:

[2]) Emde, ETZ 1922, Heft 48.

Digitized by Google

$$\tau = Z/D\pi C$$

berücksichtigen. Die resultierende Ausnützung ist dann durch die Zugkraft, bezogen auf die ganze nützliche Einbaubreite $(E + C)$ des Ankers und Kollektors oder durch den resultierenden Drehschub gegeben:

$$\varrho = Z/D\pi (E + C).$$

Also nicht von der Ausnützung (σ) des Ankermantels oder von der Eisenbreite (E) allein, auch nicht von der Ausnützung des Kollektors (τ) oder von der Kollektorbreite (C) allein, nur von der resultierenden Ausnützung der ganzen nützlichen Einbaubreite $(E + C)$ und von ihrer Verteilung (E/C) auf die Eisen- und Kollektorbreite hängt die Einbauleistung des Kollektorbahnmotors ab.

Wegen

$$\sigma = \tau \frac{C}{E} = \varrho \frac{E + C}{E}$$

ist

$$\varrho\sigma + \varrho\tau - \sigma\tau = 0.$$

Die Gleichung sagt: Der geometrische Ort der drei Leistungsparameter (ϱ, σ, τ) ist eine Kegelfläche. Die drei Parameter sind Erzeugende der Fläche.

Für einen unveränderlichen Ankerdrehschub $(\sigma = \sigma_0)$ ist der geometrische Ort der beiden anderen Parameter die Hyperbel (Abb. 1 obere Hyperbel).

$$\varrho = \frac{\sigma_0 \tau}{\sigma_0 + \tau}.$$

Sie ist die Schnitthyperbel der Kegelfläche mit der Ebene des Ankerdrehschubs (σ_0) und zeigt, daß sich der resultierende Drehschub dem Ankerdrehschub, der seinen idealen Grenzwert bildet, asymptotisch nähert, wenn der Kollektordrehschub ins Unendliche wächst, das heißt, wenn sein Kollektor verschwindet.

$$\lim_{\tau = \infty} \varrho = \sigma_0 \quad (C = 0) \text{ (Grenzfall I).}$$

Oder anders ausgedrückt, der Kollektormotor geht im Grenzfall eines unendlich großen Kollektordrehschubs in einen kollektorlosen Motor, die Kegelfläche in die Ebene des Ankerdrehschubs und die Schnitthyperbel in ihre Asymptote über. Das räumliche Problem des Kollektormotors wird zum ebenen Problem des kollektorlosen Motors. Es ist um die Dimension des Kollektordrehschubs ärmer.

Macht man in der Abb. 1 die Konstante (σ_0) gleich der nützlichen Einbaubreite $(E + C)$, dann sind wegen

$$\varrho : \sigma_0 = E : (E + C)$$

die Ordinatenabschnitte gleich der Eisen- und Kollektorbreite.

Diese Darstellung zeigt anschaulich, daß nur das Verhältnis der Eisen- zur Kollektorbreite und ihre Verteilung auf die Einbaubreite, nicht ihre Absolutwerte die Einbauleistung des Kollektormotors bestimmen. Nur der kollektorlose Motor ist durch den Ankerdrehschub und die Eisenbreite allein bestimmt.

Läßt man den Ankerdrehschub wachsen, den Kollektordrehschub aber unverändert (Abb. 1, untere Hyperbel), so wird der Kollektor immer breiter und das Eisen immer schmäler werden. Bei gleichem Kollektordrehschub hat der Motor mit dem breiteren Kollektor und mit dem schmäleren Eisen die größere Leistung. Bei unendlich großem Ankerdrehschub würde der Kollektor die nützliche Einbaubreite ganz erfüllen:

$$\lim_{\sigma = \infty} \varrho = \tau_0 \quad (E = 0) \text{ (Grenzfall II)}$$

Dieser Grenzfall zeigt deutlicher als eine andere Überlegung, daß der Ankerdrehschub tatsächlich ungeeignet ist, die Einbauleistung oder Ausnützung des Kollektorbahnmotors zu kennzeichnen: Seine Leistung wird durch den Drehschub des Kollektors, an dem die Ankerleistung ebenfalls erscheint beschränkt, und zwar umso empfindlicher, je höher der Ankerdrehschub ist.

Es ist nicht notwendig, die Einbaubreite $(E + C)$, die in der Regel unveränderlich ist, im resultierenden Drehschub

$$\varrho = \frac{\sigma E}{E + C}$$

zu berücksichtigen. Man kann die Einbauleistung vielmehr durch den Parameter $K = \sigma E$ kennzeichnen, der die unveränderliche Einbaubreite $(E + C)$ nicht mehr enthält. Er ist gleich dem Produkt aus Ankerdrehschub und Eisenbreite.

$$K = \sigma E.$$

Das ist aus Abb. 1 unmittelbar abzulesen. Weil der Ankerdrehschub gleich der Schubspannung am Anker, also gleich der Zugkraft pro cm² Ankermantelfläche ist, so ist der Parameter (K) gleich der Zugkraft pro cm Ankerumfang, die

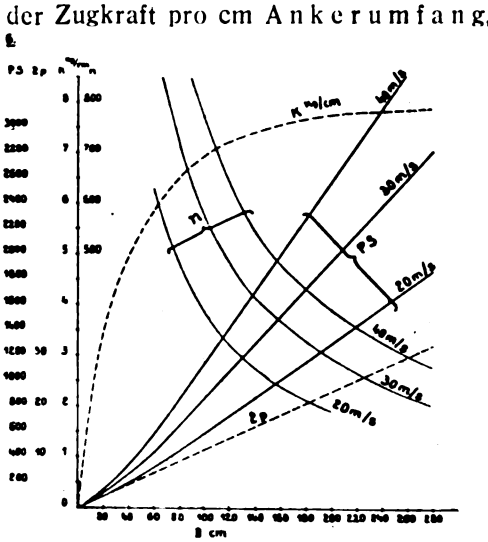


Abb. 2.

man den Kraftbelag des Ankers kurzweg nennen kann:

$$K = \sigma E = \frac{Z}{D\pi E} E = \frac{Z}{D\pi}.$$

Sowohl die einfache Definition als auch die durchsichtige mechanische Bedeutung dieses Parameters verbürgen seine Eignung zum Wertmesser der Ein-

Digitized by Google

bauleistung. Nur durch den Kraftbelag oder durch die Zugkraft an jedem cm des Ankerumfanges wird sie gekennzeichnet. Die Kurve (Abb. 2) zeigt den Kraftbelag hoch ausgenützter Einphasenbahnmotoren als Funktion des Ankerdurchmessers. Für die üblichen Ankergeschwindigkeiten kann man auch die Einbauleistung unmittelbar ablesen.

4. Strombelag, Feldbelag, Kraftbelag.

Der Kraftbelag kann auch aus den elektromagnetischen Größen des Einphasenbahnmotors berechnet werden.

Es ist bekannt, daß der Ankerdrehschub gleich dem Produkt aus Strombelag (A) und Felddichte (B) ist:

$$\sigma = A \,.\, B \,.\, 10^{-7}\ \text{kg/cm}^2.$$

Daraus folgt der Kraftbelag

$$K = \sigma E = A \,.\, B \,.\, E = A \,.\, F\, 10^{-7}\ \text{kg/cm}.$$

Die Größe (F) gleich (BE) ist offenbar gleich der Kraftlinienzahl pro cm Polteilung, weil der Fluß pro Pol $\Phi = BEt$ ist:

$$F = BE = \Phi/t.$$

Es liegt nahe, die Kraftlinienzahl (F) pro cm Ankerumfang Feldbelag zu nennen, in ähnlicher Weise, wie man die Zahl der Amperedrähte oder Stromlinien pro cm Ankerumfang Strombelag genannt hat:

Strombelag $= A = \vartheta/t$ Amp/cm

Feldbelag $= F = \Phi/t$ Voltsek/cm

(ϑ = Druchflutung/Pol in Amperedrähten, Φ = Fluß/Pol, t = Polteilung).

Der Kraftbelag des Einphasenbahnmotors ist also gleich dem Produkt aus Strombelag und Feldbelag:

$$K = AF\, 10^{-7}\ \text{kg/cm}.$$

Um eine große Einbauleistung zu erhalten, muß man daher den Feldbelag so hoch als möglich wählen. Er wächst unter sonst gleichen Verhältnissen mit abnehmender Polteilung, also mit steigender Polzahl oder mit dem Übersynchronismusgrad.

So hat der immer höhere Übersynchronismus, den man im Laufe der Entwicklung verwendet hat, dem Einphasenbahnmotor auch eine immer größere Einbauleistung verliehen.

Wenn eine Bürste y Ankerwindungen überdeckt, dann ist der mit ihnen verkettete Feldbelag

$$\varphi = Fy$$

und der Strombelag der Bürste

$$\alpha = A/y.$$

Bürsten-Strombelag $= \alpha = A/y$ Amp/cm
Bürsten-Feldbelag $= \varphi = Fy$ Voltsek/cm
Bürsten-Stromdichte $= \delta = \alpha/C$ Amp/cm^2.

Die Kollektorbreite folgt also aus Strombelag und Stromdichte der Bürste, die Eisenbreite aus Feldbelag und Felddichte des Ankers:

$$C = \alpha/\delta,$$
$$E = F/B.$$

Wegen

$$\tau = \sigma \frac{E}{C} = \frac{ABE}{C} = \frac{A}{yC} \,.\, BEy = \delta \,.\, \varphi$$

ist der Kollektordrehschub schließlich

$$\tau = \varphi\, \delta.$$

Ankerdrehschub σ = AB = Strombelag × Felddichte

Kollektordrehschub $\tau = \varphi\, \delta$ = Feldbelag × Stromdichte.

Kraftbelag $K = AF$ = Strombelag × Feldbelag.

Der Begriff des Feldbelages ergänzt die durch die Arnoldsche Schule üblich gewordenen Berechnungsgrößen, die sich für den Entwurf elektrischer Maschinen so überaus fruchtbar erwiesen haben. Nachstehend eine Andeutung über den Parallelismus zwischen elektrischen und magnetischen Größen. (Tabelle II.)

Tabelle II.

Elektrische Berechnungsgrößen.		Magnetische Berechnungsgrößen.	
Strom/Kreis	I Ampere	Kraftfluß/Pol	Φ cgs-Linien
Bürstenbreite	b cm	Polteilung	t cm
Strombelag/Bürste	$\alpha = \frac{I}{b}$ Amp./cm	Feldbelag/Anker	$F = \frac{\Phi}{t}$ cgs-Linien/cm
Kollektorlänge	C cm	Eisenbreite	E cm
Bürstenfläche	$S = b\,C$ cm^2	Polfläche	$Q = E\,t$ cm^2
Stromdichte/Bürste	$\delta = \frac{I}{b\,C}$ Amp./cm^2	Felddichte/Anker	$B = \frac{\Phi}{E\,t}$ cgs-Linien/cm^2
Kollektorlänge	$C = \frac{a}{\gamma}$ cm	Eisenlänge	$E = \frac{F}{B}$ cm
Leiter in Reihe/Bürste	y	Leiter in Reihe/Bürste	y
Durchflutung/Bürste	$\Theta = I\,y$ Amp.-Leiter	Verkettungszahl/Bürste	$\psi = \Phi\,y$
Strombelag/Anker	$A = \frac{\Theta}{b}$ Amp.-Leiter/cm	Feldbelag/Bürste	$\varphi = \frac{\psi}{t}$ cgs-Leiter/cm
	$A = \alpha\,y$		$\varphi = F\,y$
Ankerdrehschub	$\sigma = AB \,.\, 10^{-7}$ kg/cm^2	Kollektordrehschub	$\tau = \varphi\,\delta \,.\, 10^{-7}$ kg/cm^2
Kraftbelag	$K = AF \,.\, 10^{-7}$ kg/cm	Kraftbelag	$K = \varphi\,\alpha \,.\, 10^{-7}$ kg/cm

5. Die Transformatorspannung.

Man hat auch oft versucht, die Einbauleistung des Einphasenbahnmotors durch die Verwendung einer hohen Transformatorspannung zu steigern: Die größere Transformatorspannung erhöht ja die Spannung am Kollektor und vermindert seine Breite, so daß die Eisenbreite wachsen kann.

Die Bemühungen vieler Fachleute waren deshalb darauf gerichtet, Einphasenbahnmotoren mit hohen Transformatorspannungen zu schaffen. Der

Digitized by Google

Winter-Eichberg-Motor, das phasenverschobene Wendefeld von Behn-Eschenburg und Richter und der Widerstandskollektor von Modrow (B. B. C., Baden) sind Beispiele dafür.

Die Erfahrung hat indes gezeigt, daß Motoren trotz sehr hoher Transformatorspannung oft keine größere Einbauleistung hatten, als Motoren mit sehr niedriger Transformatorspannung.

Das kommt daher, daß man die hohe Transformatorspannung

$$e = 4{\cdot}44 f . \Phi 10^{-8} = 4{\cdot}44 f . B t E 10^{-8}$$
$$\Phi = B t E$$

sehr oft durch eine große Polteilung (t) und nicht durch eine große Eisenbreite (E) erreicht hat.

Denn nicht die absolute Höhe der Transformatorspannung (e), nur ihr Verhältnis ($e/t = 4{\cdot}44\ f . 10^{-8} . BE = cF$) zur Polteilung, ihr Feldbelag (F) also, bestimmt den Kraftbelag und die Einbauleistung des Einphasenbahnmotors:

$$K = AF 10^{-7} . \text{kg/cm}.$$

Die große Polteilung (t), der kleine Feldbelag (e/t) also, an den man die hohe Transformatorspannung oft gebunden hat, hat den Motor um die Mehrleistung gebracht, die ihm die hohe Transformatorspannung anderenfalls gewähren kann. Nur die Verwendung einer kleinen Polteilung verleiht dem Motor hoher Transformatorspannung die Überlegenheit und nur die Nichtbeachtung dieses Gesetzes hat gerade umgekehrt dem Motor niedriger Transformatorspannung oft zur Ebenbürtigkeit verholfen.

Beispiele für den Feldbelag ausgeführter Einphasenbahnmotoren enthält die Tabelle I. Man sieht, daß man mit der dreifachen Transformatorspannung (12 V) nur denselben Feldbelag erreicht hat, wie mit der einfachen Transformatorspannung (4 V).

6. Die Bürstenüberdeckung.

Unter der Transformatorspannung (e) war bisher die einer Windung verstanden. Die Bürste überdeckt aber in der Regel mehrere (y) Windungen und die Summe ($\varepsilon = ye$) der zwischen den Bürstenspitzen auftretenden Windungsspannungen (e) ist bei der Kommutierung zu beherrschen.

Man hat sehr oft geglaubt, daß es gleichgültig sei, wie man die Bürstenspitzenspannung (ε) auf die (y) überdeckten Windungen verteilt und daß man zum Beispiel bei $\varepsilon = 9$ V beliebig 3 Windungen je 3 V Transformatorspannung oder 2 Windungen je 4·5 V wählen könne. Das ist aber nicht der Fall. Durch die Wahl einer Größe (zum Beispiel ε) sind die beiden anderen (e und y) bereits bestimmt.

Das folgt unmittelbar aus der Hyperbel (Abb. 1) die jedem Kollektordrehschub $\tau = \varphi \delta$, also jedem Feldbelag (φ) der Bürste den zugehörigen Kraftbelag $K = AF$, also einen Feldbelag (F) des Ankers zuordnet.

Wegen $\varphi = Fy$ ist also $\varepsilon = ey = e . \frac{\varphi}{F}$, das heißt, jeder Bürstenspitzenspannung (ε) ist eine ganz bestimmte Transformatorspannung (e) pro Windung, also eine genau bestimmte Bürstenüberdeckung (y) zugeordnet und umgekehrt.

Auch das ist bisher nicht allgemein beachtet worden. Man hat vielmehr sehr oft die Bürstenüberdeckung ganz beliebig und vielfach gleich der doppelten Lamellenteilung angenommen.

7. Schluß.

Zusammengefaßt ergibt sich etwa folgendes:

Der Fortschritt liegt in der Richtung des höheren Übersynchronismus.[3]) Er ist dem Einphasenbahnmotor im Laufe der Entwicklung durch die Frequenzsenkung, durch die Polzahlsteigerung und durch den Drehzahlsprung verliehen worden und hat ihm die überragende Bedeutung gesichert, die ihm unter den übrigen Systemen der elektrischen Zugförderung heute zukommt.

Dem Übersynchronismus verdankt der Einphasenbahnmotor die hohe Einbauleistung, den guten Leistungsfaktor und die vollkommene Kommutierung, die seine Eigenschaften dem Gleichstrombahnmotor genähert haben. Dem Übersynchronismus verdankt er aber auch seine Befreiung aus regelbaren Hilfs- und Querfeldern, mit denen man ihn zur Verbesserung seiner Kommutierung versehen hatte. Dadurch hat sich der Einphasenbahnmotor auch in seinem äußeren Aufbau dem Gleichstrombahnmotor genähert.

Diese Entwicklung hat ihren inneren Grund in der immer kleineren Transformatorspannung, die der immer höhere Übersynchronismus zuließ und in der von ihm herrührenden vollkommenen Kommutierung, die den Verzicht auf weitere Hilfsmittel ermöglichte. Aber erst die Erkenntnis, daß nicht die absolute Höhe der Transformatorspannung, sondern nur ihr Verhältnis zur Polteilung, ihr Feldbelag, kurzweg, die Einbauleistung steigern kann, gibt der Entwicklung von der hohen Transformatorspannung zur niedrigen die wissenschaftliche Sanktion.

Die Ausnützung des Einphasenbahnmotors ist wegen seines Kollektors notwendig kleiner als die seines Ankers, die bisher allein beachtet wurde. Das ist sein an den Kollektor gebundenes Schicksal, das er mit dem Gleichstrommotor teilt und dem beide gerade ihre wertvollsten Eigenschaften, ihr Regelvermögen und ihre Anpassungsfähigkeit verdanken, Kollektoreigenschaften kurzweg, die man im Bahnbetrieb nicht mehr vermissen möchte.

[3]) Auf den Übersynchronismus hat schon Ossanna frühzeitig hingewiesen.

Digitized by Google

Praktische Winke für den Erdschlußschutz.

Von Dr. F. **Ahrberg**, Berlin-Halensee.

Zusammenfassung. Es wird gezeigt, daß der Holmgrenschutz sich mit dem Überstromschutz paralleler Leitungen verbinden läßt, wobei Stromwandler und Erdschlußrelais gespart werden können, sowie daß auch in dieser Schaltung der Schutz immer richtig arbeitet. Ein weiterer Vorteil ist, daß man nicht gezwungen ist, auf die Zeiteinstellung der Relais zu achten. Zum Schluß wird noch einiges über die Wahl der Stromwandler für den Erdschlußschutz angeführt.

1. Die Achterschaltung des Erdschlußschutzes bei zwei parallelen Leitungen.

In Heft 34, Jg. 1926, S. 613 ff. ist der Erdschlußschutz für parallele Leitungen erörtert worden. In der Regel wird man nun außer dem Erdschlußschutz auch noch einen Schutz gegen Kurzschluß, bzw. Leiterbruch, welch letzterer sich bei gewissen Schaltungen des Kurzschlußschutzes von selbst ohne zusätzliche Relais ergibt, vorsehen. Handelt es sich um nur zwei parallele Leitungen, so verwendet man hierfür vorteilhaft den sogenannten

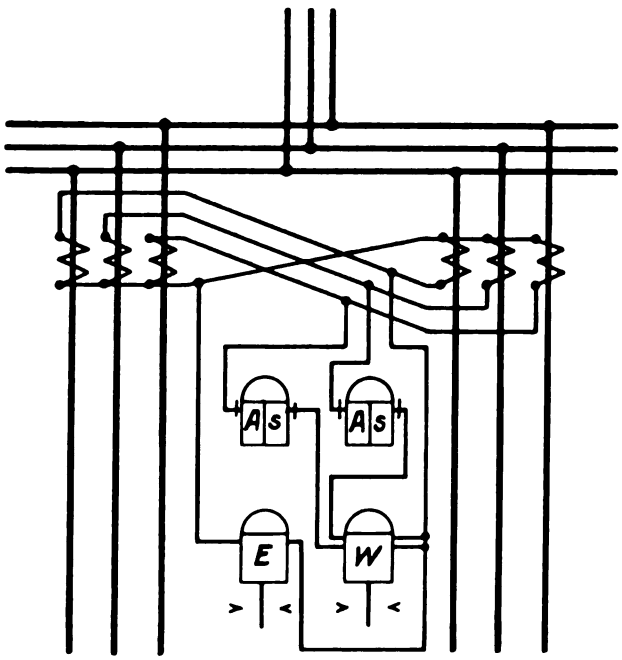


Abb. 1. Verbindung von Überstromschutz und Erdschlußschutz.

Achterschutz, der die fehlerhafte Leitung herausfallen läßt, während die gesunde Leitung den Betrieb aufrecht erhält. Der Name „Achterschutz" kommt daher, weil die Sekundärwicklungen je zweier Stromwandler über Kreuz in Form einer Acht, wie im Schaltbild der Leitungszug zweckmäßig dargestellt wird, geschaltet sind (Abb. 1). Der Achterschutz erfordert pro Leitungsende zwei Überstromzeitrelais und ein doppelpoliges Richtungsrelais *W* mit Ausschlag nach beiden Seiten. Macht das Richtungsrelais nach der einen Seite Kontakt, wird der Auslöser der ersten Leitung freigegeben und der der anderen verriegelt. Erfolgt der Kontakt nach der anderen Seite, wird der Auslöser der zweiten Leitung freigegeben. Für jedes Leitungsende sind zwei Stromwandler erforderlich, da der Kurzschlußstrom bei zweiphasigem Kurzschluß nur in zwei Phasen fließt. Man kann nun den Achterschutz mit dem Erdschlußschutz verbinden, man braucht dann nur noch einen dritten Wandler pro Leitungsende hinzuzufügen und verwendet mit Vorteil ein Erdschlußrelais mit Ausschlag nach beiden Seiten (*E* in Abb. 1), so daß man für beide Leitungen nur ein Erdschlußrelais braucht. Durch das Erdschlußrelais werden dann die beiden Zeitrelais betätigt, die den Auslösern der beiden Leitungen zugeordnet sind und gleichzeitig mit den unabhängigen Überstromrelais zusammen arbeiten. Die Überstromzeitrelais bestehen nämlich aus zwei getrennten Relais, einem zeitunabhängigen Überstromrelais und einem vom Strom unabhängigen Zeitrelais. Dies ist schon deshalb notwendig, weil jedes Zeitrelais den Auslöser einer anderen Leitung betätigt, während die in verschiedenen Phasen angeordneten Überstromrelais mittels des Richtungsrelais entweder die eine oder die andere Leitung wahlweise abschalten.

Es läßt sich leicht nachweisen, daß die Achterschaltung der Erdschlußrelais auch selektiv die Leitung, auf der der Erdschluß liegt, einwandfrei abschaltet bzw. signalisiert. Da in der oben erwähnten Abhandlung die Verteilung des Erdschlußstromes für die in Betracht kommenden Fälle ausführlich behandelt ist, sollen hier nicht alle Fälle wiederholt werden. Es zeigt sich aber, daß die Verbindung des Erdschlußschutzes mit dem Überstromschutz noch einen anderen Vorteil bietet. Bei der Behandlung des Erdschlußschutzes von parallelen Leitungen in der unabhängigen Schaltung der Erdschlußrelais zeigte es sich, daß man in verschiedenen Fällen die Relais am Anfang und Ende der Leitungen auf verschiedene Zeiten einstellen muß, wenn man sich nicht nur mit der Signalisierung des Erdschlusses begnügen will. Wird dies nicht beachtet, so erfolgen Fehlschaltungen. Beim Achterschutz verwendet man aber Zeitrelais mit einem Momentkontakt und einem Zeitkontakt. Der Momentkontakt betätigt den Schalter der fehlerhaften Leitung, wenn noch beide Leitungen in Betrieb sind. Ist aber eine von beiden Leitungen herausgefallen, so wird die Zuleitung zum Momentkontakt vom Schalter mit Hilfe eines Signalkontaktes unterbrochen und die zweite Leitung kann nur über einen Kontakt mit Zeitverzögerung abgeschaltet werden. Hierdurch erreicht man, daß auch beim Erdschlußschutz die Selektivwirkung an sich gewahrt bleibt, wenn auch die Zeiteinstellung nicht den früheren Betrachtungen gemäß ausgeführt wird.

In Abb. 2 ist der Fall einer Leitung eines Netzes ohne Löscheinrichtung dargestellt, wo an

Digitized by Google

der Sammelschiene nicht direkt der Abnehmer, sondern noch andere Netzteile angeschlossen sind. Dies entspricht Abb. 4 auf Seite 615 der vorgenannten Arbeit, wo die Relais 3 und 4 eine größere Zeitverzögerung erhalten mußten als die Relais 1 und 2. In Abb. 2 sind die Überstrom- und Richtungsrelais fortgelassen, da sie für den Erdschlußschutz nicht in Betracht kommen und das Schaltbild dann übersichtlicher wird. Man könnte diese Relais ja auch fortlassen und die Achterschaltung nur für den Erdschlußschutz ausführen. Im folgenden wird wieder nicht

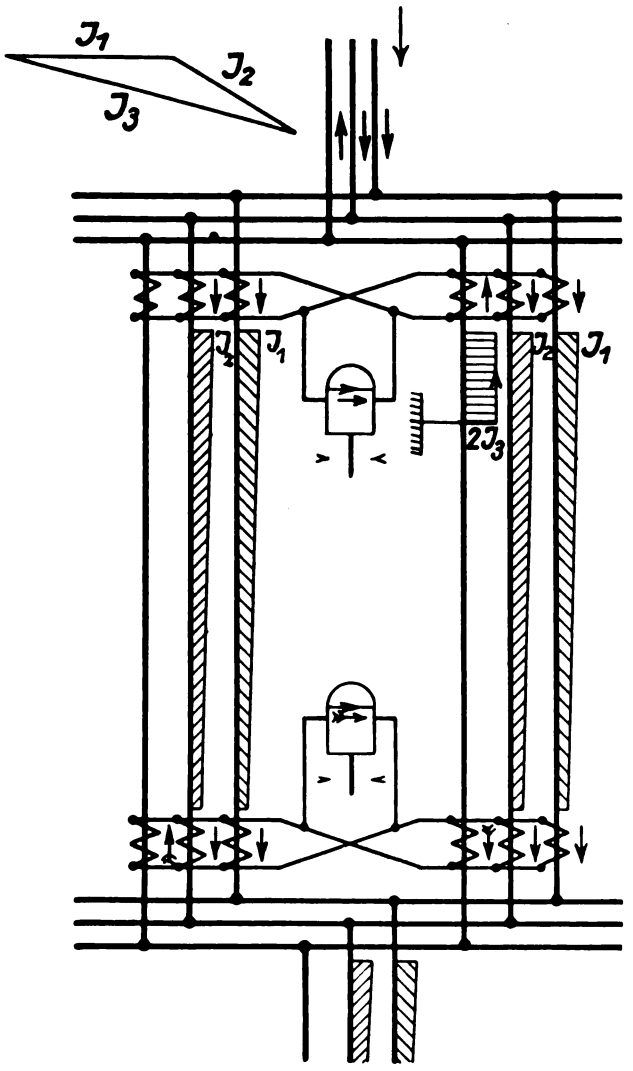


Abb. 2. Ungelöschtes Netz. Erdschluß am Anfang der Leitung.

mit Energierichtungen, sondern mit den Momentanwerten der Ströme gerechnet, da dies verständlicher ist. Diese Momentanwerte beziehen sich immer auf den gleichen Zeitpunkt. Fließt der Strom im Erdschlußrelais in der Pfeilrichtung (nach rechts), so wird die rechte Leitung abgeschaltet, bei entgegengesetztem Strom die linke. Die Relais am Anfang und Ende der Leitung sind verschieden gepolt, wie aus dem Anschluß der Stromklemmen ersichtlich ist. Der Anfang der Leitung ist immer oben, wo die Speisung erfolgt. Liegt der Erdschluß am Anfang der rechten Leitung, so ergibt sich die Stromverteilung nach Abb. 2. Zunächst gelten die ungefiederten Pfeile. In der Acht am Ende der Leitungen fließen rechts und links gleiche Ströme in gleicher Richtung, so daß sie sich in den Sekundärwicklungen der Stromwandler ausgleichen können, während das Relais stromlos bleibt. Das gleiche gilt am Anfang der Leitungen von den Strömen in den rechten beiden Phasen. Der Strom der erdgeschlossenen Phase dagegen muß über das Relais fließen, und zwar in der Pfeilrichtung. Mit der Sternspannung der erdgeschlossenen Phase bildet er ein Drehmoment, das den Schalter am Anfang der rechten Leitung ausschaltet. Jetzt muß der ganze Erdschlußstrom in der linken Phase der rechten Leitung nach unten fließen. Es gelten jetzt die gefiederten Pfeile. Der Ladestrom der beiden anderen Phasen in der rechten Leitung kehrt sich um (Abb. 2, Seite 614). Da aber der Strom in der linken Phase überwiegt, ist dessen Richtung maßgebend. Der Strom fließt im Relais in der Pfeilrichtung, so daß der Schalter am Ende der rechten Leitung abgeschaltet ist. Der Relaisstrom ist gleich der Differenz des Stromes in der erdgeschlossenen Phase und den beiden anderen Phasen. Die fehlerhafte Leitung ist jetzt abgeschaltet, und zwar durch die Momentkontakte der Zeitrelais.

Liegt der Erdschluß am Ende der rechten Leitung, so fließt in der linken Phase beider Leitungen der gleiche Strom. Am Anfang der Leitungen werden sich also die Ströme über die Wandler ausgleichen können, ohne daß Strom durch das Relais geht. Am Ende dagegen gelten die Pfeile wie in Abb. 2. Während die Ströme der rechten beiden Phasen nur über die Wandler fließen, geht der Strom der linken Phasen über das Relais, wodurch der Schalter am Ende der rechten Leitung fällt. Jetzt geht der ganze Erdschlußstrom in der linken Phase der rechten Leitung nach oben, wo er den Schalter am Anfang der Leitung zum Auslösen bringt. Am Ende fließt in den Wandlern der rechten Leitung kein Strom, in den beiden rechten Phasen der linken Leitung dagegen noch der Ladestrom des übrigen Netzes. Dieser fließt im Relais entgegen der Pfeilrichtung, betätigt also das Zeitrelais für die linke Leitung. Da aber durch den Signalkontakt des rechten Schalters, der bereits ausgelöst hat, der Momentkontakt unterbrochen ist, erhält das Relais am Ende jetzt Zeitauslösung, während der Schalter am Anfang der rechten Leitung momentan auslöst. Hat dieser aber ausgelöst, dann ist der Fehler abgeschaltet und der Schalter am Ende der linken Leitung kann nicht mehr fallen.

In Abb. 3 ist ein Netz mit Löscheinrichtung am Speisepunkt angenommen, wo nur die Wirkkomponente des Reststromes in Betracht kommt. Der Erdschluß liegt am Ende der rechten Leitung. Zunächst gleichen sich die Ströme am Anfang der Leitungen wieder in der Acht aus. Es gelten die ungefiederten Pfeile. Am Ende fließt dagegen der Fehlerstrom in der Pfeilrichtung durch das Relais, so daß die rechte Leitung dort abgeschaltet wird.

Digitized by Google

Dann fließt wieder der ganze Erdschlußstrom nach oben, es gelten die gefiederten Pfeile, so daß nur der Schalter am Anfang der rechten Leitung fällt, womit die fehlerhafte Leitung abgetrennt ist.

Liegt der Erdschluß am Anfang der Leitung (Abb. 5, Seite 615), so fällt zunächst der Schalter am Anfang der rechten Leitung. Dann geht der Strom nach unten und über die linke Leitung zurück. Am Ende gelten wieder die Pfeile von Abb. 3, der Schalter der rechten Leitung fällt momentan. Der Schalter am Anfang der linken Leitung kann aber durch den Erdschlußstrom nicht betätigt werden, da der Signalkontakt des rechten Schalters die Momentauslösung unterbrochen hat. Für alle anderen Fälle gelten ähnliche Betrachtungen.

Sind mehr als zwei parallele Leitungen, so kann man bei gerader Anzahl je zwei Leitungen für den Erdschlußschutz zusammenfassen.

2. Bemessung der Stromwandler für den Erdschlußschutz.

Bei ungelöschten Netzen ist der Erdschlußstrom, der das Relais zum Ansprechen bringt, im allgemeinen ziemlich groß. Ein Teil dieses Stromes wird nun im Stromwandler zur Erzeugung des magnetischen Feldes verbraucht, das den Spannungsabfall in der Stromspule des Erdschlußrelais überwinden muß. Der größere Teil des Stromes wird aber auf die Sekundärseite des Wandlers übersetzt und fließt durch das Relais. Da der gesamte Erdschlußstrom groß ist, kann der Magnetisierungsstrom der Wandler auch größer sein und man kommt mit verhältnismäßig kleinen Stromwandlern aus. Anders ist es dagegen in Netzen mit Löscheinrichtung. Hier ist die Wirkkomponente des Reststromes, auf die das Erdschlußrelais anspricht, klein, sie beträgt nur einige Prozent des Nennstromes. Es steht also auch nur ein kleiner Strom zur Magnetisierung der Stromwandler zur Verfügung, die daher reichlich bemessen sein müssen, damit sie trotz kleiner Induktion im Eisen noch genügend Spannung abgeben können. Am besten zeigt dies ein Beispiel.

Der Nennstrom des Netzes sei 400 A, die Wirkkomponente des Reststromes 3·5 vH = 14 A. Das Erdschlußrelais spricht bei 0·18 V 0·1 A an. Es sollen Stabwandler (Wandler mit einer primären Windung) verwendet werden, die besonders kurzschlußsicher sind, eventuell Ringkerne auf Ölschalterdurchführungen, die sehr beliebt sind. Bei einer Netzspannung von 110 kV ergibt sich ein großer Durchmesser des Ringkernes. Die Abmessungen sollen 300/180 mm Durchmesser und 300 mm Länge betragen. Der Eisenquerschnitt ist dann 160 cm², die sekundäre Windungszahl $\frac{400}{5} = 80$. Bei 0·18 V am Relais wird die Induktion

$$B = \frac{0{\cdot}18 \cdot 10^8}{222 \cdot 160 \cdot 80} = 6{\cdot}4.$$

Die AW/cm betragen dann bei hochlegierten Blechen 0·010, die gesamten zur Magnetisierung erforderlichen AW = 0·010 × 75 = 0·75. Der Leerlaufstrom des Wandlers wird also, da nur eine primäre Windung vorhanden ist, 0·75 A. Da in der Achterschaltung dem vom Erdschlußstrom durchflossenen Wandler noch die fünf anderen Wandler sekundär parallel geschaltet sind, muß der erste auch noch den gleichen Leerlaufstrom in die anderen Wandler liefern. Es werden also 6 × 0·75 A = 4·5 A als Leerlaufstrom verbraucht, nur der Rest des Erdschlußstromes geht in das Relais. Nimmt man an, daß die Ströme sich unge-

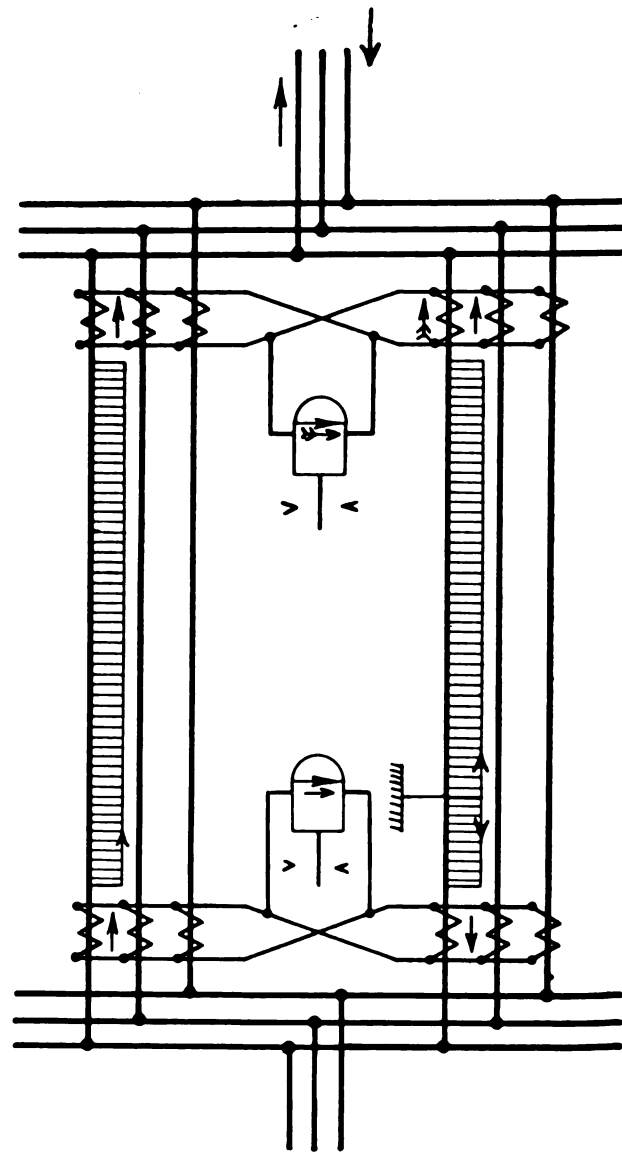


Abb. 3. Gelöschtes Netz. Erdschluß am Ende der Leitung.

fähr arithmetisch addieren, so bleiben als Relaisstrom $\frac{14 - 4{\cdot}5}{80} = 0{\cdot}12$ A. Man sieht, daß bei größerem Leerlaufstrom das Ansprechen des Relais in Frage gestellt würde. Die Belastungsströme und Kapazitätsströme in den Wandlern sind bei der Rechnung nicht berücksichtigt. Sie überlagern sich dem Reststrom, ohne an dem Ergebnis etwas zu ändern. Die Stromwandler müssen also ziemlich reichlich bemessen werden. Für den Achterschutz ohne Erdschlußrelais würde zum

Digitized by Google

Beispiel ein Viertel der Länge des Eisenkernes genügen.

Man muß aber für den Erdschlußschutz nicht nur reichlichere Wandler haben, sondern muß auch gleichartige Wandler verwenden. Verwendet man Wandler verschiedener Leistung, so entstehen Ausgleichsströme, die über das Relais gehen. Würde zum Beispiel ein Wandler einen kleineren Eisenkern bei sonst gleicher Bauart erhalten, so würde er, da die Spannung an allen Wandlern sekundär gleich ist, einen größeren Leerlaufstrom verbrauchen, also weniger Sekundärstrom liefern. Die geometrische Differenz der Sekundärströme würde in das Relais fließen. Bei normalen Betrieb würde das kaum etwas schaden, da dann das Erdschlußrelais im Spannungspfad keine wesentliche Spannung hat. Im Falle eines Erdschlusses könnte aber die Wirkkomponente des Reststromes kompensiert werden, so daß der Schutz versagt. Dieser Fall hat auch insofern eine Bedeutung, als bei Beschädigung eines Stromwandlers darauf geachtet werden muß, daß als Ersatz nur ein gleichartiger Wandler verwendet wird. Über Ausgleichvorgänge im Relais infolge ungleicher und phasenverschobener Leerlaufströme der Stromwandler ist bereits an anderer Stelle ausführlicher gesprochen[1]).

[1]) Ahrberg & Gaarz: Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern IV. Band, 2. Heft S. 95 und V. Band, 1. Heft, S. 26.

Die Fortschritte des Elektromaschinenbaues im Jahre 1925.

Der vorliegende, das Gesamtgebiet des Elektromaschinenbaues umfassende Jahresbericht der Kommission für elektrische Maschinen des American Institut of Electrical Engineers zur Jahresversammlung im Juni 1926[1]) unterscheidet sich von seinen Vorgängern in den früheren Jahren durch die Ausdehnung auch auf die europäische Erzeugung und stellt derart einen gesamten Überblick der Fabrikationslage in der ganzen Welt dar, wobei schon vorweg bemerkt werden kann, daß, wie der Bericht selbst zeigt, die alte Welt noch heute auf vielen Gebieten die Führung innehat und wenn sie auch auf vielen anderen Amerika gegenüber zurücktreten muß, so ist dies in erster Linie nicht dem Mangel an Fähigkeiten, sondern an Möglichkeiten zuzuschreiben; im übrigen vermochte die europäische, mit viel beschränkteren Mitteln arbeitende Elektroindustrie, insbesondere aber auch die Forschungstätigkeit, sobald sie vor gleichartige Angaben gestellt wurde, diese auch in gleich vorzüglicher Weise, wie die amerikanische zu lösen. Insbesondere gilt das für die deutsche Industrie, für deren bahnbrechende Tätigkeit die rasche Einbürgerung der Kohlenstaubfeuerung, die Erschaffung des auch im Vergleich mit amerikanischen Verhältnissen bemerkenswerten Großkraftwerkes Rummelsburg Hand in Hand mit der Umstellung der Versorgung von Groß-Berlin auf modernste und großzügige Grundlage[2]) und der fortschreitende Ausbau einer 220 kV Höchstspannungsverbindung zwischen den Alpenwasserkräften und dem rheinisch-westfälischem Kohlengebiet Marksteine der letzten Entwicklung bilden[3]).

Der Bau von Turbogeneratoren ist durch die Fertigstellung von zwei Einheiten für je 62 500 kVA, 1800 U/min, um einen weiteren Schritt vorwärtsgekommen, da solche bis zuletzt nur mit 1200 U/min ausgeführt werden konnten; ermöglicht wurde dies in erster Linie durch weitere Verbesserungen an der Kühlung, insbesondere Vermehrung und zweckdienliche Anordnung der Kühlkanäle und überhaupt Vervollkommnung der Ventilation. Dadurch wird der Weg für eine weitere Erhöhung der Grenzleistung eröffnet, da eine Leistungssteigerung bei den weniger rasch laufenden Maschinen mit Rücksicht auf die sich dann ergebenden Läufergewichte kaum mehr möglich erscheint. In der Tat sind zwei Generatoren für 60 000 kW bei $\cos \varphi = 0{\cdot}8$ in Ausführung begriffen, solche für 75 000 kW in Aussicht genommen. Die größte europäische Einheit, die bis jetzt gebaut wurde, dürfte die 60 000 kVA, 1500 U/min Maschine des Kraftwerkes Gennevilliers[4]) bei Paris sein. Als mit den derzeit bekannten Mitteln noch erreichbare höchste Leistung werden in Amerika 40 000 kVA bei 3000, 90 000 kVA bei 1800 und 100 000 kVA bei 1500 U/min angesehen, wobei man auch noch der Ansicht ist, daß, falls Leistungen von über 75 000 kW in einer Einheit benötigt werden sollten, solche eher durch weitere Vervollkommnung im Entwurf und Verbesserung der Materialien bei der vierpoligen Type, als Rückkehr zur langsamer laufenden sechspoligen Ausführung anzustreben sind. Als größte, schon ausgeführte Einheiten in Verbundanordnung mit Mehrgehäuseturbinen und der Wellenzahl entsprechend unterteilten Generatoren werden genannt eine 77 000 und eine 80 000 kW-Gruppe, jeweils bestehend aus zwei Generatoren und einem Eigenbedarfsgenerator in Zweiwellenanordnung. Dreiwellenanordnungen mit drei Generatoren für Gesamtleistungen von 160 000 bezw. 200 000 kW sind in Ausführung begriffen.

Eine bemerkenswerte Abweichung der amerikanischen von der europäischen Praxis besteht in der fast ausnahmslosen Verwendung von Schnellreglern in Europa zwecks Festhaltung der Spannung und Sicherung der Stabilität bei plötzlichen Laständerungen, wogegen man in Amerika an der Handregelung festhält und jede Abhängigkeit von automatischen Reglern zu vermeiden wünscht. Die großen Leistungen in Verbindung mit hohen Drehzahlen bedingen die Verwendung von besonders hochwertigen Materialien, welche gegen die in Frage kommenden Beanspruchungen genügend widerstandsfähig sind. In Gegensatz zur früheren Anschauung, wonach die Betriebsdrehzahl unterhalb der kritischen Drehzahl zu halten ist, wird deren Überschreitung jetzt als unbedenklich angesehen und nur verlangt, daß die Betriebsdrehzahl genügend weit entfernt von der kritischen und deren Vielfachen liegt. Man hat auch erkannt, daß die kritische Drehzahl nicht nur vom Gewicht und der Länge des Läufers, sondern auch von der Ausbildung der Grundplatte und Lager abhängig ist. Die bei derart großen Maschinen auftretenden mechanischen Beanspruchungen der Wicklung durch die Zentrifugalkräfte und auch durch Temperaturänderungen bedingten Längskräfte zwingen zur besonders sorgfältigen Isolation der Wicklung, insbesondere der Wickelköpfe. Für die Aufrechterhaltung des notwendigen Kühlluftumlaufes sorgen bei kleineren Einheiten auf die Läuferwelle aufgesetzte Ventilationsflügel, doch muß bei großen Maschinen zu besonderen Ventilatoren gegriffen werden, da bei diesen keine ausreichende Selbstlüftung mehr erreicht werden kann. Gut ausgebildete, besondere Ventilatoren mit 65 vH Nutzeffekt gestatten eine Wirkungsgradverbesserung um 0·1 bis 0·2 vH. Bei den großen Maschinen kann bei einer derartigen Anordnung der Läuferdurchmesser kleiner gewählt werden, was zu einer Wirkungsgradverbesserung um 0·3 bis 0·4 vH führt, vermöge der derart erzielten Verringerung der

[1]) Journal A. I. E. E., Bd. 45, Heft 10; vgl. E. u. M. 1926, TWN, Seite 75.
[2]) E. u. M. 1926, Seite 405.
[3]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1926, Seite 105 ff.
[4]) Vgl. E. u. M. 1922, Seite 335.

Digitized by Google

Luftreibungsverluste. Diese Anordnung hat den weiteren Vorteil, daß die Luft vom Ventilator vor Eintritt in die Maschine durch die Luftkühler gedrückt und derart abgekühlt wird, so daß die Kühlluft in die Maschine mit niedrigerer Temperatur, als bei den selbstlüftenden Maschinen eintritt, bei welchen diese durch die Ventilatorflügel erwärmt wird. Die Frage der Luftkühlung bildete auch Gegenstand von viel Forschungsarbeit und namentlich die angestellten Modellversuche haben zu bedeutenden Verbesserungen geführt und die Erkenntnis der Vorgänge gefördert. Die Führung der Kühlluft in geschlossenem Weg mit Rückkühlung derselben außerhalb der Maschine sichert die Erhaltung der vollständigen Reinheit derselben und schützt die Maschine vor Verschmutzung, weshalb diese Anordnung neben Turbogeneratoren, wo sie fast ausnahmslos verwendet wird, auch bei anderen Maschinen, insbesondere Wasserkraftgeneratoren Eingang gefunden hat und in steigendem Maße verwendet wird.

Bei Wasserkraftanlagen wird die senkrechte Bauart mit oberhalb des Generators angeordnetem, auf dessen Gehäuse abgestütztem Spurlager bevorzugt; gegen 80 vH aller Maschinen gehören zu dieser Bauart. An Größe haben die Führung noch immer die 65 000 kVA Einheiten der Niagara-Anlagen[5]) inne, doch wird der Bau von noch größeren Maschinen für technisch möglich gehalten. Als obere Grenze gelten derzeit 20 000 kVA bei 600, 30 000 kVA bei 500, 80 000 kVA bei 300 und 130 000 kVA bei 100 U/min. Die Ausführung des Gehäuses aus geschweißten Stahlplatten und Ersatz der durchgehenden Grundplatte, bezw. des Grundringes bei senkrechten Maschinen durch einzelne Sohlplatten gestattet eine namhafte Verringerung des Maschinengewichtes, so daß die amerikanischen Ausführungen im allgemeinen eine Gewichtsersparnis bis zu 25 vH gegenüber den europäischen aufweisen. Unter den Maschinen mit wagrechter Welle stehen solche von 33 000 kVA bei 360 U/min an der Spitze, die im Vorjahre für eine Anlage in Brasilien hergestellt werden. Diese Maschine wird jedoch an Größe von einer europäischen Ausführung übertroffen, welche bei 500 U/min die vorstehend genannte Grenzleistung von 30 000 kVA aufweist. Dieselbe ist durch ihre Läuferkonstruktion besonders bemerkenswert, welche aus zwei nebeneinander angeordneten Polsätzen mit gemeinsamem Statorgehäuse besteht, die aus Transportrücksichten gewählt werden mußte. Die vollständige Automatisierung von Wasserkraftanlagen, oder zumindest Fernsteuerung von kleineren Anlagen aus einem Mutterwerk findet ständig wachsenden Eingang. Im Vorjahre sind Einheiten bis zu 9000 kVA mit solchen Einrichtungen in Betrieb genommen worden.

An Generatoren mit Dieselmaschinenantrieb sind die drei Einheiten zu je 3125 kVA, 125 U/min, 25 Per/s, der Panamakanalanlage die größten bisher gebauten. Sie werden vom 13 000 kVA 94 U/min Generator der Hamburgischen Elektrizitätswerke, welcher von einem 15 000 PS Dieselmotor angetrieben wird, um ein Mehrfaches übertroffen[6]).

Im Transformatorenbau bildet das Hauptproblem die Kühlungsfrage. Eine neue, in Einführung begriffene Art besteht in der Kühlung der Außenseite des Kastens durch Luftgebläse, welche bei 30 000 kVA, 220/10·6 V, 60 Per/s, Einphaseneinheiten, als bisher größten derartigen Type Anwendung gefunden hat. (Diese Kühlungsart ist in Deutschland und bei uns durchaus nicht neu und wurde bereits vor mehr als einem Jahrzehnt ausgeführt. Die Wiener Städt. Elektrizitätswerke haben erst vor kurzem mehrere solche Transformatoren von 10 000 kVA aufgestellt. Der Ber.) Die in Europa ziemlich allgemein angewendete Außenkühlung des Öles wird in Amerika verhältnismäßig selten gewählt, doch wurde auch diese Anordnung bei großen Einheiten öfters ausgeführt. Bei Transformatoren mit Selbstkühlung wurde mit den im Vorjahr fertiggestellten 20 000 kVA 72 450/18 000 V, 60 Per/s, Einphaseneinheiten eine neue obere Grenze erreicht. Die größten bisher gebauten wassergekühlten Einphasentransformatoren sind die ebenfalls 1925 fertiggestellten 28 866 kVA, 220/66 kV, 60 Per/s Einheiten. Demgegenüber wird erwähnt, daß die Führung in der ganzen Weltindustrie Deutschland innehat, mit den für das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk vor einigen Jahren gelieferten 110 kV Drehstromtransformatoren, welche nach Austausch ihrer ursprünglichen Aluminiumwicklung gegen Kupfer 75 000 kVA Leistung aufweisen. Große Bedeutung wird der Ausrüstung der Transformatoren mit im Betrieb umschaltbaren Anzapfungen beigemessen, durch welche erst ein einwandfreier Parallelbetrieb großer, verkuppelter Netze und befriedigende Spannungsregelung erzielt werden. Eine Gruppe von zur Verbindung von zwei 60 kV Netzen dienenden, als Spartransformator ausgeführten Einphasentransformatoren für 66 60 kV, 36 000 kVA Durchgangsleistung[7]), ist in diesem Belange erwähnenswert, welche 10 vH Spannungsänderung in beiden Richtungen in je neun Stufen gestattet. Der Bedarf an kleinen Transformatoren für die Elektrisierung ländlicher Gebiete führte zur Entwicklung von 110 kV Transformatoren für 100 kVA Leistung. Als größte Spannungswandler werden solche für 144 kV in Einphasenausführung erwähnt, welche zur Spannungsmessung zwischen der Leitung und dem fest geerdeten Nullpunkt dienen und dementsprechend nur eine isolierte Ausführung besitzen, wogegen das zweite Wicklungsende an das geerdete Gehäuse angeschlossen ist. Von den europäischen Ausführungen werden noch die $16^2/_3$-periodigen, für Bahnkraftwerke bestimmten Bauarten erwähnt, unter denen Dreiwicklungstransformatoren der Schweizer Bundesbahnen für 132 66 15 kV eine führende Stellung einnehmen. Der eine Schenkel trägt die 132, der andere die 66 kV Wicklung allein, wogegen die 15 kV Wicklung in vier parallelgeschalteten Teilen auf beide Kerne gleichmäßig verteilt ist. Diese Transformatoren leisten 11 000 kVA bei 117 t Gesamtgewicht einschließlich Ölfüllung. Unter den neu entwickelten Schutzeinrichtungen für Transformatoren werden die Bucholtz-Schutzapparate besonders erwähnt, deren Wirkungsweise hier als bekannt vorausgesetzt werden kann[8]).

Unter den verschiedenen Periodenumformern ist eine 40 000 kW Gruppe, von den Synchronphasenschiebern eine 40 000 kVA Einheit für 600 U/min, welche an ein 220 kV Netz angeschlossen wird, erwähnenswert. Bei letzterer Maschinengattung ist eine möglichst weitgehende Verringerung der Verluste von größter Bedeutung, da sie ständig in Betrieb gehalten werden müssen, daher ihre Verluste in der Energiebilanz eine große Rolle spielen. Aus diesem Grund ist man bemüht, die Drehzahl zu erhöhen, da raschlaufende Maschinen kleinere Verluste aufweisen; für 25 000 bis 40 000 kVA kommt man bis zu 600 U/min für 15 000 kVA auf 720 U/min. Die Verluste von Einheiten ab etwa 5000 kVA betragen unter 2 vH, bei wesentlich größeren Maschinen unter 1·75 vH. Zwecks Vermeidung des Geräusches werden diese raschlaufenden Maschinen vollständig gekapselt ausgeführt. In einer Anlage wurde ein 1000 kVA Synchronphasenschieber mit einem Spannungsregler ausgerüstet, der die Maschine nach Bedarf in Abhängigkeit von der Linienspannung in Betrieb setzt oder abstellt.

In letzter Zeit ist eine zunehmende Verdrängung der Induktionsmotoren durch Synchronmotoren, namentlich für größere Leistungen, wahrzunehmen. Als größte derartige Maschine wird ein 9000 PS, 6600 V Walzwerksantriebsmotor erwähnt, der um 1·5 vH höheren Wirkungsgrad und gleichzeitig den Entfall von 4000 Blind-kVA gewährleistet. Als Umformer für Einphasen-Lastzugslokomotiven mit Einphasenstromzuführung und Gleichstromspeisung des Lokomotivmotors wurde ein 1200 kVA Satz mit Synchronantriebsmotor für 2300 V, 25 Per/s ausgeführt. Die Inbetriebsetzung erfolgt durch Anwurfmotor der Repulsionstype, der den Satz auf 80 vH der normalen Drehzahl bringt; dann er-

[5]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 674.

[6]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 567.

[7]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 416.

[8]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 933; Das E.-Werk, Seite 23.

Digitized by Google

folgt der Anschluß an das Netz und der Motor gelangt in Synchronismus.

Auf dem Gebiet der Induktionsmotoren selbst sind wesentliche Neuerungen nicht zu verzeichnen; das allgemeine Bestreben zielt auf Verbesserung des Leistungsfaktors sowie der konstruktiven Ausführung und der Isolation. Von den europäischen Neukonstruktionen wird der an den Motor selbst angebaute Zentrifugalanlasser, der schon bis zu 225 PS Anwendung findet und der mit wassergekühltem Gehäuse versehene, vollkommen geschlossene Motor, der namentlich für Abteufpumpen gute Dienste leistet und bis zu 70 vH der Leistung des offenen Motors erreicht erwähnt. Der größte bisher ausgeführte Induktionsmotor amerikanischer Herkunft ist ein 8000 PS Walzwerksantriebsmotor für 13 200 V.

Ströme hoher Frequenz finden in neuester Zeit auch in der Industrie zunehmende Verwendung, was zur Entwicklung von geeigneten Stromerzeugern zwingt. Für die Herstellung von Silberlegierungen und das Schmelzen von Kupfer, Messing und Nickel werden eisenlose Induktionsöfen, deren Betrieb mit 500 bis 2000 PS geführt wird, verwendet. Für diese Zwecke wurden einphasige Generatoren bis zu 600 kW bei 480 Per/s, bezw. 150 kW bei 2000 Per/s gebaut. Für den Antrieb von raschlaufenden Holzbearbeitungsmaschinen dienen Drehstrommotoren für 420 Per/s, die aus für diese Periodenzahl gebauten Stromerzeugern gespeist werden. Dieselben haben ausgeprägte Pole, doch bedingt die hohe Drehzahl und große Polzahl besondere Konstruktionen und Windungsausführung. Zweipolige Induktionsmotoren für derartige Frequenzen erreichen Drehzahlen bis zu 25 000 je min, welche naturgemäß zu Sonderbauarten zwingen. In Europa wurde für solche Zwecke in neuester Zeit ein 50 periodiger Motor entwickelt, der zwei konzentrisch angeordnete Ständer und Läufer besitzt und derart eine Drehzahl von 6000 je min erreicht.

Die Quecksilberdampf-Gleichrichter, welche in Europa schon seit vielen Jahren mit bestem Erfolg angewendet werden, finden in Amerika nur langsam Eingang, obwohl ihre Vorteile namentlich in Hinblick auf den Wirkungsgrad voll anerkannt zu werden scheinen. Es werden nur zwei Anlagen mit über einjähriger Betriebsdauer verzeichnet und sind einige weitere in Ausführung begriffen, doch nehmen in letzter Zeit die Bestellungen rasch zu. Als besonderer Vorteil wird noch gewertet, daß die obere Spannungsgrenze viel höher als bei rotierenden Umformern liegt. In diesem Belange wird auf europäische Ausführungen für 4000 V Gleichstromspannung bei 3000 kW Leistung hingewiesen, welche sich im Vollbahnbetrieb gut bewährt haben. Neben dem höheren Wirkungsgrad haben sie noch den Vorzug der einfachen Inbetriebsetzung, die keine Parallelschaltung erfordert, und Fehlen jedweden Geräusches, was sie auch zur Aufstellung in dicht verbauten Stadtteilen geeignet macht. Ihr ungestörter Betrieb ist von der Erhaltung besten Vakuums in hohem Maße abhängig; Schwierigkeiten machen noch die Rückzündungen, mit deren Bekämpfung man sich eingehend befaßt.

Dr. Beck.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die verschiedenen Verfahren der Anzapfdampfvorwärmung vergleicht W. G. Noack (Baden). Die übliche Anordnung ist die Entnahme des Anzapfdampfes aus den Hauptturbinen, deren jede also besondere Vorwärmer erhalten muß. Mit der Belastung der Turbinen bezw. mit dem Druck an der ersten Anzapfstelle ändert sich dabei auch die Endtemperatur der Vorwärmung. Nachteilig werden auch die baulichen und betriebstechnischen Verwicklungen der Turbinenanlage empfunden. Man hat daher die Aufstellung besonderer Vorwärmturbinen vorgeschlagen, womit man die gleichmäßige Endtemperatur des Speisewassers erreichen kann. Insbesondere ist für diesen Zweck sowohl in Amerika als auch in Europa die Hausturbine herangezogen worden, die dann als Gegendruckentnahmeturbine gebaut wird. (Abweichend hievon wird zum Beispiel im Hudson Avenue-Werk in Brooklyn[1]) der Abdampf der als Kondensationsturbine gebauten Hausturbine zur Vorwärmung des Kondensates der Hauptturbine benutzt. Der darüber hinaus erforderliche Dampf zur Speisewasservorwärmung wird aber den Hauptturbinen selbst entnommen). Die SSW haben eine eigene Regenerativturbine vorgeschlagen, welche ausschließlich den benötigten Heizdampf verarbeitet, welcher ihr an verschiedenen Stellen entnommen wird. Noack untersucht nun, ob die Trennung der Anzapfdampfvorwärmung von den Hauptmaschinen Vorteile bietet, welche die Verwendung besonderer Vorwärmturbinen rechtfertigen und welchen Einfluß auf den Betrieb der Umstand hat, daß die Belastung der Hilfsturbinen (die verfügbare Heizdampfmenge) von der Werkbelastung und damit vom Speisewasserbedarf unabhängig ist. Soll die Hilfsturbine den ganzen Bedarf zur Erwärmung des Speisewassers decken, so muß sie etwa 0·1 der Hauptturbinenleistung haben, während die Hausturbine nur etwa 3 bis 6 vH im Mittel 4 vH der Kraftwerksleistung liefern muß. Schickt man nun die Mehrleistung der Hilfs- und Hausturbine ins Netz, so wird damit der Hauptzweck der Hausturbine, die Unabhängigkeit der Hausstromlieferung vom Netz fallen gelassen, wenn man nicht durch besondere Sicherungen dafür Sorge trägt, daß bei Störungen im Netz oder größerem Spannungsabfall die Verbindung mit dem Hausturbinengenerator unterbrochen wird. Nach einem anderen Vorschlag (von BBC) wird die Hausturbine mit zwei Stromerzeugern gekuppelt, von welchen nur einer auf das Netz arbeitet, während der zweite ganz unabhängig davon den Werksbedarf deckt. Bei der Regenerativturbine, deren Stromerzeuger jedenfalls auf das Netz arbeitet, ist die Größe der Turbine nicht von wesentlichem Einfluß. Was den Einfluß der Belastung des Werks auf die Vorwärmeturbine betrifft, so ist es bei der Forderung gleichbleibender Vorwärmendtemperatur bei allen Belastungen nötig, die Vorwärmturbine als Anzapfgegendruckturbine zu bauen, deren Dampfmenge sowohl vom Gegendruck als auch von mindestens einer Anzapfstelle (der ersten) geregelt wird. Verzichtet man auf die unveränderliche Temperatur, so kann diese Regelung wegfallen und die Vorwärmtemperatur nimmt dann mit abnehmender Belastung zu. Rechnerisch läßt sich feststellen, daß geregelte Vorwärmturbinen noch bei halber Belastung den eigenen Bedarf des Werkes decken können, bei kleinerer Belastung muß Netzstrom aufgenommen werden, oder es müssen besondere Einrichtungen an der Hausturbinenanlage getroffen werden. Vom Standpunkte des Wirkungsgrades ist die Anzapfung der Hauptturbinen günstig, weil die Abnahme der Vorwärmtemperatur bei kleinen Belastungen den Wirkungsgrad der Anlage nicht so sehr verschlechtert, als die Abnahme des Wirkungsgrades der Hilfsturbine. Auch ist es zweckmäßig, die Kessel bei kleinen Belastungen mit etwas kälterem Wasser zu speisen. Ferner arbeitet die Hauptturbine, wenn ihr Dampf entnommen wird, im Enddruckteil mit geringeren Dampfmengen und daher günstiger. Zu den angeführten Vorteilen der besonderen Vorwärmturbine kommt die übersichtlichere und einfachere Anordnung hinzu und bei der Regenerativturbine überdies, daß bei vorhandenen Anlagen, die mit Vorschaltturbinen ausgerüstet wurden, ohne Anzapfung der Niederdruckturbine Speisewasservorwärmung mittels Anzapfdampf möglich wird. Bisher ist noch nicht festzustellen, welche Vor-

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 508.

Digitized by Google

teile der einzelnen Ausführungsformen überwiegen. Im Großkraftwerk Rummelsburg werden besondere Vorwärmturbinen aufgestellt werden. Bei der im Bau befindlichen Erweiterung des Kraftwerkes Oerstedt in Kopenhagen durch BBC, wo zwei 16 000 bis 30 000 kW Turbinen aufgestellt werden, wird jede Hauptturbine an drei Stellen angezapft. Auch die von BBC gebaute Hochdruckdampfanlage Langerbrugge hat Anzapfung der Hauptmaschine. Beim Umbau des Elektrizitätswerkes Charlottenburg[1]) wurde die Anzapfdampfvorwärmung mit einem Speicher verbunden, aus welchem das Speisewasser entnommen wird. Inwieweit die Verbindung der Anzapfvorwärmung mit Ekonomisern oder Niederdruckdampferzeugern und Abhitzekesseln wirtschaftlich ist, muß in jedem einzelnen Falle untersucht werden. Zusammenfassend ist festzustellen, daß vorläufig in Deutschland die Verwendung einer besonderen Vorwärmturbine, in Amerika die Anzapfung der Hauptturbine vorgezogen wird, wie auch das Beispiel der 50 000 kW Parsonsturbine im Crawford-Werk[2]) zeigt.

J.

(ZVDI, Bd. 70, Heft 30, 1926.)

Über Dampfverbrauchsversuche an einer AEG-Kondensationsturbine von 3300 kW berichtet Dr. R. Dörfel. Die in der Zementfabrik Königshof aufgestellte zweigehäusige Maschine besteht im Hochdruckteil aus einem zweikränzigen Curtisrad von 700 mm und acht einfachen Gleichdruckstufen von 800 mm Durchmesser, der Niederdruckläufer ist eine 20stufige Überdrucktrommel. Die in je zwei Lagern gelagerten Läufer sind starr miteinander gekuppelt, zwischen den Läufern ist ein Einring-Segmentlager zur Aufnahme des Axialschubes angeordnet. Zur Dampfsteuerung dienen vier Düsengruppenventile und ein Überlastventil, das Frischdampf vor die vierte Stufe führt. Die Maschine läuft mit 3000 U/min und dient zum Antriebe eines Drehstromgenerators. Bei rund 15 at a Dampfdruck und 303 bis 310° Dampftemperatur vor den Regelventilen und 719 bis 708 mm Luftleere im Abdampfstutzen wurde bei rund 0·5, 0·75 und 1·0 Belastung ein Dampfverbrauch von 5·6, 5·33 und 5·27 kg/kWh, bezw. ein thermodynamischer Wirkungsgrad, bezogen auf die Leistung an der Kupplung von 76·6, 80·4 und 81·5 vH festgestellt, wobei der Kraftbedarf für die Kondensation nicht berücksichtigt ist. Besonders günstig ist der hohe Wirkungsgrad bei ¾ Last, weil dies die über 8000 h jährlich vorhandene Dauerlast der Maschine ist. Diese hohe Dauerlast rechtfertigt auch die Wahl einer zweigehäusigen Turbine, deren Mehrkosten infolge des geringeren Brennstoffverbrauches kaum in Betracht kommen. Zum Vergleiche führt Dr. Dörfel noch an, daß eine im Jahre 1910 ebenfalls von der AEG für die gleiche Anlage gelieferte 1700 kW Turbine bei 14·25 at a und 392° (die Verminderung der Überhitzung seither ist auf die Verwendung minderwertiger Brennstoffe zurückzuführen) bei 1528 kW Leistung einen Dampfverbrauch von 6·44 kg/kWh, entsprechend nur 58·6 vH thermodynamischem Wirkungsgrad aufwies.

J.

(ZVDI, Bd. 70, Heft 35, 1926.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Dimensionierung, Konstruktion und Wahl der Ölschalter. In Fortsetzung früherer Veröffentlichungen[3]) bespricht P. Charpentier die Wahl der geeigneten Schalter für eine Anlage. Sie erfolgt nach abzuschaltendem Strom, Betriebsspannung und Betriebsstrom. Ansichten, nach denen die Dimensionierung der Ölschalter auf Grund von Berechnungen nicht möglich sei, werden zurückgewiesen. Die Berechnung geht zurück auf die Begrenzungsfläche der im Lichtbogen entstehenden Gase und deren Isolierung; genügend schnelle Abschaltung vor übermäßiger Gasentwicklung ist dabei Voraussetzung. Alle von anderer Seite stammenden Typen, welche sich im Betrieb bewährt haben, entsprechen in der Dimensionierung den Rechnungsergebnissen des Verfassers, und eine Anzahl großer Elektrizitätsbetriebe macht für die Lieferung von Ölschaltern ähnliche Dimensionsvorschreibungen. Daß bei der Wahl von Schaltern für große Anlagen auch von Erfahrungsgrundlagen Gebrauch zu machen ist, bleibt unbestritten. Die Wahl erfolgt mit Rücksicht auf den Kurzschluß in der Anlage. Wesentlich ist, wenn nicht mit einer Auslöseverzögerung von über 2 bis 3 sec gearbeitet wird, der Zeitpunkt der Unterbrechung. Der unvermeidliche Öffnungsverzug auch bei Wegfall jeder Verzögerung schwankt zwischen 0·25 und 0·1 (0·05) sec. Die Größe des vorübergehenden Kurzschlußstromes in diesem Zeitpunkt ist daher wesentlich. Ebenso die gleichzeitig vorhandene Spannung, weil sie die Abschaltleistung mitbestimmt. Die bekannten Erscheinungen beim Kurzschluß eines Synchrongenerators führen zum Auftreten folgender Überströme in Vielfachen des Vollaststromes:

bei dreiphasigem Kurzschluß	5 bis 10	momentan,	3 bis 1·8 dauernd
bei einphasigem Kurzschluß	5 „ 10	„	3·5 „ 2·8 „
bei Erdschluß	6 „ 12	„	4·5 „ 4 „

(offenbar bei geerdetem Nullpunkt. Anm. d. Ber.)

Bei einphasigem Kurzschluß tritt eine Anfangsstromstärke in der $\sqrt{3}$fachen Höhe gegenüber dem dreiphasigen auf. Selbstverständlich sind die ungünstigsten Verhältnisse für die Rechnung anzunehmen. Der Maximalwert ist bestimmt durch $2J\sqrt{2}$, wenn J der Effektivwert des dem abklingenden Gleichstrom überlagerten Wechselstromes ist, und ist maßgebend für die mechanischen Beanspruchungen. Eine Dämpferwicklung verlangsamt den Verlauf des Kurzschlußvorganges nur unwesentlich. Die Eisensättigung gibt Anlaß zu Oberwellen. Spannungssteigernde Einflüsse von Reglern können vernachlässigt werden; angestrebt wird sofortige Wegnahme der Erregung ohne deren Abschaltung. Einschaltung von Widerstand in den Erregerkreis oder in den Erregerkreis der Erregermaschine, so daß die Erregung auf 20 bis 30 vH des normalen Wertes herabgesetzt wird, ist kein wirksames Mittel, wohl aber die Enterregung mittels Motor. Der momentane Kurzschlußstrom kann im Wege der Messung des induktiven Streuspannungsabfalles, welcher die asynchrone Reaktanz bewirkt, ermittelt werden, wofür drei bekannte Verfahren angeführt erscheinen.

Die Dauer der Kurzschlußströme genügt nicht für gefährliche Erwärmung. Die Ableitung ergibt die Temperatursteigerung $\Delta T = 0{\cdot}0057\ (J/s)^2$ Grad pro sec für Kupfer, $\Delta T = 0{\cdot}013\ (J/s)^2$ Grad pro sec für Aluminium Bei einem 15fachen Kurzschlußstrom mit $J/s = 40$ A/mm² ist $\Delta T = 9{\cdot}1$ Grad pro sec also eine unbedeutende Erwärmung. Bei den Leitungen zur Speisung von Hilfsbetrieben ist der Kurzschlußstrom ein viel größeres Vielfaches des Normalstromes, zum Beispiel bei Ventilator- und Kompressormotoren mit 2 vH der Gesamtleistung der Anlage bei auf 2·5 A/mm² dimensionierten Zuleitungen. Diese erfahren bei Kurzschluß eine Temperatursteigerung um 2130° in 10 sec. Bei 0·5 A/mm² dagegen ist die Temperatur mit 85° begrenzt. Wichtig ist die mechanische Wirkung der Kurzschlußströme auf die Spulenköpfe, die Relaiswicklungen, die Durchführungen, die Kontaktbrücken der Ölschalter und die Trennschalter. Für parallele Leiter bei Gleichstrom gilt

$$F = \frac{2 J_c^2 10^{-3}}{981\, d}\ \text{kg/m}$$

Leiterlänge, wenn d der Leiter in cm ist. Bei Einphasenstrom gilt

$$F = \frac{2 J_{\text{eff}}\, 10^{-3}}{981\, d},$$

bei Dreiphasenstrom wirkt auf den mittleren Leiter

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, „Das El.-Werk", Heft 3, Seite 33 ff.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 518, 895 und 1926, Heft 33, Seite 426.

[3]) Revue gén. de l'Electr. 1921, Seite 687 ff., 1923, Seite 737 ff. und 1925, Seite 93, 140 u. 183 ff. Vgl. a. E. u. M. 1925, Seite 489.

Digitized by Google

$$F = \frac{2\sqrt{3} J^2 10^{-3}}{981\, d} \text{ kg/m.}$$

Im Ölschalter wirkt auf die Kontaktbrücke

$$P = 1{\cdot}6 J_{0m}^2 (\lg a/r + 0{\cdot}25)\, 10^{-8} \text{ kg},$$

wobei a Abstand der Leiterachsen, r Leiterradius in cm. Für Kraftwirkungen am Ende der Durchführungen gilt

$$F = 1{\cdot}08\, P_0/a \,.\, l \,.\, 10^{-8} \text{ kg}.$$

Die Wirkung der Kurzschlußströme wird begrenzt durch: Vergrößerung der Nutenstreuung, Verankerung der Spulenköpfe, Schutzdrosselspulen; mit letzteren können auch die Zuleitungen der Hilfsbetriebe geschützt werden. Die Bestimmung der Größe des im Augenblick der Stromunterbrechung wirksamen Kurzschlußstromes erfolgt graphisch. Er ist die geometrische Summe aus dem überlagerten Gleichstrom und dem Effektivwert des Wechselstromes. Diese Stromstärke wird bestimmt durch die Reaktanz der Synchronmaschine im Augenblick des Kurzschlusses, die Reaktanz zwischen Maschine und Fehlerstelle (zwischenliegende Schutzdrosselspulen), ein- oder dreiphasiger Kurzschluß, $\cos\varphi$ der Belastung im Augenblick des Kurzschlusses, Phasenlage des Stromes im Augenblick des Kurzschlusses, Einfluß des Spannungreglers. Kurven, gewonnen aus Versuchen an modernen Turbogeneratoren bei $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ bei einphasigem Kurzschluß ohne Widerstand und Spannungsregler, geben für verschiedene zeitliche Abstände der Schalterauslösung nach erfolgtem Kurzschluß das Verhältnis des abzuschaltenden Stromes zum Normalstrom; es ergibt sich von 14 abwärts bis unter 1. Der wirksame Kurzschlußstrom an einer Stelle des Netzes wird analog bestimmt. An einem von drei Generatoren gespeisten Netz mit zwei Transformatoren zur Aufwärts-, zwei ebensolchen zur Abwärtstransformation, 2300 V Generator-, 40 kV Fernleitungs- und 11 kV Verteilungsspannung und Auslösung nach 0·1 sec ergibt sich, da eine Reaktanz von 40 vH zwischen Fehlerstelle und Zentrale liegt, der Auslösestrom in diesem Zeitpunkt gleich dem 3·41 fachen Normalstrom aus den Kurven.

Charpentier bestimmt weiter analytisch den zeitlichen Verlauf von Strom und Spannung bei Sammelschienenkurzschluß und findet:

$$I_{cc} = \frac{I}{J + a I_0} \,.\, I_0,$$

$$i = I_{cc} + (I_0 - I_{cc})\, e^{-\frac{t}{\vartheta}},$$

$$i = \frac{I_0}{J + a I_0} \left(J + a I_0\, e^{-\frac{t}{\vartheta}} \right),$$

worin J den Erregerstrom bei Vollast, J_0 den Erregerstrom bei Leerlauf, I_0 den momentanen Kurzschlußstrom, I_{cc} den Dauerkurzschlußstrom und i den von der Zeit abhängigen, variablen Kurzschlußstrom bedeuten.

$$\vartheta = \frac{L}{R} = k \frac{L_0}{R_1}$$

ist die wahre Zeitkonstante für den Kurzschlußstrom, ϑ_0 die im normalen Betrieb der Maschine. $a = 1{\cdot}5 \frac{n}{m} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2p}$ bezw. $\frac{n}{m} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2p}$ bezw. $0{\cdot}5 \frac{n}{m} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2p}$ bei Drei- bezw. Zweibezw. Einphasenstrom ist das Übersetzungsverhältnis zwischen Stator- und Rotorströmen. Der Kurzschlußstrom fällt von I_0 auf

$$\frac{J}{J + a I_0} \,.\, I_0 = I_{cc}, \quad k_0 = \frac{J_0}{J + a I_0},$$

$$L_1 = \frac{J_0}{J + a I_0} \,.\, L_0 = k_0 L_0.$$

Während des Kurzschlusses sinkt die Spannung nach

$$e = E_0 \,.\, \frac{I_{cc}}{I_0} + E_0 \left(1 - \frac{I_{cc}}{I_0}\right) e^{-\frac{t}{\vartheta}}.$$

Sie ist während des Kurzschlusses 0, steigt bei der Unterbrechung desselben plötzlich auf einen Wert e_t und steigt dann weiter auf E_0 nach

$$u = e_t + E_0 \left(1 - e^{-\frac{t - \tau}{\vartheta_0}}\right)$$

im Zeitpunkt t nach der Unterbrechung. $\frac{I_{cc}}{I_0} \,.\, E_0$ **ist die EMK bei Dauerkurzschluß, sie wird unter der Zeitkonstante** $\vartheta = \frac{L_1}{R_1}$ **von E_0 aus erreicht nach**

$$e = E_0 \frac{I_{cc}}{I_0} + E_0 \left(1 - \frac{I_{cc}}{I_0}\right) e^{-\frac{t}{\vartheta}},$$

bei Öffnung im Zeitpunkt t ist

$$e_t = E_0 \frac{I_{cc}}{I_0} + E_0 \left(1 - \frac{I_{cc}}{I_0}\right) e^{-\frac{t}{\vartheta}},$$

im Augenblick der Abschaltung steigt sie dann nach

$$u = e_t + E_0 \left(1 - e^{-\frac{t - \tau}{\vartheta_0}}\right)$$

gegen E_0.

Es folgen Zahlenwerte an einem 49 000 kW-Generator für Genneviliers[1]). 600 V, 50 Per/s, $\cos\varphi = 0{\cdot}8$, Normalstrom $I_n = 4200$ A.

Für Kurzschlüsse im Netz genügt die Ermittlung des Dauerkurzschlußstromes, weil die vorgeschalteten Reaktanzen nicht nur den maximalen Kurzschlußstrom begrenzen, sondern auch die Zeitdauer des Ausgleichsvorganges herabsetzen. Andererseits ist die an im Netz gelegenen Schaltern nach Abschaltung auftretende Spannung nahezu gleich der dort herrschenden normalen Betriebsspannung. Denn die Spannung an den Generatorklemmen fällt nicht auf 0, sondern auf den Wert des Spannungsabfalles von der Schaltstelle bis zum Generator und die Leerlaufspannung stellt sich rascher wieder ein. Die Spannung nimmt man gleich der Betriebsspannung an der betreffenden Stelle an, oder $e_t = u \frac{I_{cc}}{I_0}$, wobei $\frac{I_{cc}}{I_0}$ sehr nahe an 1 bei im Netz gelegenen Punkten ist. Bei Kurzschluß in einem von mehreren Generatoren gespeisten großen Netz entspricht der Kurzschlußstrom auch gewöhnlich nur einem Bruchteil der gesamten auf den Kurzschluß arbeitenden Maschinenleistung, so daß ohneweiters mit der normalen Maschinenspannung gerechnet werden kann. In diesem Fall ist mit der normalen, betriebsmäßigen Reaktanz des Generators zu rechnen, die man aus dem Kurzschlußversuch in bekannter Weise erhält. Arbeiten verschiedene Maschinen auf einen Kurzschluß an beliebiger Stelle in einem Netz, so handelt es sich darum, eine äquivalente Maschinenleistung zu finden und eine äquivalente Reaktanz, aus welcher folgt

$$I_{cc} = \frac{U}{Z\sqrt{3}} = \frac{100\, P_0}{x\, U_0 \sqrt{3}}.$$

Findet Transformation statt, so sind die Reaktanzen bekanntlich proportional dem Quadrate der Spannungen umzurechnen. Bei prozentueller Berechnung hat man auf jede einzelne Leistung zu beziehen:

$$I_{cc1} = \frac{100}{x_1} I_1 = \frac{100}{x_1} \frac{P_1}{U\sqrt{3}},$$

$$I_{cc2} = \ldots,$$

$$I_{cc} = \frac{100}{U\sqrt{3}} \left(\frac{P_1}{X_1} + \frac{P_2}{X_2} + \ldots \right),$$

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{X_1} + \ldots$$

Die Reaktanzen der Leiter und Übertragungsleitungen werden auf bekannte Weise berechnet. Bei Freileitungen kann der Widerstand gegenüber der Reaktanz vernachlässigt werden, bei Kabeln muß fallweise untersucht werden, ob dies zulässig ist.

Als die maximal für einen Schalter zulässige Abschaltleistung betrachtet Charpentier jene, welche noch einmal in sehr kurzem Zeitabstande ohne Vornahme irgendwelcher Instandsetzungsarbeiten abgeschaltet werden kann, worauf der Schalter auch noch immer, abgesehen von etwaiger Ölnachfüllung und Nacharbeit der Kontakte vollkommen betriebsfähig sein muß. Für die Vornahme von Abschaltversuchen er-

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, Seite 345.

Digitized by Google

scheint ein „synthetisches" und ein „analytisches" Verfahren möglich. Ersteres besteht darin, daß immer größere Leistungen zur Abschaltung gebracht werden bis der Schalter eine weitere Abschaltung der zuletzt abgeschalteten Leistung offenbar nicht mehr klaglos bewerkstelligen würde. Letztere würde die Untersuchung des Einflusses verschiedener Dimensionierung einzelner Teile auf die Funktion ermöglichen und könnte mittels kinematographischer Aufnahme der Vorgänge durch eine eingesetzte Glasplatte hindurch erfolgen. Es wäre hauptsächlich die Entstehungsgeschwindigkeit und Form des Gasvolumens und die Kontaktbewegung zu verfolgen, von Interesse wären auch der zeitliche Verlauf des Druckes im Ölkessel und die Kenntnis der Umstände, welche das Erlöschen des Lichtbogens beeinflussen bezw. befördern. Solche Untersuchungen fehlen bisher bekanntlich so gut wie ganz. Gn.

(Rev. gén. Electricité, Bd. 19, Nr. 8, 13, 14, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Über die durch parallel geschaltete Hochspannungsdoppelleitungen auf einen benachbarten Leiter elektrostatisch induzierte Spannung. H. Bornemann entwickelt einige Gleichungen für die, von Hochspannungsleitungen in Fernmeldeleitungen induzierten Spannungen. Zunächst wird der Fall zweier parallel geschalteter Einphasenleitungen mit Erdrückleitung betrachtet. Bezeichnet man die beiden Hochspannungsleiter mit 1 und 2, die Fernsprechleitung mit 7 und außerdem die Drahthalbmesser mit a_{11} a_{22} und a_{77}, die gegenseitigen Abstände mit a_{12}, a_{17}, a_{27} und die Abstände zwischen den wirklichen Leitern und ihren Spiegelbildern mit D_{11}, D_{12}, D_{17} u. s. w. und setzt man $d_{11} = \ln \frac{D_{11}}{a_{11}}$, $d_{12} = \ln \frac{D_{12}}{a_{12}}$ u. s. w., so erhält man für die in der Fernsprechleitung induzierte Spannung V_7, wenn E die Spannung der Leiter 1 und 2 gegen Erde bedeutet:

$$V_7 = E \frac{d_{17} + d_{27}}{d_{11} + d_{12}}.$$

Bei einer Drehstromzwillingsleitung mit einphasigem Erdschluß erhält man für die Größe der in der Fernsprechleitung induzierten Spannung

$$V_7 = \frac{2 E \sqrt{3}\, d_{i7}}{d_{ii} + 5 d_{im}},$$

wobei die Leiter i und k zu derselben, die Leiter l dagegen zu der anderen Drehstromleitung gehören und d_{im} den arithmetischen Mittelwert aus den d_{ik}- und d_{il}-Werten bedeutet. Diese Gleichungen sind für Fernmeldeleitungen entwickelt worden, welche symmetrisch zu den Hochspannungsleitungen angeordnet sind. Sie gelten aber auch für seitlich der Hochspannungsdoppelleitung verlegte Fernmeldeleitungen, da sowohl d_{im} als auch d_{i7} arithmetische Mittelwerte sind. Man kann für die Bestimmung von d_{ii} und d_{i7} bei Fermeldeleitungen, deren seitlicher Abstand größer als ihre Höhe ist, jedes der beiden Drehstromsysteme durch einen Leiter von gleichem Radius im Schwerpunkt jedes Systems ersetzen und dadurch die Rechenarbeit vermindern. Der Fehler bei dieser Vereinfachung beträgt bei den gebräuchlichen Anordnungen nicht über 3 vH. Bei nahe beieinanderliegenden Hochspannungszwillingsleitungen wird ein tiefliegender Fernmeldedraht am meisten beeinflußt, wenn er in der Symmetrieebene verlegt ist, während bei weit auseinanderliegenden Hochspannungszwillingsleitungen ein hochliegender Fernmeldedraht am meisten beeinflußt wird, wenn er unter der einen oder der anderen von beiden Zwillingsleitungen liegt; für Lagen zwischen ihnen gibt es ein Minimum der Beeinflussung. Kelch.

(Telegraphen- und Fernsprechtechnik, 15. Jahrg., Heft 8, 1926.)

Elektrische Apparate.

Elektrische Fernhygrometer und deren Verwendung. Das Fernhygrometer von Siemens & Halske arbeitet, wie Dipl. Ing. B. Ahnert berichtet, nach dem Prinzip der Aspirationspsychrometer. Man bestimmt die Temperatur mit einem feucht gehaltenen und einem trockenen Thermometer. Aus dem Temperaturunterschied läßt sich aus Tabellen oder rechnerisch die relative Feuchtigkeit bestimmen. Beim Hygrometer von Siemens & Halske werden die bekannten Quarzglaswiderstandsthermometer benutzt (Abb. 1). Sie sind in einem rohrartigen Behälter angeordnet; Thermometer B wird trocken, das andere A feucht gehalten. Sie sind durch eine Scheidewand D getrennt. Um A dauernd feucht zu halten, ist es mit einem porösen Schlauch überzogen, der aus einem Gefäß C destilliertes Wasser aufsaugt. Hierbei kommt der Vorteil der Isolation des

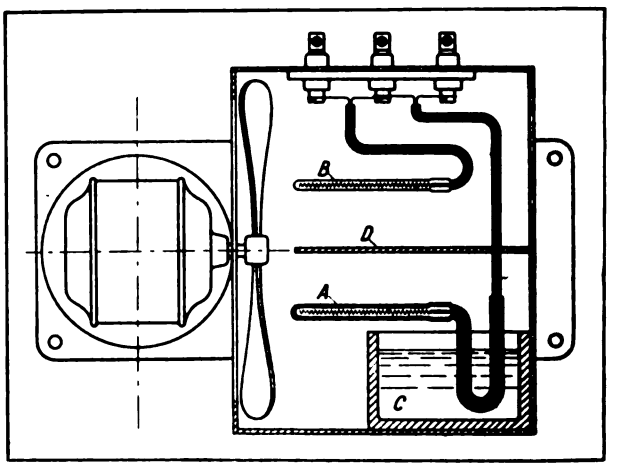


Abb. 1.

Widerstandsdrahtes durch das ungeschmolzene Quarzglas besonders zur Geltung. Die Temperaturen der beiden Thermometer werden durch Fernmesser gemessen. Bei einer Luftgeschwindigkeit unter 1 m/sec ist ein besonderer Ventilator für die Luftbewegung erforderlich. Schwankt die Temperatur des trockenen Thermometers nur in engen Grenzen, so kann man den Temperaturunterschied unmittelbar an einer zweiten Teilung des Meßgerätes ablesen, bezw. diese Teilung schon nach Hundertteilen Feuchtigkeitsgehalt teilen. Aus den Angaben der Thermometer lassen sich mit Hilfe der Gesetze der Dampfluftgemische Schlüsse auf das Arbeiten der betreffenden Anlage ziehen. Insbesondere läßt sich mit Benutzung einer von Mollier

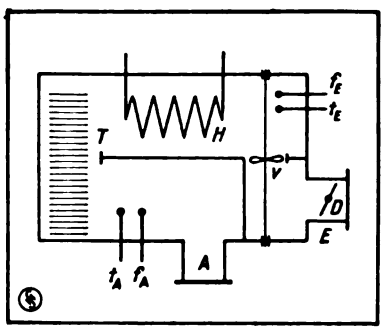


Abb. 2.

angegebenen Tabelle das Gewicht des im kg Luft enthaltenen Wassers und der Wärmeinhalt des Dampfluftgemisches bestimmen, welche Werte zum Beispiel für Trocknungsanlagen und für den Generatorprozeß wichtig sind. Die Betriebsüberwachung einer Trocknungsanlage zeigt schematisch Abb. 2. Der Ventilator V saugt durch den Eintrittsstutzen E mit der Drosselklappe D Luft an, f_E und t_E sind die beiden Thermometer des einen Hygrometers. Die Luft streicht nach Erwärmung an den Heizschlangen H durch das Trockengut T an einem zweiten Hygrometer (f_A und t_A) vorbei und strömt durch den Austrittsstutzen A ab. Aus den Thermometeranzeigen kann die in der Luft enthaltene Wassermenge an der Eintritts- und an der Austrittsstelle und aus dem Unterschied dieser Werte das Fortschreiten der Trocknung festgestellt werden. Ist der Unterschied 0, so ist das Trockengut lufttrocken.

(Siemens-Zeitschr., Bd. 6, Nr. 8, 1926.)

Digitized by Google

Hochspannungsprüfstände bilden heutzutage ein wesentliches Erfordernis für alle Hochspannungsapparate und Isolatoren erzeugenden Fabriken. Die Art, in welcher die erforderlichen Spannungen erzeugt werden, ist verschieden. Abb. 3 zeigt eine amerikanische Anlage der Delta-Star Electric Company, Chigaco, Ill., bei welcher drei in Kaskade geschaltete Transformatoren von je 250 kVA Leistung eine gesamte Spannung von 750 kV

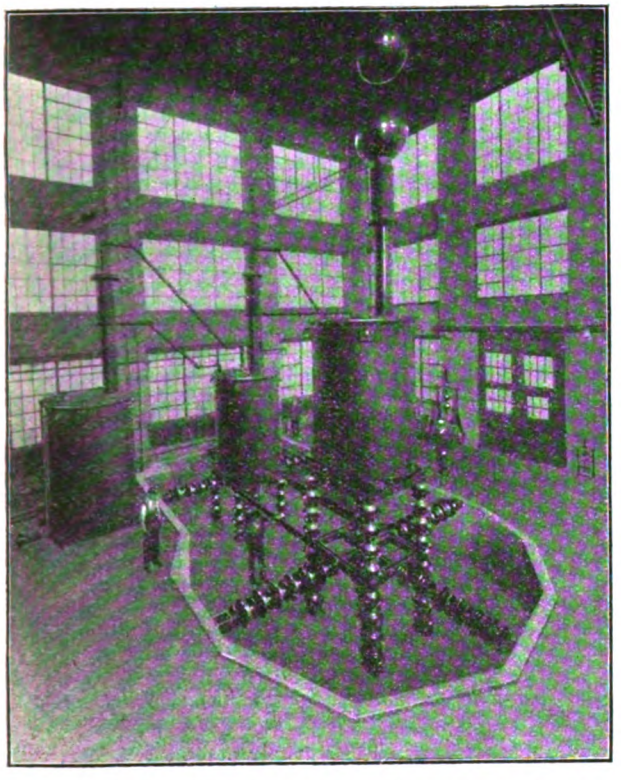


Abb. 3. Prüflaboratorium der Delta-Star Electric Comp., Chicago

zwischen der letzten Hochspannungsklemme und Erde erzielen lassen. Die Regelung erfolgt an dem Motorgenerator, welcher die für 2000 V ausgelegte Primärwicklung des ersten Transformators speist. — In Europa hatte längere Zeit die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren

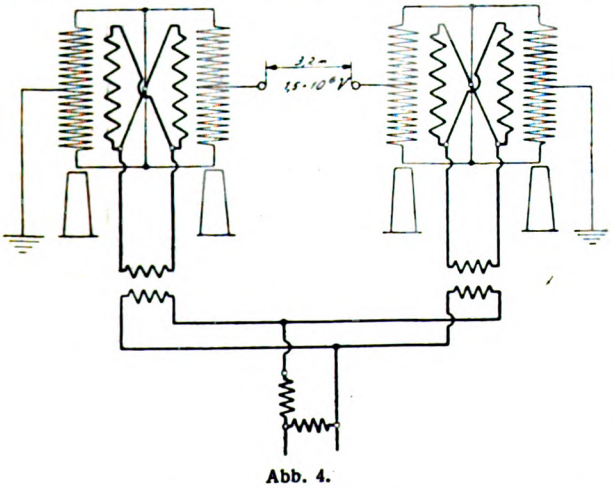


Abb. 4.

G. m. b. H. mit ihrem 1 000 000 V Prüffeld in Freiberg[1]), dem erst vor kurzem ein solches mit der gleichen Spannung in einer französischen Porzellanfabrik und der Firma Emil Haefely & Co., A.-G., in Basel[2]) gefolgt ist, den Rekord auf diesem Gebiete inne. Nun hat Brown, Boveri & Cie. in Baden ein Prüffeld für 1 500 000 V aufgestellt. Die Schaltung ist, nach Bull. S. E. V., Band 17, Heft 9, 1926, in Abb. 4 dargestellt. Zwei Transformatoren für 750 kV mit einer Stundenleistung von 500 A besitzen parallelgeschaltete Primärwicklungen auf beiden Schenkeln, wobei jeder Transformator nicht unmittelbar, sondern von der Sekundärwicklung eines Vortransformators (Übersetzung 1 : 1) — die Primärwicklungen dieser Vortransformatoren liegen parallel am Netz — gespeist wird, die vier sekundärseitigen Wicklungsenden der beiden Schenkel jedes der beiden Transformatoren sind verbunden, von den Mitten der Wicklungen der beiden Schenkel liegt die eine an Erde, die beiden anderen sind die Hochspannungspole (Abb. 4). Die Transformatoren sind nicht Öltransformatoren der gewöhnlichen Bauart, sondern der Kern befindet sich in Luft, nur die Wicklungen sind von ringförmigen, zylindrischen, die Röhrenspulen eng umgebenden Gefäßen aus Isoliermaterial eingeschlossen. Die Durchführungen liegen horizontal in der Mitte eines Schenkels und sind, da die Hülle aus Isoliermaterial besteht, klein und nicht kostspielig. Infolge der Anordnung hat der Eisenkern die halbe Spannung, 375 kV gegen Erde, um die geringste Spannung gegen die Wicklung zu erhalten und ist daher auf Isolatoren montiert; ebenso muß die Primärwicklung mit den vier Enden der Sekundärwicklung verbunden werden und demgemäß ist auch der Vortransformator sekundär auf 375 kV isoliert. Vorteile der neuen Bauart sind: Geringe Kosten der Durchführungen und geringer Ölbedarf; geringer Raumbedarf gegenüber der Kaskadenschaltung nach Dessauer, Betriebssicherheit infolge Schutz vor atmosphärischen Einflüssen, große Überlastungsfähigkeit. Die größte erreichte Schlagweite bei 1 500 000 V beträgt 3·20 m. Gn.

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 408 ff.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 641 ff.

Baustoffe.

Über Zerstörungs- und Alterserscheinungen an Porzellanisolatoren. Von Dr. Ing. Draeger[1]). Zerstörungserscheinungen an Porzellanisolatoren können verschiedene Ursachen haben: Materialfehler. Ist das Porzellan porös, so saugt sich im Lauf der Zeit Wasser in die Poren ein, und bildet schließlich eine leitende Brücke, über die der Durchschlag erfolgt. Die Nicht-Abstimmung von Masse und Glasur in bezug auf ihre Ausdehnungszahlen führt bei Temperaturwechseln zu Spannungsunterschieden, die zum Abspringen der Glasur Anlaß geben können. Hiedurch wird das freiliegende Porzellan mit der Zeit rauh, es setzt sich Schmutz an, was schließlich zum Überschlag oder zur Zerstörung führt. Temperaturstürze dürften bei den in Deutschland erzeugten Porzellansorten wohl zu keinen Schäden Anlaß geben. Von den mechanischen Beanspruchungen war die treibende Wirkung des Kittes die gefürchteste. Die ungleichen Ausdehnungszahlen des Porzellans und des Kittes führten zum Zerspringen des Isolatorkopfes, was vielfach fälschlich als Altern bezeichnet wurde. Die Zerstörungen waren umso unangenehmer, als sie erst nach mehereren Jahren, dann aber bei allen Isolatoren ziemlich zu gleicher Zeit auftraten. Durch entsprechende Magerung des Zementkittes erhielt man gleiche Ausdehnungsziffern und die Zerstörungen aus diesem Grunde hörten auf. Nicht ganz beseitigt erscheint das Treiben des Zementes mit fortschreitendem Alter. Der Verfasser führt diese Erscheinung auf das im Lauf der Zeit aufgenommene Wasser zurück, wogegen die Firma Rosenthal den Zement mit Pechkörperchen versetzt, die beim Brennen schmelzen und so die Poren verstopfen[2]). Sorgfältig zusammenglasierte Stützisolatoren haben sich bewährt. Das Bestreben die Kittung bei Hängeisolatoren überhaupt zu vermeiden, führte zur Ausbildung der kittlosen Isolatoren, wie Kugelkopf-, Kegelkopf- und Motorisolatoren. Örtliche Überbeanspruchungen als

[1]) Mitteilungen der Porzellanfabrik Ph. Rosenthal & Co. A.-G., Heft 8, Berlin, Verlag Julius Springer, 1926.
[2]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 485 u. 1925, Seite 93.

Digitized by Google

Zerstörungsursache entstehen bei Stützisolatoren durch zu festes Aufdrehen auf die Stützen, bei Hängeisolatoren insbesondere bei Abspannern durch Biegebeanspruchungen des Porzellans durch den Klöppel, weshalb auf möglichst gute Führung des Klöppels im Klöppelloch Wert zu legen ist. Elektrische Beanspruchungen durch Überspannungen mit steiler Stirn und solche mit sinusförmigem Verlauf beanspruchen die Isolatoren verschieden. Durch die Gleichstromstoßspannung werden daher Durchschläge an anderen Stellen erzielt als bei der gewöhnlichen Wechselstrom-Überbeanspruchung. Bei Hewlett-Isolatoren werden durch die Glimmentladungen im Schlingenkanal die Schlingen mit der Zeit angegriffen, auch schmelzen diese bei Überschlägen leicht durch. Bei aufgehanften Stützisolatoren verkohlt allmählich der Hanf unter dem Einfluß der Glimmentladungen und fällt heraus, so daß der Isolator nur auf der Stütze aufsitzt. Unter Öl werden die Isolatoren wesentlich anders als in der Luft beansprucht, da die ausgleichende Strahlung hier nicht mehr möglich ist. Die Überschlagsspannung kann herabgesetzt werden durch Ablagerungen, unter denen die bei Zementfabriken die gefährlichsten sind. Ruß setzt die Überschlagsspannung oft nicht so sehr herab als der heiße Rauch der Lokomotiven bei gemischtem Bahnbetrieb. Unangenehm sind Salzablagerungen an Meeresküsten. Vögel verursachen sowohl durch ihr Abflattern wie durch ihre Ablagerungen auf den Isolatoren Überschläge, weshalb man vielfach eigene Vogelschutzeinrichtungen, auch bei Höchstspannungsleitungen anbringt. Unter Alterserscheinungen versteht man alle jene Erscheinungen, die man sonst nicht erklären kann. Sicher ist, daß die Festigkeit vom Produkt: Beanspruchung mal Zeit abhängt. Die Firma Rosenthal hat in der Richtung der Alterserscheinungen ausgedehnte Versuche an ausgebauten alten Isolatoren und gleichaltrigen, aber nicht eingebaut gewesenen Stützisolatoren angestellt. Eine Änderung des Gefüges infolge Alterns, die am genauesten durch die Messung des Verlustwinkels: Wirkstrom durch Blindstrom, festgestellt werden könnte, konnte nicht beobachtet werden, ebenso verhielten sich eingebaute und nicht eingebaute Isolatoren bei der Stoßprüfung ganz gleich. Bei Kettenisolatoren versuchte man durch vielfach wechselnde Belastung ein künstliches Altern herbeizuführen, eine Herabsetzung der elektrischen Festigkeit bei gleichzeitiger mechanischer und elektrischer Beanspruchung wurde jedoch nicht beobachtet.

Die Änderung des Gefüges des Isolators vor dem Bruche macht sich durch Knistern und eine plötzliche Änderung des Verlustwinkels bemerkbar. Bei mechanischer Zugbelastung und gleichzeitiger Stoßprüfung konnte eine Festigkeitsverminderung von rund 10 vH beobachtet werden, was auf die Einwirkung der Stoßspannung auf die unter der Belastung sich bildenden feinen Kanäle zurückzuführen ist, wonach sodann der Isolator durch die Erwärmung in den Kanälen zugrundegeht. Temperaturstürze weit über die vom VDE verlangte Größe ergaben gleichfalls keine Minderungen. Bei den in letzter Zeit beliebt gewordenen Motorisolatoren, deren Porzellankörper bewußt auf Zug beansprucht werden, kann die Wirkung des elektrischen Feldes wegen ihrer großen Baulänge außer Acht gelassen werden. Eine Minderung der Zugfestigkeit unter dem Einfluß vielfacher Belastungen konnte nicht festgestellt werden, doch ist zu fordern, daß die Motorisolatoren mindestens mit der höchsten im Betrieb voraussichtlich auftretenden Höchstbeanspruchung zu prüfen sind. Da auch Biegebeanspruchungen im Betrieb zu erwarten sind, ist in die Übernahmsbedingungen eine Probe auf Biegung aufzunehmen. V. H.

Patentbericht.

Kabel.

(Schluß aus Heft 3, Seite 55.)

Schwachstromkabel.

Bei der Herstellung von Fernsprech-Luftraumkabel lehrt die Erfahrung, daß die übliche Papierkordel beim Aufwickeln auf den Leiter sich flachdrückt und ebenso auch durch das Aufbringen der Außenisolation flachgedrückt wird, sodaß der ursprünglich annähernd kreisförmige Querschnitt der Papierkordel nach Fertigstellung der Ader flachgequetscht ist und dementsprechend der Luftzwischenraum zwischen zwei aufeinander folgenden Windungen der Kordeln weit geringer ist als beabsichtigt war. Alfred Roth in Wien schlägt daher vor, zunächst zwei oder mehrere Kordeln zu einer einzigen zu vereinigen und erst die so erhaltene Kombinationskordel in spiraligen Windungen mit entsprechendem Luftzwischenraum zwischen den einzelnen Windungen auf den Leiter aufzuwickeln. Die Vereinigung der zwei oder mehreren Kordeln kann so geschehen, daß man die Kordeln miteinander verflicht. Derartige Kombinationskordeln erleiden beim Aufwickeln auf den Leiter keine oder wenigstens keine wesentliche Querschnittänderung.

(D. R. P. Nr. 414899.)

Eine eingehende Untersuchung des magnetischen Feldes von mit einer Kraruphülle versehenen Leitern hat ergeben, daß insbesondere eine von der Schraubenstruktur der magnetischen Hülle herrührende Komponente der magnetischen Induktion in Richtung der Leiterachse vorhanden ist. Diese Komponente kann erstens das Übersprechen auf in der Nähe verlaufende Leitungen in unerwünschter Weise vergrößern; zweitens können zusätzliche Widerstandserhöhungen auftreten, falls irgendwelche elektrisch leitende, den Leiter umgebende Schichten (Mantel zum mechanischen Schutz, Seewasser und dergleichen) vorhanden sind, die dann wie Kurzschlußwindungen an einem Transformator wirken. Die Richtung der schädlichen magnetischen Komponente hat entgegengesetztes Vorzeichen, je nachdem ob die Krarupumspinnung eine Rechts- oder Linksschraube darstellt. Zur Vermeidung dieser Nachteile schlägt Dr. Ulfilas Meyer in Berlin-Lichtenfelde vor, zwei oder mehr Krarupumspinnungen mit entgegengesetzter Drehrichtung um den Leiter zu legen, wobei erfindungsgemäß die Permeabilität, die Dicke und Breite des magnetischen Bandes oder Drahtes und die Anzahl der Umwindungen pro Längeneinheit in den verschiedenen Schichten so aufeinander abgestimmt sind, daß die über alle Schichten erstreckte Summe der magnetischen Induktionen in Richtung der Leiterachse ganz oder nahezu gleich Null ist. Zur Messung der Längsinduktion wird über den Krarupleiter eine Spule geschoben, sodaß deren Achse mit der des Leiters zusammenfällt. Die in der Spule induzierte Spannung ist dann der Längsinduktion proportional und kann bei Benützung von Gleichstrom mit dem ballistischen Galvanometer oder bei Wechselstrom nach einem Kompensationsverfahren gemessen werden. Durch Messung an Probestücken verschieden bewickelter Krarupleitungen läßt sich so die günstigste Konstruktion feststellen.

(Ö. P. Nr. 103172.)

Für die Herstellung nachbildbarer (homogener) Wellenleiter mit Krarupwicklung hielt man es bisher für hinreichend, wenn bei der Fabrikation der Teillängen, aus denen der Wellenleiter zusammengesetzt wird, auf die Verwendung durchaus gleichmäßigen Materials und auf genaue Einhaltung der Dimensionen geachtet wurde. Da aber trotz Verwendung gleicher Leiter- und Eisendimensionen, gleichen Eisenmateriales und gleichen Glühverfahrens Unterschiede in der Selbstinduktivität pro Längeneinheit der einzelnen Teillängen bis zu 50 vH und mehr beobachtet wurden, schlägt die Firma Land- und Seekabelwerke Akt.-Ges. in Köln-Nippes zur Verbesserung der Nachbildbarkeit der Krarupleitungen vor, bei deren Aufbau die Teillängen nicht wie bisher, so wie sie aus der Fabrikation kommen miteinander zu verbinden, sondern sie nach vorheriger Messung ihrer auf die Längeneinheit bezogenen Selbstinduktivitätswerte entweder vor der Verbindung auf innerhalb eines gewissen Spielraumes gleiche Selbstinduktivitätswerte durch ein korrigierendes Nachglühverfahren zu bringen, oder sie auf Grund der gemessenen Selbstinduktivitätswerte in solcher Reihenfolge zu verbinden, daß sie eine ihrem Selbstinduktivitätswert nach fallende, steigende oder

Digitized by Google

nach der Leitungsmitte zu symmetrische Reihe darstellen. Bei sehr langen Leitungen genügt es, den erfindungsgemäßen Ausgleich nur in den nach den Leitungsenden zu liegenden Teilen vorzunehmen.

(Ö. P. Nr. 101563.)

Eine Erfindung der Bell Telephone Manufacturing Company, Société Anonyme in Antwerpen betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines ununterbrochen mit Selbstinduktion belasteten Signalleiters. Erfindungsgemäß wird eine Mischung von Eisen und Nickel elektrolytisch auf einen Leiter niedergeschlagen. Die besten Resultate hat man gefunden, wenn man diesem Niederschlag mindestens 20 vH Nickel gibt. Die Mischung von Eisen und Nickel wird darauf bis zu einer Temperatur erhitzt, die etwas unterhalb des Schmelzpunktes des Leitungskernes liegt. Durch Erhitzen des Niederschlages wird das Eisen und das Nickel legiert und bildet einen gleichförmigen Mantel hoher Permeabilität um den Metallkern.

(D. R. P. Nr. 422063.)

Ein Verfahren zur Erhöhung der Induktivität von Krarupadern gemäß einem Vorschlag der AEG in Berlin besteht darin, daß das Eisen im glühenden Zustand auf den kalten Kupferleiter gebracht wird. Das Eisenband, bzw der Eisendraht können im Augenblick der Bespinnung beispielsweise durch unmittelbaren elektrischen Stromdurchgang glühend erhalten werden, indem man etwa den Kupferleiter und eine am Spinner isoliert angebrachte Führungsrolle für den Eisendraht auf eine Potentialdifferenz bringt.

(D. R. P. Nr. 417164.)

Da der Wärmeausdehnungskoeffizient, der zur Herstellung des Belastungsbandes gleichmäßig belasteter Signalleiter gebräuchlichen Materialien kleiner ist als der des Kupfers, welches bei den bisher bekannten Glühverfahren miterhitzt wird, so wird der durch das Glühen zu erwartende Erfolg durch die infolge der stärkeren Ausdehnung des Kupfers auftretende Spannung im Belastungsband nur teilweise erreicht. Nach einer Erfindung der Firma Felten & Guilleaume Carlswerk Akt.-Ges. in Köln-Mühlheim wird, um den für die Wärmedehnung des Kupfers erforderlichen Raum zwischen Leiter und Belastungsband zu schaffen, der Kupferleiter vor der Bewickelung mit einem gleichmäßig und hart auftrocknenden in bestimmten Lösungsmitteln restlos löslichen Lacke (Schellack-Kollophoniumlack oder Zelluloidlack) in einer dem erforderlichen Raum entsprechender Schichtdicke überzogen, über der Lackschicht mit dem Belastungsbande bewickelt und nach der darauffolgenden Herauslösung des Lackes in bekannter Weise geglüht. — Gemäß einem verbesserten Verfahren wird, anstatt den eigentlichen Leiter mit einem zelluloidhaltigen Lacke zu überziehen, dieser mit einem Streifen aus Zelluloseester oder Celluloseäther dicht anschließend bewickelt und der Streifen nach Überwicklung mit dem Belastungsbande durch ein geeignetes Lösungsmittel wie Amylacetat, Azeton und dergleichen herausgelöst. Anstatt der kostspieligen zelluloidähnlichen Stoffe kann erfindungsgemäß auch Papier als Zwischenschicht benützt und durch Kupferoxydammoniak oder dergleichen in einer sauerstoffreien Atmosphäre herausgelöst werden.

(D. R. P. Nr. 419158 und 420506.)

Gemäß einer weiteren Erfindung der genannten Firma wird bei gleichförmig belasteten Signalleitern der für die Ausdehnung des Kupfers erforderliche Raum ohne Benützung einer Zwischenschicht lediglich durch eine kantige Querschnittsform des massiv oder als Litze ausgebildeten Kupferleiters geschaffen. Bekanntlich werden die Leiter für Seekabel fast ausschließlich in der Weise hergestellt, daß über einem zentralen Runddraht Flachdrähte verseilt und durch einen Walzvorgang angepreßt werden, wodurch ein vollkommen kreisförmiger Leiterquerschnitt entsteht. Unterläßt oder verringert man den Walzprozeß, so berühren die Flachdrähte den zentralen Runddraht nur je längs einer schraubenförmigen Linie, wogegen ihre Seitenkanten vom Runddraht abstehen. Dadurch erhält der Leiter einen von der Kreisform abweichenden Querschnitt, wie er gemäß der Erfindung für gleichmäßig belastete Signalleiter Verwendung findet. Das Belastungsband folgt beim Bewickeln eines derartigen Leiters infolge seiner Steifheit nicht der Oberflächenform der Flachdrähte, sondern legt sich raumgebend bogenförmig über diese, wodurch es schädlichen Beanspruchungen nicht unterliegt. Die zwischen Belastungsband und den Flachdrähten und zwischen letzteren und dem Zentralleiter bleibenden Zwischenräume werden nach dem Glühen mit Kompoundmasse ausgefüllt.

(D. R. P. Nr. 419819.)

Die insbesondere für Unterseekabel in Betracht kommenden unterteilten Leiter mit Guttapercha und Balataisolation müssen vor dem Umpressen mit dem Isolationsmaterial einem sogenannten Kompoundierverfahren unterzogen werden, um die zwischen den Litzenteilen und im Falle eines gleichförmig belasteten Leiters, auch zwischen den Windungen des Belastungsmateriales befindliche Luft durch eine in der Wärme flüssige Masse zu verdrängen, um Luftblasen in dem Isolationsüberzug zu vermeiden. Eine Erfindung der Norddeutschen Seekabelwerke Akt.-Ges. in Nordenham an der Weser betrifft ein neues, äußerst wirksames Kompoundierverfahren von großer Einfachheit, das auf der Erkenntnis beruht, daß das Vakuumverfahren entbehrlich ist, wenn der Kompound unter genügendem Druck auf die Litze einwirkt und gleichzeitig durch Hindurchlaufenlassen der Litze durch den Druckbehälter ein sicheres Entweichen der Luft aus der Litze an der Eintrittsstelle in den Behälter ermöglicht wird. Erfindungsgemäß erfolgt die Kompoundierung derart, daß die vom Haspel ablaufende Litze durch die in einem Behälter unter hohem Druck stehende flüssige Kompoundmasse gezogen wird und vorzugsweise in demselben Arbeitsgange (eventuell nach Durchlaufung des üblichen mit Klebekompound gefüllten Behälters) in die Guttaperchaüberzugsmaschine gelangt. Die Abdichtung des den flüssigen unter hohem Druck stehenden Kompound enthaltenden Behälters an der Ein- und Austrittsstelle der Litze erfolgt durch eine Labyrinthdichtung, die hohen Flüssigkeitsdrücken standhält und gleichwohl ein Entweichen der Luft an der Eintrittsstelle der Litze gestattet. (D. R. P. Nr. 426536.)

Literaturberichte.

3413 **Dielektrisches Material,** Beeinflussung durch das elektrische Feld; Eigenschaften Prüfung, Herstellung. Von Dr, Ing. A. Bültemann. 160 Seiten mit 17 Textabbildungen. Verlag Julius Springer, Berlin 1926. Preis geh. Mk. 10·50, geb. Mk. 12·—.

Die ersten Kapitel des Buches behandeln die elektrischen Eigenschaften von Gasen, Flüssigkeiten, Kolloiden und festen Körpern im allgemeinen. Kapitel aus der Atom- und Elektronenlehre, Angaben über die Zusammensetzung der Luft und über die Wasserdampfspannung könnten in diesem, einer begrenzten praktischen Frage gewidmeten Buche entbehrt werden. Es folgt ein wohl etwas zu ausführlich behandeltes Beispiel aus der Praxis des Verfassers über die Herstellung eines zusammengesetzten Isolierstoffes durch Warmpressen. Einen beträchtlichen Raum nehmen die „Prüfvorschriften des VDE für Isolierstoffe" ein. Es folgen die Imprägnierung der Faser, das Verschmelzen der Faser, Bindemittel und ihre Eigenschaften, Bakelite, isolierende Lacke und elektrische Ausgußmassen, Prüfvorschriften und Lieferungsbedingungen isolierender Faserstoffe, anorganisches Isoliermaterial, vornehmlich Porzellan, Schlußbetrachtungen und ein reichhaltiges Literaturverzeichnis.

Das Buch läßt einigermaßen eine geordnete Darstellung vermissen und trägt an vielen Stellen deutlich den Stempel aus der Literatur zusammengetragener Daten. Auch die Ausdrucksweise ist nicht immer physikalisch einwandfrei. Auf Seite 8 heißt es: „Die Permeabilität der Luft ist sehr groß"; gemeint ist aber nicht

Digitized by Google

die magnetische Permeabilität, sondern das Eindringen der Luft in poröse Körper. Auf Seite 110 wird gesagt: „Die Dielektrizitätskonstante der bakelitlackierten Papiere ergibt einen Mittelwert von 3·78. Zum Vergleich sei angeführt, daß die Verschiebbarkeit von synthetischem Schellack auf Papier 4·6, von Naturschellack 4·8 beträgt." Die Dielektrizitätskonstante ist freilich ein sehr langes Wort; und elektrische Verschiebbarkeit nicht kürzer; aber Verschiebbarkeit allein ist mißverständlich. Auf Seite 25 wird die Ansicht geäußert, daß spitze Faserchen im Innern des Dielektrikums eine gleichrichtende Wirkung auf Wechselstrom ausüben. Das könnte wohl nur dann der Fall sein, wenn bezüglich der Lage ihrer Spitzen eine bestimmte, nicht aber auch die entgegengesetzte Richtung bevorzugt wäre. Auf Seite 104 heißt es: „Vom Öl wissen wir, daß es schon an sich auf organische Stoffe oxydierend wirkt, also viel mehr noch beim Vorhandensein von Luft usw." Da hier vom Mineralöl die Rede ist, das bekanntlich aus Kohlenwasserstoffen besteht, also nicht an sich, sondern nur durch gelösten Sauerstoff oxydierend wirken kann, ist diese Bemerkung nicht recht verständlich. Diese Mängel beeinträchtigen einigermaßen den Wert des Buches; es muß aber zugegeben werden, daß es dessen ungeachtet sehr viele wertvolle Winke und Angaben enthält.

Dr. R. Hiecke.

3130 **Maschinenbau.** Von Otto Stolzenberg. Zweite erweiterte Auflage. Erster Band: Werkstoffe und ihre Bearbeitung auf warmem Wege. 217 Seiten mit 336 Abb. Zweiter Band: Arbeitsverfahren. 334 Seiten mit 794 Abb. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1926. Preis geb. RMk. 9 und RMk. 14.

Das Werk enthält im wesentlichen, überall nach dem neuesten Stande der Technik, etwa dasjenige, was die älteren Werke über mechanische Technologie von Kick, Ledebur, Hoyer und anderen brachten. Im ersten Bande wird nach einer Übersicht über die in Maschinenfabriken gebrauchten Rohstoffe und Hilfsstoffe das Eisen besprochen, und zwar die verschiedenen Arten des technisch verwendbaren Eisens, dessen Eigenschaften, die Herstellung, die Veredlungsverfahren, die Formgebungsarbeiten (Walzen, Schmieden, Warmpressen, Gießen usw.), die Arbeiten zur Änderung des Zustandes (Tempern, Glühen, Härten und Vergüten) und schließlich die wirtschaftliche Bedeutung der Eisenindustrie. Die folgenden Abschnitte behandeln die übrigen Metalle und die Legierungen, die Isolierstoffe, Leder, Schleifmittel, Öle und Fette und das Wichtigste aus der Materialprüfung. Der zweite Band beginnt mit dem Messen, den Meßwerkzeugen und dem Anreißen, dann werden das Biegen, Ziehen, Treiben und Drücken besprochen. Nach einer allgemeinen Erörterung über die Spanbildung folgen das Trennen durch Meißeln, Sägen, Scheren, Stanzen und Lochen, das Feilen, Schaben und Räumen und daran schließen sich die Abschnitte über Drehen, Schleifen, Fräsen, Bohren, Hobeln und Stoßen. Zwei Abschnitte über Zusammenstellungsarbeiten und über Arbeiten zur Verschönerung und Erhaltung der Werkstücke beschließen diesen Band. Sowohl die Anordnung als auch die Auswahl des Stoffes ist in beiden Bänden als sehr gut zu bezeichnen, die Schreibweise ist überall klar, ohne weitschweifig zu werden (ein Fehler, der sich auf dem Gebiete der mechanischen Technologie sehr häufig findet), die Abbildungen sind sehr sorgfältig ausgewählt und auch vorzüglich wiedergegeben, wie überhaupt die Ausstattung beider Bände in jeder Richtung mustergiltig ist. Das Werk kann daher sowohl für Unterricht an Schulen als auch zum Selbststudium, schließlich auch zum Nachschlagen für den in der Werkstatt Tätigen auf das Beste empfohlen werden.

Jellinek.

3138 **Das österreichische Patentgesetz** mit den einschlägigen Gesetzen, Verordnungen und Staatsverträgen und einer Übersicht über die Rechtssprechung von Prof. Dr. E. Adler und Dr. R. Reik (Manz'sche Ausgabe der österreichischen Gesetze, große Ausgabe, Bd. XL) VIII und 420 Seiten. Manz'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, Wien 1926. Preis geb. S 18.

Die vorliegende Neuausgabe enthält in gleicher Weise, wie der im Jahre 1905 erschienene Band „Gesetze zum Schutze der Erfindungen, Marken und Muster in Österreich" von P. Schulz und E. Adler die derzeitig geltende Fassung des österreichischen Patentgesetzes mit den zugehörigen Verordnungen und Bekanntmachungen, die übrigen im Zusammenhang damit stehenden Gesetze (Wiedereinsetzung in den vorigen Stand, Erfindungsschutz auf Ausstellungen usw.), den das Patentwesen betreffenden Teil des Pariser Unionsvertrages, auch schon in der Fassung der Haager Konferenz, die zugehörigen österreichischen Gesetze und Verordnungen, die einschlägigen Bestimmungen des Friedensvertrages und das in der Nachkriegszeit abgeschlossene Berner Übereinkommen. Sehr erwünscht wird auch vielen Benützern das Verzeichnis der Patentklassen und deren Unterabteilungen mit allen Richtigstellungen bis in die letze Zeit sein. Der Hauptwert der Ausgabe liegt wieder darin, daß überall auf alle irgendwie in Betracht kommenden Stellen nicht nur des Patentgesetzes und der zugehörigen Gesetze und Verordnungen, sondern auch einer ganzen Reihe anderer Gesetze (Gewerbeordnung, Zivilprozeßordnung usw.) hingewiesen wird, und ganz besonders aber in der außerordentlich zahlreichen Anführung von Entscheidungen der zur Rechtssprechung auf dem Gebiete des Patentwesens berufenen Behörden und Gerichte, welche Entscheidungen gleichfalls bis in die allerletzte Zeit reichen. Bekanntlich ist die Kenntnis der einschlägigen Rechtssprechung gerade auf dem Gebiete des gewerblichen Rechtsschutzes bei der Vielseitigkeit der auftauchenden Fragen von sehr großer Wichtigkeit und deshalb gebührt den Herausgebern die vollste Anerkennung der am gewerblichen Rechtsschutz interessierten Kreise für die überaus mühevolle und sorgfältige Arbeit, die mit der Zusammenstellung der Entscheidungen geleistet wurde. Das Buch füllt eine schon seit längerem sehr unangenehm empfundene Lücke in dem einschlägigen Schrifttum aus und wird auch außerhalb Österreichs in ganz Mitteleuropa mit Rücksicht auf die im wesentlichen übereinstimmenden Rechtsanschauungen auf dem Gebiete des Patentwesens den beteiligten Kreisen von großem Nutzen sein. Erwünscht wäre, wenn auch die übrigen Gebiete des gewerblichen Rechtsschutzes, besonders das Markenwesen, in gleicher Weise bald bearbeitet würden.

Jellinek.

Eingegangene Bücher.

Die Schleifscheibe, ihre Wahl und Behandlung (AWF-Merkblatt 201). Zweite verbesserte Auflage. 20 Seiten. Herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit 1926. Zu beziehen durch den Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19. Preis Mk. 0·75. — Im Abschnitt über den Arbeitsvorgang sind gegenüber der ersten Auflage (siehe E. u. M. 1926, Heft 26, TWN. Seite 131) Hinweise auf Naßschleifen, Auswuchten und Wirtschaftlichkeit des Schleifens neu aufgenommen.

Tage der Technik. Illustrierter Technisch-Historischer Abreißkalender für 1927. 6. Jahrgang. Von Dr. Ing. h. c. Franz Maria Feldhaus. 365 Blatt, 365 Abb. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin. Preis Mk. 5·—. Auch der vorliegende Jahrgang bringt wieder sehr interessante Bilder aus den verschiedensten Gebieten der Technik, auch sehr viel aus der Elektrotechnik und zahlreiche Daten, besonders aus der Geschichte der Erfindungen. Erfreulicherweise ist die österreichische Technik in recht bedeutendem Umfange herangezogen worden.

Eingegangene Preislisten.

„Kontakt" A.-G. Spezial-Fabrik elektrischer Starkstrom-Apparate, Wien XVI.

Liste F 1927. Sicherungen und Blitzschutzvorrichtungen bis 500 V (Streifen- und Röhrensicherungen, Rollen- und Scheibenblitzschutzsicherungen usw.). — Liste G 1927. Akkumulatorenapparate (Einfach- und Doppelzellenschalter, Dreireihenschalter, Stromrichtungszeiger). — P. B. 78. Freiluft-Hörnerableiter für Spannungen von 6 bis 35 kV.

Digitized by Google

Budiner & Co., Brennstofftechnisches Studienbüro Prof. Dr. H. Strache, Wien III.

Gas-Kalorimeter „Kaloriskop", Patent Strache-Kling — Modell Löffler. (Beschreibung und Gebrauchsanweisung eines tragbaren Gerätes zur Bestimmung des Heizwertes von Gasen durch Messung der beim Entzünden einer bestimmten Gasmenge entstehenden Temperaturerhöhung.)

Chronik.

2. Internationaler Kongreß für angewandte Mechanik in Zürich. Auf dem vom 12. bis 17. September 1926 abgehaltenen Kongreß, auf dem 22 Staaten mit 251 Teilnehmern verteten waren, wurden über 80 Vorträge gehalten, die in Kürze gesammelt erscheinen werden. Einem Berichte von Prof. Dr. Th. Pöschl (Prag) in den „Naturwissenschaften", Heft 47 von 1926 entnehmen wir folgendes über die hier besonders in Betracht kommenden Vorträge: E. Jouget, Paris, sprach über die thermodynamische Theorie der Fortpflanzung der Explosionen, die nach den beiden Grenzfällen der Verbrennung und der Verpuffung geschehen kann. Beide Male ist zwischen gewöhnlichen Wellen zu unterscheiden, die eine Unstetigkeit der Beschleunigung, und zwischen Stoß- und Verbrennungswellen, die eine Unstetigkeit der Geschwindigkeit und des physikalischen und chemischen Vorganges fortpflanzen. Diese Wellen erzeugen einerseits eine Kondensation des Mittels, welche die Verpuffungen, andererseits eine Dilatation, welche die Verbrennungen erklärt. Die nach dieser Theorie erhaltenen Werte für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit stimmen mit den beobachteten recht gut überein. P. Debye, Zürich, entwickelte die Beziehungen zwischen der Festigkeitslehre und den Molekularvorstellungen der modernen Physik. Die den Zusammenhang der Körper herstellenden Molekularkräfte werden als elektrische gedeutet und die Gesetze, welche diese Kräfte befolgen, werden für größere Entfernungen zu einer Folge des Coulombschen elektrostatischen Grundgesetzes. Durch Entwicklung des Potentials der statischen Ladungen nach negativen Potenzen kommt man zur Reihenfolge: Ionen, Dipole, Quadrupole usw. Jedem Gliede dieser Folge entsprechen gewisse Arten von Kräften, die bei bestimmten Erscheinungsgruppen für sich in Wirkung treten (Ionenkräfte bei Salzlösungen, die in Ionen zerfallen sind, und bei festen Salzen, wie Steinsalz, wo sie im wesentlichen die Festigkeit bedingen usw.). Die abstoßenden Kräfte, die für kleine Entfernungen auftreten, müssen durch Verfolgung des dynamischen Charakters des Ladungssystems gedeutet werden: ihre Eigenschaften scheinen mit den Quantengesetzen zusammenhängen, die an Stelle der bezüglichen Gesetze der klassischen Mechanik treten. G. I. Taylor, Cambridge, untersuchte in dem Vortrage über die Verzerrung von Metallkristallen die Frage, was durch äußere Messungen eines verzerrten Metallkristalls über den Verzerrungszustand im Innern gesagt werden kann, und beschrieb eine allgemeine Methode zu ihrer analytischen Behandlung. P. W. Bridgeman, Cambridge (Mass., V. St. A.), sprach über die Wirkung hoher hydrostatischer Drucke (von der Größenordung 10 000 at) auf die mechanischen Eigenschaften der Stoffe. Die Zusammendrückbarkeit, die bei niederen Drucken bei verschiedenen Gasen und Flüssigkeiten sehr verschieden ist, wird bei hohen Drucken merklich die gleiche, selbst das am meisten zusammendrückbare Caesium hat bei hohen Drücken die gleiche Zusammendrückbarkeit wie die Flüssigkeiten. Die Hysteresis bei Formänderungen tritt bei diesen Drücken zuweilen im umgekehrten Sinne auf und bezüglich der Brucherscheinungen wurde festgestellt, daß keines der gewöhnlichen Kriterien für den Eintritt des Bruches über einen sehr eingeschränkten Belastungsbereich hinaus noch Gültigkeit behält. Am stärksten veränderlich von den bisher untersuchten Eigenschaften ist die Zähigkeit der Flüssigkeiten, die mit zunehmendem Druck um so stärker zunimmt, je komplizierter der chemische Bau des Moleküls der Flüssigkeit ist. In dem Vortrage „Über die ausgebildete Turbulenz" ging L. Prandtl, Göttingen, darauf aus, Rechnungsregeln zu suchen, die zutreffende Aussagen über die Verteilung der mittleren Geschwindigkeit und der Drücke und Reibungskräfte in turbulenten Strömungen ergeben sollen. Es wird vorgeschlagen, die Geschwindigkeitsschwankungen beider Komponenten einer Strömung proportional dem Geschwindigkeitsgefälle senkrecht zur Strömungsrichtung zu setzen. Als Proportionalitätsfaktor wird der Mischungsweg eingeführt, das ist jener quer zur Strömungsrichtung gerichtete Weg, der zu durchlaufen ist, bevor ein Flüssigkeitsballen sich mit seiner neuen Nachbarschaft vermischt. Man erhält damit einen dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionalen Strömungswiderstand. Die Größe des Mischungsweges wird rückwärts durch Ausrechnung aus Beobachtungen ermittelt, in einfachen Fällen der freien Turbulenz sind aber auch theoretische Aussagen darüber möglich, die auf Geschwindigkeitsverteilungen führen, die mit den Beobachtungen recht genau übereinstimmen. Die Größe des Mischungsweges läßt sich theoretisch auch für die turbulente Schicht in der Nähe von festen Wänden machen. Die Geschwindigkeitsverteilungen in nicht kreisförmigen, zum Beispiel dreieckigen Rohren werden durch Sekundärbewegungen erklärt. C. Camichel, Toulouse, berichtete in einem Vortrage über die Theorie des Widderstoßes, in erster Linie über seine eigenen Untersuchungen über die Stoßvorgänge in Rohrleitungen unter Berücksichtigung der Zusammendrückbarkeit des Wassers und der Elastizität der Rohrwände. So kann die auftretende Resonanz einen Druckanstieg bis auf das Doppelte des statischen Druckes hervorrufen. Auf Grund der Theorie kann auch das Auftreten von Wellen mit zwei verschiedenen Perioden in einer Rohrleitung erklärt werden. Die theoretischen Ergebnisse wurden durch Überprüfung an verschieden gestalteten Rohsträngen bestätigt.

Neben diesen Vorträgen aus den allgemeinen Sitzungen sind noch die Vorträge in den Sektionen zu erwähnen, die Fragen behandeln, die sachlich oder methodisch mit der theoretischen Mechanik in Beziehung stehen, ferner Vorträge auf dem Gebiete der Strukturtheorie, der Elastizitätstheorie und der Hydro- und Aeromechanik.

Der nächste Kongreß findet im August 1930 in Stockholm statt. Jk.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, statt.

Mittwoch, den 26. Jänner d. J., um 1/2 7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ing. Kloninger (Baden, Schweiz) über: **„Beitrag zur Ölschalterfrage".**

Inhaltsangabe: 1. Der Abschaltvorgang. 2. Die Beeinflussung der Abschaltleistung durch die Kontaktordnung, die Traversengeschwindigkeit, das Luftkissen, die Kesselfestigkeit. 3. Die Forderung nach mehrmaliger Abschaltbereitschaft. 4. Der Einschaltvorgang und die Kontaktbehebung. 5. Der Schalterantrieb und die Schaltgeschwindigkeit. 6. Der Einbau des Ölschalters. (Mit Lichtbildern.)

Donnerstag, den 3. Februar d. J., um 1/2 7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ministerialrat Ing. Rudolf Heider über: **„Die österr. Fernkabelanlagen".** (Mit Lichtbildern.)

Berichtigung.

Die neuesten Erfahrungen auf dem Gebiete der elektrischen Fernübertragung. Von Direktor Ing. Kvetensky. E. u. M. 1927, Heft 2, Seite 21 ff.

Der Absatz von Seite 29, links oben, „Eine derartige Überspannung" ... bis „... leicht behoben werden" ist irrtümlich an dieser Stelle eingeschaltet worden. Er ist einzuschalten auf Seite 28, linke Spalte, dritter Absatz, und zwar nach den Worten: „... ähnlich einem Poulsen-Generator". D. S.

Digitized by Google

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Eisen- und Stahlerzeugung der Welt. Nach der Statistik in Iron Trade Review (vgl. a. Die Werkzeugmaschine 1926, Heft 23) wurden im Jahre 1925 auf der ganzen Erde 77·2 Mill. t Roheisen (gegen 67 Mill. i. J. 1924 und 75 Mill. i. J. 1913) erzeugt. Die V. St. A. lieferten hievon 36 Mill. t Roheisen (31 Mill. i. J. 1924 und 30·6 i. J. 1913), sowie 45·2 Mill. Stahl (37·9 i. J. 1924, 31·3 Mill. i. J. 1913), Europa 37 Mill. t Roheisen und 40·8 Mill. Stahl (gegen 36·6 Mill. i. J. 1924 und 42·5 Mill. i. J. 1913). In Europa steht Deutschland, dessen Stahlwerke durchschnittlich mit 85 vH ihrer Leistungsfähigkeit arbeiten, mit 10·5 Mill. t Roheisen (7·7 Mill. i. J. 1924 und 10 Mill. 1913) und 12·5 Mill. t Stahl an der Spitze, es folgen Frankreich mit 8·3 Mill. t Roheisen und 7·5 Mill. Stahl, England mit 6·2 Mill. t Roheisen (10·3 Mill. i. J. 1913) und 7·5 Mill. t Stahl (8·2 Mill. i. J. 1924, 7·6 Mill. i. J. 1913), Belgien (2·5 Mill. t Roheisen und 2·45 Mill. t Stahl), Luxemburg (2·3 und 2 Mill. t), das Saargebiet (1·45 und 1·6 Mill. t), die Tschechoslowakei (1·3 und 1·5 Mill. t) und Rußland, das allerdings mit 1·4 Mill. t Roheisen und 1·9 Mill. t Stahl gegen das Vorjahr (740 000 bezw. 1·1 Mill.) sehr gestiegen ist, aber seine Friedenserzeugung (4·1 bezw. 4·8 Mill. t) noch lange nicht erreicht hat.

Internationaler Kohlenkongreß. Auf dem im November v. J. in Pittsburgh abgehaltenen Kongreß, auf dem unter anderen auch Dr. Bergius und Dr. Fischer Vorträge über Kohlenverflüssigung hielten, besprach nach einem Bericht in El. Review, Bd. 99, 1920, Nr. 2558, Dr. R. Lessing (London) die Unwirtschaftlichkeit der Verbrennung von Rohkohle in England. Die jährliche Aschenmenge übersteigt die Eisenerzförderung um 25 Mill. t, die Kosten des Bahntransportes der Asche betragen jährlich etwa 5 Mill. Pfd., die Kosten der Aschenabfuhr aus den Feuerungen, die Anlagen usw. kosten ebensoviel, vielleicht aber auch viel mehr, so daß man insgesamt mit einer nutzlosen Ausgabe von 10 bis 20 Mill. Pfd. im Jahr rechnen muß. Im Zusammenhang mit der Kohlenvermahlung machte W. E. Trent (New-York) die Mitteilung, daß in kürzester Zeit ein Motor in Kansas City in Betrieb kommen wird, der mit Öl arbeitet, das durch Erhitzen von feingemahlener Kohle erhalten wird. (Es scheint sich wieder um einen Versuch zu handeln, Kohle unmittelbar im Maschinenzylinder zu verbrennen, wie dies R. Diesel ursprünglich beabsichtigte. Der Ber.) Bemerkenswert ist noch eine von Neilson (London) durchgeführte Berechnung über die Wirtschaftlichkeit der Fortleitung von Gas (offenbar für Kraftzwecke), wonach sich die Kosten der Fortleitung von rund 25 000 WE auf rund 120 km auf etwas mehr als 1½ d stellen.

Der elektrotechnische und Maschinenmarkt in China. In einem Berichte des englischen Handelsvertreters in Shanghai, der in „The Electrical Review" vom 26. November 1926 auszugsweise wiedergegeben ist, wird zunächst auf die politischen Verhältnisse im Lande verwiesen, die ebenso wie der Boykott englischer Waren und nicht zuletzt die Bestrebungen Chinas zur Erweiterung seiner Industrien die Einfuhr sehr erschwert haben. So ist zum Beispiel die chinesische Glühlampenindustrie in starkem Aufschwunge begriffen. Trotz alledem ist aber die Einfuhr an Maschinen und elektrotechnischen Erzeugnissen andauernd eine rege geblieben. Viele große Aufträge für Kraftwerke sind in die Schweiz gegangen, der Rest verteilt sich in der Hauptsache auf englische und deutsche Unternehmungen, vereinzelt auch auf amerikanische. Nachfrage herrscht ferner nach Meßgeräten, Transformatoren und Ölmaschinen, bei welch letzteren wohl nur der Preise halber (und nicht auch mit Rücksicht auf die überragende Güte des Erzeugnisses, wie der Bericht meint) englische Erzeugnisse den deutschen und amerikanischen vorgezogen werden. Kleine Kühlmaschinen werden besonders aus Amerika eingeführt. Insgesamt wurden im Jahre 1925 nach China Maschinen und Zubehör für Kraftwerke im Werte von 858 151 Tael (1 Tael = 3 s 6 d oder 6 ö. S) eingeführt gegen 807 581, bezw. 1·5 Mill. Taels in den Jahren 1924 und 1923. Der Wert der Einfuhr an Elektromaterial betrug 6·9 Mill. Taels i. J. 1925 und 8·2 Mill. i. J. 1924. Schließlich macht der Bericht die in Betracht kommenden Kreise auf die Besonderheiten des Handelsverkehrs mit China aufmerksam. Gewarnt wird vor der Geschäftsverbindung mit unbekannten chinesischen Firmen, dagegen wird vorgeschlagen, mit Rücksicht auf die Unmöglichkeit richtige kaufmännische Auskünfte im Lande zu erhalten alle Geschäfte nur durch die bekannten englischen und sonstigen Exporteure in China abzuschließen. Außerdem stehen die Londoner Filialen der ostasiatischen Banken und auch das Amt für den Überseehandel mit Auskünften zur Verfügung. J.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	10. I. 1927	14. I. 1927	17. I. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126½	127¾	127¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	65—65½	64¾—65	64¾—65
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	60—60¾	60—60⅛	59½—60
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	110—115	115—120	118—123

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 14. Jänner 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	15	0	63	5	0
Wire bars	63	5	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	56	2	6	56	5	0
Standard { 3 Monate .	56	15	0	56	17	6
Zinn:						
Engl. ingots	298	0	0	298	10	0
Standard { Kassa . .	299	15	0	300	0	0
Standard { 3 Monate .	294	10	0	294	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	29	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	31	15	0	31	12	6
Remelted	31	15	0	—	—	—
English Swansea . .	33	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 23 p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial und Metall-Halbfabrikate.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, giltig ab 12. Jänner 1927.)

Grundpreise in S pro 100 kg.

Halbharte und harte Kupferdrähte	301.—
Weiche Kupferdrähte	310.—
Kupferstangen	333.—
Aluminiumdrähte und Stangen	540.—

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 30. Jänner 1927 | Heft 5

INHALT: *Der einphasige, zusätzliche Kraftfluß des dreiphasigen Transformators. Von Dr. techn. M. Vidmar, ord. Professor an der Universität Ljubljana. S. 81.*
RUNDSCHAU: Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 94. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 94. / Elektrische Meßkunde. S. 95. / Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 95. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 96. / Elektrische Apparate. S. 96. / Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie. S. 97. / Baustoffe. S. 97. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 98.
LITERATURBERICHTE. S. 99.
VEREINSNACHRICHTEN. S. 100.

Der einphasige, zusätzliche Kraftfluß des dreiphasigen Transformators.

Von Dr. techn. M. **Vidmar**, ord. Professor an der Universität Ljubljana.

Die in Europa übliche Bauart des dreiphasigen Transformators mit ihrem dreiphasigen Eisenkern (Abb. 1) geht eigentlich in der Ausnützung der Vorteile mehrphasiger symmetrischer Stromsysteme zu weit. Es ist gewiß verlockend, sich darauf zu verlassen, daß die Summe der Phasenströme, elektrischer und magnetischer, in jedem Augenblick gleich null ist. Es ist für den Konstrukteur selbstverständlich, die überflüssige Rückleitung der im Sternpunkt zusammenfließenden Ströme wegzulassen. Die Material sparende Sternschaltung be-

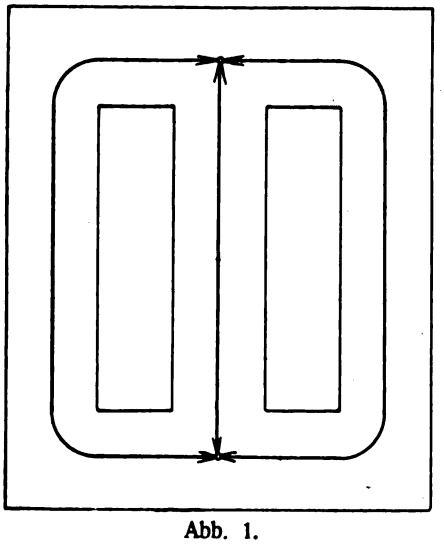


Abb. 1.

herrscht daher, wo es angeht, den europäischen Drehstromtransformator, der Kraftfluß ist wenigstens immer beiderseits in Stern geschaltet.

Die Schaltung verpflichtet. Der Transformator arbeitet unter Zwang. Natürlich bleibt alles in Ordnung, solange die Voraussetzungen alle erfüllt sind, solange die magnetischen und die elektrischen Ströme wirklich symmetrische Mehrphasensysteme bilden. Der Zwang der Schaltung wird aber sofort fühlbar, wenn die Symmetrie der Belastung gestört wird.

Der amerikanische Transformatorenbau gibt den dreiphasigen Transformatoren erheblich mehr Freiheit. Er setzt sie aus drei einphasigen Transformatoren zusammen, er schaltet wenigstens die Phasenkraftflüsse nicht zusammen, sondern läßt sie vollkommen selbständig. Er kennt auch deshalb die Mehrzahl der Schwierigkeiten nicht, die sich bei Unsymmetrien beim europäischen Dreiphasentransformator einstellen.

Man braucht nicht lange zu suchen, wenn man die Möglichkeit einer Unsymmetrie finden will. Jeder Lichttransformator muß von vornherein mit einphasigen Belastungen rechnen. Wir bauen kaum noch einen nicht zu großen Drehstromtransformator, ohne sekundäre Nullpunktsklemme, weil wir die Belastung nur einer Phase ermöglichen wollen und müssen.

Aber der Lichtbetrieb ist zwar die wichtigste, aber nicht die einzige Quelle von Unsymmetrien. In Fällen der Not muß zuweilen der Drehstromtransformator in V-Schaltung arbeiten. Er wurde in einer Phase beschädigt, kann sie daher nicht mehr belasten. Er nimmt in V-Schaltung eine schwerwiegende Unsymmetrie auf sich.

Es gibt übrigens eine unansehnliche Unsymmetrie, die jeder Drehstromtransformator europäischer Bauart immer aufweist. Die Magnetisierungsströme der drei Phasen sind nie gleich groß. Man braucht sich nur Abb. 1 flüchtig anzusehen, um sogleich zu erkennen, daß der Kraftfluß der mittleren Säule einen weit kürzeren Weg vom Sternpunkt zum Sternpunkt des Kraftflußsystems hat, als die beiden anderen Kraftflüsse.

Nun, Unsymmetrien sind da, Schwierigkeiten müssen entstehen. Sie lassen sich auch meistern. Bekannt sind die Hilfsmittel, die für den Lichtbetrieb angewendet werden müssen. Weniger bekannt sind die Feinheiten der V-Schaltung. Aber die vorliegende Arbeit hat einen besonderen Zweck. Sie soll zeigen, daß immer wieder bei Unsymmetrien ein zusätzlicher einphasiger Kraftfluß entsteht, den der Transformator nicht braucht, der

Digitized by Google

in unerwünschter Weise in das physikalische Spiel eingreift, der sehr empfindlich den Betrieb stören kann. Die Aufgabe soll hier erledigt werden, diesen einphasigen Zusatzfluß der Theorie des Transformators endgültig einzuverleiben. Dabei ergibt sich eine klare Theorie der Lichtschaltungen und der V-Schaltung von selbst.

Am einfachsten gewinnt man ein klares Bild des einphasigen Zusatzflusses des Drehstromtransformators, wenn man die Folgen der Ungleichheit der drei Magnetisierungsströme untersucht. Die mittlere Säule braucht, wie bereits erwähnt, einen weit kleineren Magnetisierungsstrom als die beiden äußeren Säulen. Es kann ganz leicht sein, daß auf

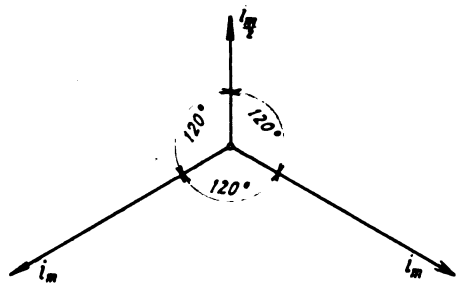


Abb. 2.

diese Weise der eine Magnetisierungsstrom auf die Hälfte der beiden anderen heruntersinkt. Ein Vektorenbild nach Abb. 2 wäre somit zu erwarten.

Die zweifellos notwendige Stromverteilung im Leerlauf nach Abb. 2 ist unmöglich. Die Sternschaltung der drei Phasen läßt sie ebensowenig zu wie die Dreieckschaltung. Das Stromvektorenpolygon muß sich schließen, die Summe der drei Magnetisierungsströme muß null sein.

Es gibt nur einen Ausweg. Jede der drei Phasen muß einen gleich großen, zusätzlichen Magnetisierungsstrom aufnehmen, der ein Drittel der Verkleinerung des einen Magnetisierungsstromes wettmacht. Wenn also die mittlere Säule nur den halben Magnetisierungsstrom braucht, muß

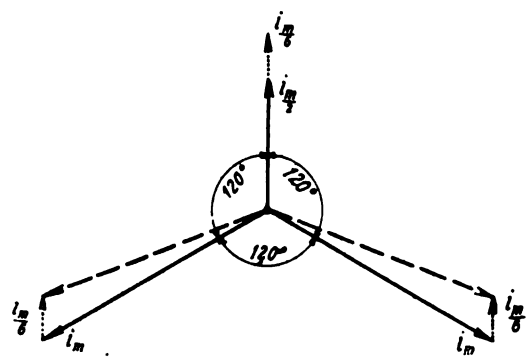


Abb. 3.

der zusätzliche Magnetisierungsstrom jeder Phase ein Sechstel der Höhe des notwendigen Stromes einer äußeren Säule betragen.

Die drei zusätzlichen Ströme müssen gleich groß und phasengleich sein. Nur dann nämlich heben sie sich in den drei geschlossenen Eisenkreisen des Transformators magnetisch auf. Sie müssen mit dem Magnetisierungsstrom der mittleren Säule in Phase sein. Nur dann schließen sie das ursprünglich offene Vektorenpolygon. Abb. 3 zeigt das tatsächliche Vektorenbild der Leerlaufströme.

Die drei zusätzlichen Magnetisierungsströme heben sich gegenseitig im Eisen magnetisch auf. Aber sie bilden doch ein magnetisches Feld. Der Weg im Eisen ist versperrt, der Weg durch die

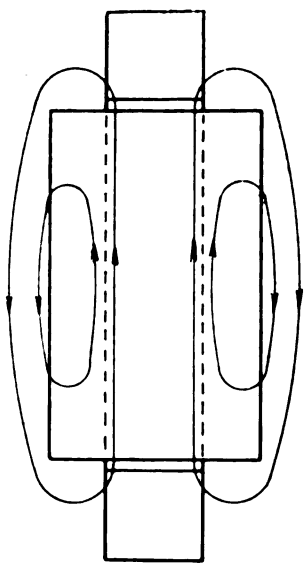


Abb. 4.

Luft offen. Die drei Zusatzflüsse strömen durch die drei Säulen, benützen natürlich nicht die Joche, sondern schließen sich durch die Luft (Abb. 4). Sie sind phasengleich. Es entsteht demnach e i n einphasiger Zusatzfluß.

Natürlich kann dieser Zusatzfluß nicht stark sein. Er hat nur ein Sechstel der erregenden Durchflutung zur Verfügung, die dem Hauptfluß dient

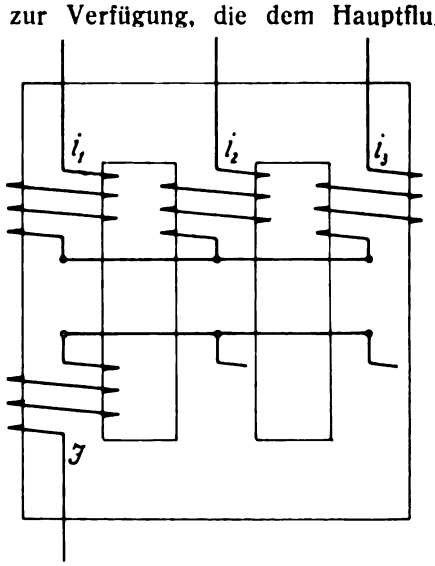


Abb. 5.

und dazu einen erheblich größeren magnetischen Widerstand. Aber die Stärke ist zunächst unbedeutend, es handelt sich vor allem um das Wesen, um die Form des Zusatzflusses.

Der einphasige Zusatzfluß des Leerlaufes ist dem amerikanischen Drehstromtransformator un-

Digitized by Google

bekannt. Schon deshalb, weil kein Grund für Ungleichheiten der drei Magnetisierungsströme vorliegt. Aber selbst wenn die drei gleichen Phasentransformatoren ungleiche Magnetisierungsströme brauchen, entstehen ganz andere Folgen, die gewöhnlich durch Ziehen des Nulleiters, auch hochspannungsseitig, erledigt werden.

Ein ungleich ernsteres Bild des einphasigen Zusatzflusses erhält man bei einphasiger Vollast, wie sie immerhin im Lichtbetrieb vorkommen kann. Im Leerlauf wird nämlich der einphasige Zusatzfluß kaum von 1 bis 2 Hundertstel des Vollaststromes erregt, bei einphasiger Vollast, wie wir gleich sehen werden, von $33^1/_3$ Hundertsteln.

Ein Lichttransformator in beiderseitiger Sternschaltung ohne primären Nulleiter, gibt das Belastungsbild der Abb. 5. Der Einfachheit halber soll die Windungszahl primär und sekundär gleich angenommen werden. Dem Vollstrom I der belasteten Phase werden Belastungsströme in allen drei Primärphasen i_1, i_2 und i_3 magnetisch das Gleichgewicht halten müssen.

Wenn primär und sekundär entgegengesetzter Wicklungssinn angenommen wird, müssen folgende Gleichgewichtsgleichungen für die drei geschlossenen magnetischen Stromkreise gelten:

$$\left.\begin{aligned} I - i_1 + i_2 &= 0, \\ I - i_1 + i_3 &= 0, \\ i_2 - i_3 &= 0. \end{aligned}\right\}$$

Die primäre Sternschaltung schreibt außerdem vor:

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0.$$

Die Stromverteilung ist damit gegeben. Es ist:

$$i_1 = \frac{2}{3} I,$$

$$i_2 = i_3 = -\frac{I}{3}.$$

Man kann auch schreiben:

$$i_1 = I - \frac{I}{3}$$

und sieht dann sofort, daß auf jeder Säule der Strom

$$-\frac{I}{3}$$

örtlich magnetisch ohne Gegengewicht ist, so daß er einen Zusatzfluß bilden wird, der sich durch die Luft schließt, genau so, wie im Leerlauf.

Es ist bemerkenswert, daß auch diesen beachtenswerten Zusatzfluß der amerikanischen Drehstromtransformator nicht kennt. Er muß den einphasigen Belastungen mit dem primären Nulleiter jede Schärfe wegnehmen und erreicht dies offenbar in vollkommener Weise. Selbstverständlich steht auch dem europäischen Drehstromtransformator der Ausweg des primären Nulleiters zur Verfügung. Aber wir ziehen hochspannungsseitig in unseren Anlagen den Nulleiter nicht gern.

Der einphasige Zusatzfluß bekommt eine ganz besondere Bedeutung bei der V-Schaltung. Diese Notschaltung ist nicht ohne praktischen Wert. Ein Transformator, der hochspannungsseitig in Dreieck geschaltet ist, kann auch noch nach Entfernung einer Phasenwicklung weiterarbeiten. Dem Dreieck fehlt dann wohl eine Seite, aber die drei Eckpunkte sind noch immer da. Der Anschluß an das Netz geschieht nun elektrisch in den drei Eckpunkten des Spannungsdreieckes, materiell in den drei Klemmen des Wicklungsdreieckes. Der Betrieb der Schaltung nach Abb. 6 ist somit möglich.

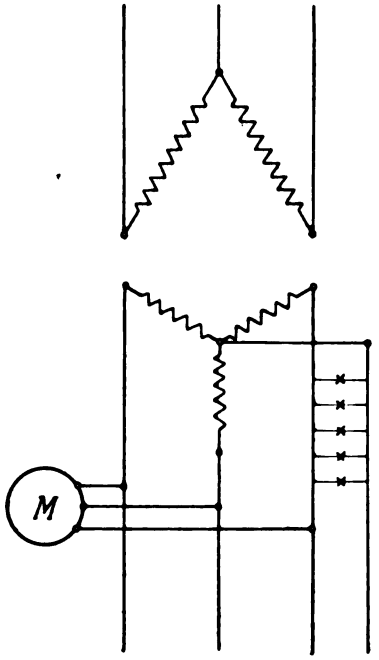


Abb. 6.

Der Hauptkraftfluß des in V-Schaltung arbeitenden Transformators ist ganz normal. Magnetisierungsströme fließen zwar nur noch in den zwei übrig gebliebenen Phasenwicklungen, aber sie müssen zwei Phasenflüsse erzeugen, die gleich groß und um 120° phasenverschoben sind. Die den

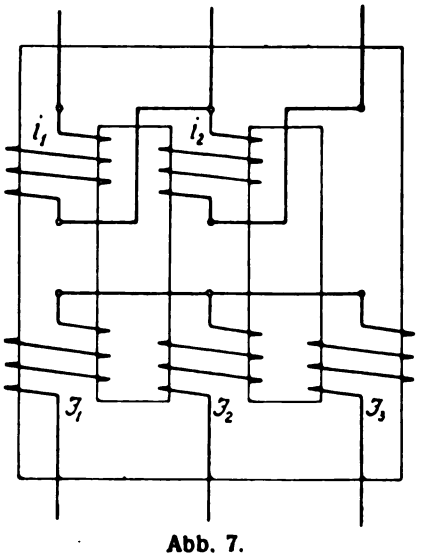


Abb. 7.

beiden Phasenwicklungen aufgedrückten Spannungen verlangen es. In der dritten Säule, auf der keine Primärwicklung sitzt, fließt natürlich die Summe der beiden Phasenflüsse. Genau so ist aber

Digitized by Google

die Kraftflußverteilung auch sonst bei normalem Betrieb. Niederspannungsseitig wird sich nach all dem im Leerlauf nichts ungewöhnliches zeigen.

Denkt man sich nun den primär in V-Schaltung angeschlossenen Transformator sekundär symmetrisch vollbelastet, so daß er in jeder Phase I Ampere abgibt und nimmt wiederum wegen der Einfachheit die Windungszahlen primär und sekundär gleich, so kann man die zwei möglichen Belastungsströme i_1 und i_2 primär an Hand der Abb. 7 aus den magnetischen Gleichgewichtsbedingungen folgendermaßen berechnen:

$$\begin{aligned} I_1 - i_1 + i_2 - I_2 &= 0, \\ I_1 - i_1 \quad\quad - I_3 &= 0, \\ I_2 - i_2 \quad\quad - I_3 &= 0, \end{aligned}$$

das heißt:

$$\begin{aligned} i_1 &= I_1 - I_3, \\ i_2 &= I_2 - I_3. \end{aligned}$$

Abb. 8 zeigt das Bild der Stromvektoren, aus dem man sofort ersieht, daß, da angenommenermaßen

$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

ist,

$$i_1 = i_2 = i = I\sqrt{3}$$

sein muß.

Es ist klar, daß die V-Schaltung nur noch $\frac{1}{\sqrt{3}}$tel der normalen Leistung gestattet, wenn die Erwärmungsgrenze berücksichtigt werden muß. Natürlich ist die Notschaltung, die es gestattet, den

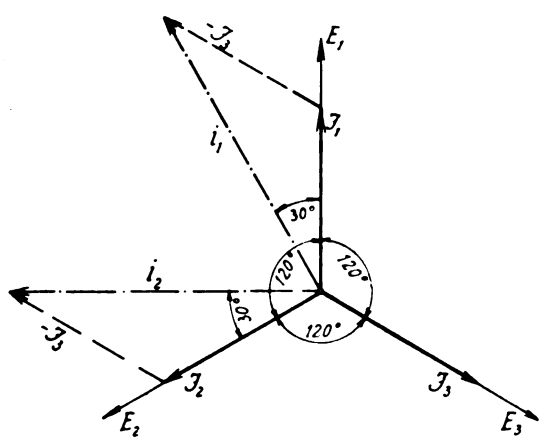


Abb. 8.

gestörten Betrieb mit 60 vH der Belastung weiterzuführen, sehr wertvoll, vorausgesetzt natürlich, daß sie sonst keine unangenehmen Eigenschaften hat. Bei der Suche nach etwaigen Unannehmlichkeiten stoßen wir nun wiederum auf das zusätzliche einphasige Feld.

Ein Blick auf das Vektorenbild der Abb. 8 zeigt, daß auf jeder Säule ein magnetischer Überschuß von I_3 **A** vorhanden ist. Die Sekundärdurchflutung der Säule, die primär keine Wicklung trägt, erregt auf jeder Säule den zusätzlichen einphasigen Fluß der V-Schaltung. Dieser Zusatzfluß ist noch kräftiger als bei der einphasigen Belastung des normalen Transformators und zwar scheinbar dreimal, in Wirklichkeit nur $\sqrt{3}$-mal, weil eben die volle Leistung nicht mehr erhältlich ist.

Es gibt noch einen einphasigen Zusatzfluß, der für den modernen Drehstromtransformator wichtig werden kann und zwar einen zweiten Zusatzfluß im Leerlauf. Bekanntlich haben die Magnetisierungsströme bei den jetzt üblichen und möglichen hohen Sättigungen starke Oberwellen dreifacher Periodenzahl. Nun sind die drei Oberwellen der drei Phasenmagnetisierungsströme phasengleich. Bei primärer Sternschaltung ohne Nulleiter können sie gar nicht in die Wicklung fließen. Da sie aber der Transformator haben muß, nimmt er gleichzeitig mit ihnen gleich große aber entgegengesetzt gerichtete Zusatzströme dreifacher Periodenzahl auf.

Diese Zusatzströme sind überflüssig. Da sie gleich groß und phasengleich sind, können sie, wie oben festgestellt, in den drei geschlossenen Eisenkreisen des Drehstromtransformators nicht zur Geltung kommen. Aber sie erzeugen wieder einen einphasigen Zusatzfluß, dreifacher Periodenzahl natürlich. Die Stärke dieses Zusatzflusses hängt ganz von der Sättigung des Eisens ab. Sie dürfte normal von der Größenordnung des oben zuerst beschriebenen Zusatzflusses im Leerlauf sein.

Man sieht aus den beschriebenen, gewiß praktisch wichtigen Fällen, daß der unter Schaltungszwang arbeitende Drehstromtransformator immer wieder mit einem einphasigen Zusatzfluß antwortet, wenn die vorausgesetzte Stromsymmetrie gestört wird. Die Sternschaltung ohne Nulleiter und die V-Schaltung erwiesen sich dabei als besonders unnachgiebig. Nun gilt es, festzustellen, wie sich das einphasige Zusatzfeld auswirkt.

Es ist zunächst zweifellos, daß der Zusatzfluß Spannungen hervorbringt, Spannungen, die man nicht braucht, also praktisch Abfallspannungen. Man wäre geneigt, damit zu rechnen, daß bei einphasiger Belastung des primär in Stern geschalteten Transformators ohne Nulleiter und bei der V-Schaltung ganz gewaltige zusätzliche Spannungsabfälle auftreten, die den Transformator ganz unbrauchbar machen müßten. Wenn man aber bedenkt, daß der Zusatzfluß beide Wicklungen ebenso umschlingt, wie der Hauptfluß und nicht in verkehrtem Sinne wie der normale Streufluß, wird man nachdenklich.

Sehr ungezwungen kommt man zu folgender Vorstellung. Die vom Zusatzfluß in der Primärwicklung induzierte Spannung subtrahiert sich von der aufgedrückten Phasenspannung, so daß die innere vom Hauptkraftfluß induzierte Phasenspannung um die Zusatzspannung kleiner wird. Natürlich wird dann auch die Sekundärspannung kleiner. Aber der Zusatzfluß vergrößert sie wieder auf die normale Größe, weil er ihr ebenso seine Zusatzspannung gibt, wie primär. Demnach würde der Zusatzfluß ganz ohne elektrische Folgen sein und er würde die Transformation eigentlich gar nicht stören.

Das Bild ist falsch. Es entspricht dem Vektorenbild der Abb. 9, das auf den ersten Blick nichts

Digitized by Google

unzulässiges enthält. Es ist gleichwohl unmöglich, denn es berücksichtigt die Schaltung des Hauptkraftflusses nicht. Der Fehler ist leicht nachzuweisen.

Das aufgezwungene Spannungsdreieck *ABC* setzt, wie weiter unten bewiesen wird, außerdem aber selbstverständlich ist, den neutralen Punkt in *O*, im Schwerpunkt des Dreiecks voraus. Aber im Transformator erzeugt das einphasige Zusatzfeld Spannungen, die offenbar das aufgezwungene Spannungsdreieck des Hauptkraftflusses nach *A'B'C'* verschieben. Fehlerhaft ist es nun, wie oben

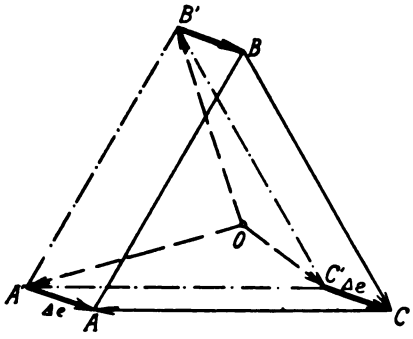


Abb. 9.

geschehen, anzunehmen, daß der neutrale Punkt des Spannungssystems des Hauptkraftflusses in *O* bleibt. Er muß mit dem Schwerpunkt *O'* des Dreieckes *A'B'C'* zusammenfallen.

Daß *O* tatsächlich nicht mehr der Nullpunkt ist, folgt daraus, daß die vom Hauptkraftfluß induzierten Phasenspannungen nicht *A'O*, *B'O* und *C'O* (Abb. 10) sein können. Die drei Phasenkraftflüsse sind selbstverständlich den induzierten Phasen-

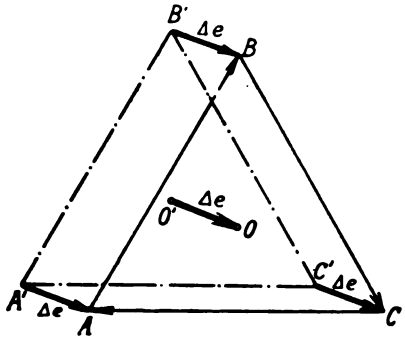


Abb. 10.

spannungen proportional, aber sie müssen ein geschlossenes Vektorenpolygon bilden, damit die in dem Aufbau des Eisenkernes vorausgesetzte Sternschaltung der Flüsse möglich ist. Daß nun *A'O*, *B'O* und *C'O* nicht die Summe null geben, liegt auf der Hand. Der Nullpunkt *O* muß sich demnach verschieben.

Wenn, ganz allgemein, einem Dreiphasentransformator ein Spannungsdreieck mit den Seiten E_1, E_2 und E_3 aufgedrückt wird, muß er mit induzierten Phasenspannungen e_1, e_2 und e_3 (Abb. 11) antworten, die zu zweien je einer aufgedrückten Spannung das Gleichgewicht halten:

$$e_1 - e_2 = E_3,$$
$$e_2 - e_3 = E_1,$$
$$e_3 - e_1 = E_2.$$

Wegen der Sternschaltung der drei Phasenkraftflüsse muß außerdem

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0$$

sein. Es ist demnach zum Beispiel

$$e_2 = \frac{E_1 - E_3}{3}.$$

Abb. 11 erklärt die Auffindung des Nullpunktes. Sie zeigt, daß die beiden Dreiecke *ADC* und *ABF* ähnlich sind. Es ist somit nicht nur *CF* gleich *FA*, sondern auch noch

$$BF = \frac{3e_2}{2}.$$

Der Nullpunkt *O* liegt auf einer Schwerlinie, auf der

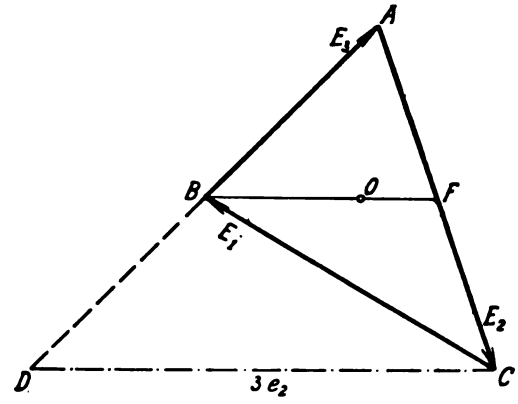


Abb. 11.

er ein Drittel bzw. zwei Drittel abschneidet, er fällt demnach mit dem Schwerpunkt zusammen.

Wenn nach all dem der einphasige Zusatzfluß mit seinen Zusatzspannungen das aufgezwungene Spannungsdreieck *ABC* (Abb. 10) nach *A'B'C'* verschiebt, verschiebt er gleichzeitig auch den Nullpunkt *O* nach *O'*. Nun sind die tatsächlichen Phasenspannungen, wie sie gemeinsam vom Hauptkraftfluß und vom Zusatzkraftfluß erzeugt werden

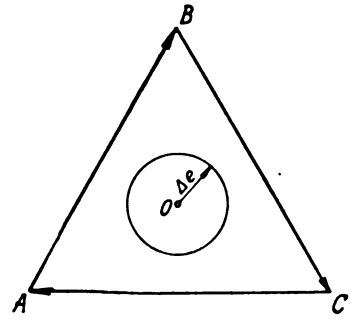


Abb. 12.

O'A, *O'B* und *O'C*. Selbstverständlich entsteht das verzerrte Spannungssystem in der gleichen Form primär und sekundär.

Die Verzerrung des Spannungssystems hängt nicht nur von der Größe der Zusatzspannung, das heißt, von der Stärke des einphasigen Zusatzflusses

Digitized by Google

ab. Die Phase dieser Zusatzspannung entscheidet über das Schicksal der einzelnen Phasen des Transformators. Abb. 12 zeigt, daß bei gegebener Stärke des einphasigen Zusatzflusses der Nullpunkt des verzerrten Spannungssystems überall auf dem um den ursprünglichen Nullpunkt mit der gegebenen Zusatzspannung als Halbmesser beschriebenen Kreis liegen kann.

Das einphasige Zusatzfeld ist ein gefährlicher Feind der Symmetrie des Spannungssystems. Es ändert nicht nur die Phasenverschiebungen, die 120° betragen sollen, es ändert auch noch die Größe der Phasenspannungen, es bringt demnach, praktisch gesprochen, sehr unangenehme Spannungsabfälle.

Die Frage läßt sich nicht unterdrücken, wie groß eigentlich die Zusatzspannungen sein können. Rechnerisch läßt sie sich nicht leicht beantworten, weil der magnetische Widerstand des Zusatzflusses schwer zu fassen ist. Der einfachste Weg geht über das Prüffeld.

Es ist in der Tat leicht, die Stärke der zu erwartenden Zusatzspannung durch den Versuch zu bestimmen. Man braucht nur die drei Phasen des Transformators parallel zu schalten (Abb. 13) und

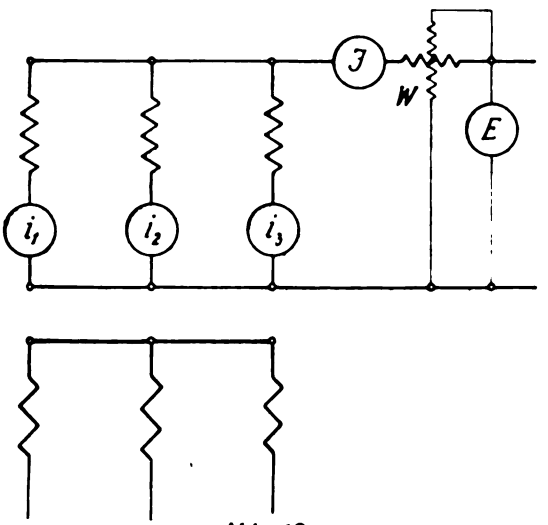


Abb. 13.

von einer einphasigen Stromquelle einen passenden Strom aufzudrücken, von dem vorausgesetzt werden kann, daß er sich gleichmäßig auf die 3 Phasen aufteilt. Die erforderliche Spannung ist schon die Zusatzspannung jenes einphasigen Zusatzfeldes, das auf jeder Säule von einem Drittel des aufgedrückten Gesamtstromes erregt wird.

Im elektrotechnischen Institut der Universität Ljubljana wurde ein Trockentransformator für 9 kVA, 1500/220 V 50 Per/s auf die angegebene Weise gemessen. Die Schaltung entsprach der Abb. 13. Mit Hilfe des eingeschalteten Wattmeters wurde auch die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung bestimmt.

Das Ergebnis waren folgende Meßwerte:

E	I	$\cos\varphi$	i_1	i_2	i_3
94	3·4	0·33	1·14	1·14	1·14
152	5·3	0·28	1·76	1·76	1·76
199	7·5	0·27	2·5	2·5	2·5
241	9·2	0·26	3·05	3·05	3·05

Die Stromaufteilung war vollkommen gleichmäßig, der Einfluß des Ohmschen Widerstandes der Wicklung unbedeutend.

Dem Vollaststrom von 3·45 A als Erreger des Zusatzfeldes würde nach den Messungen unter Berücksichtigung des Ohmschen Spannungsabfalles eine Zusatzspannung von rund 275 V, das heißt, von:

$$100 \times \frac{275 \times \sqrt{3}}{1500} = 31{\cdot}8 \text{ vH}$$

der Phasenspannung entsprechen.

Mit diesem Ergebnis kann man sich indessen keineswegs begnügen. Die Zusatzspannung ist von der Größe des Transformators nicht unabhängig. Man kann sich sehr leicht durch folgende Überlegung davon überzeugen.

Vergrößert man unter Beibehaltung der Stromdichte im Kupfer und der Liniendichte im Eisen alle Abmessungen des Transformators x-mal, so wächst der Hauptkraftfluß mit der zweiten Potenz von x, ebenso die Durchflutung der Wicklung, die Leistung wird somit x^4-mal größer. Die Phasenspannung wächst bei festgehaltener Windungszahl wie der Kraftfluß. Der einphasige Zusatzfluß wächst mit der Durchflutung. Sein magnetischer Widerstand wird aber x-mal kleiner, weil die Linienlänge x-mal größer geworden ist, der Flußquerschnitt in der Luft dagegen x^2-mal kleiner. Auf die Phasenspannung des Transformators bezogen wächst demnach die Zusatzspannung des einphasigen Zusatzfeldes mit den Abmessungen, das heißt, proportional mit der vierten Wurzel aus der Leistung.

Ein Trockentransformator für 100 kVA hätte nach dieser Rechnung einen Zusatzfluß, vom Vollaststrom in allen Säulen erregt, der eine Zusatzspannung von rund:

$$31{\cdot}8 \times \sqrt[4]{\frac{100}{9}} = 58 \text{ vH}$$

der Transformatorspannung erzeugen würde.

In der zweiten Auflage seines Buches „Die Transformatoren" (Springer, Berlin 1925), hat es der Verfasser auf Seite 46 unternommen, den magnetischen Widerstand des einphasigen Zusatzfeldes annähernd zu berechnen. Nach dieser Rechnung wäre der Widerstand durch den Säulendurchmesser d (cm) ungefähr zu

$$R = \frac{1}{3\,d}$$

bestimmt.

Nimmt man beim obigen Versuchstransformator eine Liniendichte von 10 000 Gauß in den Säulen an, die einen Durchmesser von 90 mm hatten, so bekommt man mit einem Füllfaktor von 70 vH einen Säuleneisenquerschnitt von:

$$\frac{9{\cdot}0^2 \times \pi}{4} \times 0{\cdot}7 = 44{\cdot}5 \text{ cm}^2,$$

damit eine Windungsspannung:

$$\frac{2 \times \pi}{\sqrt{2}} \times 44{\cdot}5 \times 10\,000 \times 10^{-8} = 1{\cdot}0 \text{ V}$$

Digitized by Google

und eine Vollastdurchflutung von:

$$\frac{9000}{3 \times 0{\cdot}1} = 3000 \text{ VA.}$$

Da der magnetische Widerstand des einphasigen Zusatzflusses einer Säule mit:

$$R = \frac{1}{3 \times 9}$$

zu schätzen wäre, wäre eine bezogene Zusatzspannung von:

$$100 \times \frac{\frac{4\pi}{10} \times 3000 \times \sqrt{2} \times 3 \times 9}{44{\cdot}5 \times 10\,000} = 32{\cdot}2 \text{ vH}$$

in sehr guter Übereinstimmung mit dem Ergebnis der Messung zu erwarten.

Es ist bemerkenswert, daß bei höheren Leistungen die größere Liniendichte die Zusatzspannung heruntersetzt. Je kleiner der Säulendurchmesser, umso größer der magnetische Widerstand des Zusatzflusses. Es ist daher empfehlenswert, erst jenen Meßwert zu berücksichtigen, der bereits an einem genügend großen Transformator gewonnen wird, damit nicht noch mit einer Erhöhung der Liniendichte des Hauptkraftflusses gerechnet werden muß.

Vielleicht ist es überhaupt am besten, mit dem oben angegebenen Rechnungswert des magnetischen Widerstandes des Zusatzflusses zu rechnen. Er berücksichtigt die Sättigung im Eisen und die Bauart hinreichend. Daß er die Länge der Säule nicht enthält, hat wenig zu bedeuten. Der Hauptteil des Widerstandes liegt an der Austritts- bzw. Eintrittsstelle des Zusatzflusses am Eisenkern. Dort ist der Querschnitt des Flusses festgelegt. In der Luft breiten sich dann die Kraftlinien frei aus.

Nimmt man für den reziproken Wert des magnetischen Widerstandes des Zusatzflusses einfach den dreifachen Säulendurchmesser, in Zentimetern gemessen, so hat man auch das oben nachgewiesene Wachstumsgesetz in voller Geltung. Der Widerstand ist der linearen Abmessung, das heißt, der vierten Wurzel aus der Leistung umgekehrt proportional.

Bei Öltransformatoren kann das Zusatzfeld nicht verläßlich gemessen werden, wenn der Transformator im Kessel steht. Aus den Untersuchungen, die weiter unten durchgeführt werden, geht dies unzweifelhaft hervor. Man muß den Öltransformator erst aus dem Kessel heben.

Nach der Bestimmung der zu erwartenden Stärke des Zusatzflusses müßten nun die einzelnen, praktisch wichtigen Fälle, wie sie in der Einleitung beschrieben wurden, der Reihe nach untersucht werden. Aber vorher ist noch eine Folgeerscheinung des Zusatzflusses erwähnenswert: die Änderung der Liniendichte im Eisen.

Durch die Säule des Eisenkerns fließt der Hauptkraftfluß und der Zusatzfluß. In den beiden Jochen muß nur mit den Linien des Hauptkraftflusses gerechnet werden. Wenn nun der Zusatzfluß die ursprünglich vom Konstrukteur beabsichtigte Sättigung ändert, ändert er auch die Verluste im Säuleneisen, außerdem ändert er den Magnetisierungstrom.

Diese Änderungen sind erheblicher als man zunächst annimmt. Ein ebenmäßig aufgebauter Transformator verbraucht für die Säulen ebensoviel Eisen wie für die beiden Joche. Aber bei kleineren und mittleren Leistungen wird der Jochquerschnitt durchwegs verstärkt. Der Hauptteil der normalen Verluste liegt im Säuleneisen und der Hauptteil des Magnetisierungsstromes dient der Erregung der Säule.

Die Gesamtliniendichte in der Säule richtet sich in jedem Falle nach den tatsächlichen Phasenspannungen. Maßgebend ist somit immer das Spannungsbild der Abb. 12. Abb. 12 zeigt ferner, daß bei gegebener Größe der Zusatzspannung im Säuleneisen Sättigungen möglich sind, die durch die Entfernung des Eckpunktes des Spannungsdreiecks von irgend einem Punkt des Nullpunktskreises gemessen werden können, wobei zu beachten ist, daß die normale Liniendichte der Entfernung des Eckpunktes des Spannungsdreiecks vom Mittelpunkt des Nullpunktskreises entspricht.

Natürlich tritt gleichzeitig mit der Erhöhung der Liniendichte in einer Säule eine Ermäßigung in den beiden anderen Säulen ein. Nichtsdestoweniger erhöhen sich, wie leicht ersichtlich, die Gesamtverluste im Eisen, und die drei Magnetisierungsströme verschieben sich weit stärker als das Spannungsbild.

Die allgemeine Übersicht über die Erscheinung des einphasigen Zusatzfeldes mahnt den Konstrukteur wie den Betriebsingenieur zur Vorsicht. Die gestörte Symmetrie des dreiphasigen Systems, rächt sich empfindlich. Es ist unbedingt notwendig, nachzusehen, wie sich in einzelnen wichtigen Betriebsfällen die Nachteile der elektrischen und der magnetischen Schaltung auswirken.

Im Leerlauf schon entsteht ein einphasiges Zusatzfeld, das natürlich bei jeder symmetrischen Belastung bleibt. Allerdings ist dieses Zusatzfeld schwach. Man kann, wie in der Einleitung bestimmt wurde, annehmen, daß es auf jeder Säule von einem Sechstel des Magnetisierungsstromes einer äußeren Säule erregt wird.

Im Bereich der kleineren und mittleren Leistungen kann man rechnen, daß der Magnetisierungsstrom etwa 10 vH des Vollaststromes ausmacht. Wenn daher der Vollaststrom als Erreger des Zusatzflusses eine Zusatzspannung von 30 vH erzeugt, wird man wegen der Ungleichheit der drei Magnetisierungsströme jedenfalls mit einer Zusatzspannung von

$$\frac{30}{10 \times 6} = 0{\cdot}5 \text{ vH}$$

rechnen müssen.

In der mittleren Säule sind wie Abb. 3 zeigt, der Hauptfluß und der Zusatzfluß in Phase. Dem Zusatzfluß des Leerlaufes entspricht somit das Spannungsbild der Abb. 14. Die Spannung der mittleren Säule kann um ein halbes Hunderstel größer

Digitized by Google

werden als sie im symmetrischen System sein sollte.

Die kleine Entstellung ist gewiß beachtenswert. Sie zeigt, daß unsere europäische Bauart nicht ganz ideal ist. Das halbe Hunderstel verschwindet allerdings unter den Ungenauigkeiten des Betriebes aber sie ist da. Was sie beachtenswert macht, ist der Umstand, daß sie überhaupt immer vorhanden ist.

Allerdings mildert ein wichtiger Umstand die nachgewiesene unvermeidliche Entstellung. Das Joch hat fast ausnahmslos einen größeren Quer-

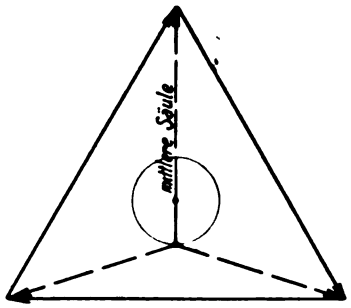


Abb. 14.

schnitt als die Säule und gerade bei kleineren Leistungen überwiegt sein Querschnitt meist um 30 bis 40 vH. Die Ungleichheiten der drei Magnetisierungsströme werden deshalb kleiner und der zusätzliche Fluß wird schwächer als oben angenommen. Nur auf diese Weise verliert der Fehler unserer dreiphasigen Eisenkerne jede praktische Bedeutung.

Ein durchaus ernster Fall ist die einphasige Belastung des primär in Stern geschalteten Drehstromtransformators ohne primären Nulleiter, weil er im Lichtbetrieb vorkommen kann. Er bekommt einen Zusatzfluß, der auf jeder Säule von einem Drittel des Vollaststromes erregt wird, wie die Untersuchung der Einleitung dieser Arbeit zeigt.

Rechnet man wieder mit einer Zusatzspannung des Vollaststromes von 30 vH, so bekommt man bei einphasiger Vollast eine Zusatzspannung von

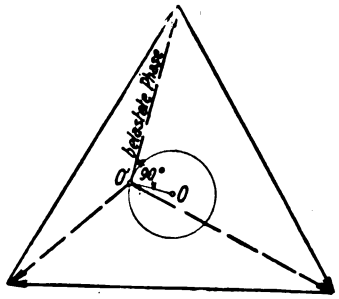


Abb. 15.

10 vH. Man kann wohl mit einer induktionsfreien Belastung rechnen und bekommt dann das Spannungsbild der Abb. 15.

Diesmal wird eine der unbelasteten Phasen eine Spannungserhöhung von fast 10 vH erhalten, während in der zweiten unbelasteten Phase die Spannung erheblich sinkt. Bei größeren Leistungen können noch größere Entstellungen auftreten.

Es ist wahr, daß die belastete Phase wenig abfällt. Aber man kann nicht damit die Schaltung entschuldigen, daß man erklärt, die Spannungen der unbelasteten Phasen seien praktisch unwichtig. Wenn in einer Phase nur eine Lampe brennt, so ist sie praktisch unbelastet. Diese Lampe kann somit mit einer um 10 vH höheren Spannung brennen.

Im normalen Betrieb ist wohl die einphasige Vollast kaum zu erwarten. Aber jede ungleiche Belastung zerfällt in eine gleichmäßige und in eine oder zwei einphasige. Empfindliche Entstellungen sind jedenfalls im Lichtbetrieb zu erwarten, wenn die Sternschaltung ohne Nulleiter primär angeordnet wird.

Man kann sich auch nicht darauf verlassen, daß bei kleinen Leistungen die Zusatzspannung klein wird. In einer Typenreihe, die durchwegs die Liniendichte im Eisen und die Stromdichte im Kupfer festhält, ist, wie oben ermittelt, die Zusatzspannung der vierten Wurzel aus der Leistung proportional. Aber bei kleinen Leistungen muß man mit der Liniendichte heruntergehen. Damit steigt wieder die Zusatzspannung.

Schließlich zeigt die Abb. 15, daß auch die Verluste im Eisen empfindlich wachsen. Die sekundär belastete Säule ändert ihre Verluste fast gar nicht. In der einen unbelasteten Säule werden sie um 20 vH höher, während sie in der dritten Säule weniger abfallen. Es ist auch bemerkenswert, daß der Magnetisierungsstrom der einen unbelasteten Säule ganz erheblich ansteigt. Es entstehen zusätzliche Ungleichheiten der drei Magnetisierungsströme, die noch zu untersuchen sind und die ihrerseits ein neues Zusatzfeld bringen. Die Sternschaltung ohne primären Nulleiter ist für einen ordentlichen Lichtbetrieb nicht empfehlenswert.

Ganz besonders unangenehm wird das einphasige Zusatzfeld bei der V-Schaltung, bei der es, wie ermittelt wurde, vom vollen Vollaststrom auf jeder Säule erregt wird. Zwar kann dieser Vollaststrom, wie ebenfalls bereits festgestellt wurde, nur etwa 60 vH des normalen Vollaststromes erreichen, aber immer bleibt noch eine Zusatzspannung von fast 20 vH.

Schon deshalb könnte man, wenn man an das Spannungsblid der Abb. 12 denkt, die V-Schaltung als unbrauchbar bei Seite schieben. Aber das Spannungsbild der Abb. 12 ist für die V-Schaltung überhaupt nicht mehr maßgebend. Primär gibt es keinen Nullpunkt mehr, der sich verschieben könnte. Die Verhältnisse sind noch erheblich schlechter als bei den bisher besprochenen Fällen des einphasigen Zusatzflusses.

Es empfiehlt sich, gleich den ungünstigsten Fall zu untersuchen, der bei rein induktiver, obwohl symmetrischer Belastung entsteht. Da jene Sekundärphase über die Richtung des Zusatzspannungsvektors entscheidet, der auf der Primärseite keine Wicklung gegenübersteht, wird sich offenbar die Zusatzspannung auf der beschädigten Säule von der Phasenspannung direkt subtrahieren.

Das aufgedrückte Spannungsdreieck *ABC* der

Digitized by Google

Abb. 16 bekommt aus der in V geschalteten Wicklung wohl eine Gegenspannung zu *AB* und zu *CA*, dagegen fehlt die Gegenspannung zu *BC*. Auf der beschädigten Säule, der die Dreieckseite *BC* entspricht, ist das elektrische Gleichgewicht weder nötig noch möglich. Die Zusatzspannung hat voraussetzungsgemäß die Richtung *CB*.

Der aufgedrückten Spannung *AB* hält nun die vom Hauptkraftfluß erzeugte Innenspannung *AD* im Verein mit der Zusatzspannung *DB* das Gleichgewicht. Ebenso halten sich die aufgedrückte Spannung *CA* und die vom Hauptkraftfluß erzeugte Innenspannung *EA* unter Mitwirkung der Zusatzspannung *CE* die Wage.

Wenn aber die Höhe des Hauptkraftflusses in der einen unbeschädigten Säule durch den Spannungsvektor *AD*, in der zweiten unbeschädigten Säule durch den Spannungsvektor *EA* bestimmt ist, muß wegen der Sternschaltung der drei Phasenkraftflüsse in der beschädigten Säule der Hauptkraftfluß durch den Vektor *DE* bestimmt sein.

Der Hauptkraftfluß erzeugt nach all dem die Phasenspannungen *AD*, *DE* und *EA*, und zwar primär und sekundär nach dem gleichen Gesetz. Der Zusatzfluß fügt außerdem auf jeder Säule

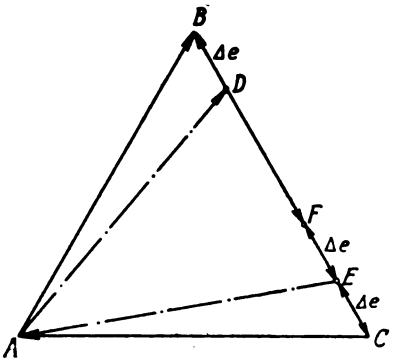


Abb. 16.

primär und sekundär die Zusatzspannung hinzu. Die wirklichen sekundär auftretenden Phasenspannungen werden demnach den Vektoren *AB* und *CA* entsprechen, auf der beschädigten Säule wird die vom Hauptkraftfluß induzierte Phasenspannung *DE* noch um die Zusatzspannung auf *DF* verkleinert.

Das gewiß überraschende Ergebnis der Untersuchung ist somit die Verkleinerung der sekundären Phasenspannung auf der beschädigten Säule bei symmetrischer, rein induktiver Belastung um die dreifache Zusatzspannung. Die Phasenwinkel von 120° bleiben dabei unberührt.

Im elektrotechnischen Institut der Universität Ljubljana wurde der oben beschriebene 9 kVA-Transformator mit einem leerlaufenden Asynchronmotor in V-Schaltung belastet. Das Ergebnis der Messung entsprach durchaus den Erwartungen. Es wurden Sekundärphasenspannungen 131, 131 und 76·4 V gemessen.

Unschwer kommt man auch zu einer allgemein gültigen Lösung des Problems der V-Schaltung. Bei verschiedenen Phasenwinkeln der Belastung bekommt der Vektor der Zusatzspannung verschiedene Richtungen. Beschreibt man um den Eckpunkt des Spannungdreiecks *C* (Abb. 17) einen Kreis mit der dreifachen Zusatzspannung als Halbmesser, so bekommt man die sekundäre Phasenspannung der beschädigten Säule als Vektor, der von *B* ausgeht und auf dem Kreis endet. Die übrigen beiden Phasenspannungen sind in jedem Falle *AB* und *CA*. Man kann natürlich das Spannungsbild der V-Schaltung auch in die Form der

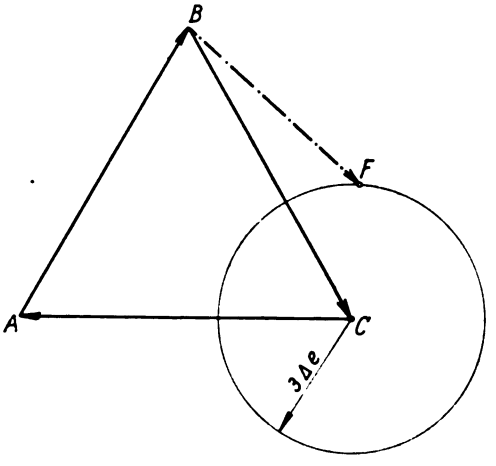


Abb. 17.

Abb. 18 bringen, in der es am besten einen Überblick über das sekundäre Spannungssystem der V-Schaltung gibt.

Es ist kein angenehmes Bild und auch für den Notfall erscheint die V-Schaltung unbrauchbar. Wenn der Betriebsingenieur erwarten muß, daß auf der beschädigten Säule die Spannung um 50 vH fällt oder steigt, wird er sich schwer entschließen, mit der V-Schaltung in den Betrieb zu gehen.

Aber ganz so schrecklich, wie man zunächst glaubt, ist die V-Schaltung doch nicht. Bei reiner

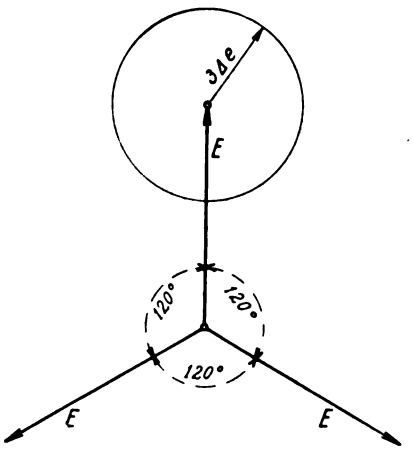


Abb. 18.

Lichtbelastung zum Beispiel muß die Zusatzspannung um 90° der Gesamtphasenspannung nacheilen. Abb. 19 entspricht diesem besonderen Fall. Nützt man den Transformator mit 60 vH seiner normalen Leistung aus und rechnet man mit einer Zusatzspannung von 30 vH, wenn das Zusatzfeld auf jeder Säule vom Vollaststrom erregt wird, so

Digitized by Google

wird man auf der beschädigten Säule mit:

$$0{\cdot}6 \times 30 \times 3 = 54 \text{ vH}$$

als dreifacher Zusatzspannung rechnen müssen. Nach Abb. 19 wird dann die Phasenspannung der beschädigten Säule

$$\sqrt{1 - 0{\cdot}54^2} = 0{\cdot}84$$

der normalen Phasenspannung betragen. Es handelt sich somit um einen Spannungsabfall von 16 vH. Mit wachsendem Phasenwinkel der Belastung ver-

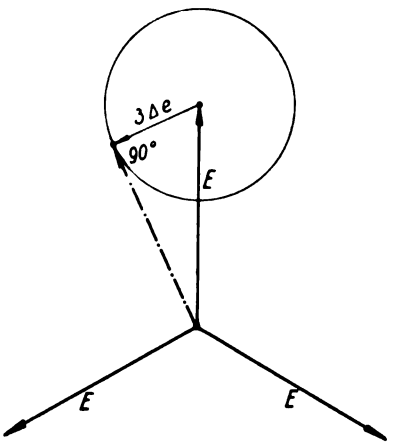


Abb. 19.

schlechtern sich natürlich die Verhältnisse. Allerdings nur in der Phase, die auf der beschädigten Säule sitzt.

Noch ein einphasiger Zusatzfluß ist zu erledigen, nämlich der Zusatzfluß dreifacher Periodenzahl, der von der dritten Oberwelle des Magnetisierungsstromes erzeugt wird. Er ist wegen seiner höheren Periodenzahl eine merkwürdige Erscheinung.

Die Zusatzspannung, die dieser Zusatzfluß erregt, ist selbstverständlich dreifacher Perioden-

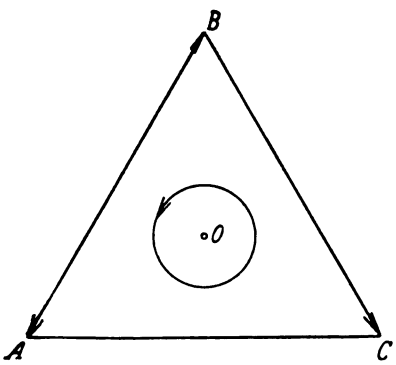


Abb. 20.

zahl. Sie verschiebt nicht nur den Nullpunkt der in Stern geschalteten Primärwicklung, sondern macht ihn schwingen. Mit ihm schwingen die drei Phasenspannungen.

Abb. 20 zeigt, wie sich das eigentümliche Zusatzfeld auswirkt. Da der Nullpunkt dauernd auf dem Nullpunktkreis kreist, gleitet das Ende der drei Phasenspannungsvektoren dauernd auf dem Umfang des Nullpunktkreises. Die Schwingungen müssen sich natürlich auch ins Netz weiterpflanzen, kurz, die ganze Anlage kommt in Unruhe.

Es ist klar, daß es sich um eine sehr unerwünschte Zusatzerscheinung handelt, die leider unvermeidlich ist, solange an der Sternschaltung primär festgehalten wird. Wenn daher diese billige Schaltung gerettet werden soll, muß das Zusatzfeld dreifacher Periodenzahl derart klein gemacht werden, daß es praktisch bedeutungslos wird.

Verfasser hat an Hand einer Magnetisierungskurve üblichen Transformatorenblechs die Größe der dritten Oberwelle des Magnetisierungsstromes untersucht. In Hundertsteln der Grundwelle gemessen zeigt sie Werte nach der Abb. 21 bei verschiedenen Liniendichten des Hauptkraftflusses.

Man darf nun nicht vergessen, daß bei der Beurteilung der Wichtigkeit der Zusatzspannung die dreifache Periodenzahl berücksichtigt werden muß. Die Ordinaten der Abb. 21 müssen demnach dreifach angenommen werden. Soll also der Zusatzfluß dreifacher Periodensahl nicht mehr ausgeben, als der Zusatzfluß der Grundperiodenzahl des Leer-

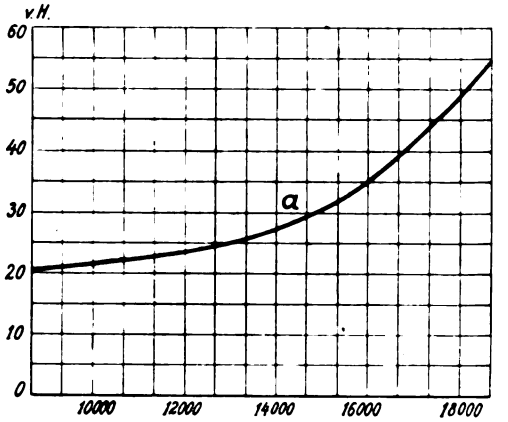


Abb. 21.

laufes, so darf die Liniendichte des Hauptkraftflusses nicht über 15 000 Gauß getrieben werden.

Die Bedingung wird vom modernen Transformatorenbau erfüllt. Nur ganz große Transformatoren erreichen 15 000 Kraftlinien/cm², bei mittleren Leistungen geht man nicht gerne über 13 000, bei kleinen kaum über 10 000. Man wird somit auch dieses Zusatzfeld in den Kauf nehmen.

Aber wenn man sich schon mit den beiden einphasigen Zusatzflüssen des Magnetisierungsstromes wegen ihrer Geringfügigkeit befreundet, weil man sich wegen ihrer Unvermeidlichkeit befreunden muß, hat man wohl zunächst die primäre Sternschaltung gerettet, aber gerettet nur, wenn sonst nichts dazukommt. Sobald nun noch andere einphasige Zusatzflüsse auftreten, entsteht die wichtige Frage, wie man sie unterdrückt.

Es gibt ein außerordentlich wirksames Mittel, daß jedes Zusatzfeld niederzwingt. Legt man um den ganzen Zusatzfluß eine kurzgeschlossene Windung, so zwingt man den Zusatzfluß in dieser Windung eine Spannung zu induzieren, die einen Kurzschlußstrom entstehen läßt. Dieser Strom nun drosselt das Zusatzfeld, das sich nicht wie der Hauptkraftfluß durch Gegenströme helfen kann.

Digitized by Google

Das gedrosselte Zusatzfeld wird einerseits vom ursprünglichen aus der besonderen Belastungsart sich ergebenden Strom, andererseits vom Kurzschlußstrom der Drosselwindung bzw. -wicklung erregt. Es ist nur noch so stark, daß es gerade imstande ist, jene Spannung in der Drosselwicklung zu erregen, die den Kurzschlußstrom über den Ohmschen Widerstand der Drosselwicklung treibt.

Die beiden das gedrosselte Restfeld erregenden Ströme können nicht in Phase sein. Die in der Drosselwicklung entstehende Spannung eilt natürlich dem Restfluß um eine Viertelperiode nach und ist in Phase mit dem Kurzschlußstrom der Drossel-

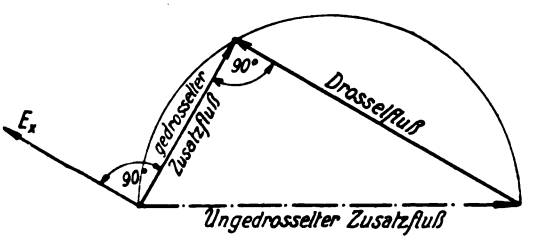


Abb. 22.

wicklung. Die den Restfluß erregende Gesamtdurchflutung und die Durchflutung der Drosselwicklung müssen eine Phasenverschiebung von 90° zeigen (Abb. 22).

Rechnet man mit den Widerständen statt mit den Flüssen, so kann man der Einfachheit wegen zunächst annehmen, daß die Windungszahl der Drosselwicklung mit der Windungszahl der das ungedrosselte Zusatzfeld erregenden Wicklung des Transformators übereinstimmt. Der induktive

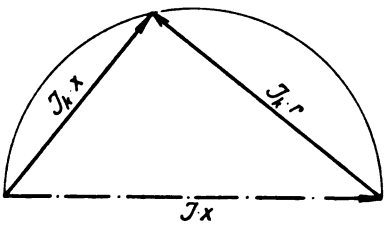


Abb. 23.

Widerstand x beider Wicklungen ist dann gleich, der Strom in der Transformatorwicklung I, in der Drosselwicklung I_k, der Ohmsche Widerstand der Drosselwicklung r. In der Abb. 23 ist dann $I.x$ die Zusatzspannung des ungedrosselten Zusatzflusses, $I_k.r$ die Zusatzspannung des gedrosselten Flusses. $I_k.x$ wäre die Zusatzspannung, die die Drosselwicklung allein hervorbringen würde.

Es ist:

$$I^2.x^2 = I_k^2.x^2 + I_k^2 r^2$$

und:

$$I_k = I\frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}} \quad \ldots\ldots (1).$$

Bei gegebenem Ohmschen Widerstand r der Drosselwicklung ist I_k ein Maß für die Größe des Restfeldes. Scheinbar erfüllt die Drosselwicklung ihre Aufgabe umso besser, je kleiner I_k ist. Auch sieht es so aus, als müßte man I_k schon mit Rücksicht auf die Stromwärme der Drosselwicklung herunterdrücken. Aber ein Blick auf die Abb. 23 lehrt, daß man bestrebt sein muß, I_k möglichst gleich I zu machen. Zu diesem Zwecke muß man den Ohmschen Widerstand r der Drosselwicklung möglichst heruntersetzen. Die ideale Drosselwicklung hat keinen Ohmschen Widerstand.

Die Überlegung ist von großer praktischer Bedeutung. Gerade die großen Ansprüche, die man an die Drosselwicklung stellen muß, drängen zum Entschluß, einfach die Primärwicklung als Drosselwicklung zu verwenden, indem man sie statt in Stern in Dreieck zusammenschaltet. Die Lösung erscheint umso besser, als die Primärwicklung tatsächlich den Zusatzfluß sehr ordentlich umschlingt, während eine Windung nach Abb. 24 zum Teil wirkungslos wäre, weil sie nicht nur die im Säuleneisen verlaufenden Kraftlinienteile, sondern auch ihre Rückschlüsse in der Luft einschließen würde.

Mit der in Dreieck geschalteten Primärwicklung als Drosselwicklung ist die Gleichheit der Windungszahlen, wie sie in der oben durchgeführten Rechnung angenommen wurde, gegeben. Gleichung (1) kann demnach unmittelbar angewendet werden.

Noch mehr. Die Messung der Stärke des Zusatzflusses, wie sie weiter oben angegeben wurde,

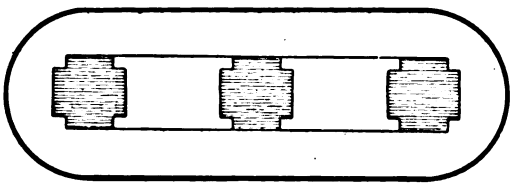


Abb. 24.

kann jederzeit durch die Messung des Phasenwinkels zwischen Strom und Spannung erweitert werden. Der beschriebene Versuchstransformator zeigte einen cos φ von ungefähr 0·27. Es ist aber in Gleichung (1)

$$\frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}} = \sin\varphi.$$

Der Versuchstransformator, in Dreieck geschaltet, würde einen Ausgleichstrom durch das Wicklungsdreieck treiben:

$$I_k = I.\sqrt{1-0{\cdot}27^2} = 0{\cdot}96\,I,$$

der nur noch um 4 vH kleiner wäre, als der das Zusatzfeld erregende Strom, wobei er mit ihm fast in Gegenphase liegt. Das Restfeld würde nur noch etwas mehr als 4 vH des ungedrosselten Zusatzfeldes erreichen.

Bei einphasiger Belastung mit I Ampere ergab sich primär beim Übersetzungsverhältnis 1 : 1 auf der sekundär belasteten Säule ein Belastungsstrom $\frac{2}{3}I$, auf den beiden anderen Säulen gleich große Belastungsströme $-\frac{I}{3}$ (Abb. 5). Schließt man die Primärwicklung in Dreieck, so entsteht ein Ausgleichstrom, der, wie wir gesehen haben, fast

Digitized by Google

ebenso groß ist wie der den Zusatzfluß erregende überschüssige Strom jeder Säule $-\frac{I}{3}$, wobei zu berücksichtigen ist, daß für die beiden Wicklungen verkehrter Windungssinn angenommen wurde. Da der Ausgleichstrom fast in Gegenphase mit dem Strom $-\frac{I}{3}$ ist, wird er die Belastung fast ganz auf die sekundär belastete Säule schieben, denn er vergrößert den einen Primärstrom von

$$\frac{2}{3} I \text{ auf fast } I$$

und verkleinert die beiden anderen von

$$-\frac{I}{3} \text{ auf fast null.}$$

Die Dreieckschaltung ist ein ideales Mittel zur Bekämpfung des Zusatzflusses. Sie wirkt genau so wie bei einphasiger Belastung auch gegen das Zusatzfeld des Magnetisierungsstromes und seiner dritten Oberwelle.

Besonders der Fall des Zusatzflusses dreifacher Periodenzahl ist sehr interessant. Im Wicklungsdreieck entsteht im idealen Falle verschwindenden Ohmschen Widerstandes jene Oberwelle des Magnetisierungsstromes, die der Transformator haben muß, die aber weder die Sternschaltung noch die Dreieckschaltung hereinlassen kann. Die in Dreieck geschaltete Primärwicklung entnimmt dem Netz eigentlich nur noch die reine Grundwelle des Magnetisierungsstromes.

Für die Güte der Dreieckschaltung als Mittel zur Bekämpfung des einphasigen Zusatzflusses wurde der Verhältniswert

$$\frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}}$$

als maßgebend erkannt. Es ist nicht überflüssig nachzusehen, ob und wie dieser Verhältniswert von der Größe des Transformators abhängig ist.

Vergrößert man unter Beibehaltung der Windungszahl und der elektromagnetischen Beanspruchungen alle Abmessungen x-mal, so wird der induktive Widerstand der Wicklung, der vom Zusatzfeld herrührt, x-mal größer, weil der magnetische Widerstand des Zusatzfeldes x-mal kleiner geworden ist. Gleichzeitig wird der Ohmsche Widerstand r x-mal kleiner.

Die Dreieckschaltung ist offenbar umso besser, je größer der Transformator ist. Diese Tatsache ist wichtig, denn der Zusatzfluß wird umso gefährlicher, wie oben festgestellt wurde, je größer die Leistung wird.

Für den Lichtbetrieb erweist sich nach all dem die Dreieckschaltung als eine sehr gute Schaltung. Sie ist überhaupt besser als die Sternschaltung, weil sie die Gebrechen unserer europäischen Konstruktion des Drehstromtransformators, die sich schon im Leerlauf zeigen, beseitigt. In dieser Hinsicht ist sie der Zickzack-Schaltung überlegen.

Die Dreieckschaltung hat noch den weiteren wichtigen Vorteil, daß sie in Notfällen den Weiterbetrieb in V-Schaltung ermöglicht. Es ist richtig, daß die Untersuchung der V-Schaltung kein erfreuliches Betriebsbild gezeigt hat. Aber nichts ist dem Betriebsingenieur so verhaßt, wie Betriebsstillstände ganz besonders im Lichtbetrieb. Er wird die V-Schaltung mit all ihren Schwächen als eine nicht zu verwerfende Notschaltung anerkennen.

Zu diesem Ergebnis kommt man umso sicherer als man sich leicht überzeugen kann, daß das gewaltige Zusatzfeld der V-Schaltung bei symmetrischer sekundärer Belastung eigentlich nur dem

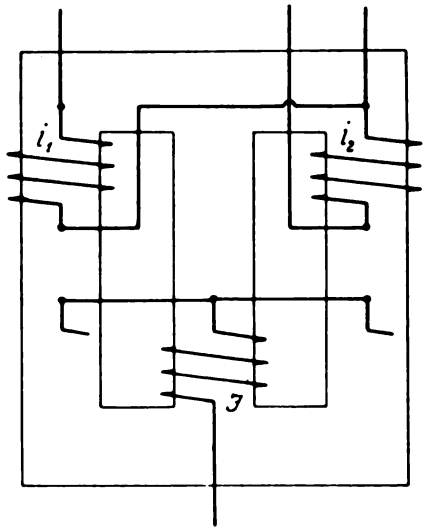


Abb. 25.

sekundären Belastungsstrom der primär beschädigten Säule zuzuschreiben ist. Die Abb. 25, die der einphasigen Belastung der V-Schaltung, und zwar nur in der auf der beschädigten Säule

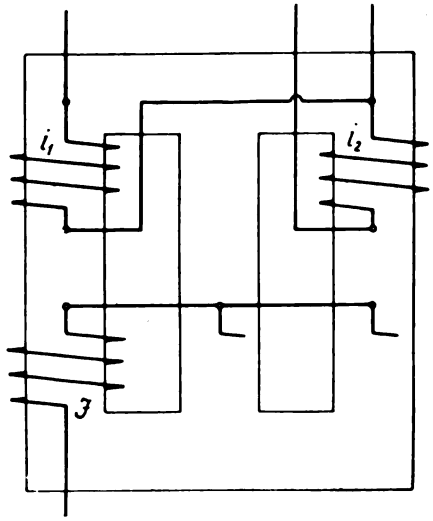


Abb. 26.

sitzenden Phase entspricht, entnimmt man leicht die Gleichungen:

$$I + i_1 = 0,$$
$$I + i_3 = 0,$$
$$i_1 - i_3 = 0$$

des magnetischen Gleichgewichtes in den drei geschlossenen Eisenstromkreisen. Es ist somit

$$i_1 = i_3 = -I$$

Digitized by Google

und es entsteht ein Zusatzfeld von gleicher Größe wie bei symmetrischer Vollast.

Zum Überfluß zeigt Abb. 26, die der einphasigen Belastung einer unbeschädigten Säule entspricht, die Gleichgewichtsbedingungen:

$$\begin{aligned} I - i_1 + i_3 &= 0, \\ I - i_1 &= 0, \\ i_3 &= 0 \end{aligned}$$

aus denen sofort:

$$\begin{aligned} i_1 &= I, \\ i_3 &= 0 \end{aligned}$$

folgt. Diesmal entsteht kein Zusatzfeld.

Klar folgt daraus, daß man durch Ermäßigung der Belastung jener Phase, die auf der beschädigten Säule sitzt, die Nachteile der V-Schaltung beliebig verkleinern kann. Schaltet man diese Phase überhaupt ab, so hat man in den beiden anderen einen tadellosen Betrieb, wobei man sekundär den vollen Nennstrom erreichen darf.

Jetzt ist die V-Schaltung nicht mehr eine minderwertige Notschaltung. Die beschädigte Primärphase ist bald weggeräumt und die Wiederaufnahme des Betriebes bald möglich. Es ist nicht einmal notwendig, die eine Phase ganz abzuschalten. Die wichtigsten Anschlüsse dieser Phase wird man ruhig weiterversorgen können.

Unerfreulich ist immerhin für die V-Schaltung der Motorenbetrieb. Aber die Motoren bleiben nicht stehen. Wenigstens die wichtigsten Antriebe können weiterlaufen. Im Notbetrieb schaut man weder auf Verluste im Transformator noch auf Verluste in den Motoren.

Man könnte eigentlich die Theorie des einphasigen Zusatzflusses mit der Feststellung der Vorteile der Dreieckschaltung abschließen, wenn nicht noch ein sehr wichtiger Umstand zu berücksichtigen wäre, nämlich das Verhalten der Kesselwand des Öltransformators gegenüber dem Zusatzfluß. Die Kesselwand bildet eine kurzgeschlossene Windung entsprechend der Abb. 24. Sie bietet außerdem den Kraftlinien des Zusatzflusses einen bequemen Weg.

Der Zusatzfluß wird zweifellos in die Kesselwand eintreten. Zwar hat das Eisen nur einen kleinen Querschnitt, aber dafür eine mehr als 1000mal größere magnetische Leitfähigkeit. Trotzdem ist das physikalische Bild sehr verwickelt, denn sobald der Zusatzfluß durch die Kesselwand fließt, werden auch Kurzschlußströme in dieser Wand entstehen, die den Zusatzfluß drosseln werden.

Die drosselnde Wirkung der Kurzschlußströme in der Kastenwand kommt einer Verkleinerung der magnetischen Leitfähigkeit der Wand gleich. Je näher andererseits die Kesselwand an die Wicklung heranrückt, umso kleiner wird der dem Zusatzfluß zwischen Wicklung und Kessel zur Verfügung stehende Querschnitt sein. Je größer die Kesselblechstärke, umso stärker die Drosselwirkung umso günstiger allerdings auch der Eisenweg. Je größere Wellen der Kastenmantel hat, umso schwächer wird der Kurzschlußstrom in der Kesselwand sein, aber der Eisenquerschnitt wird den Zusatzfluß stärker anziehen.

Die Erscheinung ist der Rechnung nicht leicht zugänglich. In der 2. Auflage seines Werkes „Die Transformatoren" (Berlin, J. Springer 1925, S. 50ff) hat der Verfasser es unternommen, die zusätzlichen Stromwärmeverluste in der Kastenwand für das einphasige Zusatzfeld der dritten Oberwelle des Magnetisierungsstromes zu berechnen. Für die übrigen einphasigen Zusatzfelder ist die Rechnung auf dieselbe Weise durchführbar. Jedenfalls zeigt sowohl die Rechnung als auch die Erfahrung, daß mit bedeutenden Zusatzverlusten gerechnet werden muß.

Der Zusatzfluß der dritten Oberwelle kann in der Kastenwand die Leerlaufverluste nochmals hervorbringen. Bei einphasiger Vollast entstehen erheblich höhere Verluste. Das Feld ist viel stärker, allerdings ist die Periodenzahl nur ein Drittel. Sehr hohe Verluste müssen bei der V-Schaltung auftreten.

Diese zusätzlichen Verluste, die man leicht nachweisen kann, wenn man den Transformator einmal im Kessel, das andere Mal aus dem Kessel herausgehoben untersucht, sind gewiß wichtig genug, daß man sich mit ihnen beschäftigt. Das Zusatzfeld der dritten Oberwelle des Magnetisierungsstromes kann man unschädlich machen, wenn man die Liniendichte im Eisenkern bescheiden — bei mittleren Leistungen nicht über 13 000 Gauß — wählt. Einseitige Belastungen und ihre Zusatzfelder muß man mit Lichtschaltungen bekämpfen.

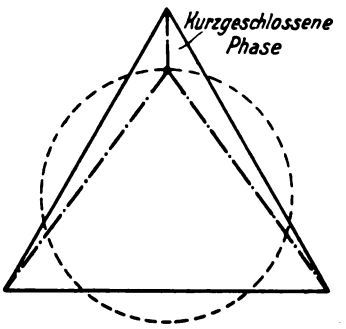


Abb. 27.

Es ergibt sich ein wichtiger Grund mehr, wenn man diese eigentümlichen Zusatzverluste berücksichtigt, dem einphasigen Zusatzfluß des Drehstromtransformators die volle Aufmerksamkeit zuzuwenden. Es ist offenbar eine sehr unangenehme Beigabe unserer dreiphasigen Bauart, die noch viel zu wenig bekannt ist.

Aber nicht immer ist der einphasige Zusatzfluß das Übel, das er nach den Ergebnissen der vorangehenden Untersuchungen zu sein scheint. Es gibt einen Betriebsfall, in dem das sich bildende einphasige Zusatzfeld direkt ein Segen ist, nämlich im einphasigen Kurzschluß, also im Schluß einer Phase zum Nulleiter.

In diesem Falle ist das Ergebnis nach der oben durchgeführten Untersuchung sofort klar. Der entstehende Kurzschlußstrom entspricht einer sehr starken, fast rein induktiven einphasigen Belastung.

Digitized by Google

Er wird den primären Nullpunkt sehr stark verschieben. Abb. 27, die offenbar dieser eigentümlichen, einphasigen Belastung entspricht, zeigt, daß die Spannung der kurzgeschlossenen Phase stark sinkt.

Der Transformator wehrt sich selbst und zwar energisch gegen den einphasigen Kurzschluß. Er entzieht ihm die treibende Spannung. Allerdings muß er, wie Abb. 27 ebenfalls zeigt, die beiden übrigen Phasenspannungen stark erhöhen. Eine merkwürdige Folge des Kurzschlusses!

Die Nullpunktsverschiebung durch den einphasigen Zusatzfluß, das heißt, die Zusatzspannung, ist, wie bekannt, dem einphasigen Belastungsstrom proportional. Andererseits zeigt die Abb. 26, daß der Kurzschlußstrom der Differenz der normalen Phasenspannung und der Zusatzspannung proportional ist. Bezeichnen wir somit die Phasenspannung mit E, die Zusatzspannung mit:

$$\Delta E = k_1 . I_k$$

und den Kurzschlußstrom mit I_k, so ist mit einer zweiten Konstanten k_2:

$$I_k = \frac{E - \Delta E}{k_2} = \frac{E - k_1 I_k}{k_2}$$

oder

$$I_k = \frac{E}{k_1 + k_2}.$$

Gewöhnlich rechnet man nicht mit dem Einfluß des Zusatzflusses und erwartet deshalb den einphasigen Kurzschlußstrom zu

$$\frac{E}{k_2},$$

das heißt

$$\frac{k_2}{k_1 + k_2} \text{ mal}$$

zu groß.

Der Unterschied ist bedeutend, denn wenn schon etwa der zehnfache Vollaststrom als einphasiger Belastungsstrom genügt, um den Nullpunkt um die volle Phasenspannung zu verschieben, während erst der 15- bis 25-fache Vollaststrom die Phasenspannung in der Transformatorwicklung voll aufbraucht, ist:

$$k_1 = 1{\cdot}5 \text{ bis } 2{\cdot}5\, k_2$$

und der wirkliche einphasige Kurzschlußstrom 2·5- bis 3·5-mal kleiner als der erwartete.

Die Sternschaltung primär hat demnach gerade deshalb, weil sie beim einphasigen Kurzschluß den Kurzschlußstrom ganz erheblich herunterdrückt, eine schätzenswerte Eigenschaft, die der Dreieckschaltung in diesem Falle fehlt.

So erweist sich schließlich auch der einphasige Zusatzfluß des dreiphasigen Transformators in einem besonderen, nicht unwichtigen Falle nützlich. Es ist sehr wohl möglich, seine bösen Folgen zu vermeiden und seine nützlichen Eigenschaften zu verwerten. Dazu gehört aber der genaue Einblick in diese bisher zu wenig beachtete Erscheinung. Vielleicht genügen die vorstehenden Untersuchungen für die richtige Behandlung des einphasigen Zusatzflusses und ganz besonders der V-Schaltung, die einen starken Zusatzfluß hervorbringt.

Rundschau.

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Über amerikanische und europäische Wirkungsgradberechnung bei Wasserturbinen berichtet R. Neeser, Direktor der Ateliers des Charmilles, Genf. Ergibt sich nach europäischer Rechnungsweise das effektive Gefälle H_e, so bestimmt Amerika dasselbe nach der Gleichung $H_a = H_e - \frac{v_s^2}{2g}$, wobei v_s die Geschwindigkeit im Saugrohraustrittsquerschnitte ist. Daraus ergeben sich in Europa und Amerika verschiedene Wirkungsgrade

$$\eta_e = \frac{75\, N_{eff}}{\gamma\, Q\, H_e} \text{ und } \eta_a = \frac{75\, N_{eff}}{\gamma\, Q\, H_a}.$$

Da $H_a < H_e$, ist stets $\eta_a > \eta_e$. Mit

$$75\, N_{eff} = \gamma\, Q \left(H_e - \varrho\, H_e - \frac{v_s^2}{2g} \right)$$

ergibt sich

$$\eta_e = 1 - \varrho - \frac{v_s^2}{2g\, H_e}, \quad \eta_a = 1 - \varrho\, \frac{H_e}{H_a}.$$

Diese Werte sind umso verschiedener, je kleiner das Gefälle bezw. je größer die Schnelläufigkeit der Turbinen ist. Diese Differenz wäre durch Normenausschüsse oder durch internationale Ingenieurkongresse aus der Welt zu schaffen. Es wird angeregt, v_s durch die Abflußgeschwindigkeit hinter dem Saugrohrauslaufe zu ersetzen. *β.*

(Engineering, Bd. 72, Nr. 3169, 1926.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Generatorschutz. Von Richard Bauch. Während der Differentialschutz nach Merz und Price bei Transformatoren, insbesondere dann, wenn er durch hochempfindliche wattmetrische Relais ergänzt wird, grundsätzlich alle Fehlerarten erfassen kann, ist dies beim Stromdifferentialschutz der Generatoren nicht der Fall. Bei Windungsschlüssen in der Statorwicklung wird nämlich das Gleichgewicht im Differenzkreis nicht gestört, da der Fehlerstrom nur in der in sich geschlossenen Spulengruppe fließt. Ein äußeres Merkmal dieses Fehlers ist jedoch die Verschiebung des Sternpunktes der Maschinenwicklung gegenüber dem Systemnullpunkt. Verbindet man also den Generatorsternpunkt mit einem künstlich erzeugten Systemnullpunkt, so muß die Nullpunktsleitung bei Windungsschluß im Generator Strom führen. Durch Einschaltung eines Relais in diesen Stromkreis wird Abschaltung der Maschine herbeigeführt. Das Windungsschlußrelais muß als wattmetrisches Relais ausgeführt werden, weil es auf höhere Harmonische die auch im störungsfreien Betrieb in der Sternpunktverbindung vorhanden sein können, nicht ansprechen darf. Die SSW verwenden ein zweipoliges Wattmeterrelais. Jeder Pol erhält in der einen Spule den Nulleiterstrom und in der anderen eine verkettete Spannung zugeführt. Da die Dreieckspannung die dritte Harmonische nicht enthält, wird die geforderte Selektivität erreicht. Der künstliche Nullpunkt wird in der „Stützdrossel nach Bauch“[1]), einer Drehstromdrossel mit sekundärer Meßwicklung und tertiärer, kurzgeschlossener Dreieckswicklung, erzeugt. Eine zweite Fehlerart bei Generatoren ist der Gestellschluß. Auf diese spricht der Merz-Price-Schutz allerdings nur deshalb nicht an, weil seine Empfindlichkeit meist nicht ausreicht. Arbeiten mehrere Generatoren unterspannungsseitig über gemeinsame Schienen parallel, so müssen Erdschlußrichtungsrelais zur selektiven Ab-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 844.

Digitized by Google

schaltung verwendet werden. Ihre Schaltung erfolgt ebenso wie bei Kabel- oder Freileitungsabzweigen. Reicht der Wattreststrom des Netzes zu einem sicheren Ansprechen nicht aus, so empfiehlt sich seine Vergrößerung durch Anordnung einer indirekten oder direkten höherohmschen Nullpunktserdung der Sammelschienen. Als Gestellschlußschutz bei Generatoren, welche mit dem Transformator zu einer Einheit verbunden sind, wird ein Spannungsrelais, das an einen Spannungswandler zwischen Generatorsternpunkt und Erde anzuschließen wäre, empfohlen. (Hiebei ergibt sich aber einerseits die Möglichkeit kapazitiver Spannungsübertragung von der Hochvoltseite, andererseits besteht die Gefahr des Entstehens von Resonanzspannungen an der Spannungswandlerinduktivität bezw. Verbindungskabelkapazität mit einer höheren Harmonischen in den Phasenspannungen als Treibspannung. Durch Erdung des Sternpunktes über einen Ohmschen Widerstand und Verwendung eines empfindlichen Stromrelais können diese ungewünschten Folgen der Erdung über einen Spannungswandler umgangen werden. D. Ref.) Bei allen Störungen in der Maschine soll diese nicht nur rasch abgeschaltet, sondern auch, um Zerstörungen möglichst klein zu halten, entregt werden. Hiefür reicht bei kleinen Maschinen Feldschwächung durch Einschaltung eines Widerstandes in den Nebenschlußkreis der Erregermaschine aus, während bei großen Generatoren vollständige Aberregung, zum Beispiel durch einen Rüdenbergschen Schwingungswiderstand[1]), zu empfehlen ist.

E. Gr.

(Siemens-Zeitschrift, Band 6, Heft 10 und ETZ, Band 47, Heft 34, 1926.)

Elektrische Meßkunde.

Über ein neues Permeameter der Société des Ateliers J. Carpentier berichtet Picou. Während bei dem früheren Modell der Probestab zwischen zwei U-förmige Joche eingespannt war, benützt Picou jetzt die einfache Anordnung eines rechteckigen, magnetischen Kreises, dessen eine Längsseite durch die Probe gebildet wird. Die Streuung an den Einspannstellen wird durch zusätzliche Magnetisierungswicklungen kompensiert. In üblicher Weise wird das Feld H durch die Amperewindungszahl der Magnetisierungswicklung, die Induktion B durch eine Sonderwicklung ballistisch gemessen. Wesentlich ist die Methode, nach der die Gleichmäßigkeit der Magnetisierung geprüft wird. Diese ursprünglich von dem Amerikaner Burrows und nunmehr von Carpentier wieder gefundene Methode besteht darin, daß in gleichen Abständen von der mittleren Prüfspule zwei gleiche, aber entgegengesetzt gewickelte Spulen in Serie geschaltet sind. Legt man diese Spulen an das ballistische Galvanometer unter Zwischenschaltung eines rotierenden Kommutators, so läßt sich durch gleichzeitiges Einregulieren des Stromes für die Kompensierung der Streuung der Ausschlag auf Null bringen. Dann ist aber auch der Fluß in dem mittleren Teil des Probestabes gleichförmig, so daß die Induktion B richtig gemessen werden kann. Picou zeigt weiters die seinem ursprünglichen Apparat anhaftenden Fehler, die durch eine Ungleichförmigkeit des Feldes infolge Streuflusses entstanden. Der neue Apparat gibt niedrigere Werte für die Magnetisierungslinie als der alte Apparat. Daß dies auf Richtigkeit beruht, konnte an Probestäben gezeigt werden, die vom National Physical Laboratory in England geeicht waren. Co.

(Rev. gén. Electricité, Bd. 20, Nr. 10, 1926.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Über die Bedeutung stetiger Betriebsüberwachung für die Wirtschaftlichkeit elektrischer Schiebebühnen und Drehscheibenantriebe. Bei Schiebebühnen und Drehscheiben entfallen in unbelastetem Zustand etwa 50 vH, in belastetem Zustand etwa 80 vH der gesamten Betriebszeit auf das Anlassen. Es wird daher eine richtige Betriebsüberwachung bei derartigen Antrieben ihr Hauptaugenmerk auf den Anlaßvorgang lenken müssen. Das Anlaßdrehmoment setzt sich aus dem Reibungsmomente und dem Beschleunigungsmomente zusammen. Letzteres und damit der Anlaufstrom ist verkehrt proportional der Anlaufzeit. Ist die Anlaufzeit kurz, so werden die Anlaufströme hoch und damit Motor und mechanischer Teil sehr schwer beansprucht. Ist die Anlaufzeit zu groß, so unterliegen die Anlaßapparate starkem Verschleiß. Reichsbahnoberrat Schmelzer untersucht die diesbezüglichen Verhältnisse an einer Lokomotivschiebebühne des Bahnbetriebswerkes Seddin. Die Hauptwerte der Anlage sind folgende:

Eigengewicht	**70 t**
Tragfähigkeit	**350 t**
Motorleistung (45 Min.)	**54·4 PS**
Motordrehzahl	**970 U/min**
Fahrwerk mit umschaltbarem Vorgelege und zwei Übersetzungen	**1:40 und 1:27·4**
Laufrad-Durchmesser	**700 mm**
Laufwiderstand bei unbelasteter Bühne	**400 kg**
„ „ belasteter Bühne	**2750 kg**

Berechnet man für Anlaßzeiten 1 bis 12 sec das Anlaßdrehmoment, so zeigt sich, daß zum Beispiel bei 1 sec Anlaßzeit der Motor im Durchschnitt 6·85 fach überlastet ist, beim Einschalten sogar 13 fach. Bei 12 sec Anlaßzeit beträgt die Überlastung im Mittel das 1·4 fache der Normalbelastung, beim Schalten das 1·9 fache. Vorausgesetzt ist hierbei, daß innerhalb der Anlaßperiode das ermittelte mittlere Anlaßdrehmoment nicht überschritten wird, das heißt die Aufteilung der gesamten Schaltzeit auf die einzelnen Anlaßstufen dementsprechend erfolgt. Die auf die Anlasserstufen entfallenden Zeiten lassen sich in einfacher Weise zeichnerisch ermitteln. Man trägt die Drehmomente in Abhängigkeit von der Motordrehzahl auf. Nach der Gleichung $M = 716 \frac{N}{n}$ sind die Drehmomente verkehrt proportional mit der Drehzahl. Die Momentenlinie ist demnach eine Gerade, welche bei der Leerlauftourenzahl des Motors, das heißt Drehmoment Null, die Abszissenachse schneidet. Der Schnittpunkt mit der Ordinatenachse, das heißt für Tourenzahl Null, ist durch das Anlaufdrehmoment gegeben. Bringt man die Momentenlinie zum Schnitt mit der Horizontalen, welche dem Normalmoment entspricht, so erhält man durch Herabloten dieses Punktes auf die Abszissenachse die Tourenzahl, bei deren Erreichung das Weiterschalten auf die nächste Anlasserstufe erfolgen darf. Es tritt eine sprunghafte Vergrößerung des Drehmomentes auf, bei praktisch gleicher Tourenzahl, und zwar läßt man diesen Momentenzuwachs bis zum zulässigen Maximaldrehmoment ansteigen, das ebenfalls durch eine Horizontale gegeben ist. Der Ausgangspunkt für die Momentengerade der zweiten Anlasserstufe liegt demnach auf der Horizontalen des Maximaldrehmomentes und dem Lote, das durch den vorher ermittelten Schnittpunkt zwischen erster Momentenlinie und Normalmoment-Horizontalen gezogen wurde. Der Endpunkt der neuen Momentengeraden liegt wieder im Leerlaufpunkt des Motors. Analog geht die Ermittlung für die einzelnen Anlasserstufen weiter. Man erhält eine Sägezahnkurve, welche mit dem Anlaufdrehmoment beginnt und zwischen zwei Horizontalen, dem Normal- und dem Maximaldrehmomente liegt. Gibt man der Abszissenachse eine Teilung derart, daß die Entfernung o bis Leerlaufdrehzahl der vollen Anlaufzeit entspricht, so geben die Entfernungen der Vertikalen der Sägezahnkurven direkt die Zeiten an, welche für das Schalten der einzelnen Stufen einzuhalten sind, wenn man weder das gewählte Maximalmoment überschreiten, noch nach Erreichung des Normalmomentes unnötig lang die Anlasserstufe festhalten will. In dem gewählten Beispiel betragen bei einer gesamten Anlaßzeit von 12 sec und zehn Anlasserstufen die einzelnen derart ermittelten Schaltzeiten: 2·4 — 4·6 — — 2·4 — 1·23 — 0·65 — 0·34 — 0·19 — 0·09 — 0·06 — 0·04 Sekunden.

Zur dauernden Überwachung, daß die Schaltzeiten auch eingehalten werden, wurde auf der beschriebenen Anlage ein Überstrommelder eingebaut. Durch

[1]) E. u. M. 1925, Seite 736.

Digitized by Google

eine Spule, die im Motorstromkreise liegt, wird eine Zeigervorrichtung derart beeinflußt, daß hinter einem Schauglas ein weißes Feld erscheint, solange das Normalmoment erhalten ist, hingegen ein rotes Feld, das solange sichtbar bleibt, als das Normalmoment überschritten ist. Beim Schalten auf eine neue Anlasserstufe wird daher das rote Feld erscheinen. Ein Weiterschalten darf erst erfolgen, bis das weiße Feld sichtbar wird. Ein außerdem angebrachter Höchststromauslöser wird knapp eingestellt (etwa 5 vH über dem Maximaldrehmoment) und versiegelt, so daß ein Nichteinhalten der Bedienungsvorschrift jederzeit nachgewiesen werden kann. Die Einrichtung soll sich auf der beschriebenen Anlage gut bewährt haben. Der Überstrommelder ist außerdem geeignet, Fehler der elektrischen oder mechanischen Einrichtungen, durch welche eine dauernde oder zeitweise Motorüberlastung auftritt, sofort anzuzeigen und damit schwerere Schäden zu verhindern. Ell.

(Glasers Annalen, Bd. 99, Heft 2, Juli 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Stromrückgewinnung bei der Chemnitzer Straßenbahn. W. Bethge berichtet über Messungen, welche mit der Schaltung von W. Welsch für Stromrückgewinnung[1]) gemacht wurden. Die Versuche wurden auf vier verschiedenen Strecken von durchschnittlich rund 4·1 km Länge und 380 m mittlerer Haltestellenentfernung und großen, zahlenmäßig leider nicht angegebenen Neigungen mit leeren Triebwagen von 14·1 t und besetzten Zügen von 27·5 t ausgeführt. Es ergaben sich Stromrückgewinnungen von der Größenordnung 15·6 vH für den leeren Triebwagen und 21·6 vH für den Zug, bezogen auf die für die Zugsbewegung aus dem Netz entnommene Energie. Ein Vergleich der Vorausberechnung ergab einen um 25 bis 30 vH größeren Rückgewinn als der Rechnung entsprach, die sich zunächst nur auf die Gefälls- und Haltebremsung bezogen hatte. Dies fand seine Erklärung darin, daß die Fahrgeschwindigkeit während der Fahrt wegen verschiedener Verkehrshindernisse, Krümmungen und dergl. mehr öfters vermindert werden mußte, was sich natürlich der Vorausberechnung entzieht. Die Anteile am Rückgewinn, die auf Gefällsbremsung, Haltebremsung und zufällige Geschwindigkeitsverminderung entfallen, sind im Durchschnitt etwa 26, 44 und 30 vH gewesen. Wl.

(Verkehrstechnik Heft 31, 1926).

Vierachsiger Omnibus mit elektrischem Antrieb. In Albany, New-York, steht ein vierachsiger Omnibus in Erprobung, der von der Versare Corporation erbaut und von Westinghouse elektrisch ausgerüstet wurde. Der Wagen ist 11·6 m lang, hat 8·85 m Radstand, 1·7 m Spurweite, und kann dank seiner besonderen Lenkeinrichtung auf einem Bogen von 6·6 m Halbmesser wenden. Die beiden Drehgestelle von 1·37 m Achsabstand sind wie ein normales Autochassis gebaut, das heißt jeweils die beiden Vorderräder sind lenkbar und können auf einen bestimmten Bogen eingestellt werden. Die beiden Vorderräder sind nur in der geraden Fahrt parallel. Das Leergewicht ist 8·6 t. Der Wagenkasten hat ein blechverkleidetes Gerippe aus Holzpfosten, einen Einstieg beim Führerstand und eine Doppeltür vor dem rückwärtigen Drehgestell. Er faßt 44 Sitz- und 52 Stehplätze. Die große Achszahl hat den Vorteil bei hohem Gewicht noch mit Einfachrädern auszukommen und den Wagen gegen Stöße unempfindlichlicher zu machen. Vorne unter einer Motorhaube ist ein Sechszylinder-Benzinmotor von 110 PS bei 1200 U/min untergebracht, der mittels nachgiebiger Kupplung einen 40 kW, 175 V Nebenschlußgenerator offener Bauart antreibt. Die beiden rückwärtigen Achsen beider Drehgestelle werden von einem 28 PS Reihenschlußmotor über ein Getriebe 10·5 : 1 angetrieben. Der Triebraddurchmesser beträgt 760 mm. Der Motor liegt in der Längsachse des Wagens auf zwei Längsträgern, welche mittels Querträgern am Hauptrahmen befestigt sind. Zwischen Motor- und Triebachse ist ein Universalgelenk eingebaut, das die Radstöße von den Motoren fernhält. Der Fahrschalter schaltet die Motoren reihenparallel für die Vorwärtsfahrt und parallel für den Rücklauf, die bei normaler Fahrt benutzte Parallelschaltung ist der Aus-Stellung benachbart. Hiebei kann eine Geschwindigkeit von 48 km/h erreicht werden, doch wird gewöhnlich mit nur 40 km/h gefahren. Die elektrische Kurzschlußbremsung kann auch bei einer Fahrtstellung des Fahrschalters mittels Fußhebel eingestellt werden und dient lediglich als Gefällsbremse. Als Haltebremse wirkt eine Westinghouse-Druckluftbremse, die auf 4, 6 oder allen 8 Rädern angreift. Die Druckluft wird durch den Motor erzeugt. Außerdem ist auch eine Handbremse vorhanden. Die normale Geschwindigkeitsregelung erfolgt durch Regelung der Gaszufuhr, nur auf starken Steigungen oder bei besonderer Belastung wird eine Regelung der Generatorerregung zu Hilfe genommen. Die Beleuchtung des Wagens ist elektrisch. Benzin- und Druckluftbehälter, ersterer mit 150 l Inhalt, hängen in der Mitte unter dem Wagenkasten. Wl.

(ETZ, Bd. 47, Heft 42, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 492.

Elektrische Apparate.

Vakuummeßvorrichtung für Quecksilberdampf-Großgleichrichter. Von A. Gaudenzi. Das von BBC gebaute Hitzdrahtvakuummeter (Ö. P. Nr. 101821) ermöglicht eine dauernde Messung und kann natürlich auch sonst zur Messung hoher Luftleeren (0·1 bis 0·001 mm Hg) benutzt werden. Es beruht auf der Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit der Gase vom Druck und besteht aus zwei im Vakuum liegenden Platinspiralen innerhalb eines H-förmigen Glaskörpers, der in ein Preßstück eingekittet ist (Abb. 1) Die beiden Spiralen $A-D$ und $B-C$ bilden zwei Zweige einer Wheatstoneschen Brücke, deren beide andere Zweige (Platinwiderstände) $A-B$ und $C-D$ außerhalb des Vakuums liegen und von Luft umspült werden. Bei Atmosphärendruck haben alle vier Zweige gleichen Ohmschen Widerstand, die Spannungsdifferenz zwischen A und C ist Null. Schwankungen der Raumtemperatur sind mit Rücksicht auf die Schaltung bei gleichmäßiger Erwärmung aller Teile ohne Einfluß. Mit abnehmendem Druck im Vakuummeter verringert sich die Wärmeleitfähigkeit des eingeschlossenen Gases und es steigt

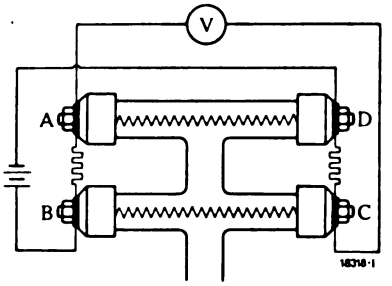


Abb. 1. — Aufbau und Schaltung eines Hitzdrahtvakuummeters Bauart Brown Boveri.

bei unveränderter Heizenergie der Widerstand der Zweige $A-D$ und $B-C$ und damit auch die Spannung $A-C$, die ein Maß für den zu messenden Druck bildet. Das Vakuummeter kann sowohl an Gleichstrom als auch an Wechselstrom angeschlossen werden. Bei Gleichstrom ist Aufladen der Batterie erforderlich, auch muß der Heizstrom von Zeit zu Zeit nachreguliert werden. Bei Anschluß an Wechselstrom entfallen diese Arbeiten. Als Anzeigegerät dient dann ein ferrodynamisches Galvanometer mit mechanischer Richtkraft, das einem Gleichstrom-Drehspulgerät nachgebildet ist, mit dem Unterschiede, daß an Stelle des permanenten Magneten ein Elektromagnet tritt. Wesentlich ist bei Wechselstrom, daß der Speisestrom und Heizstrom für das Vakuummeter dauernd unverändert bleiben. Dies wird durch Einschaltung eines Eisenwiderstandes in den Stromkreis des Gerätes erreicht, der bei Spannungsschwankungen im Netz auf gleichbleibenden Strom regelt und damit einen Regelwiderstand erspart und auch das Nachregeln überflüssig macht. J.

(BBC-Nachrichten, Jahrg. 13, 1926, Heft 9.)

Digitized by Google

Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Elektrowärme in Haushalt und Industrie. Dipl. Ing. H. Beskert[1]) ermittelt den „Konkurrenzpreis" der elektrischen Arbeit, das ist jenen Preis, bei welchem die elektrisch gewonnene Kalorie gleich teuer zu stehen kommt, wie die mit einem anderen Brennstoff erzeugte, zu

$$x = 860 \frac{P}{H} \cdot \frac{\eta_{el}}{\eta_b},$$

worin P den Preis des Konkurrenzbrennstoffes je Einheit, H seinen Heizwert bezogen auf die gleiche Einheit und η die Wirkungsgrade der beiden Heizeinrichtungen bedeuten. Für gewöhnliche Raumheizung mit Steinkohle errechnet sich zum Beispiel x zu 4·8 Pfg./kWh, wenn $P = 5$ Pfg./kg, $H = 6000$ WE/kg, $\eta_{el} = 100$ vH und $\eta_b = 15$ vH ist. Läßt sich auch ein so niedriger Preis nicht immer erzielen, so kann dennoch unter Hinweis auf die wesentlichen betrieblichen Vorteile mit Erfolg für die Elektrizität als Wärmequelle geworben werden. Dies gilt in gleicher Weise für die industrielle Verwertung, wie auch für die Wärmeerzeugung im Haushalt.

Mit den diesem Zweck dienenden Wärmegeräten hat sich Dr. J. Wolf in einem auf der Wiesbadener VDE-Tagung gehaltenen Vortrag[2]) beschäftigt. Bei allen Wärmegeräten ist die Frage der Heizkörper von größter Bedeutung, bei vielen auch die der Temperaturregelung. Als Widerstandsmaterial für die Heizkörper eignet sich von den Metallen am besten Chromnickel mit oder ohne Zusatz von Eisen, das noch bei 1000 bis 1150° C vom Luftsauerstoff nicht angegriffen wird, während von den keramischen Materialien sich das Silit am besten bewährt. Es verträgt Temperaturen bis zu 1300° C und läßt sich auch plötzlich abschrecken, ohne zu zerspringen. Allerdings neigt es dazu, sich in der Hitze zu verwerfen, und muß deshalb federnd befestigt werden. Die zweite Aufgabe, die Temperaturregelung, wird durch eine Bimetallfeder gelöst, die sich bei einer bestimmten Temperatur plötzlich verbiegt und dadurch einen oder mehrere Kontakte rasch öffnet. Auf diese Weise können bei 250 V bis zu 700 W direkt geschaltet werden. Fast alle Wärmegeräte haben im Vergleich zu den im Haushalt verwendeten Glühlampen einen wesentlich größeren Leistungsverbrauch. Die bei stärkerer Verbreitung dieser Geräte daraus entstehenden Schwierigkeiten (Unzulänglichkeit der bestehenden Leitungen, bedeutende Erhöhung der Belastungsspitze) lassen sich in sehr wirtschaftlicher Weise durch die Verwendung von Speichern umgehen. Ihr niedriger Anschlußwert findet mit den bestehenden Leitungen das Auslangen, der Umstand, daß sie zu beliebigen Zeiten eingeschaltet sein können, ermöglicht den Elektrizitätswerken die Einführung von Sperrzeiten und damit einen Belastungsausgleich. Heißwasserspeicher[3]) können auch für die Speisenbereitung herangezogen werden, wie aus den Untersuchungen von Dr. Robert Haas und Georg Kamuf[4]) hervorgeht, die auch nachgewiesen haben, daß Kesselsteinablagerungen kein ernstes Hindernis für die Verwendbarkeit dieser Apparate bilden. Speicheröfen und Speicherherde verwirklichen dasselbe in anderer Anwendung. Als Speichermasse dient gewöhnlich Sand, Speckstein oder auch Eisen. Die industrielle Verwertung der Elektrowärme und ihre wirtschaftliche Bedeutung behandelt Dr. Bruno Thierbach in einem jüngst erschienenen Buche[1]).

Bemerkenswert sind Angaben aus Amerika über besondere Heizverfahren, bei welchen die Vorteile der elektrischen Wärmeerzeugung gegenüber der Kohlenfeuerung besonders hervorstechen[2]). So erfolgt die Erhitzung von Preßluft unter 5 at Überdruck auf 400° C in einem elektrisch beheizten Kessel. Die Fabrik erzeugt Gegenstände aus einer Papiermasse, die erst bei Erhitzung unter Druck die nötige Festigkeit erhalten. Bei der früheren Gasheizung gab es alle zehn Tage zweitägige Reparaturen, die 50 bis 60 Doll. kosteten und jetzt nahezu verschwunden sind. Die Beheizungskosten sind von 220 auf 50 Doll. im Monat gefallen. Ein Gebiet, auf welchem sich die elektrische Heizung besonders gut eingeführt hat, sind die Glühöfen[3]). Bei den meisten Fertigungsvorgängen wird vom Glühofen eine mit möglichst großer Genauigkeit eingehaltene, im Ofenraum möglichst gleichmäßige Temperatur verlangt, eine Forderung, die die elektrische Heizung in nahezu vollkommener Weise zu erfüllen befähigt ist. In dem erwähnten Aufsatz sind einige Beispiele hiefür angeführt, so das Ausglühen nahtlos gezogener Messingrohre oder von Stahlgußwerkstücken. Auf diesem Gebiet ist die Beschreibung L. E. Everetts der von der Nugent Steel Castings Company verwendeten Glühofenanlage hervorzuheben[4]). Bemerkenswert ist daran, daß der Boden der Glühöfen als fahrbarer Karren ausgebildet ist, der ebenfalls Heizkörper enthält, die ihren Strom über seitlich angeordnete Stromschienen erhalten. Das Einbringen des Glühgutes geschieht da ganz einfach durch Einfahren des Wagens, welcher den im Ofen befindlichen Wagen gleichzeitig auf der anderen Seite hinausstößt. A. F.

Baustoffe.

Die Verwendung von Regeneratgummi für die Gummihüllen isolierter Leitungen. Von Dr. Apt, Berlin. Die vom VDE herausgegebenen Vorschriften über die Prüfung von Kautschuk, die sich hauptsächlich auf die Zusammensetzung des Stoffes beziehen, sollen eine möglichst gleichmäßige Zusammensetzung und Güte sichern und hiedurch für die Lebensdauer der Gummihülle eine Gewähr bieten. Dieses Prüfverfahren, laufend auf die Erzeugung angewendet, bietet gegenwärtig die einzige Gewähr für ein zuverlässiges Erzeugnis. Das vielfach angepriesene Kautschukregenerat ist kein dem Rohgummi gleichwertiger Stoff, wie etwa Altkupfer dem Neukupfer, da die durch den Vulkanisierungsvorgang entstandenen Zustandsänderungen nicht mehr rückgängig gemacht werden können. Da es nun sehr schwierig ist, Regenerate irgendwie nach der Güte einzuteilen, so kann man das Auftreten minderwertiger Erzeugnisse kaum verhindern. Eine chemische Kontrolle, wie die oben erwähnte, ist hiebei nicht möglich, und da es bisher kein elektrisches oder mechanisches Prüfverfahren gibt, lassen sich keine zuverlässigen Anhaltspunkte für die Güte des Regeneratgummi geben. Bei den in Deutschland jährlich verbrauchten 1500 t Rohgummi kämen ungefähr 500 t als Ersatz durch Regeneratgummi in Betracht. Die hiedurch erzielte Ersparnis würde, wenn man die Kosten des umständlichen Regenerierverfahrens berücksichtigt, sich auf rund 1·8 Mill. Mk stellen. Bedenkt man aber, daß jährlich für 4 Mill. Mk Kaviar, für 2·8 Mill. Mk französischer Champagner eingeführt wird, die ans Ausland zu bezahlen sind, so erscheint die Ersparnis, die aus dem Regeneratgummi zu erzielen ist, klein und würde dessen Zulassung angesichts der erwähnten Summen für reine Luxuswaren gegenüber den großen Werten, die der Sicherheit der gummiisolierten Leitungen anvertraut sind, geradezu leichtfertig erscheinen. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 415, 1926.)

---

[1]) Bergmann-Mitteilungen 1926, Heft 2. Der Aufsatz enthält auch eine Fluchtlinientafel zur raschen Ermittlung des „Konkurrenzpreises". — Vgl. a. I. Mayrhofer, „Das Elektrizitätswerk", 1926, Heft 6, Seite 52.

[2]) Siehe ETZ, Bd. 47, Heft 25, 1926.

[3]) Vgl. a. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, Seite 95.

[4]) Siehe ETZ, Bd. 47, Heft 25, 1926.

[1]) Elektrowärmewirtschaft in der Industrie. Von Dr. B. Thierbach. 5. Bd. der „Elektrizität in industriellen Betrieben". 154 Seiten, 17 × 24 cm, mit 152 Abb. Verlag von S. Hirzel in Leipzig, 1926. Preis geh. Mk. 12·—, geb. Mk. 15·—.

[2]) Electrical World, Bd. 87, Heft 4, 1926; vgl. a. E. u. M. 1926, TWN, Seite 239.

[3]) Vgl. a. E. u. M. 1926, TWN, Seite 33, 148.

[4]) Electrical World, Bd. 87, Heft 23, 1926.

Digitized by Google

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Zur Definition der magnetischen Feldgrößen. J. Wallot. Es ist eine eigentümliche Erscheinung, daß die theoretisch und praktisch so wichtigen elektromagnetischen Grundbegriffe ihrer Definition gewisse Schwierigkeiten bereiten. Häufig wird die Kraftwirkung auf elektrisch geladene Körper bezw. permanente Magnete gemäß dem Coulomb'schen Gesetz zur ersten Begriffsbestimmung herangezogen. An Hand der vollständigen Theorie erweisen sich die Vorgänge hiebei jedoch als so verwickelt, daß erst nachträglich durch eine eigene Betrachtung die Möglichkeit und Berechtigung dieses Verfahrens bestätigt werden müssen und diese Definitionsmethode für Grundbegriffe wenig geeignet erscheint. Andere Definitionsverfahren, die offenbar aus diesem Grunde verwendet werden, sind von Mängeln gleichfalls nicht frei. Aus diesen Gründen gibt es heute auch noch kein allgemein anerkanntes, grundlegendes Begriffssystem der elektromagnetischen Größen und dem Versuche ein solches zu schaffen, stellen sich nicht geringe Schwierigkeiten entgegen. So bemerkt J. Wallot in Ausführungen, die einem dem Ausschuß für Einheiten und Formelzeichen (AEF) vorgelegten Entwurf entstammen, bezüglich der Definition der magnetischen Feldgrößen, daß es wegen der starken Meinungsverschiedenheiten hier nicht möglich ist, so wie auf anderen Gebieten, einfach die herrschenden Gebräuche festzustellen, sondern daß zur Festsetzung einheitlicher Bezeichnungen für die Einheiten der magnetischen Größen zunächst in das Durcheinander der Begriffsbestimmungen Ordnung gebracht werden müsse. Er schlägt vor, die erwähnte, an das Coulombsche Gesetz anknüpfende und wegen ihrer weiten didaktischen Verwertung als „schulmäßig" bezeichnete Definition, im Hinblick darauf, daß der permanente Magnet eines der kompliziertesten Gebilde der Physik ist, aufzugeben und den Kraftangriff des Magnetfeldes auf einen stromführenden Leiter oder die durch die Bewegung des Leiters im Magnetfelde in Bewegung gesetzte Elektrizitätsmenge zur Grunddefinition heranzuziehen; definiert wird hierdurch die „magnetische Induktion". Bei der Verwendung eines Prüfrechteckes, in welcher Form der Leiter am zweckmäßigsten verwendet wird, zeigt sich jedoch die Schwierigkeit, daß wohl die Feldlinie der magnetischen Induktion eindeutig bestimmt wird, daß aber eine Richtungsbestimmung ohne Willkür nicht möglich ist. Es wird hieraus der Schluß gezogen, daß die Feldgröße „Induktion" weder als Vektor, noch als Skalar, sondern nur als Drehgröße definiert werden kann. Im weiteren Ausbau des Begriffssystems wird nun die Frage aufgeworfen, ob neben der magnetischen Induktion noch eine zweite Feldgröße definiert werden soll. Obwohl, gemäß den Ausführungen, die meisten Physiker und Elektrotechniker nur eine Feldgröße benutzen, der sie nur verschiedene Namen geben, besteht doch offenbar ein Bedürfnis nach einer zweiten. Für eine solche, und zwar für unsere magnetische Feldstärke $\mathfrak{H}$, liegen nun zwei verschiedene Definitionen, die von Maxwell und die von Abraham vor. Die erstere hat den Nachteil, an die schulmäßige Definition anzuknüpfen. Denkt man in einem Stoff zwei zylindrische Höhlungen, die eine fadenförmig und sehr dünn relativ zu ihrer Länge, die andere scheibenförmig und sehr kurz relativ zu ihrem Durchmesser und beide mit ihren Achsen parallel zum Magnetfeld liegend, so gibt die Kraft auf den positiven magnetischen Einheitspol in der Mitte der fadenförmigen Höhlung die magnetische Feldstärke $\mathfrak{H}$, in der Scheibenmitte die magnetische Induktion $\mathfrak{B}$ an. Die Definition nach Abraham ist eine rein rechnungsgemäße; sie besteht in der Auffassung der ersten Maxwellschen Gleichung als Definitionsgleichung für $\mathfrak{H}$. Nach weiteren eingehenderen Betrachtungen über den Drehgrößencharakter der magnetischen Feldgrößen wird schließlich noch auf die Möglichkeit hingewiesen, auf Grund der Äquivalenz von Stromschleife und magnetischer Schale das Coulombsche Gesetz wieder einzuführen.

Wenn nun der Berichter zu diesen Ausführungen Stellung nimmt, so geschieht es nicht im Sinne einer Kritik, sondern aus der Erwägung, daß zur befriedigenden Lösung der Definitionsfrage Erörterungen nach möglichst vielen Seiten nur zweckmäßig sein können. Die Ablehnung der schulgemäßen Definition der Feldstärke $\mathfrak{H}$ und die Einführung der Definition der magnetischen Induktion $\mathfrak{B}$ mittels des Prüfrechteckes bedeutet gewiß eine Verbesserung. Es spricht für die meßtechnische Verwendbarkeit der letztgenannten Methode, daß die Messung der Inklination des magnetischen Erdfeldes mit einer der Messung der Deklination ebenbürtigen Genauigkeit erst und nur vermittels der rotierenden Leiterschleife gelungen ist. Eine Schwierigkeit, die auch dieser Methode anhaftet, ist jedoch die Veränderung des ursprünglichen magnetischen Induktionsfeldes durch den Prüfstrom bei Vorhandensein magnetisierbarer Stoffe oder, allgemein gesprochen, bei räumlich variabler magnetischer Permeabilität. Da diese auszuschließen natürlich nicht angängig ist, beibt nichts übrig, als den Strom im Prüfrechteck, bilde nun der Kraftangriff oder die in Bewegung gesetzte Elektrizitätsmenge die Meßgröße, als verschwindend schwach anzunehmen, analog der Ladung des Probekörpers im elektrostatischen Felde bei Ermittlung der elektrischen Feldstärke $\mathfrak{E}$. Ob dieser Nachteil überhaupt umgehbar ist, bleibe dahingestellt. Nach der Definition von $\mathfrak{B}$ ist es möglich, sogleich die magnetische Permeabilität μ zu definieren. Man mißt hierzu die magnetische Induktion in den beiden oben erwähnten Maxwellschen Hohlräumen; das Verhältnis der Induktion im scheibenförmigen zu der im fadenförmigen Raum ergibt bereits die magnetische Permeabilität des Stoffes, in dem sich die Hohlräume befinden. Die Frage, ob dann noch die magnetische Feldstärke eingeführt werden soll, läuft dann lediglich darauf hinaus, ob der Ausdruck $\mathfrak{B}\,\mu$ einen eigenen Namen erhalten soll. Wird man dies schon aus Gründen der sprachlichen Elastizität nicht ablehnen, so tritt noch fürsprechend hinzu, daß die Feldstärke $\mathfrak{H}$ infolge ihrer Verknüpfung mit dem elektrischen Strom eine praktische Bedeutung besitzt, die der von $\mathfrak{B}$ wohl nicht nachsteht. Der Vorwurf, daß sie lediglich eine Rechnungsgröße darstellt, kann schon deshalb nicht sehr schwer wiegen, da es viele wichtige Begriffe in der Physik gibt, die ebensowenig eine unmittelbare Messung gestatten, zum Beispiel die Masse, und die doch gewiß keine bloßen Rechnungsgrößen sind. Die Gleichung $\mathfrak{B}/\mu = \mathfrak{H}$ ist entsprechend als Definitionsgleichung für $\mathfrak{H}$ aufzufassen. Das hier angedeutete Begriffssystem hätte den Vorzug, daß die Maxwellschen Gleichungen ihrer Auffassung nach Verknüpfungsgleichungen oder Naturgesetze bleiben, was sie gemäß dem allgemeinen Empfinden doch auch sind, und nicht zu Definitionsgleichungen erniedrigt werden.

Ein Wort sei noch über die Unterscheidung der Feldgrößen in Vektoren und Drehgrößen oder in anderer Ausdrucksweise in polare und axiale Vektoren angefügt. Wünscht man den Charakter einer Größe zu erkennen, so darf man nicht von allereinfachsten Experimenten ausgehen, sondern nur vom Verhalten der Größe im Extremen. Die magnetische Permeabilität erweist sich in Kristallen als Dyade, die magnetischen Vektoren sind in der Relativitätstheorie wahrscheinlich axial. Die Bedeutung dieser Erkenntnisse soll gewiß nicht angetastet werden, aber was sollen diese in der Elektrotechnik? Es wird Niemandem einfallen, μ allgemein als Dyade anzusehen, die sich nur bei den technischen Anwendungen wie ein Skalar behandeln läßt. Analog gehört auch die Auffassung der magnetischen Vektoren als Drehgrößen nicht hierher, da sie weder theoretisch nötig, noch sachlich oder didaktisch nützlich ist. Überblickt man die ganzen mit der Definition der elektromagnetischen Größen verknüpften Fragen und Schwierigkeiten, so kommt man wohl zum Schluß, daß es ein allen theoretischen und experimentellen Ansprüchen genügendes, geschlossenes Begriffssystem nicht gibt. Auch hier wird, wie so oft in der Technik, ein Kompromiß die Lösung bilden müssen. Kneissler-Maixdorf.

(ETZ. 47. Jahrg., Nr. 35, 1926.)

Digitized by Google

Literaturberichte.

1942 **Technische Hydrodynamik,** von Dr. F. Prášil, Professor an der eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich. Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. 303 Seiten, 15 × 23 cm, mit 109 Abbildungen im Text. Berlin 1926. Verlag von J. Springer. Preis geb. Mk. 24·—.

Das Buch, welches gegenüber der Erstauflage teilweise sehr durchgreifende Veränderungen erfahren hat, ist nicht als eigentliches Lehrbuch, sondern als Sammelwerk der Studien des Verfassers über ausgewählte Kapitel der Hydrodynamik zu betrachten.

Es bringt in der Einführung die physikalischen Eigenschaften des Wassers, die darauf aufgebauten Grundgleichungen der Hydrodynamik für ideale Flüssigkeiten, wie auch für Flüssigkeiten mit innerer Reibung und Turbulenz. In der Hydrostatik wird der Fall relativer Ruhe in offenen und geschlossenen Gefäßen behandelt. Der größte Raum ist der Hydrodynamik gewidmet, wobei die stationäre Strömung durch, um und in feststehenden und bewegten Räumen untersucht wird. Zur sinnfälligen Veranschaulichung werden die Zeitflächen und konformen Netze ausgiebig herangezogen, wobei durch Verwendung von Spiegelbildern, Überlagerungen[1]) usw. die verwickeltsten Strombilder erhalten werden.

Das Buch, dessen Durcharbeitung allerdings eine hohe mathematische Vorbildung voraussetzt, führt den Leser weit über den Rahmen der landläufig in den Lehrbüchern gebotenen Hydraulik hinaus; seine Ergebnisse werden durch lehrreiche Versuche erhärtet, die im Züricher Hochschullaboratorium durchgeführt wurden. Dr. Hans Baudisch.

793 **Hilfsbuch für Elektrotechniker,** begründet von Wietz und Erfurth, neu bearbeitet von H. Krieger und B. Königsmann. I. Band. Verlag von Hachmeister und Thal, Leipzig 1926. Preis geb. Mk. 3·—.

Der Inhalt des nunmehr in 28. Auflage erscheinenden Buches umfaßt das Schwachstromgebiet, und zwar: I. Allgemeine Vorkenntnisse; II. Galvanische Elemente; III. Herstellung von Telegraphen- und Fernsprechlinien; IV. Telegraphie; V. Telephonie; VI. Zeitweilige elektrische Beleuchtung mit galvanischen Elementen oder Akkumulatoren; VII. Elektrische Uhren; VIII. Gebäudeblitzableiter; IX. Rundfunktechnik und X. Anhang. Das erste Kapitel enthält eine Reihe von Unrichtigkeiten, die unbeschadet der gemeinverständlichen Fassung zu vermeiden gewesen wären. Es wird zum Beispiel behauptet, daß sich die Erwärmung der Flüssigkeit ändert, wenn man zu einem in Säure befindlichen Zinkstab einen Kupferstab stellt, der ihn nicht berührt; das Farad wird als Ladung bezeichnet, das Henry als ein induktiver Widerstand; beim spezifischen Widerstand des Quecksilbers ist das Ohm mit der SE verwechselt; die Abb. 13 ist bezüglich des Öffnungsstromes falsch usw. Auf Seite 16 heißt es: „Die in einem Leiterstück in einer bestimmten Zeit, zum Beispiel einer Minute entwickelte Wärmemenge ist gleich dem Widerstande des Leiterstückes multipliziert mit dem Quadrat der Stromstärke." Interessant ist das zur Rettung vom Blitze Getroffener empfohlene „Erdbad"; das so hergestellt werden soll, „daß in Menschenlänge ein etwa 60 cm tiefer Graben ausgehoben wird, in den man den Verunglückten mit erhobenem Kopfe nackt hineinlegt und seinen Körper 30 bis 60 cm hoch mit Erde bedeckt."

Im übrigen enthält das Buch eine Menge praktischer Anweisungen zur Herstellung von Schwachstromanlagen der verschiedensten Art, sowie Erklärungen der meist gebräuchlichen Schwachstromapparate, so daß es auf praktischem Gebiete immerhin gute Dienste leisten wird. Der Anhang enthält VDE-Leitsätze für Fernmelde- und Blitzableiteranlagen, gesetzliche Bestimmungen und Maßtabellen.

Dr. Rich. Hiecke.

[1]) Vgl. Z. d. Ö. I. u. A.-V. 1910, Heft 6.

2851 **Elektrizität im Bergbau** bearbeitet von Prof. Dr. Ing. e. h. W. Philippi. Siemens-Handbücher, Bd. XIII. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1926. Oktavband, 390 Seiten, 335 Abb., 3 Tafeln.

Das neue Werk behandelt eines der wichtigsten und interessantesten Gebiete der elektrischen Kraftübertragung und ist schon deshalb zu begrüßen, weil unsere technische Literatur Mangel an zusammenfassenden Spezialwerken aufweist, welche dem projektierenden Ingenieur oder dem Techniker der betreffenden Industrie in allen einschlägigen Fragen rasch Aufschluß geben. Das vorliegende Buch ist ein Sammelwerk, dessen Kapitel die besten Spezialingenieure der Siemens-Schuckert-Werke zu Verfassern haben, an ihrer Spitze den durch seine grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiet der elektrischen Fördermaschinen bekannten Prof. Dr. Philippi, der ausführlich die Sondervorschriften für Bergwerke des VDI erläutert und die Fördermaschinen behandelt. J. Bäumer bespricht die Bohr- und Schrämmaschinen, Rutschen und Haspeln; R. Schade hat eine treffliche Arbeit über Wasserhaltungsmaschinen, eine andere über Bergwerks-Ventilatoren mit ihren Regelmöglichkeiten, endlich eine Abhandlung über Brikettpressen geliefert. Von A. Passauer stammen die Abhandlungen über Grubenlokomotiven und Abraumbahnen. Ein besonders wertvolles Kapitel widmet H. Kreisler den Eimerketten- und Löffelbaggern, welche neuerdings im einheimischen Tagbau in Aufnahme kommen, endlich sind die Elektrofilter von C. Hahn, die Erfordernisse der Petroleumgruben von L. Steiner behandelt. Den Schluß bildet eine Abhandlung über die für Bergwerke so wichtigen Signal- und Sicherheitseinrichtungen. — Von allen diesen Arbeiten kann gesagt werden, daß sie ihrer Aufgabe, das Arbeitsgebiet in knapper, trotzdem klarer und leichtfaßlicher Art darzustellen, durchaus gerecht geworden sind. Dabei sind überall, wo dies nötig ist, ausführliche Rechnungsgrundlagen, Tabellen, Schaltbilder, Diagramme und vorzügliche Abbildungen eingefügt, welche eingehendes Verständnis über die Vorgänge und Einrichtungen vermitteln. In dieser Richtung muß die Behandlung der Fördermaschinen besonders gerühmt werden. Hier sind die vollständigen Rechnungsgrundlagen zur Herstellung des Energiediagramms entwickelt, es sind alle vorkommenden elektrischen Anordnungen mit ihren Eigenschaften und ebenso die Steuer- und Bremseinrichtungen deutlich dargestellt. — Daß in dem ganzen Werk die Eigenkonstruktionen der SSW besonders berücksichtigt werden, ist begreiflich, doch beeinträchtigt dies den Wert keineswegs, denn die Darstellungen sind allgemein gültig und die Hinweise auf die besonderen Ausführungen sind als Beispiele wertvoll. Aus diesen Gründen kann das handliche Buch sowohl dem projektierenden Elektro- und Maschineningenieur als auch jedem Bergingenieur warm empfohlen werden.

Dr. Horschitz.

3431 **Kreisprozeßkunde.** Von Dr. R. v. Dallwitz-Wegner (Sammlung Lebende Bücher, herausgegeben von A. Decker). 578 Seiten mit 226 Abb. A. Ziemsen, Verlag, Wittenberg, 1926.

Das Buch soll nach dem Untertitel „eine Übersicht über die ausgeführten, die erstrebenswerten und die möglichen Wärme-Arbeits-Kreisprozesse mit und ohne Temperaturgefälle, warmer und kalter Verbrennung, nebst einer Einführung in die Wärmelehre und die Molekulartheorie der Materie für Techniker und Physiker" bieten. Bei der Einführung in die Wärmelehre wird von der kinetischen Gastheorie ausgegangen und schließlich auch die neuzeitliche Lehre vom Atomaufbau berührt. Im Hauptteil wird zunächst eine ganze Reihe von Kreisprozessen, wie sie für die gebräuchlichen Wärmekraftmaschinen und Arbeitsmaschinen (Verdichter usw.) in Betracht kommen, behandelt, dann folgen Angaben über die maschinellen Hilfsmittel zur Durchführung der Kreisprozesse, Abschnitte über die Gewinnung der Betriebsenergie, über Wärmeübergang und Heizung, über die Analyse von Gas- und Dampfkreisprozessen teils ausgeführter, teils vorgeschlagener Maschinen. Der letzte Abschnitt befaßt sich mit den reinen Wärme-Kreisprozessen und Vorgängen, sowie

Digitized by Google

anderen Kreisprozessen, die alle außerhalb des Geltungsbereiches des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie stehen. Ein Anhang enthält hauptsächlich Aufgaben über die spezifischen Wärmen von Gasen bei verschiedenen Drücken und Temperaturen. Der Inhalt des Buches ist also ein recht umfangreicher, an einzelnen Stellen wird vielleicht sogar zu viel gebracht, bezw. manches was über den Rahmen des Stoffes hinausgeht oder aber für den allergrößten Teil der Leser überflüssig ist. Hierbei hat der Verfasser anscheinend nicht berücksicht, daß das Buch schon seines Umfanges wegen sicher nicht zur Einführung oder für den Anfänger bestimmt ist, sondern nur für jene Kreise, die wirklich tiefer in das Wesen der Kreisprozesse eindringen wollen. Aus einer genauen Durcharbeit des Buches wird man Nutzen ziehen und viele Anregungen erhalten, besonders aus dem letzten Abschnitte, wenn es sich hier auch vorläufig nur um Vorschläge handelt, die der Verfasser selbst derzeit als praktisch nicht verwertbar bezeichnet. Leider ist die Schreibweise überflüssig breit, die Einführung neuer Begriffe und Bezeichnungen ist nicht immer gutzuheißen, vieles steht, wie schon erwähnt, nur in losem Zusammenhange mit dem eigentlichen Inhalte. Literaturangaben finden sich, im Ganzen genommen, sehr reichliche, sie sind aber wenig systematisch. Würde sich der Verfasser zu einer Umarbeitung des Buches und Beschränkung auf die Kreisprozeßkunde selbst entschließen, so würde das Buch sehr viel gewinnen und dem Leser die Arbeit sehr erleichtert werden. Jellinek.

Elektro-Bureau-Compaß. Ein Comptoirhandbuch mit Vormerkkalender 1927. 341 Seiten. Compaßverlag, Wien XX. Preis geb.

Das Buch enthält in einem Umfang, der an vielen Stellen weit über die Mehrzahl der üblichen Taschenbücher, Fachkalender usw. hinausgeht, das wichtigste aus der Mathematik, über die Erzeugung, Leitung und Verwendung der elektrischen Energie, eine Zusammenstellung der physikalischen Eigenschaften verschiedener Stoffe und ein französisch-englisch-deutsches Wörterbuch der wichtigsten Fachausdrücke der Elektrotechnik. Besonders wertvoll dürften für den Praktiker die vielen Zahlenangaben zum Beispiel über Preise sein, die man sonst nur schwer findet. Aus dem folgenden statistischen Teile ist ein Aufsatz von Kommerzialrat Honigmann über den österreichischen Handel mit elektrotechnischen Erzeugnissen und die Zolltarife der Nachfolgestaaten zu erwähnen, ferner Angaben über die österreichischen Wasserkräfte, aus dem kommerziellen Teil Verzeichnisse der elektrotechnischen Firmen in Österreich, der Tschechoslowakei, Jugoslavien und Ungarn. Das Buch wird den in der Elektrotechnik technisch und kommerziell Tätigen recht gute Dienste leisten. Empfehlen würde es sich, bei einer Neuausgabe nicht ein so ungewöhnliches Format zu verwenden. J.

Eingegangene Bücher.

Handels- und Gewerbekammer für Rotterdam.

Jahresbericht 1925. (Auszug in deutscher Sprache.) 182 Seiten mit 4 Tafeln.

Unfallverhütungskalender. Um das Verständnis für die Unfallverhütung zu wecken, hat die Reichsarbeitsverwaltung gemeinsam mit dem Verbande der Deutschen Berufsgenossenschaften einen aus zwölf Blättern bestehenden Wandkalender herausgegeben, dessen Bilder im Gegensatz zu den bekannten Unfallverhütungsplakaten ganz allgemein auf die Notwendigkeit der Unfallverhütung hinweisen, so daß der Kalender sehr zweckmäßig in Werkstätten und dergleichen Verwendung finden wird. (Beuthverlag G. m. b. H., Berlin SW, Preis bei Einzelbezug 1 Mk.) — Ein zweiter von der Unfallverhütungsbild G. m. b. H. beim Verband der Deutschen Berufsgenossenschaften herausgegebener Kalender (Stückpreis bei Abnahme von 500 Stück und mehr 11 Pf.) ist ein Büchlein von 64 Seiten, das neben Abbildungen Angaben über Unfallverhütung, über erste Hilfe (auch bei elektrischen Unfällen) u. a. m. enthält und sich daher besonders zur Verteilung an Arbeiter und Angestellte eignet. J.

Eingegangene Preislisten.

„Habege" Hochspannungsapparatebau-Ges. m. b. H., Dresden.

Die Habege-Schutzdrossel. 40 Seiten mit 33 Abb. (Wesen der Überspannung, Theorie und Ausführung der H. B. G. Schutzdrossel, Überspannungsableiter).

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, statt.

Donnerstag, den 3. Februar d. J., um 1/27 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ministerialrat Ing. Rudolf Heider über: **„Die österreichischen Fernkabelanlagen."** (Mit Lichtbildern.)

Mittwoch, den 9. Februar d. J., um 1/27 Uhr abends, Vortrag des Herrn Prok. Dr. techn. Ing. Gustav Markt über: **„Höchstspannungsfreileitungen."** (Vorführung eines Films.)

Österr. Verband des Vereines deutscher Ingenieure.

Montag, den 7. Februar 1927, 3/46 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ing. Fritz Ellmann über **„Neuzeitliche Elektro-Werkzeuge und ihre vorteilhafte Verwendung in Industrie und Gewerbe"** (mit Lichtbildern). Österr. Museum für Kunst und Industrie, I., Wollzeile 41.

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	18. I. 1927	20. I. 1927	21. I. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	127 3/4	127 3/4	127 3/4

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	64 1/2—65	61 1/2-62 1/2	61 1/2 62 1/2
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	59 1/2—60	58—59	57 1/2—58 1/2
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	118—123	118—123	116—122

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 21. Jänner 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	10	0	63	0	0
Wire bars	63	0	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	55	10	0	55	12	6
Standard { 3 Monate .	56	2	6	56	5	0
Zinn:						
Engl. ingots	298	0	0	298	10	0
Standard { Kassa . .	299	15	0	300	0	0
Standard { 3 Monate .	294	5	0	294	10	0
Blei:						
Engl. pig common . .	29	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	30	8	9	30	7	6
Remelted	30	15	0	—	—	—
English Swansea . .	30	18	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home: Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export, Pf. 175.
Platin: Pf. 23 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI, Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 6. Februar 1927 | Heft 6

INHALT: Komplexe Behandlung von Wechsel- und Drehfeldern. Von G. Hauffe, Dresden. S. 101. / Über Durchhangsmessungen bei Hochspannungsfreileitungen mit Hilfe des Universalnivellierinstrumentes. Von Ing. Robert Loew, Wien. S. 103.
RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 106. Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 107. Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 108. / Maschinenelemente. S. 109. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 109. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 112. / Installationstechnik. S. 113. Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 114. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 115. / Telegraphie, Telephonie. S. 116.
PATENTBERICHT. S. 117.
LITERATURBERICHTE. S. 118.
CHRONIK. S. 119.
VEREINSNACHRICHTEN. S. 120.

MAR 10 1927

Komplexe Behandlung von Wechsel- und Drehfeldern.

Von G. **Hauffe**, Dresden.

Die komplexe Rechnung ist in der Elektrotechnik gleicherweise verwendbar für die Behandlung stationärer Wechselstromerscheinungen als auch für die Untersuchung von Wechsel- und Drehfeldern ganz allgemein. Mit Hilfe der von Gauß begründeten Darstellung komplexer Zahlen in einer Ebene ergibt sich geometrische Anschaulichkeit. An 3 Beispielen wird die Überlegenheit dieser Rechenmethode aufgezeigt und bei dieser Gelegenheit das Anlauffeld des Einphaseninduktionsmotors mit Anlaßdrossel näher untersucht.

Die komplexe Rechnung hat sich wegen ihrer bequemen Erfassung stationärer Wechselstromvorgänge allgemein eingebürgert. Es erübrigt sich, durch besondere Benennungen und Schriftzeichen den Schein der Neuartigkeit erwecken zu wollen, da die komplexe Rechnung bekannt ist und durch die graphische Darstellung einer komplexen Zahl in der gaußischen Zahlenebene geometrische Anschaulichkeit gewinnt. Die komplexe Zahl

$$a+jb$$

wird durch den Punkt P in Abb. 1 dargestellt. Aus ihr ist ablesbar die Beziehung

$$a+jb=r(\cos\varphi+j\sin\varphi).$$

Die Theorie der Reihen lehrt, daß für den zweiten Faktor der rechten Seite geschrieben werden kann

$$\cos\varphi+j\sin\varphi=e^{+j\varphi}.$$

Ist φ nicht konstant, sondern etwa mit der Zeit t durch die Beziehung

$$\varphi=\omega t$$

verknüpft, so bedeutet

$$r\,e^{j\omega t}$$

eine variable Komplexe, die in der gaußischen Zahlenebene durch einen auf einem Kreis um O rotierenden Punkt veranschaulicht wird. Denn während φ wächst, bleibt r konstant. Aus der Gleichung für φ folgt durch Differentiation

$$d\varphi=\omega\,dt$$

oder die Wachstumsgeschwindigkeit von φ

$$\frac{d\varphi}{dt}=\omega.$$

Das ist aber die Winkelgeschwindigkeit der Rotation von P um O. Anstatt nun P selbst zu betrachten, kann man von der Rotation seines Fahrstrahles r sprechen, und indem man diesen als Vektor auffaßt, kommt man zu der komplexen Darstellung eines sich drehenden Vektors.

In Anwendung auf ein Feld gilt also ganz allgemein

$\Phi e^{+j\omega t}=$ im positiven Sinn der Mathematik drehendes, linksdrehendes Feld,

$\Phi e^{-j\omega t}=$ im negativen Sinn der Mathematik drehendes, rechtsdrehendes Feld.

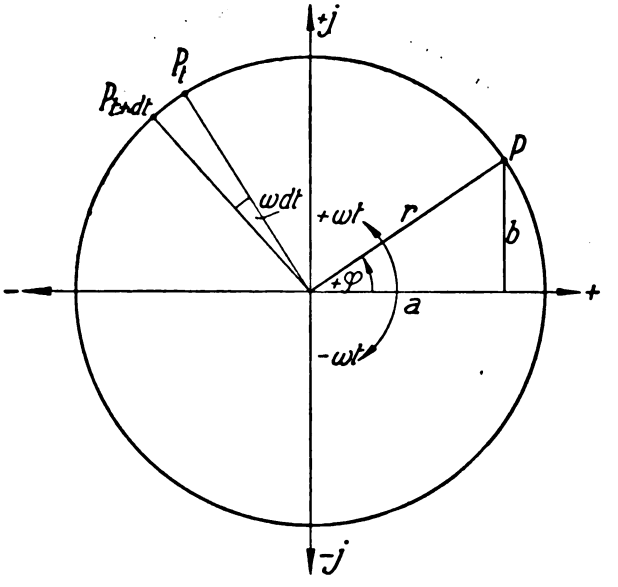


Abb. 1.

Ganz besonders einfach gestaltet sich durch den Beweis der Identität

$$\Phi\cos\omega t\equiv\frac{1}{2}\Phi e^{+j\omega t}+\frac{1}{2}\Phi e^{-j\omega t}=$$

$$=\frac{1}{2}\Phi\cos\omega t+\frac{1}{2}j\Phi\sin\omega t+$$

$$+\frac{1}{2}\Phi\cos\omega t-\frac{1}{2}j\Phi\sin\omega t=\Phi\cos\omega t$$

die Bestätigung der altbekannten Tatsache, daß ein im Raum feststehendes Wechselfeld ersetzt werden kann durch zwei gegenläufige Drehfelder

Digitized by Google

von konstanter Größe, aber halber Amplitude. Die linke Seite der Gleichung stellt das feststehende Feld dar. Man hat sich also die gaußische Zahlenebene so gelegt zu denken, daß die reelle Achse mit der Achse des Wechselfeldes zusammenfällt. Handelt es sich um die Betrachtung eines Einphasenwechselstrommotors, so kann der Schnittpunkt O der reellen mit der imaginären Achse aufgefaßt werden als Spur der Motorachse in der zu dieser senkrechten Zahlenebene.

Existieren n Wechselfelder mit einer gleichen gegenseitigen zeitlichen Phasenverschiebung $\frac{2\pi}{n}$, also

$$\Phi \sin \omega t, \quad \Phi \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{n}\right),$$

$$\Phi \sin\left(\omega t - 2\frac{2\pi}{n}\right), \ldots \Phi \sin\left(\omega t - (n-1)\frac{2\pi}{n}\right),$$

welche räumlich um je $\frac{2\pi}{n}$ Grad gegeneinander versetzt sind, so ist das allgemeine k-te Wechselfeld durch den Ausdruck

$$\Phi \sin\left(\omega t - (k-1)\frac{2\pi}{n}\right) e^{j(k-1)\frac{2\pi}{n}}$$

nach zeitlicher Größe und räumlicher Lage vollständig bestimmt und das resultierende Feld aller n Felder ergibt sich zu

$$\Phi_{res} = \sum_{k=1}^{k=n} \Phi \sin\left(\omega t - (k-1)\frac{2\pi}{n}\right) e^{j(k-1)\frac{2\pi}{n}}$$

$$= \Phi \left[\sin \omega t \sum_{k=1}^{k=n} \cos^2 (k-1)\frac{2\pi}{n} - \right.$$

$$- \frac{1}{2} \cos \omega t \sum_{k=1}^{k=n} \sin 2(k-1)\frac{2\pi}{n}$$

$$+ \frac{1}{2} j \sin \omega t \sum_{k=1}^{k=n} \sin 2(k-1)\frac{2\pi}{n} -$$

$$\left. - j \cos \omega t \sum_{k=1}^{k=n} \sin^2 (k-1)\frac{2\pi}{n} \right].$$

In diesem Ausdruck ist nach dem Projektionssatz

$$\sum_{k=1}^{k=n} \sin 2(k-1)\frac{2\pi}{n} = 0,$$

sodaß verbleibt

$$\Phi_{res} = \Phi \sin \omega t \sum_{k=1}^{k=n} \cos^2 (k-1)\frac{2\pi}{n} -$$

$$- j \Phi \cos \omega t \sum_{k=1}^{k=n} \sin^2 (k-1)\frac{2\pi}{n}.$$

Durch eine elementare Umformung ergibt sich hierin ebenfalls mit dem Projektionssatz

$$\sum_{k=1}^{k=n} \sin^2 \cos^2 (k-1)\frac{2\pi}{n} =$$

$$= \sum_{k=1}^{k=n} \frac{1}{2} \mp \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{k=n} \cos 2(k-1)\frac{2\pi}{n} = \frac{n}{2}.$$

Man erhält also

$$\Phi_{res} = \frac{n}{2} \Phi [\sin \omega t - j \cos \omega t]$$

$$= \frac{n}{2} \Phi \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right) - j \sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right) \right]$$

$$= \frac{n}{2} \Phi e^{-j\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right)}.$$

Die räumlich gleichmäßig versetzten Wechselfelder mit zeitlicher Phasenverschiebung untereinander sind also identisch mit einem Drehfeld von der Größe $\frac{n}{2}\Phi$, welches im positiven Sinn der Mathematik rotiert.

Endlich soll das Anlauffeld eines Einphaseninduktionsmotors, der mit Drossel angelassen wird, untersucht werden. Das Schaltbild hierzu zeigt Abb. 2. In bekannter Weise wird beim Anlauf eine Hilfswicklung mit vorgeschalteter Drossel an das gleiche Netz gelegt wie die Betriebswicklung. Das geschieht durch den gezeichneten doppelpoligen Schalter, der dann im Betrieb von der Stellung „Anlauf" auf die Stellung „Betrieb" umgelegt wird. Legen wir unseren Betrachtungen eine 2polige Maschine zugrunde, so stehen das Betriebsfeld Φ_b und das Hilfsfeld Φ_h des Anlaufvorganges auch räumlich

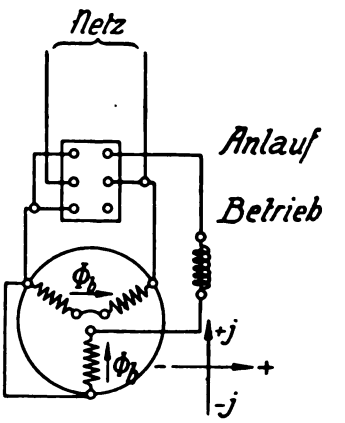


Abb. 2.

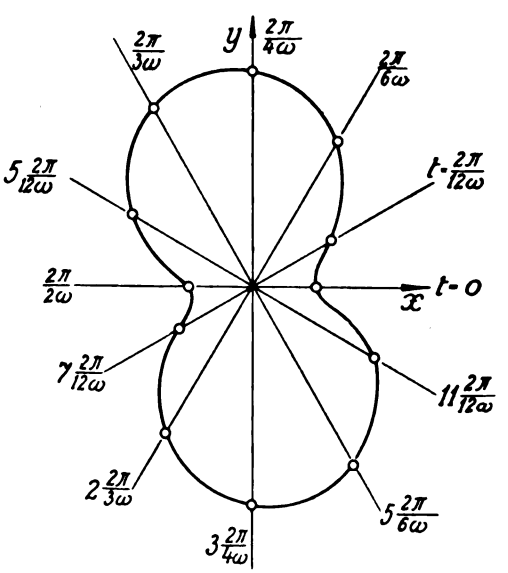


Abb. 3.

aufeinander senkrecht, und indem wir uns die gaußische Ebene so gelegt denken, daß die reelle Achse mit der Achse von Φ_b zusammenfällt, können wir für das resultierende Feld schreiben

$$\Phi_{res} = \Phi_b \sin \omega t + j \Phi_h \sin(\omega t - \varphi).$$

Digitized by Google

Dabei ist zu beachten, daß der Strom in der Hilfswicklung — ebenso auch das Feld Φ_h — gegen Strom und Feld in der Betriebswicklung wegen der vorgeschalteten Drossel um φ^0 nacheilend verschoben sind. Wir ersetzen jetzt das resultierende Feld durch ein Drehfeld, das „Anlaßfeld" Φ_a

$$\Phi_{res} = \Phi_a e^{+j\omega_a t}.$$

Es ist dies nach dem vorausgegangenen ein Feld von der Größe Φ_a, das gegen den Uhrzeigersinn rotiert.

Die Größe von Φ_a ergibt sich aus der Gleichsetzung

$$\Phi_{res} = \Phi_b \sin \omega t + j\, \Phi_h \sin(\omega t - \varphi) =$$
$$= \Phi_a e^{+j\omega_a t} = \Phi_a \cos \omega_a + j\, \Phi_a \sin \omega_a t$$

mit Hilfe des aus der komplexen Rechnung bekannten Gesetzes, daß die Teilbeträge — reelle und imaginäre — zweier gleicher komplexen Zahlen untereinander gleich sein müssen, wie folgt

$$\Phi_b \sin \omega t = \Phi_a \cos \omega_a t,$$
$$\Phi_h \sin(\omega t - \varphi) = \Phi_a \sin \omega_a t,$$

also

$$\Phi_a^2 = \Phi_b^2 \sin^2 \omega t + \Phi_h^2 \sin^2(\omega t - \varphi).$$

Es zeigt sich also, daß Φ_a von der Zeit nicht unabhängig ist, sondern eine Periodizität aufweist, die mit der der Komponentenfelder übereinstimmt. Ferner ergibt sich

$$\omega_a = \frac{1}{\tau} \operatorname{arctg} \frac{\Phi_h \sin(\omega t - \varphi)}{\Phi_b \sin \omega t} = f(t).$$

Nachdem nun ω_a als Funktion der Zeit erkannt ist, findet man die Winkelgeschwindigkeit des Anlauffeldes aus

$$\varphi = \omega_a t = f(t)\, t$$

zu

$$\frac{d\varphi}{dt} = f'(t)\, t + f(t).$$

Die einfache Rechnung ergibt

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega\, \Phi_b\, \Phi_h \frac{\sin \varphi}{\Phi_a^2}.$$

Das Anlauffeld des Einphaseninduktionsmotors hat demnach nicht nur eine periodisch veränderliche Größe, sondern eine ebensolche Winkelgeschwindigkeit.

Für den praktisch nie erreichbaren Fall $\varphi = 90^0$ und $\Phi_b = \Phi_h$ wird das Anlauffeld zum gleichförmig rotierenden Kreisfeld.

Die Abb. 3 zeigt für einen beliebig angenommenen Fall das zeitliche Polar-Diagramm des Anlauffeldes: gleichen Winkeln entsprechen gleiche Zeiten. In diesem Falle bewegt sich der

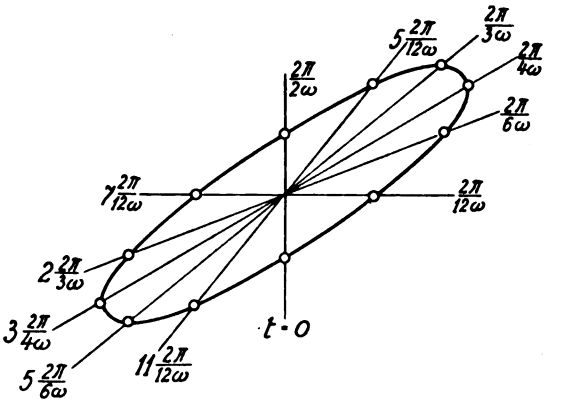


Abb. 4.

Endpunkt des Anlauffeldvektors auf einer lemniskatenähnlichen Kurve. Für die gleichen Verhältnisse zeigt Abb. 4 das räumliche Diagramm. An diesen sind die Zeiten wiederum angezeichnet, so daß zu ersehen ist, daß der Vektor des Anlauffeldes in gleichen Zeiten nicht gleiche Winkel überstreicht.

Über Durchhangsmessungen bei Hochspannungsfreileitungen mit Hilfe des Universalnivellierinstrumentes.

Von Ing. Robert Loew, Wien.

Obzwar die Messung der Durchhänge von Freileitungen mit dem Universalnivellierinstrument nicht zu unterschätzende Schwierigkeiten bietet, da dieses Verfahren an die Gewissenhaftigkeit des Personals große Anforderungen stellt, die optischen Entfernungsbestimmungen auch Fehlerquellen beinhalten und umständlich sind, so kommen doch verschiedene Fälle vor, welche die genannte Meßmethode als mit Vorteil verwendbar erscheinen lassen. Nebelwetter zum Beispiel wird die Durchhangsmessung mit Visierlatten stark behindern, bei Visuren auf 200 m und mehr oft unmöglich machen, was beim Gebrauche des Nivellierinstrumentes mit Visurdistanzen zwischen 15 und 50 m nur in den schlimmsten Fällen eintreten wird. Durchhänge, größer als die Klemmenhöhen, besonders aber die Durchhangskontrolle von Leitungen im Betriebe legen es nahe, dieses Verfahren anzuwenden. In nachstehenden Ausführungen sei daher die Verwendung des Universalnivellierinstrumentes zur Durchhangsbestimmung eingehend besprochen.

Das Verfahren richtet sich 1. nach dem Gelände, 2. nach der Möglichkeit des Aufstellens des Meßgerätes.

Zu 1. Entweder ebenes Gelände und gleich oder verschieden hohe Maste, oder geneigtes Gelände mit gleich oder verschieden hohen Seilaufhängepunkten.

Zu 2. Der Instrumentenstandpunkt befindet sich entweder in der Symmetrieebene des Regulierfeldes oder außerhalb derselben.

Digitized by Google

Diese Fälle seien nun nachstehend behandelt.

Vorerst jedoch eine Erörterung, die bei der Betrachtung der Genauigkeit des Verfahrens eine Rolle spielt. — Es handelt sich darum, Längen durch Winkel möglichst praktisch auszudrücken. Der Winkel, dessen Bogen $\frac{1}{1000}$ des Radius ist, sei 1 Strich (1^1) genannt. 1^1 entspricht daher auf 1 km Entfernung einem Bogen von der Länge 1 m, auf 100 m — 0·10 m, auf 50 m — 0·05 m.

Aus dem Verhältnisse: Kreisbogen zum Zentriwinkel ergibt sich die Beziehung

$$2\pi r : 360^0 = \frac{r}{1000} : 1^1$$

und daraus

$$\left.\begin{aligned} 1^1 &= \frac{180^0}{1000\pi} = 3{\cdot}44' \\ 1' &= \frac{1}{3{\cdot}44}{}^1 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (1),$$

das heißt, der Winkel, dessen Bogenlänge $\frac{1}{1000}$ Radius ist, beträgt 3·44′.

Bei Besprechung der Meßmethode nehmen wir erst den einfachsten Fall zur Erläuterung des Gedankenganges.

I. Ebenes Gelände, gleiche Klemmenhöhen bzw. gleichhohe Seilaufhängepunkte, Instrumentenstandpunkt in der Spannfeldsymmetrale; ein Fall, der im Gelände wohl sehr selten vorkommt, jedoch die Verhältnisse übersichtlich zeigt.

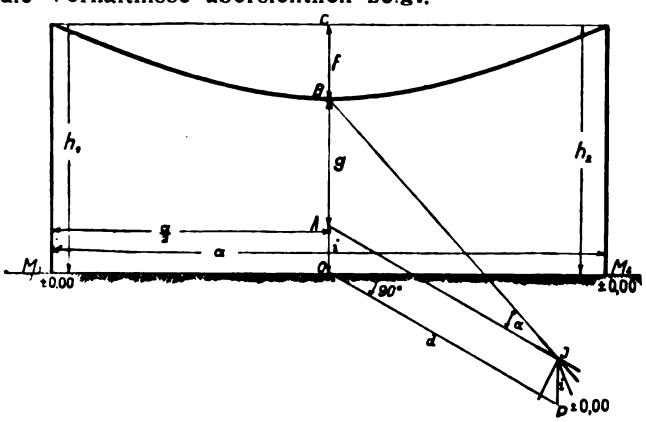


Abb. 1.

In Abb. 1 bedeuten:

M_1, M_2 die Maste des Regulierfeldes

h_1, h_2 die Höhen der Seilaufhängepunkte bzw. Klemmenhöhen,

f Seildurchhang,

i Instrumentenhöhe,

d Instrumentenentfernung vom Feldmittel.

Sämtliche Geländepunkte haben die relative Höhenkote ± 0·00.

Der Instrumentenstandpunkt P liegt in der Symmetrieebene des Spannfeldes in der Entfernung d vom Feldmittel O. Wie aus Abb. 1 zu ersehen ist, liegt der Durchhangspunkt B um die Strecke g höher als die Horizontalebene des Instrumentes. Durch die Richtung nach B und die genannte Horizontalebene ist der Winkel α bestimmt. Hat man diesen, so braucht man das Fernrohr nur um α zu erhöhen und das Seil so lange zu spannen, bis es im Mittelkreuz des Fernrohres erscheint.

Die Bestimmung des Winkels α ist sehr leicht, da d, i, f und die Höhen $h_1 = h_2 = h$ bekannt sind.

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{g}{d} = \frac{h - f - i}{d} \quad \ldots\ldots (2).$$

Beispiel: $h = 13{\cdot}50$ m, $f = 2{\cdot}5$ m, $i = 1{\cdot}30$ m, $d = 50$ m

$$g = h - i - f = 13{\cdot}50 - 3{\cdot}80 = 9{\cdot}70 \text{ m},$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{9{\cdot}70}{50} = 0{\cdot}1940,$$

$$\alpha = 10^0 59'.$$

Dieser Höhenwinkel wäre für die betreffende Phase am Instrumente einzustellen. Bei den übrigen Phasen ändert sich natürlich sowohl d als auch h.

Der Fehler, der mit dem Instrumente gemacht werden kann, beträgt bei den gewöhnlichen, auf 1′ genauen Geräten höchstens ½′. Nach Gleichung (1) ist nun

$$\frac{1'}{2} = \frac{1^1}{6{\cdot}88},$$

das heißt, wenn $d = 50$ m, $1^1 = 0{\cdot}05$ m entspricht, so kann der durch das Gerät verursachte Fehler höchstens $\frac{0{\cdot}05}{6{\cdot}88}$ m, also nicht einmal 1 cm sein!

II. Geneigtes Gelände, ungleiche Klemmenhöhen bzw. verschiedenhohe Seilaufhängepunkte, Instrumentenstandpunkt in der Symmetrieebene des Spannfeldes, jedoch nicht in der gleichen Horizontalebene wie das Feldmittel.

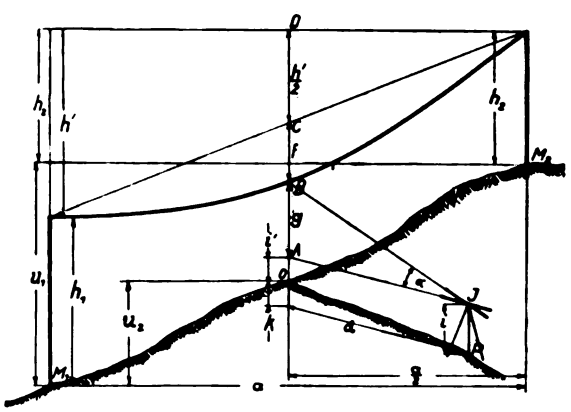


Abb. 2.

Es bedeuten:

M_1, M_2 die Maste des Spannfeldes,

h_1, h_2 die Seilaufhänge- bzw. Klemmenhöhen,

h' die Überhöhung der Aufhängepunkte,

u_1 die Überhöhung der Mastfußpunkte,

u_2 die Überhöhung des Feldmittels über den tieferen Mastfußpunkt,

i die Instrumentenhöhe,

i' Höhe des Instrumentenhorizontes über Feldmittel,

k Höhe des Feldmittels über Instrumentenfußpunkt,

Digitized by Google

d Horizontaldistanz vom Instrument zum Feldmittel,
o Feldmittel,
f Durchhang.

Der oben gezeichnete Fall ist der in der Praxis wohl am meisten vorkommende; man wird mit ihm fast immer das Auslangen finden können.

Es ergibt sich aus der Abb. 2:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{g}{d},$$

$$g = h_1 + h' - \left(\frac{h'}{2} + f + i' + u_2\right),$$

$h' = u_1 + h_2 - h_1$; $i' = i - k$; = diese Ausdrücke eingesetzt,

$$g = h_1 + u_1 + h_2 - h_1 - \frac{u_1 + h_2 - h_1}{2} - f - i + k - u_2,$$

$$g = \frac{u_1 + h_1 + h_2}{2} - u_2 + k - f - i \quad . (3).$$

In diesem Ausdrucke für g sind die Größen u_1, u_2, h_1, h_2 und k für eine Phase konstant. Die Vorzeichen für k und u_2 ändern sich mit der Lage von O (Feldmittel) gegenüber dem Instrumentenstandort bzw. dem tieferen Mastfußpunkt und zwar wird u_2 positiv, wenn O tiefer liegt als der tiefere Mastfußpunkt, k dagegen negativ, wenn der Instrumentenstandort höher liegt als O.

Zur Vereinfachung ist nun zu setzen

$$\frac{u_1 + h_1 + h_2}{2} \pm u_2 \pm k =$$

$$= \text{konstant für jede Phase} = K \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

und es erscheint der Ausdruck

$$g = K - f - i \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5),$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{K - f - i}{d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

Nur in Ausnahmefällen, wie zum Beispiel bei Schluchtkreuzungen usw. wird man das Instrument außerhalb der Feldsymmetrieebene stellen müssen, was jedoch an den Ausdrücken für g und $tg\alpha$ nichts ändert, sondern, wie nachstehend noch weiter ausgeführt werden wird, nur ein Verpflocken der Phasenebenen im Feldmittel erfordert. Notwendig ist es allerdings immer, daß vom Instrumentenstandpunkt das Feldmittel gesichtet werden kann, da mit dieser Bedingung das ganze Verfahren steht und fällt. Zu bemerken wäre hier noch, daß in sehr ungünstigen Fällen der Feldmittelpflock durch einen Vertikalstab kenntlich gemacht werden kann.

Die Durchführung des Verfahrens.

So kompliziert und für die Feldarbeit umständlich der Ausdruck für „g" zum ersten auch aussieht, so einfach ist die praktische Durchführung, die in zwei zeitlich getrennte Abschnitte zerfällt.

1. Festlegen aller Größen, die in der Konstanten „K" enthalten sind, also h_1, h_2, u_1, u_2 und k sowie d. Die Entfernung d ist nun von Phase zu Phase verschieden, und zwar vom Feldmittel um die Auslegerlängen, welche daher auch vorzumerken sind.

Tabelle der Elemente zur Durchhangsmessung mit dem U. Niv. Instr.

$$tg\alpha = \frac{g}{d},\ g = K - f - i,\ K = \frac{u_1 + h_1 + h_2}{2} \pm u_2 \pm k$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Spannfeld zwischen den Masten	Phase Nr.	Ausleger-länge	Ausleger-höhe üb. Boden M I	Ausleger-höhe üb. Boden M II	Seilaufhängung unter dem Ausleger M I	Seilaufhängung unter dem Ausleger M II	Ketten-länge	Seilaufhänge-höhe h_1	Seilaufhänge-höhe h_2	Klemmenhöhe H_1	Klemmenhöhe H_2	u_1	u_2	k	Instrumenten-standort	d	K	i	φ	f	g	$tg\alpha$	α
4 — 5	Spitz-seil	—	—	—	—	—	—	21·93	19·97	21·83	19·87	13·48	— 6·80	— 4·25	S	20·00	16·64	1·33	10°	2·35	12·96	0·64800	32°56′30″
	1 r	2·50	20·83	18·92	1·40	1·40	1·35	19·43	17·52	19·48	17·57	13·48	— 6·80	— 4·25	„	17·50	14·16	1·33	12°	2·61	10·22	0·58400	30° 17′
	1 l	2·50	20·83	18·92	1·40	1·40	1·35	19·43	17·52	19·48	17·57	13·48	— 6·80	— 4·25	„	22·50	14·16	1·33	12°	2·61	10·22	0·54413	24°28′
	2 r	3·10	17·83	15·92	1·40	1·40	1·35	16·43	14·52	16·48	14·57	13·48	— 6·80	— 4·25	„	16·90	11·16	1·33	13°	2·65	7·18	0·42485	23° 1′
	2 l	3·10	17·83	15·92	1·40	1·40	1·35	16·43	14·52	16·48	14·57	13·48	— 6·80	— 4·25	„	23·10	11·16	1·33	14°	2·70	7·13	0·30866	17° 9′
	3 r	3·70	14·83	12·92	1·40	1·40	1·35	13·43	11·52	13·48	11·57	13·48	— 6·80	— 4·25	„	16·30	8·16	1·33	16°	2·80	4·03	0·24724	13°53′
	3 l	3·70	14·83	12·92	1·40	1·40	1·35	13·43	11·52	13·48	11·57	13·48	— 6·80	— 4·25	„	23·70	8·16	1·33	16°	2·80	4·03	0·17005	9°39′

Die Rubriken 1 bis 5, 13 bis 17 sind während des Maststellens, 6 bis 12 und 18 nach Einlangen der Armaturen, 19 bis 24 beim Seilspannen auszufüllen. Die Spalten 11 und 12 dienen für etwaige spätere Durchhangskontrollen. In Rubrik 16 bedeutet „s" Symmetrieebene, „a s" außerhalb derselben.

Digitized by Google

Die Bestimmung von „K" und „d" erfolgt am besten in der Zeit des Maststellens, da das Instrument und Personal an Ort und Stelle vorhanden sind. Genau und gut sind Feldmittel und Instrumentenstandort zu verpflocken. Am besten mit zirka 10 cm starken Spindeln, deren Kopf angestrichen wird, in der Art, wie sie beim Ausstecken von Gleisachsen in Verwendung sind. Im Falle, daß das Instrument nicht in der Feldsymmetrieebene zur Aufstellung gelangen könnte, müßten die Seilebenenmitten vom Feldmittel aus ebenfalls durch Pflöcke markiert werden.

Die erhaltenen Maße werden in einer Tabelle für den späteren Gebrauch vorgemerkt.

2. Die Durchhangsmessung selbst.

Das Instrument wird aufgestellt, seine Höhe, sowie die Temperatur in Leitungshöhe gemessen, aus der vorerwähnten Tabelle die Werte für K und d_{1-6} entnommen (bei 6 Phasen ergeben sich 6, bei 3 Phasen 3 Werte für d), aus der Durchhangstabelle die Größe „f" entnommen und es ergibt sich

$$g = K - f - i, \quad \operatorname{tg} \alpha_{1-6} = \frac{g}{d_{1-6}}.$$

Aus der Tangententafel ist dann der dazugehörige Wert α_{1-6} zu suchen.

Während der Rechnung geht der Gehilfe mit einem Fluchtstab zum Feldmittelpflock. Das Instrument wird auf den Pflocknagel eingerichtet, der Höhenwinkel α eingestellt und das Seil solange gespannt, bis die Seilunterseite durch das Fadenkreuzmittel geht.

Nur in dem Ausnahmsfalle, daß der Meßgerätstandort aus der Feldsymmetrieebene herausgerückt werden muß, ist es notwendig, das Instrument auf die erwähnten Phasenpflöcke zu orientieren. Der richtige Durchhang ist wieder dann erreicht, wenn die Seilunterseite durch den Mittelpunkt des Fadenkreuzes geht.

Betrachtet man das vorstehend beschriebene Verfahren kritisch, so kann eingewendet werden, daß, wie eingangs erwähnt, sämtliche Messungen optisch, das heißt, mit dem Instrumente ausgeführt, daher auch fehlerhaft sind. Es ist aber auch erwiesen, daß bei einigermaßen gewissenhafter Arbeit diese Ungenauigkeit sich auf ein Maß vermindert, das praktisch bedeutungslos ist, außerdem etwaige Distanzfehler nur in der Mitte des Spannfeldes in Rechnung kommen, wo sie wegen der Parabelform der Seilkurve einflußlos bleiben.

Je näher das Instrument beim Seil zur Aufstellung gelangt, desto genauer ist α, bedingt durch die Form der Tangentenkurve, bestimmbar. Eine Grenze ist durch den Erhöhungsbereich des Gerätes gesetzt.

Will man die Genauigkeit auf die Spitze treiben, so kann man in die erwähnte Tabelle noch die tatsächlichen Längen der Rollengehänge und der Ketten, statt wie gewöhnlich deren Mittelwerte, eintragen, um so die genauen Aufhänge- bzw. Klemmenhöhen zu erhalten.

Durch das obige Verfahren ist man vom Wetter bedeutend unabhängiger geworden, da das Seil in einer Entfernung von 10 bis 50 m fast immer zu sehen ist — ausgenommen den Fall besonders dichten Nebels —, während auf 200 m und mehr eine dunstige Luft das Arbeiten mit den Visierlatten bedeutend erschwert, leichter Nebel es verhindert.

Besonders **vorteilhaft** erweist sich die genannte Meßart bei Spannweiten, bei denen die Durchhänge größer als die Klemmenhöhen sind und bei der Durchhangkontrolle unter Spannung.

An Personal werden gebraucht: Der Streckeningenieur und ein Hilfsarbeiter, **während** zur Bedienung der Visierlatten außerdem noch ein Monteur und ein Hilfsarbeiter erforderlich sind. Durch den Gebrauch des Instruments werden daher die beiden letzteren erspart.

Umstehend ist ein Tabellenmuster angegeben.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Das Wasserkraftwerk am Coghinas im nördlichen Sardinien dient nach Dr. Walch zur Kraftgewinnung und zu Meloriationszwecken. Bei einer Mauerhöhe von 55 m, einem Mauerinhalte von 104 000 m³ werden 260 Mill. m³ gestaut. Die Staumauer wurde zuerst in aufgelöster Bauweise begonnen, dann aber nach den Erfahrungen mit der Glenosperre[1]) als Schwergewichtsmauer vollendet. Eine eiserne Rohrleitung führt das Kraftwasser durch die Mauer über einen mit Schieber abschließbaren Rohrkrümmer durch einen 60 m tiefen vertikalen Druckschacht dem unterirdisch, 50 m unter dem Gelände liegenden Kraftwerke zu, sodaß bei gefülltem Staubecken rund 100 m Gefälle zur Verfügung stehen. Die unterirdisch liegende Zentrale wurde gewählt, um eine lange Druckleitung zu vermeiden, sie bedingte aber die Ausführung eines 3·8 km langen Freispiegel-Unterwasserstollens. Die Erstellung der Zentrale erforderte 15 000 m³ Felsausbruch, wodurch 4 Maschinensätze untergebracht wurden, zwei Gleichstromaggregate mit je zwei 3000 kW Dynamos und zwei Drehstromaggregate von je 7500 kVA. Der Druckschacht von 3 m Lichtweite besitzt doppelte Eisenbetonauskleidung, deren äußere mit 2000 kg/cm² belastet ist, wenn der den Schacht umgebende Granit keine Spannungen übernimmt, und der Wasserdruck beim Schließen der Turbinen auf 13 at steigt. *β.*

(Deutsche Wasserwirtschaft, 21. Jahrg., Heft 10, 1926).

Das Wasserkraftwerk Eguzon an der Creuse besitzt nach L. Blin Desbleds eine Leistung von 75 000 PS und dient für die Kraftversorgung von Paris und für den Betrieb der Paris-Orléansbahn[1]). Der Eguzondamm ist 60 m hoch, an der Basis 52 m breit, 250 m lang. Die Luft- und wasserseitige Neigung beträgt 0·834 und 0·06, der Krümmungshalbmesser 246 m. Die Herstellung erforderte 200 000 m³ Beton bei 50 Mill. m³ Speicherinhalt. Der Damm ist mit Dilatationsfugen, Inspektionsgängen und einer Drainage ausgerüstet. Zwei Überfälle gestatten die Abfuhr des doppelten bisher beobachteten Hochwassers. In zwei 24 m hohen Wassertürmen erfolgt die Wasserentnahme für das Werk, das durch zwei 4·2 m weite Stahlrohrleitun-

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 150.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 747 u. Landkarte S. 748.

Digitized by Google

gen gespeist wird. Im 74 m langen, 14·7 m breiten Krafthause sind bereits 5, später 6 vertikale Spiralturbinen mit Umlenksaugrohren und unmittelbar gekuppelten Generatoren untergebracht. Jede Turbine leistet bei 54 m Gefälle und 24 m³/s 15 000 PS bei 250 U/min. Die Wirkungsgrade betragen bei 49·2 und 39·3 m Gefälle bei Vollast 80 und 84, bei Dreiviertellast 84 und 80·5, bei Halblast 79 und 73 vH. Jeder 12 500 kVA-Dreiphasengenerator ist für 10 500 V bei 500 U/min als Durchgangsdrehzahl gebaut mit Wirkungsgraden von 96·5 vH bei Vollast, 94·5 bei Halblast. Eine 3000 Ah-Akkummulatorenbatterie beliefert die Hilfsmaschinen des Werkes. Ein Außenlufttransformator von 3 × 7000 kVA erhöht die Spannung auf 150 kV, zwei 8333 kVA-Transformatoren auf 90 kV. Der Wirkungsgrad der Transformatoren beträgt 98 vH bei mehr als Halblast und $\cos \varphi > 0{\cdot}8$. Jeder Transformator wiegt 17 t, der Ölinhalt der 90 kV-Transformatoren beträgt je 7·3 t, jener des 150 kV-Transformators 13 t. Die 150 kV-Leitung führt zu den Kraftwerken Chaigny bei Orléans und Chevilly bei Paris, die 90 kV-Leitung zu 15 Unterwerken zwischen Eguzon und Paris. *β.*

(The Electrician, Bd. 47, Nr. 2521, 1926).

Neuere französische Wasserkraftwerke werden von A. Haegelen beschrieben.

Das Kraftwerk Beaumont-Monteux an der Mündung der Isère besitzt vertikalachsige Francisturbinen von je 5600 PS bei 107 U/min, 50 m³/s und 10·2 m Gefälle. Bei 11·3 m Gefälle steigt die Leistung auf 6400 PS. Das Leitrad der von Neyret-Beylier und Piccard-Pictet, Grenoble, konstruierten Turbine hat 36 Drehschaufeln; das Laufrad wiegt bei 4 m Durchmesser 12 t, es sitzt auf einer 400 mm Welle. Das Gewicht der umlaufenden Teile beträgt 150 t. Die unmittelbar gekuppelten, von der französischen Thomson-Houston Co. gelieferten 5720 kVA Generatoren von 5600 bis 6200 V besitzen bei 4·88 m Rotordurchmesser ein Schwungmoment von 600 000 kgm². Auf demselben sind 80 kW Erreger von 250 V aufgebaut. Die Spannung wird in je drei Einphasentransformatoren von je 3333 kW mit Dreieckschaltung im Nieder-, Sternschaltung im Hochspannungsteile auf 120 kV erhöht.

Das Kraftwerk Eget an der Neste in den Pyrenäen nützt eine Reihe natürlicher Seen aus, deren Wasser in einem 5·6 km langen Sammelkanal vereinigt wird, der in einem 300 m³ fassenden Ausgleichsbecken endigt, von dem sieben Rohrstränge von 560 mm Lichtweite, 1250 m Länge bei 750 m Gefälle je 675 l/s den Turbinen zuführen. Die Rohre sind bei 5 bis 31 mm Wandstärke für einen um 20 vH vergrößerten statischen Druck berechnet. Im 68 m langen, 26 m breiten, von einem 30 t Kran bestrichenen Maschinenhause sind sieben Haupt- und zwei Hilfsmaschinensätze aufgestellt. Die Hauptturbinen von 5000 PS, 2·2 m Strahlkreisdurchmesser, besitzen 30 Becher und Doppelregelung. Die Düsenaustrittsgeschwindigkeit beträgt 117 m/s, die Drehzahl 500 U/min. Die 280 mm Wellen sind über Schwungradkupplungen mit den 4375 kW 6000 V Generatoren von 50 Per/s verbunden, deren zwölfpolige Rotoren 1·76 m Durchmesser besitzen. Die 450 PS Hilfsturbinen von 900 U/min erzeugen 175 kW 125 V Gleichstrom für die Erregung und betreiben außerdem eine 60 kW-Dynamo für die Hilfsmaschinen. Die Spannung wird in zwei Gruppen von je drei Einphasentransformatoren von 4375 kW auf 120 kV bei gleicher Schaltung wie oben erhöht. Jeder Transformatorkasten mißt 1·7 × 2·8 m bei 4·8 m Höhe, und faßt je 12 400 l Öl, das durch Kühlschlangen gekühlt wird. Die Turbinen haben Wirkungsgrade von 84 vH bei Vollast, 81 vH bei Halblast, gegenüber den garantierten Werten von 79 und 78 vH.

Die Kraftwerke Sautet und Cordéac am mittleren Drac sind Sperrenwerke. Die 125 m hohe Bogenstaumauer Sautet hat bei 60 000 m³ Beton ein Speichervermögen von 130 Mill. m³, so daß sich bei einer Spiegeländerung von 40 m ein Nutzinhalt von 100 Mill. m³ ergibt, während die restlichen 30 Mill. m³ den Geschiebeablagerungen[1]) preisgegeben werden, die 200 000 bis 300 000 m³ jährlich betragen. Am Fuße dieser Sperre ist in 400 m Entfernung eine Gegensperre angeordnet. Die Spiegeldifferenz beider Sperren, sie schwankt zwischen 93 und 53 m, wird im Kraftwerke Sautet ausgenützt, während das Kraftwerk Cordéac von der unteren Sperre gespeist wird. Beide Kraftwerke ergeben bei 60 m³/s eine Leistung von 75 000 kW.

Das Kraftwerk Sept-Lacs in Font de France bei Grenoble nützt 800 l/s in zwei 4000 PS Maschinensätzen aus, indem einstrahlige Freistrahlturbinen von 1000 U/min mit je zwei Gleichstromdynamos gekuppelt sind. Ein 23 500 m³ fassendes Ausgleichsbecken unterhalb des Werkes sichert den Unterliegern eine Minimalwassermenge von 350 l/s. *β.*

(La Technique Moderne, 18. Jahrg., Nr. 18, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 158.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Erhöhung der Kesselleistung durch Umänderung des Feuerraumes im Fordsonwerk. Die im Jahre 1919 für 65 000 kW geplante Kraftanlage der Ford Motor Company erwies sich schon während des Baues als zu klein. Bevor noch Vergrößerungen gemacht werden konnten, war der Bedarf für eine 100 000 kW Anlage vorhanden. Da die Gebäude für vier Turbinen und acht Kessel bereits fertiggestellt waren, hätten Vergrößerungen der Baulichkeiten zu Komplikationen geführt. Es ist nun gelungen, im Maschinenhaus acht Turbinen zu je 30 000 kW unterzubringen, so daß die Maschinenleistung der Anlage jetzt 240 000 kW beträgt. Im Kesselhaus standen acht Kessel zu je 2400 m² Heizfläche, die bei einer Normalbelastung von 43 bis 50 kg/m² Dampf von 15·8 at ü und 293° C liefern sollten. Die Feuerung war für gleichzeitigen Betrieb mit Gichtgas und Kohlenstaub eingerichtet. Es gelang, durch Vergrößerung der Feuerräume die Normalleistung der Kessel zu verdoppeln. Diese Ladd-Steilrohrkessel haben vier Trommeln, von denen je eine Ober- und eine Untertrommel auf einer Seite der Symmetrieebene liegen. Ebenfalls symmetrisch sind auch die Kohlenstaubbrenner, zwölf auf jeder Seite, angeordnet. Unterhalb der Staubbrenner sind die Gasbrenner angebracht. Der Feuerraum ist für eine Brennleistung von 3270 kg Kohle in der Stunde berechnet und hat zwei wassergekühlte Seitenwände (Flossenrohre), Granulierrost und Strahlungsüberhitzer, dessen einzelne Rohre zwischen die Rohre der Kühlwände eingebaut sind. Seitenwände und Granulierrost bilden ein eigenes Kesselsystem, das vom Hauptkessel ganz unabhängig ist. Die Untertrommeln sind ebenfalls mit Kühlrohren geschützt, die aber in den Wasserumlauf des Hauptkessels eingebunden wurden. Der Strahlungsüberhitzer ist mit einem Berührungsüberhitzer in Serie geschaltet. Der Kessel besitzt Saugzug-, Unterwind- und Primärluftgebläse. Der zweiteilige Lufterhitzer (Plattentype) hat eine Heizfläche von 3500 m² und erwärmt die Sekundärluft auf 270° C, mit der dann noch die beiden anderen, nicht mit Wasserkühlung versehenen Wände gekühlt werden. Die Primärluft wird zum Teil aus der Sekundärluftleitung, zum Teil aus dem Raum entnommen und mit 90° C den Brennern zugeführt. Im Feuerraum wird stets ein Unterdruck von 2·5 mm WS gehalten. Der Zugverlust im Kessel erreicht bei Höchstlast 150 mm WS. Die Anlage ist auch mit Vollautomatik nach dem System Bailey ausgerüstet. Stip.

Betriebserfahrungen an der Kohlenstaubfeuerung im Kraftwerk Cahokia. E. Z. Clifford und E. H. Tenney, Cahokia[1]), die zweite große Anlage in Amerika (St. Louis), welche mit Kohlenstaubfeuerung ausgestattet wurde, ging Anfang 1924 in Betrieb. Das Werk ist für 145 000 kW gebaut und hatte im Februar 1926 bei einem durchschnittlichen monatlichen Belastungsfaktor von 0·59 (Ausnützungsfaktor 0·45, Betriebszeitfaktor 0·66) einen durchschnittlichen Wärmeverbrauch von 4200 WE je Netto-kWh. Derzeit wird die Anlage durch den Ausbau einer dritten Sektion mit zwei Turbosätzen à 50 000 kW und 8 Kesseln von je 1800 m² Heizfläche für 25 atü und 385° auf eine

[1]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1925, Seite 240.

Digitized by Google

Leistungsfähigkeit von 245 000 kW erweitert. Bei diesem Neubau hat man natürlich alle mit dem ersten Teil der Anlage gemachten Erfahrungen berücksichtigt.

Ursprünglich wurde ausschließlich minderwertige Kohle von 5500 Kal., 10 vH Feuchtigkeit, 5 vH Schwefel und 22 vH Asche verheizt, deren Schlacke bei 1100° schmilzt und rund 25 vH Eisen enthält. Von den ältesten Kesseln, die wassergekühlte Rückwände, Granulierrost und hohle, luftgekühlte Stirn- und Seitenwände haben, welche so schräg gestellt waren, daß sie gegen den Aschenfall zu etwas zusammenliefen, waren ständig einige wegen Ausmauerungsarbeiten außer Betrieb. Nach rund 2000 Betriebsstunden waren die Seitenwände und die Stirnwände von der herunterrinnenden Schlacke stark erodiert und mußten neu ausgemauert werden. Bei den nächsten Kesseln, die gebaut wurden, stellte man die Feuerraumwände so, daß sie gegen die Kesselrohre zu etwas zusammenliefen und erreichte eine Betriebsfähigkeit von 4000 Stunden. Die Höchstlast blieb aber so, wie bei den ältesten Kesseln, auf 33 kg/m² mit Rücksicht auf die Schamotteauskleidung beschränkt. Erst als man auch die Seitenwände mit Kühlrohren versah, konnte die maximale Leistung auf 44 kg/m² gesteigert werden. Als besonders wichtig für eine lange Lebensdauer dieser Kühlrohre erwies sich sorgfältig gereinigtes Wasser und guter Wasserumlauf, sowie aufmerksame Bedienung. Eine leichte Schlackenansammlung an den bestrahlten Rohren wächst sehr schnell. Reicht die Flamme zu weit in den Granulierrost, so ist dieser bald verschlackt. Die Rohre müssen häufig mit Druckluft abgeblasen werden, wobei man die Beobachtung machte, daß die vom Luftstrahl mitgerissene Flugasche die Wasserrohre angreift. Auch läßt sich beim Anfahren der Kessel infolge unvollständiger Verbrennung starke Rauchentwicklung nicht vermeiden. Die zuletzt aufgestellten Kessel haben Luftvorwärmer, die aber noch zu kurze Zeit im Betrieb sind, um sie beurteilen zu können. Jedenfalls wurde die maximale Kesselbeanspruchung durch sie auf 62 kg/m² Heizfläche erhöht. Große Schwierigkeiten bereiten die Staubschnecken bei den Brennern, weil sie sich häufig verstopfen. Auch die Kohlenstaubleitungen zeigen, besonders an den Krümmern, starke Abnützung; ebenso die Ventilatorflügel. Die Trommeltrockner, in denen die Kohle direkt mit den warmen Kesselabgasen in Berührung kommt, ließen schärfere Trocknung und größere Sicherheit gegen Entzündung wünschenswert erscheinen. Es wurden Maßnahmen getroffen, welche die ursprüngliche Feuchtigkeit der Kohle beim Verlassen der Trockner von 11 vH auf 8·5 vH herabsetzen. Durch Umänderung der Windleitung in den Mühlen konnte dieser Feuchtigkeitsgehalt noch auf 5 vH nach Verlassen der Mühlen vermindert werden. Statt der ursprünglich verwendeten Mühlentype für 6 t stündlich wurden die neueren für eine Leistungsfähigkeit von 15 bis 20 t/h bemessen. Die ältesten zwei Turbinen (jede 35 000 kW) haben je eine Anzapfung, während bei der dritten (35 000 kW) und vierten (40 000 kW) je drei Anzapfstellen vorgesehen sind, aus denen Dampf zur Speisewasservorwärmung entnommen wird. Der Abdampf der beiden Eigenbedarfturbinen wird ebenfalls zur Wasseraufbereitung verwendet.

Stip.

(Power, Bd. 24, Nr. 8, 1926.)

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Eine Erweiterung der Turbinentheorie bringt Prof. H. Baudisch, Wien, indem er bei Vollstrahlwasserturbinen beliebiger Bauart neben dem dynamischen auch einen statischen Rückgewinn[1]) berücksichtigt. Die bekannte Turbinenhauptgleichung lautet dann für den Sonderfall drallfreien Wasseraustrittes aus dem Laufrade

$$g\,\varepsilon\,H = c_1\,u_1\cos\alpha_1 + s\,(c_2^2 - c_3^2),$$

wobei s jenen Teil der im Saugrohr umgesetzten Energiemenge $\frac{c_2^2 - c_3^2}{2g}$ darstellt, welcher auf statischem Wege zurückgewonnen wird. In den Beziehungen

$$c_1\,u_1\cos\alpha_1 = g\,\varepsilon\,H_d, \quad s\,(c_2^2 - c_3^2) = g\,\varepsilon\,H_s$$

stellt H_d das dynamisch, H_s das statisch verarbeitete Gefälle dar, wobei

$$H = H_d + H_s.$$

Für den Grenzfall $s_{max} = 1$, also für rein statischen Rückgewinn ergibt sich

$$H_{s\,max} = \frac{c_2^2 - c_3^2}{g\,\varepsilon},$$

für den weiteren Grenzfall $H_{s\,max} = H$, also für rein statische Arbeitsübertragung ist neben $\alpha_1 = 90^0$

$$g\,\varepsilon\,H = c_2^2 - c_3^2.$$

Eine Einführung des Wirkungsgrades der Turbinenanlage

$$\varepsilon = 1 - \varrho - \frac{c_3^2}{2\,g\,H}$$

führt zur Beziehung

$$c_3 = \sqrt{g\,H\left(1 - \varrho + \frac{c_3^2}{2\,g\,H}\right)}.$$

Die erweiterte Turbinentheorie ist für die Berechnung der Propellerturbine von größter Bedeutung. $s < \frac{1}{2}$ entspricht einem allmählig erweiterten, $s > \frac{1}{2}$ einem Umlenksaugrohre. β.

(Die Wasserwirtschaft, 19. Jahrg., Heft 21, 1926.)

Über turbulente Strömungen in Röhren berichtet A. Pröll, Hannover. Die Lorenz'sche Betrachtung beruht einerseits darauf, daß das Druckgefälle $\frac{\partial p}{\partial z}$ in Richtung der Rohrachse durch

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\frac{w^2\,\gamma\,\lambda}{2\,g\,r_0} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

gegeben ist, wenn w die mittlere Strömungsgeschwindigkeit, γ das spezifische Gewicht, λ der Widerstandsbeiwert, g die Erdbeschleunigung und r_0 der Rohrhalbmesser ist. Unmittelbar am Rande ist die Randspannung τ_0 durch $\frac{\partial p}{\partial z} = -\frac{2\,\tau_0}{r_0}$ gegeben, wobei aber auch mit dem Reibungsbeiwerte μ_0 und der mit r veränderlichen Geschwindigkeit v

$$\tau_0 = -\mu_0\left(\frac{\partial v}{\partial r}\right)_{r=r_0}, \text{ somit } \frac{\partial p}{\partial z} = \frac{2\,\mu_0}{r_0}\left(\frac{\partial v}{\partial r}\right)_{r=r_0} \quad \ldots (2),$$

ist. Wird die Reynoldsche Zahl durch $R = \frac{w\,r_0\,\gamma}{g\,\mu_0}$ ausgedrückt, so ergibt sich

$$R\,\lambda = 4\,r_0\,\frac{\left(-\frac{\partial v}{\partial r}\right)_{r=r_0}}{w} \quad \ldots\ldots (3).$$

Die Lorenz'sche Betrachtung beruht andererseits darauf daß der Kern der Strömung sich so verhält, wie die Bewegung im ganzen Rohr bei sehr großem R, entsprechend der Gleichung

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\frac{\gamma}{2g}\,\frac{v_{max}^2}{r_0}\,\lambda_0 \quad \ldots\ldots (4),$$

wobei v_{max} die Kerngeschwindigkeit ist, und $\lambda_0 = \frac{1}{100}$ gesetzt werden kann. Eine Einführung in 2 ergibt

$$R\,\lambda_0 = 4\,r_0\,\frac{w\left(-\frac{\partial v}{\partial r}\right)_{r=r_0}}{v_{max}^2} \quad \ldots\ldots (5).$$

Eine Annahme spezieller Geschwindigkeitsgesetze, zum Beispiel der Beziehung $\left(\frac{\partial v}{\partial r}\right)_{r=r_0} = -\frac{v_0}{h}$ für die Grenzschicht von der Dicke h führt zur bekannten trapezförmigen Geschwindigkeitsverteilung im Rohre. Praktisch verwendbar ist auch der Ansatz von Mohorovčič

$$v = w\,\frac{m+2}{m}\left[1 - \left(\frac{r}{r_0}\right)^m\right] \quad \ldots\ldots (6),$$

in welchem m die Rolle eines Gradmessers der Turbulenz

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 289, 491; 1925, S. 262.

Digitized by Google

ist. Die Gleichungen (3) und (5) erhalten hiedurch die Form

$$R\lambda = 4(m+2), \quad R\lambda_0 = 4\frac{m^3}{m+2} \quad \ldots (7),$$

woraus für

m =	2	3	4	6	8	13·5	18	28	48	98
$R\lambda$ =	16	20	24	32	40	62	80	120	200	400
R =	400	720	1070	1800	2560	4700	6480	10500	18430	38300

gegenüber den Versuchswerten von Blasius

R =	1160	1200	1270	1500	2100	3500	5000	7700	17800	42600.

β.

(Zeitschrift für technische Physik, 7. Jahrg., Nr. 9, 1926.)

Maschinenelemente.

Lager für Turbinengeneratoren. Aus einer Übersicht, die H. de Pistoye über moderne Turbinenlager für Vertikalturbinen mit Schirmgeneratoren gibt, sind von Interesse die verschiedenen Abarten des Michell-Lagers.[1]) Bekanntlich besteht das Prinzip desselben darin, daß ein mit der vertikalen Welle fest verbundener Ring über wenig geneigt gestellte Segmente rotiert, wodurch das ständige Vorhandensein der Ölschicht und eine günstige Ölverteilung an der Lauffläche gewährleistet wird. Das Öl wird nämlich unter dem Einfluß der Pressung hier nicht verdrängt, wie im Falle parallel gestellter Laufflächen. Durch diese Einrichtung ist es gelungen, den Reibungskoeffizienten von 0·025 bis 0·035 auf 0·002 bis 0·008 zu drücken und die spezifische Belastung von 3 bis 4 kg/cm² auf 15 bis

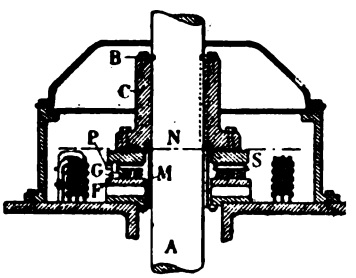


Abb. 1. Spurlager der G. E. C. für einen Drehstromgenerator von 10000 kVA, 55 U/min.

20 kg/cm² hinaufzusetzen. Will man jedoch eine gleichmäßige Lastverteilung auf die einzelnen Segmente nicht bloß allein der präzisen Werkstattarbeit anvertrauen, so sind Zwischenglieder einzuschalten, und zwar ordnet B.B.C. unterhalb der Segmente einen Kugelsatz, die G.E.C. Spiralfedern (Abb. 1) an. Letztere Ausführung wurde für ein stehendes Aggregat von 10000 kVA und

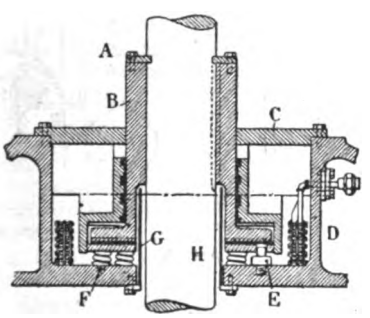
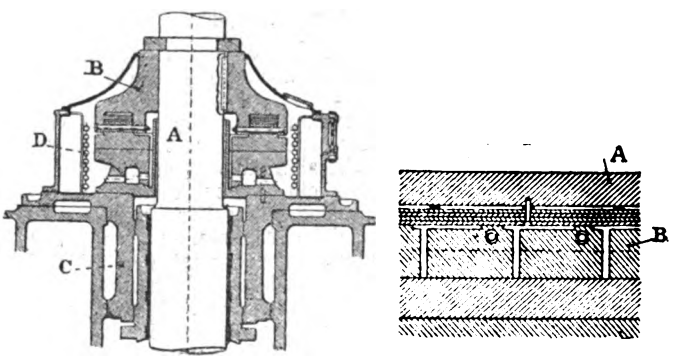


Abb. 2. Kombiniertes Spur- und Halslager der G. E. C.

55 U/min gewählt, wobei das Lager mit ungefähr 250 t belastet ist. 368 Spiralfedern von 50 mm Durchmesser, 38 mm Höhe und einer Drahtstärke von 12·5 mm tragen die Spurplatte *P* von 50 mm Dicke, 1·4 m äußerem und 0·7 m innerem Durchmesser. Die Platte enthält 6 Nuten, durch welche 6 Segmente gebildet sind, und ist durch 2 Stifte *G* an der Rotation gehindert. Durch einen Sägeschnitt, der durch eine der Nuten geführt ist, sind Deformationen, zum Beispiel infolge Wärmedehnungen, ausgeschlossen. Die obere Lauffläche *S* ist ebenfalls mit Nuten versehen, um durch Fliehkraftwirkung das Öl möglichst zu verteilen. Sie ist durch den mit der Welle *A* verkeilten und durch den Ring *B* an axialer Verschiebung gehinderten Teil *C* gezwungen, an der Bewegung teilzunehmen. Eine Manchette *M* verhindert ein Abfließen des Öls längs der Welle. Das in der Abb. 1 angedeutete wasserführende Rohrsystem bezweckt Rückkühlung des bis zum Niveau *N* reichenden Ölvolumens. Für kleinere Leistungen führt die G.E.C. ein kombiniertes Hals- und Spurlager nach Abb. 2 aus, bei welchem das durch die Nutung des umlaufenden Teiles angesaugte Öl durch die Schmiernuten des Halslagers aufsteigt, bis es nach Beendigung des Weges wieder in die Lagerschale zurückfällt. Hiebei ist wieder die Spurplatte auf Federn *F* gelagert und durch Stifte *E* gegen Mitnahme durch den rotierenden Teil *B* gesichert, der mit der Welle *H* verkeilt und durch *A* an einer Verschiebung in der Achsrichtung gehindert ist. Die Stulpe *G* erfüllt wieder den Zweck, ein Abfließen des Öles zu verwehren. Bei dem in Abb. 3 *a* und *b* dargestellten Spurlager der Ateliers de Vevey sind die Segmente *B* (Abb. 3 *a*) im beweglichen Teil, auf die durch ein leicht biegbares Zwischenglied und vermittels



a *b*

Abb. 3 *a* und *b*. Spurlager der Ateliers de Vevey.

des auf Welle *A* aufgekeilten Teiles *B* (Abb. 3 *a*, bezw. *A* in Abb. 3 *b*) die Last übertragen wird. Der feststehende Spurring ist an seiner Unterseite kugelförmig abgedreht, so daß eine gleichförmige Verteilung der Pressung auf die Segmente ermöglicht ist. St. Schw.

(Technique Moderne, Bd. 18, Nr. 21, 1926.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Die Erzeugung und Verwendung von Strömen variabler Frequenz. Wechselströme variabler Frequenz können durch Synchrongeneratoren oder Konverter, die mit variabler Drehzahl angetrieben werden, erzeugt werden. Günstiger wird dies jedoch, wie N. S. Japolsky und S. A. Preß darlegen, durch eine mit konstanter Drehzahl angetriebene, kompensierte mehrphasige Kollektormaschine, einen sogenannten Kommutatorgenerator erreicht, wobei aber eine eigene, Wechselstrom variabler Frequenz erzeugende Erregermaschine vorgesehen werden muß. Rotor und Stator des Generators besitzen außer einer eventuell vorhandenen Erregerwicklung je eine Wicklung, die so geschaltet sind, daß die magnetomotorischen Kräfte der beiden Wicklungen sich an jeder Stelle des Ankerumfanges aufheben. Dies kann dadurch erreicht werden, daß die unverkettet vorgesehene Statorwicklung einer Phase mit einem Ende an die eine der drei Rotorbürsten und mit dem andern Ende an eine ebenfalls unverkettet vorgesehene Phase des Verbrauchers geschaltet ist. Das zweite Ende der Verbraucherphase wird dann an die folgende Bürste geführt. In diesem Falle müssen Stator- und Rotorwicklung die gleiche Windungszahl (auf gleiche Formfaktoren reduziert) haben. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit einen

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1017.

Digitized by Google

verketteten Verbraucher anzuschließen, wobei die Statorwicklung mit $\frac{1}{\sqrt{3}}$ der Rotorwindungen in den verketteten Leiter geschaltet wird. Infolge der vollkommenen Kompensation der magnetisierenden Wirkung von Stator- und Rotorwicklung hat eine Erregerwicklung nur den für die Erregung notwendigen Strom zu führen und trägt auch diese einzig und allein zum Feld der Maschine bei. Die Erregerwicklung kann als gesonderte Wicklung entweder am Stator oder am Rotor (durch Schleifringe gespeist) vorgesehen werden. Einfacher ist es jedoch, entweder der Stator- oder der Rotorwicklung (dieser wieder durch Schleifringe) einen Erregerstrom von außen zuzuführen. Der mehrphasige Erregerstrom erzeugt ein Drehfeld, das gegenüber dem Raum oder dem Stator eine Drehzahl n_s besitzt. Gegenüber dem Rotor ist die Drehzahl des Feldes n_r während dieser selbst von einer Antriebsmaschine mit der konstanten Drehzahl n_0 angetrieben wird. Wenn die Drehzahlen in einer bestimmten Richtung positiv gezählt werden, so ist

$$n_s = n_0 + n_r.$$

Die in der Maschine induzierte Gesamtspannung ergibt sich als die arithmetische Differenz der im Stator und Rotor induzierten Spannungen. Sie ist daher, da beidemal das gleiche Feld wirksam ist,

$$E = k\,\Phi\,n_s - k\,\Phi\,n_r = k\,.\,\Phi\,.\,n_0.$$

Die Spannung des Generators ist demnach nur von der Größe des Feldes, jedoch nicht von der Periodenzahl abhängig.

Die zur Erregung notwendige Leistung ergibt sich darnach, wie die Größe der erzeugten Spannung mit der Änderung der Periodenzahl sich ändern soll. Soll als Verbraucher beispielsweise ein Asynchronmotor Verwendung finden, von dem bei allen Frequenzen oder Geschwindigkeiten das gleiche Kippmoment gefordert wird, so muß die Spannung proportional der Wurzel aus der Frequenz geändert werden. Bei Untersuchung der wichtigsten in Betracht kommenden Fälle zeigt sich, daß die Erregung vom Rotor aus immer eine weitaus kleinere Leistung benötigt und daher vorzuziehen ist. Bei dem genannten Beispiel beträgt sie 9·6 vH der Abgabeleistung unter der Voraussetzung, daß die Größe des Erregerstromes ungefähr 0·25 des Vollaststromes beträgt, was bei einer geringen Größe des Luftspaltes wie bei Asynchromotoren sicher zutreffend ist. Wenn die Erregerleistung zu groß ist, kann die Erregermaschine des Hauptgenerators (erste Erregermaschine) selbst als Kommutatorgenerator ausgeführt und von derselben Welle wie jener angetrieben werden. Sie wird dann erst ihrerseits von einer ganz kleinen zweiten Erregermaschine erregt, die mit veränderlicher Drehzahl läuft. Beträgt die Leistung des Hauptgenerators zum Beispiel 100 kVA, so braucht die zweite Erregermaschine höchstens 1 bis 2 kVA Leistung zu besitzen und kann daher sehr leicht in ihrer Drehzahl reguliert werden. (Dabei muß noch hinzugefügt werden, daß diese Leistung natürlich zum größten Teil wattlos ist. Der Ber.) Hervorzuheben ist, daß die vom Hauptgenerator erzeugten Ströme dieselbe Frequenz besitzen, wie die von der zweiten Erregermaschine, während die von der ersten Erregermaschine eine hievon abweichende haben.

Es ist durch die Verwendung von Strömen variabler Frequenz möglich, bei Induktionsmotoren eine kontinuierliche und wirtschaftliche Geschwindigkeitsregelung zu erreichen. Als Anwendungsbeispiele sind hier thermoelektrische Lokomotiven[1]) und Schiffsantriebe zu nennen, wobei als einer der hauptsächlichsten Vorteile die einfache Bauart der Antriebsmotoren (Kurzschlußläufer) anzugeben ist. Das Schema einer solchen Einrichtung ist aus Abb. 4 zu ersehen. Zur Erzielung eines bestimmten Verhältnisses zwischen Frequenz und Spannung entsprechend dem Arbeitscharakter kann der angedeutete Regler Verwendung finden.

[1]) Siehe über diese spezielle Anwendung auch: M. P. Kostenko, Elektritschestwo 1925, Heft 7; vgl. a. ETZ 1926, S. 860.

Ein zweites Anwendungsgebiet ist die synchrone Bewegungsübertragung. Der Verbraucher ist dabei ein Synchronmotor, der die Drehbewegung der Erregermaschine genau nachmacht (Abb. 5). Wird eine zweite Erregermaschine benützt, so kann diese in vielen Fällen von Hand aus gedreht werden. Sie ist also dann nur ein leichter Apparat, der Manipulator genannt sei. Steht der Manipulator still, so erzeugt er nach Abb. 5 Gleichstrom und demgemäß der Hauptgenerator ebenfalls Gleichstrom, während beim Drehen des ersteren Wechselstrom von entsprechender Periodenzahl erzeugt wird. Diese synchrone Bewegungsübertragung, bei der

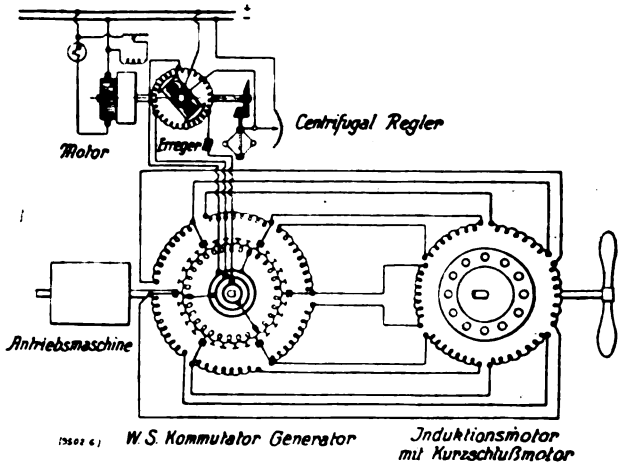


Abb. 4.

(als Charakteristikum) die steuernde Maschine nur eine ganz geringe Leistung benötigt, ist besonders für die Bewegung von Geschütztürmen, Schiffssteuer, Hebezeuge und ähnliche Anwendungen geeignet.

Eine besondere Verwendung erfahren die Ströme veränderlicher Frequenz bei Maschinen mit hin- und hergehender Arbeitsbewegung. Als Beispiele sind hiefür Maschinenhämmer, Stanzen, Gesteinsbohrer usw. zu nennen. Die Bewegung wird von einem wandernden Magnetfeld erzeugt, das durch mehrphasige Ströme hervorgerufen wird (sogenanntes magnetofugales Feld, eine Bezeichnung, die auch für die entsprechenden Ma-

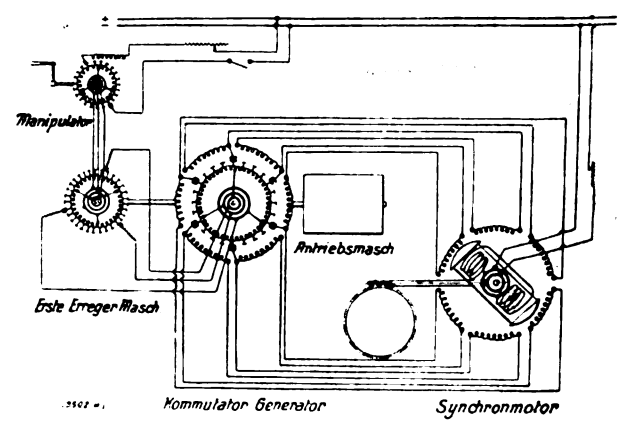


Abb. 5.

schinen Verwendung findet). Es werden zwei Magnetsysteme vorgesehen, die längs einer Geraden ausgestreckt und parallel angeordnet sind. In dem Zwischenraum bewegt sich, auf geeignete Weise geführt, der Läufer, der eine Kurzschlußwicklung trägt. Für Erzeugung einer hin- und hergehenden Bewegung, bei der der Läufer rasch in der einen und dann in der anderen Richtung beschleunigt werden soll, sind nun Wechselströme von variabler Frequenz besonders geeignet im Gegensatz zu normalen Wechselströmen mit konstanter Frequenz, wie auch die bereits vielfach mit letzteren unternommenen Versuche, wie zum Beispiel der Hammer von

Digitized by Google

Trombetta, sich nicht durchzusetzen vermochten. Bei Verwendung konstanter Frequenz können nämlich auf den Kurzschlußankerläufer bei Beginn der Bewegung wegen der großen Schlüpfung nur verhältnismäßig geringe Kräfte ausgeübt werden, während die Verluste in ihm groß sind. Bei linearer Steigerung der Frequenz von 0 bis zum Maximum jedoch kann die Schlüpfung fast immer konstant klein gehalten werden. Es ist infolgedessen auch möglich, den Eisenkern, wie aus Festigkeitsgründen erwünscht, massiv auszuführen. Es läßt sich nachrechnen, daß die Verluste bei Betrieb mit variabler Frequenz nur 1·3 vH derjenigen bei konstanter Frequenz für denselben bestimmten Fall betragen. Ein auf diesem Prinzip beruhender Hammer kann einfachwirkend (Hub magnetisch, Fall durch Schwerkraft) oder doppelt wirkend betrieben werden (wobei also das magnetische Feld die Schwerkraft unterstützt). In letzterem Falle ist eine sehr feine Regelung der Schlagstärke möglich, da der Läufer bei Überschreitung der Geschwindigkeit des Magnetfeldes automatisch gebremst wird. Der Manipulator kann bei kleineren Leistungen durch einen Handgriff gedreht werden, bei größeren etwa aus einem kleinen Einankerumformer bestehen, der von Gleichstrom gespeist wird und durch Bürstenverschie-

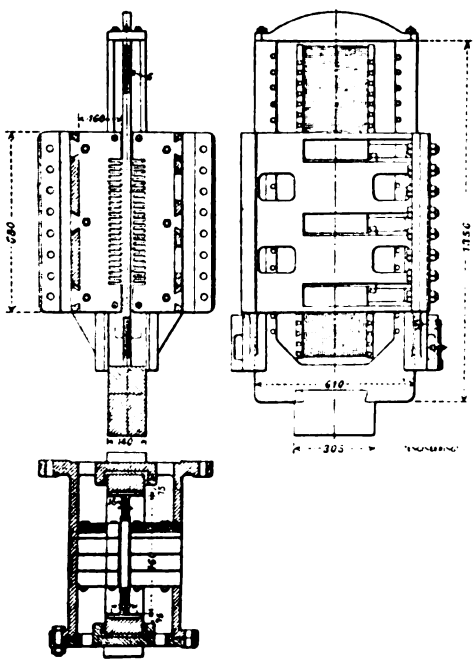


Abb. 6.

bung geregelt und reversiert werden kann. Es ist auch eine automatische Regelung auf eine konstante Schlagzahl möglich. Der Wirkungsgrad einer solchen Anlage ist weitaus höher (mindestens 50 vH Gesamtwirkungsgrad) als der eines sonst üblichen Dampfhammers (praktisch etwa nur 1 vH).

Die angeführte Erzeugung, sowie die Verwendungsarten von Wechselströmen variabler Frequenz wurden durch eine Probeausführung in London praktisch überprüft, was ein durchaus befriedigendes Resultat ergab. Auch eine magnetofugale Maschine wurde in Form eines Schmiedehammers gebaut. Abb. 6 zeigt das Magnetsystem. Das Gewicht des Bärs beträgt 400 kg, der max. Hub 500 mm und die Höhe der Maschine über Boden 2·5 m. Auf den Läufer kann eine magnetische Kraft bis 1000 kg in beiden Richtungen ausgeübt werden. Die Zahl der Schläge konnte bis auf 60 in der Minute gesteigert werden. B. G.

(Engineering, Bd. 122, Nr. 3156, 58, 60, 1926.)

Die größten Turbogeneratoren für 3000 U/min. Im letzten Jahr ist man im Bau von Turbosätzen bis zu Generatorleistungen von 40 000 kVA bei 3000 U/min gegangen. Bei Verwendung des für diese Zwecke nötigen, hochwertigsten Materials liegt die Grenze zulässiger Umfangsgeschwindigkeit des Läufers bereits bei 140 m/s. Die ungünstigen Erfahrungen mit Luftfiltern, Schwitzen und Verschmutzen der Maschine im Inneren, haben zur Anwendung von Luftrückkühlern mit geschlossenem Luftkreislauf und damit erhöhter Betriebssicherheit geführt. Eine Bevorzugung der zweipoligen gegenüber der vierpoligen Type ist nach Ansicht von L. Kropff einerseits in dem 20 prozentigen niedereren Anlagekapital begründet, andererseits in einem geringeren Raumbedarf und Gewicht, so daß der Stator ungeteilt verladen werden kann, ferner in dem kleineren Dampfverbrauch wegen der höheren Güteziffer im Betrieb von 3000 tourigen Turbinen. Weiters ist der halb so große Laufraddurchmesser bei Anschluß an Hochdruckanlagen von 30 bis 40 at von Vorteil.

Der Verfasser beschreibt sodann die Konstruktion einer 32 000 kVA-Type der SSW. Der Eisenkörper des Läufers ist mit der Welle aus bestem Cr-Ni-Stahl von einer Bruchfestigkeit gleich 70 und einer Streckgrenze von 53 kg/mm² in einem Stück geschmiedet und hierauf sorgfältiger Vergütung, besonders an Stellen stärkster Beanspruchung, unterzogen. Bei einer Erhöhung der Drehzahl um 25 vH überschreiten die Banspruchungen ²/₃ der Streckgrenze nicht. Die mit Mikanit umkleidete Erregerwicklung wird in die gehobelten Nuten eingepreßt. Eine Sicherung der Wickelköpfe gegen die Fliehkraft geschieht durch nahtlose Kappen aus legiertem, unmagnetischem Sonderstahl, die auf den Läuferkörper aufgeschrumpft werden. Diese bieten auch bei unsymmetrischer und einphasiger Belastung, sowie bei einphasigen Kurzschlüssen volle Sicherheit zum Unterschied von einer Umspannung der Wickelköpfe mit Stahldraht. Die aus legiertem, besonders vergütetem Stahl aufgebauten Lüfter fördern 32 m³/s und werden vor Einbau einer Prüfung mit 3900 U/min unterworfen. Die Schleifringe aus Stahl sind auf einer eigenen Stahlbuchse aufgezogen. Die durch Öffnungen des Kappenträgers eintretende Luft umspült die Wickelköpfe und tritt durch die Lüftungslöcher der Kappen zum Teil wieder aus, zum Teil durchstreicht sie in axialen Kanälen den Läuferkörper, um diesen in radialen Schlitzen zu verlassen. Dem Ständer wird die Kühlluft von beiden Seiten axial und in der Mitte vom Rücken aus radial zugeführt. Außer den Radialschlitzen ist über jeder der (halb geschlossenen) Nuten ein Lüftungskanal in der Achsrichtung angeordnet, so daß alle Bleche mit der Luft in Berührung kommen und die Wärme am Sitz ihrer Entstehung nur durch Luftströmung abgeführt wird. Zum Aufbau des Ständers gelangen einseitig mit Papier beklebte, verlustarme Bleche zur Verwendung. Druckfinger und Bolzen zum Pressen der Blechpakete sind, wie die Läuferkappen, aus unmagnetischem Stahl, so daß das Streufeld und die zusätzlichen Verluste gering gehalten sind, zumal hauptsächlich örtlich begrenzte Verluste vermieden werden sollen. Zur Verringerung der Zusatzverluste werden ferner unterteilte Stäbe zur Wicklung verwendet und durch Kupferbügel verbunden, deren Laschen an die Stäbe genietet und gelötet werden. Der Generator ist kurzschlußsicher gebaut, so daß eine Sicherheitsdrosselspule entfallen kann. Bei 15 vH innerer Streuung ergab sich bei der oszillographischen Aufnahme ein Stoßkurzschlußstrom vom 10·5 fachen Wert des normalen Maschinenstromes, wobei zu beachten ist, daß im Betrieb infolge der dämpfenden Wirkung von angeschlossenen Transformatoren und längeren Leitungsteilen diese Stärke gewiß nicht auftritt. Ständer und Läufer haben ein Gewicht von 80 t. Bei $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ beträgt die Erregerleistung 80 kW, der gemessene Wirkungsgrad bei Vollast und $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ 95·8 vH. St. Schw.

(Siemens-Zeitschrift, 6. Jahrg., Heft 9, 1926.)

Über die Stabilität von Wechselstromgeneratoren. O. E. Shirley befaßt sich mit dem Einfluß der Art und Größe der Belastung auf die Stabilität von normalen listenmäßigen Synchrongeneratoren mit induktiver Last, bei welchen die Übertragungsleitung für die Untersuchung nicht wesentlich ins Gewicht fällt. Es wird festgestellt, daß die Stabilität abhängig ist von der Sättigung, der Art und Größe der Belastung, dem

Digitized by Google

Leistungsfaktor derselben und dem Kurzschlußverhältnis, das ist das Verhältnis von Rotorstrom für den Leerlauf zu Rotorstrom bei Kurzschluß, wenn im Kurzschluß der normale Laststrom fließt. Im Falle einer konstanten Belastung, zum Beispiel durch Asynchron- bezw. Synchronmotoren mit fest eingestellter Erregung für Ventilatoren-, Pumpenantriebe oder ähnlichem, wird festgestellt, daß bei Änderung der Klemmenspannung die jeweils nötige Generatorerregung ein Minimum besitzt, bei welchem eine geringe Laststeigerung und damit eine Verminderung der Klemmenspannung genügt, um ein Außertrittfallen zu bewirken; dieser verminderten Spannung müßte eben wieder eine größere Generatorerregung entsprechen. Die Spannung bei dieser minimalen Erregung stimmt überein mit der Spannung, die maximaler Last entspricht, wenn man Last in Abhängigkeit der Spannungsänderung bei konstanter Erregung, und zwar der für den Betriebspunkt, darstellt. Zeichnet man nun nacheinander für verschiedene, konstant gehaltene Leistungsfaktoren diese Kurvenscharen Last in Abhängigkeit der Spannungsänderung bei konstanter Felderregung, ausgehend von 80, 100, 120 vH usw. der Vollast bei Betriebsspannung, so kann gezeigt werden, daß die Verbindungslinie der Spannungen maximaler Leistung auch eindeutig durch die Abhängigkeit des Kurzschlußverhältnisses *KSV* als Funktion des Sättigungsgrades *S* für ein bestimmtes cos φ dargestellt werden kann. Hiebei ist als Sättigungsgrad *S* nach den Regeln des A. I. E. E. das Verhältnis einer beliebig klein gewählten Vergrößerung des Magnetisierungsstromes zu der dadurch erzielten Spannungserhöhung definiert, und zwar wenn nicht anders angegeben, im Leerlauf bei Nennspannung und Nenndrehzahl. Mit Rücksicht auf Schwankungen in der Last, des Einflusses der Leitung und der anderen angeschlossenen Apparate wird es vorteilhaft sein, nicht die Verbindungslinie der Spannungen maximaler Leistung selbst, sondern eine Linie der um einen bestimmten Prozentsatz, zum Beispiel 15 vH, höher gesetzten Spannungen als Sicherheitsgrenze zu wählen. Diese Beziehung, dargestellt als Abhängigkeit des *KSV* von *S*, gibt uns das minimal zulässige Kurzschlußverhältnis, mit Rücksicht auf einen stabilen Betrieb und kann angenähert nach folgender Formel bestimmt werden:

$$\text{Min } KSV = 1{\cdot}4\sqrt{\frac{\cos\varphi}{S}}.$$

Falls eine Belastung variabler Impedanz, zum Beispiel Synchronumformer mit angeschlossenen Seriemmotoren für den Bahnbetrieb, oder konstanter Impedanz, wie für Heizung, Beleuchtung oder ähnlichem, vorausgesetzt wird, vollzieht sich die Verminderung der Spannung gleichzeitig mit einer Abnahme des nötigen Magnetisierungsstromes, es besteht also kein Minimum, wie oben, und das *KSV* ist nicht mit Rücksicht auf die Stabilität zu wählen. St. Schw.

(Journal A. I. E. E., Bd. 45, Sept. 1926.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Der Kommandoraum der Zentrale Siebnen, der A.-G. Kraftwerk Wäggital, Zürich. Die Zentrale Siebnen, erbaut und betrieben von den Nordostschweizerischen Kraftwerken und dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, nützt die untere Gefällstufe der Wäggitaler-Aa aus und erreicht eine Turbinenleistung von 4 × 16 000 PS, während die zur gleichen Kraftwerksgruppe gehörende Zentrale Rempen in der oberen Gefällstufe 4 × 19 000 PS erzeugt[1]). Die Generatorenspannung beträgt 8800 V und die Netzspannung 50 bezw. 135 kV.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 393, 665.

Beim Eintritt in den Kommandosaal wendet sich unser Blick unwillkürlich über die mit Meßinstrumenten, Apparaten und Signallampen besetzten Saalwände und Pulte hinweg auf ein Fenster, durch das man in den Maschinensaal hinuntersieht, wo vier Maschinensätze aufgestellt sind. Über dem Fenster ist ein Tableau mit symbolisch dargestelltem Schaltungsschema angebracht. Dasselbe zeigt uns zum Beispiel, daß die Generatoren 1 und 2 die Unterzentrale Töss speisen, daß Generator 3 und 4 auf den Leitungsring der Stadt Zürich parallel mit dem Albularing arbeiten, daß Kraft nach Rathausen abgegeben werden kann und die vier Generatoren der Zentrale Rempen der oberen Gefällstufe ebenfalls an die Hauptsammelschienen angeschlossen werden können. Die jeweiligen Schalter- und Trennschalterpositionen werden durch beleuchtete Stellungsanzeiger vermerkt, zu welchem Zwecke Hunderte von Lämpchen mit den entsprechenden Rückmeldeleitungen hinter dem Tableau angeordnet sind. Das Fenster wird je durch ein Schalttafelfeld mit Wasserstandsfernmelder und weiter durch je eine Synchronisierschalttafel flankiert, welche letztere mit Synchronoskop und Doppelvoltmeter ausgerüstet und unten mit einer Öffnung für die Luftheizung des Kommandoraumes versehen ist.

In der Mitte vor dem Fenster steht das sechsfeldrige Generatorenpult, von welchem nur vier Felder ausgebaut sind, entsprechend vier Generatoren. Jedes Feld enthält seiner Bestimmung gemäß die zur Kontrolle und Bedienung des Generators erforderlichen Schaltapparate und Meßinstrumente. Die Ausrüstung eines Pultfeldes umfaßt an Meßinstrumenten: Ampere- und Voltmeter, sowie Wattmeter, ferner cos φ-Zeiger, Frequenzmesser, Erregeramperemeter, Temperaturfernmelder, an Apparaten: Magnetfeldumschalter, Einstellwiderstand, Nebenschlußregulierwiderstand, Kommandoschalter mit Signallampen für die Steuerung der Ölschalter, Tourenverstell-, Synchronisier- und Signalschalter, Schalter für die Kugelschieber, Spannungserreger-Umschalter.

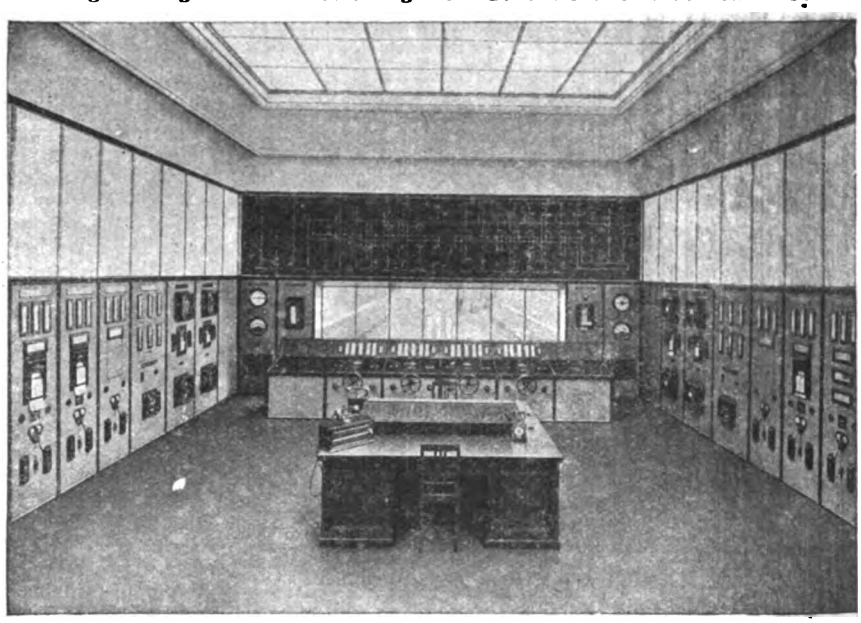


Abb. 7.

Seitlich ist der Kommandoraum durch 17 feldrige Nebentafeln begrenzt. Die der einen Seite dienen der Überwachung der Stromkreise der Nordostschweizerischen Kraftwerke, die der anderen Seite für das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich. Meßinstrumente und Apparate sind versenkt angebracht. Der Saal hat Oberlicht. Seine Wände sind oberhalb der Schalttafeln verglast. Auf diese Weise wird eine gleichmäßige diffuse Beleuchtung zwecks Verhinderung der Spiegelung auf den Instrumenten erreicht. Sämtliche Zähler sind in die rückseitigen Türen der Schalttafel eingebaut.

Der Kontrolle der abgehenden 150 kV-Leitungen

Digitized by Google

dient ein sechsteiliges Schaltpult. Jedes der drei ausgebauten Felder zeigt Ampere-, Volt- und Wattmeter, cos φ-Messer, Relais, Relaisschalter, Synchronisierschalter, Voltmeter-Umschalter und zwei Kommandoschalter. Im Hintergrund beidseitig von Zugängen flankiert, steht eine sechsfeldrige Nebentafel mit in den rückseitigen Türen eingebauten Zählern, vier Felder enthalten auf der Saalseite die Zeigerinstrumente für die ankommenden Leitungen der Zentrale Rempen, die zwei anderen sind Kupplungsfelder der Nordostschweizerischen Kraftwerke und des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich. In der Glaswand über dieser Schalttafel befindet sich die vom ganzen Saal aus sichtbare Uhr. Der Zutritt zum Kommandosaal erfolgt durch eine hinter der Mitte der soeben erwähnten Nebentafel liegenden Türe. Beidseitig derselben sind wiederum mehrfeldrige Schalttafeln angeordnet, welche der Kontrolle der zum Zentralbetrieb erforderlichen Eigenmotoren und Stromverbrauchern dienen.

Wie aus der Abbildung hervorgeht, befindet sich die eigentliche Kommandobrücke, das Pult des Schaltwärters, in der Mitte des Kommandoraumes, von wo aus es möglich ist, sämtliche Signale an den Pulten und Schaltwänden zu beobachten. Im Ruhezustand leuchtet keine Signallampe, sie leuchten nur bei automatischen Schaltungen und werden durch zwei Glocken sekundiert, die eine für den Teil der Nordostschweizerischen Kraftwerke und die andere für denjenigen des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich. Mit den verschiedenen Räumen der Zentrale selbst steht der Schaltwärter mittels Diensttelephon, mit der Direktion und der Außenwelt durch das Staatstelephon in Verbindung. Es liegt ihm die Pflicht ob, in gewissen Zeitabständen an den Instrumenten, sofern sie nicht selbst registrieren, Ablesungen zu machen und solche zu protokollieren. Er empfängt dazwischen telephonisch oder auch schriftlich Instruktionen über die Abschaltung oder Hinzuschaltung von Generatoren auf diese oder jene Sammelschiene. Zur gegebenen Zeit gibt er seine Befehle in den Hochspannungsraum. Die Ausführung des Befehles sieht er am Rückmeldetableau, hernach betätigt er in der Reihenfolge wie die Schaltanordnung bedingt, die verschiedenen Apparate, wie zum Beispiel den Synchronisierschalter oder Kommandoschalter für ferngesteuerte Ölschalter. Die Generatoren sind mit automatischer Strom- und Spannungsregulierung ausgerüstet. Alle Apparate der ganzen Schaltanlage sind vom Pult des Schaltwärters aus kontrollierbar. Die Befehle werden ihm von der Direktion aus erteilt, die sich nach der Stromnachfrage und der jeweiligen Verwendungsmöglichkeit richten.

Die Schaltpulte sind durch die aufklappbaren Pultdeckel sowie durch die verschließbaren Hintertüren leicht zugänglich. Trotz der großen Anzahl von Meß- und Signalleitungen kann man ihren Verlauf von Anschlußstelle zu Anschlußstelle genau verfolgen; jedes Leitungsende ist mit einer farbigen Endhülse versehen. Die Ausführung des Kommandosaales rührt von der Firma Carl Maier & Cie. in Schaffhausen her.

Ing. E. Furrer.

Installationstechnik.

Schaltkasten zum Schutze von Drehstrommotoren. G. Gut. Während einerseits die wirtschaftliche Ausnützung elektrischer Maschinen nur bei ihrer höchstzulässigen Belastung erreicht wird, kann deren Überschreitung, je nach Größe und Dauer eine rasche Zerstörung der Maschine zur Folge haben. Abb. 8 zeigt, wie rasch die Lebensdauer mit wachsender Wicklungstemperatur abnimmt[1]). Dennoch haben mäßige Überlastungen von kurzer Dauer noch keineswegs schädliche Folgen, so daß ein Abschalten des Motors nicht notwendig und in manchen stark schwankenden Betrieben gar nicht erwünscht ist. Die bekannten Schutzmittel, wie Schmelzsicherungen und elektromagnetisch ausgelöste Schalter erfüllen aber nicht diese Forderungen. Wie Abb. 9 zeigt, läßt die Sicherung Belastungsstöße in der Höhe des mehrfachen Nennstromes nicht zu, wiewohl solche noch nicht gefährlich sind, schaltet jedoch auch bei 1·4 bis 1·5facher Überlastung nicht ab, selbst wenn diese

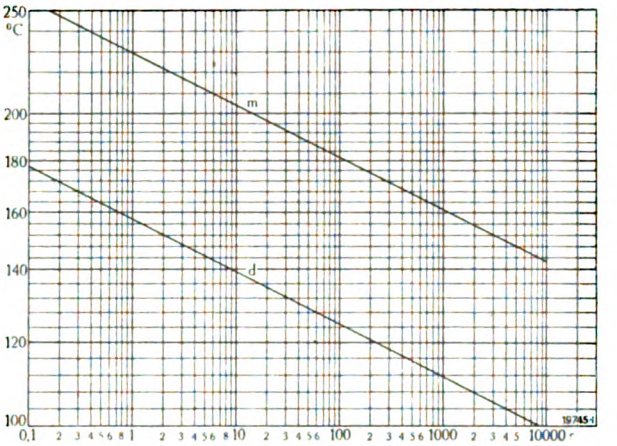


Abb. 8. Kurve der Lebensdauer elektrischer Maschinen in Abhängigkeit von der Temperatur des Wicklungskupfers.
m = Lebensdauer in Minuten
d = Lebensdauer in Tagen.

stundenlang andauert, obgleich diese Zeit hinreicht, um eine Wicklung zu zerstören. Auch die Wahl einer doppelt so starken Sicherung hilft nicht; zudem besteht

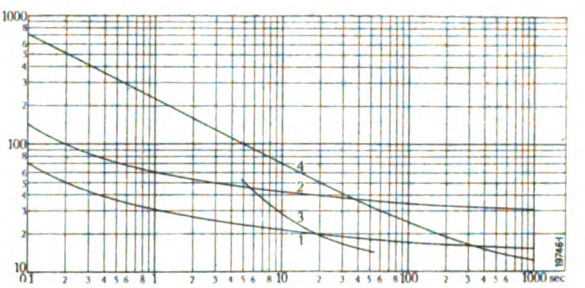


Abb. 9. Stromzeitkurven.
Kurve 1: Sicherung 10 A
Kurve 2: Sicherung 20 A
Kurve 3: Auslöser mit Luftdämpfung
Kurve 4: Motor.

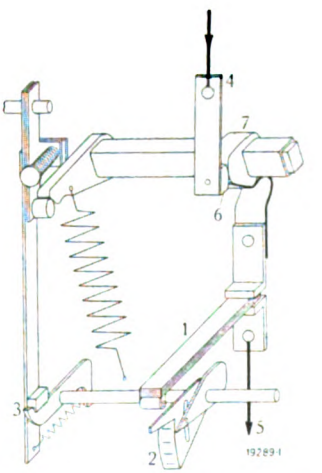


Abb. 10. Schema des BBC-Wärmeauslösers.
1: Wärmeauslöser
2: Einstellvorrichtung
3: Auslöseklinkwerk
4: Netzanschluß
5: Motoranschluß
6 u. 7: Kontakte.

immer die Möglichkeit, daß die Sicherung nur einpolig schmilzt und der Motor stark überlastet weiterläuft. Auch die elektromagnetisch wirkenden Schutzschalter zeigen die gleiche Empfindlichkeit gegen Strom-

[1]) Steinmetz und Lamme, Proc. A. I. E. E. 1913, Seite 115 und H. M. Hobart, Gen. El. Rev. 1917, Seite 291.

Digitized by Google

stöße, daher müssen beim Anlassen von Kurzschlußankermotoren besondere Kunstgriffe angewendet werden, um ein Auslösen durch den Anlaufstrom zu verhindern. Diese Unzukömmlichkeiten lassen sich vermeiden und ein einwandfreier Überlastungsschutz ist erzielbar, wenn die Auslösung von der Erreichung einer gewissen Temperatur eines im Schutzschalter eingebauten Teiles abhängig gemacht wird und die Temperaturschwankungen dieses Auslösers zu jenen des zu schützenden Motors in ein gewisses Verhältnis gesetzt werden. Eine genaue Angleichung ist nicht erforderlich, weil man durch diesen Verzicht eine allgemeinere Verwendbarkeit desselben Auslösers für Maschinen verschiedener Wärmekapazität erzielt. Ein so gebauter Schutzschalter paßt seine Wirkungsweise natürlich der jeweils herrschenden Raumtemperatur von selbst an, wenn er sich — wie meist der Fall — im gleichen Raum befindet wie der zu schützende Motor. Für einen nach diesen Grundsätzen gebauten Schaltkasten verwendet Brown-Boveri Bimetallblech als Auslöser. Dessen bekannte Eigenschaft, sich bei Temperaturerhöhung zu verbiegen, führt zur Entstehung nicht unbedeutender Kräfte, die über eine einfache mechanische Verklinkung (Abb. 10) das Auslösen des Schalters hervorrufen. Nach einigen Sekunden haben sich die Auslöser abgekühlt und der Schalter kann wieder eingelegt werden. Die ganze Vorrichtung ist in einen gußeisernen Kasten eingebaut, dessen Deckel derart verriegelt ist, daß es unmöglich ist, ihn in eingeschaltetem Zustande zu öffnen, oder in geöffnetem Zustande einzuschalten.

A. Fr.

(BBC-Mitteilungen, Heft 4, 1926.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Die Erhöhung der Fahrtsicherheit elektrisch betriebener Fördermaschinen und Schleifbremsen. Ing. F. Kuderna. Die Steuer- und Sicherheitsbremse der Österr. SSW wird für Bremsarbeiten bis 6000 kg/cm als Handsteuer- und Fallgewichtsbremse, für größere Bremsarbeiten als Motorsteuer- und Fallgewichtsbremse gebaut. Gewichtsbremsen eignen sich besonders als Sicherheitsbremsen, da das gehobene, durch eine Verklinkung festgehaltene Fallgewicht jederzeit entklinkt und

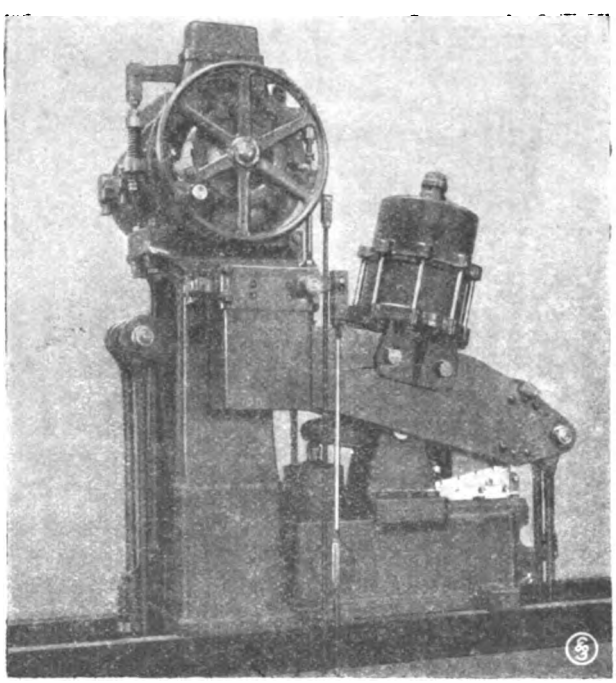


Abb. 11.

zum Herabfallen gebracht werden kann; eine solche Bremse gewöhnlicher Ausführung wirkt aber nicht stoß- und schwingungsfrei. Das herabfallende Gewicht hat zunächst nur die Bewegungswiderstände des Bremsgestänges zu überwinden und beschleunigt sich daher sehr rasch, bis sich die Bremsbacken an die Bremskränze angelegt haben. (Leergangsweg des Fallgewichtes). Hierauf werden unter elastischen Formänderungen des Bremsgestänges die Bremsbacken zusammengedrückt, wobei der Widerstand proportional dem Wege zunimmt (Dehnungsweg des Fallgewichtes). Dieser zweite Weg ist sehr kurz im Vergleich zum ersten und das Fallgewicht kommt daher unter Entwicklung eines Druckes, der infolge der lebendigen Kraft die Wirkung des ruhenden Fallgewichtes weit übersteigt, schlagartig zum Stillstand, um sogleich wieder durch die in Bremsgestänge und Bremsbacken aufgespeicherte Formänderungsarbeit, in die die Bewegungsarbeit des Fallgewichtes umgesetzt wurde, gehoben zu werden; es kommt zu Schwingungen um die dem ruhenden Gewichte entsprechende Gleichgewichtslage, die nur durch die im Bremsgestänge auftretenden Reibungsverluste gedämpft wird; eine solche Bremse ist bei höheren Anforderungen nicht brauchbar. Durch die Anbringung einer Dämpfung würde auch das Anlegen der Bremsbacken fast in demselben Verhältnisse verzögert werden wie die Höchstgeschwindigkeit des Gewichtes vermindert wird und die Bremse würde träge wirken. Auch eine solche Ausführung erfüllt nicht ihren Zweck. Will man erreichen, daß das Fallgewicht seinen Leergangsweg mit geringerer Geschwindigkeit durchläuft, ohne daß dadurch das Anlegen der Backen verzögert wird, so muß dieser Leergangsweg im Vergleich zum Dehnungsweg künstlich verkürzt werden; das kann dadurch geschehen, daß für den Leergangsweg ein kleineres Übersetzungsverhältnis zwischen Gewichtshebel und Bremsbacken eingeschaltet wird als für den Kraftschluß (Dehnungsweg). Da der Unterschied zwischen der zur Bewegung der Bremsbacken und der zum Andrücken der Bremsbacken nötigen Kraft sehr groß ist, kann auch der Unterschied zwischen den beiden Übersetzungsverhältnissen ziemlich groß gewählt werden, so daß eine solche Bremse bei gleicher Leistungsfähigkeit mit kleinerem Hub des Fallgewichtes, also mit Schnellschluß und trotzdem mit weit geringerem Verzögerungsstoß wirkt; die Änderung des Übersetzungsverhältnisses kann zwangläufig von der Zunahme des Gestängewiderstandes beim Anlegen der Bremsbacken an den Bremskranz abgeleitet werden. Setzt überdies gleichzeitig mit der Änderung des Übersetzungsverhältnisses, also in dem Augenblick, in dem sich die Bremsbacken an die Bremskränze anlegen, eine allmählich wirkende kräftige Dämpfung ein, so lassen sich die schädlichen Stöße und Schwingungen vermeiden.

Nach diesen Grundsätzen ist die Fallgewichtssicherheitsbremse der Österr. SSW gebaut, die auch als Steuerbremse für Hand- oder Motorbetätigung dient. Die Schließzeit dieser Fallgewichtsbremse beträgt etwa 0·15 sec. Als Handsteuer- und Sicherheitsbremse kann sie infolge der Anwendung des Übersetzungsverhältniswechsels für eine weit größere Bremsarbeit gebaut werden als eine gewöhnliche Handbremse, da der Handhebel genau so wie der Gewichtshebel der Fallgewichtsbremse bei derselben Bremsarbeit einen kleineren Weg zurücklegen muß oder bei gleichem Weg etwas mehr als die doppelte Bremsarbeit leistet. Für die Handbremse in der neuen Schnellschlußbauart ist es als weiterer Vorteil zu werten, daß ein weit größerer Teil des Hebelausschlages für Regelung des Bremsdruckes zur Verfügung steht.

Für die Motorbremse (Abb. 11) gilt grundsätzlich dasselbe wie für die Handsteuer- und Sicherheitsbremse, da der Motor ebenso wie das Fallgewicht mit einer bestimmten Kraft wirkt; nur kann diese Kraft hier durch das Bremssteuergerät von 0 bis auf den höchsten Wert stetig geregelt werden. Das Aufwinden des Fallgewichtes erfolgt betriebsmäßig durch den Bremsmotor, der sich hinter dem großen Handrad der Hilfshandwinde befindet. Die Änderung des Übersetzungsverhältnisses wird durch den auf der Abbildung deutlich sichtbaren Keil erreicht, der in Abhängigkeit vom Bremsweg unter den oberen Keil geschoben wird. Der auf dem Bremshebel angeordnete Dämpfungszylinder hat eine verstellbare Ausblaseöffnung, um die Dämpfung den Betriebsverhältnissen genau anpassen zu können. An dem

Digitized by Google

linken sichtbaren Bolzen hängt das Fallgewicht, an dem rechten Bolzen ist das Bremsgestänge anzuschließen. Die größte bisher ausgeführte SS-Motorbremse ist für 135 000 kg/cm Bremsarbeit gebaut. Als Ergänzung der SS-Schnellschlußbremse dient eine selbsttätige Bremsbackennachstellvorrichtung, durch die das Verhältnis Leergangsweg : Dehnungsweg auch bei starkem Bremsbackenverschleiß ungeändert bleibt. Schön.

(Elektrizität im Bergbau, Bd. 1, Heft 6, 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Nutzbremsung bei Gleichstromlokomotiven. A. Bredenberg jr. gibt eine Übersicht über die Methoden zur Nutzbremsung bei Gleichstromlokomotiven nach Aufzählung der bekannten Vorteile dieser Bremsart, denen jedoch wieder die zusätzlichen Einrichtungen hiefür entgegenstehen. Um eine Nutzbremsung, bei Gleichstromserienmotoren, den normalen Bahnmotoren bei Gleichstrom, erreichen zu können, ist es notwendig, die Motoren auf geeignete Weise fremd zu erregen. Die hiebei möglichen Schaltungen lassen sich (wenn man von der reinen Nebenschlußerregung absieht, Anm. d. Ber.) in zwei Gruppen teilen.

Bei der ersten Gruppe wird zur Erregung der Motorfelder ein eigener Generator benützt, der meist von einem an der Fahrdrahtspannung liegenden Motor angetrieben wird. Die wegen der Spannungsschwankungen in der Fahrdrahtleitung notwendige Elastizität des Systems kann durch eine vom Nutzbremsstrom durchflossene Gegenkompoundwicklung an der Erregermaschine, durch die vom Nutzbremsstrom im Erregeranker hervorgerufene Rückwirkung und den Spannungsabfall in diesem oder durch einen vom Nutzbrems- und Erregerstrom in gleicher Richtung durchflossenen Widerstand, den sogenannten Beruhigungswiderstand, erreicht werden. Es können auch mehrere dieser Mittel gleichzeitig angewendet werden Beispiele unter den von der General Electric Company gebauten Lokomotiven mit Einrichtungen dieser Art sind die Güterzugslokomotiven der Chicago, Milwaukee and St. Paul Railway sowie die Lokomotiven der Mexikanischen Staatsbahn. Der Einfachheit halber kann die Erregermaschine auch von einer Laufachse (vorausgesetzt, daß so eine vorhanden ist) angetrieben werden. Hiedurch wird die Charakteristik starrer, was aus elektrischen Gründen weniger erwünscht, aus mechanischen Gründen und wegen des Fahrplanes jedoch günstig ist. Überhaupt muß ganz allgemein bei Nutzbremseinrichtungen mit Gleichstromreihenschlußmotoren zwischen der elektrischen Forderung nach elastischer und der mechanischen nach starrer Charakteristik ein Kompromiß geschlossen werden.

Bei der zweiten Schaltungsgruppe wird ein oder mehrere Triebmotoren so geschaltet, daß sie die Erregung der übrigen liefern. Ein elastisches Verhalten gegen plötzliche Spannungsstöße läßt sich im Prinzip mit den gleichen Mitteln wie oben erreichen. Nur fällt die Gegenkompoundwicklung aus praktischen Gründen weg. Die G. E. C. hat Nutzbremseinrichtungen von dieser Gruppe bei den getriebelosen Personenlokomotiven der Chicago, Milwaukee und St. Paul Railway, bei den Lokomotiven der Paulistabahn in Brasilien sowie der Spanischen Nordbahn gebaut. Bei den zwei letzten Lokomotivtypen wurde zur Ersparung zusätzlicher Einrichtungen ein Teil der Anfahrwiderstände beim Bremsen als Beruhigungs- und Erregerwiderstand benützt.

Ein Vergleich der beiden Gruppen von Schaltungsarten ergibt, daß bei Verwendung einer gesonderten Erregermaschine mehrere Geschwindigkeitsgruppen der Bremsung durch Serien-, Parallel- und eventuell Serienparallelschaltung möglich sind. Wird dagegen ein Triebmotor als Erregermaschine benützt, so ist im allgemeinen nur Serienschaltung der restlichen Motoren möglich und daher nur eine Geschwindigkeitsgruppe für das Bremsen vorhanden. Diese liegt jedoch etwas höher als die entsprechende Seriengruppe bei gesonderter Erregermaschine, da ein Motor aus der Serienschaltung entfernt wurde. Die erreichbare Bremskraft bei einer und derselben Lokomotive ist bei Vorsehung einer gesonderten Erregermaschine größer, da der im anderen Falle die Erregung besorgende Triebmotor nur wenig gebremst wird. Die Erregung mit gesonderter Erregermaschine ist aus den beiden genannten Gründen vom Standpunkt des Bremsens aus vollkommener. Für die andere Gruppe spricht jedoch wieder die geringere Zahl zusätzlicher Einrichtungen. Auch muß erst eingehend an Hand der Betriebsverhältnisse untersucht werden, ob nicht die bei der zweiten Gruppe erzielbaren Bremsungen vollkommen genügen. So läßt sich eine vorteilhaftere Methode allgemein nicht angeben und muß erst von Fall zu Fall untersucht werden, wie denn überhaupt in jedem Fall genauestens untersucht werden muß, ob, wenn Nutzbremsung theoretisch überhaupt möglich ist (bei Neigungen über zirka 6 vH) diese insgesamt überhaupt einen Vorteil bietet. B. G.

(Journal A. I. E. E., Bd. 45, Nr. 7, Juli 1926.)

Schnellzugslokomotive mit Einzelachsantrieb Bauart Brown, Boveri & Cie. für Niederländisch Indien. E. Schröder. Im Jahre 1925 sind 120 km Einfachgleis der Staatsbahnstrecken auf Java in Betrieb gekommen, welche aus zwei Unterwerken mit Gleichstrom 1500 V versorgt werden. In jedem Unterwerk stehen zwei Umformer für 1500 kW, welche aus einem Wasserkraftwerk mit Drehstrom 70 kV, 50 Per/s, gespeist werden[1]). An Triebfahrzeugen wurden bisher bestellt: 15 Triebwagen und 7 Lokomotiven, von denen 2 Schnellzugslokomotiven an die A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden, vergeben wurden. Der mechanische Teil stammt aus der Schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur. Die Lokomotiven haben die Achsanordnung 1—4 A—1 und sind mit Einzelachsantrieb Bauart BBC[2]) ausgerüstet, der es ermöglicht die Breite zwischen den Rahmen ganz für die Motoren auszunützen. Die Hauptabmessungen sind:

Spurweite	1067 mm
Größte Geschwindigkeit	90 km/h
Dienstgewicht	69 t
Achsdruck einer Triebachse	13 t
„ „ Laufachse	9 t
Radstand insgesamt	8960 mm
„ fest	1800 „
„ der Drehgestelle	2000 „
Länge über Puffer	12530 „
Durchmesser der Triebräder	1500 „
„ „ Laufräder	777 „
Übersetzung	1 : 2·79
Kleinster Bogenhalbmesser	150 m
Betriebsspannung	1250—1350—1575 V
Stundenleistung bei 1350 V und vollem Feld	275 kW, bei 550 U/min 487 mkg
bei geschwächtem Feld	275 kW, bei 630 U/min 425 mkg
Dauerleistung bei 1350 V und vollem Feld	220 kW, bei 610 U/min 352 mkg
bei geschwächtem Feld	220 kW, bei 720 U/min 293 mkg.

Bei 6 vH Getriebeverlust zwischen Motorwelle und Radumfang ist die Lokomotivleistung:

Einstündig, bei vollem Feld	1410 PS bei 55·5 km/h 6900 kg Zugkraft
Dauernd, „ „ „	1130 PS bei 61·5 km/h 5000 kg Zugkraft.

Die beiden mittleren Triebachsen sind im Rahmen fest, die beiden äußeren mit den Laufachsen zu einem Drehgestell vereint, dessen Drehpunkt knapp hinter der Triebachse in einem Kugelgelenk liegt, das mit der Doppelachskiste der Triebachse ein Stück bildet. Der Hauptrahmen ruht auf dem Drehgestell in drei Punkten, und zwar mit einer zentralen Stütze mit einer Kugelpfanne auf dem Führungsstück der Laufachse und durch kugelig abgestützte Blattfedern auf den beiden Seiten der Doppelachskiste. Diese Anordnung ergibt

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 66.
[2]) Vgl. E. u. M. 1920, Seite 326.

Digitized by Google

einen kleineren Anschnittwinkel der Triebachse und damit eine bessere Kurvenlaufigkeit als ein Krauss-Helmholtzgestell und hat sich gut bewährt. Die Laufachse hat eine Federrückstellvorrichtung, die mit 1300 kg vorgespannt, bei der größten Abweichung von 2 × 70 mm 2900 kg Rückstellkraft ergibt. Das Zahnradgetriebe hat gefederte Ritzel nach Patent Winterthur. Der Lokomotivkasten besteht aus dem Mittelteil, das den Maschinenraum darstellt und den beiden Führerstandskasten und ist hiebei sowie bei dem Dach auf die durch den Transport bedingte Teilbarkeit Rücksicht genommen. Die Führerstände sowie die äußeren Teile des Maschinenraumes haben doppeltes Dach zwecks Lüftung. Der Mittelteil des Daches ist zur Aufnahme des daran hängend angeordneten Hauptschalters kräftig ausgebildet. Die Seitenwände enthalten Ventilationsöffnungen. Bis auf die Speicherbatterie und die Druckluft- und Vakuumbehälter ist die ganze elektrische Ausrüstung im Maschinenhaus untergebracht. Die Vakuumbremse wirkt auf sämtliche Trieb- und Laufachsen, die Handbremse nur auf die des eigenen Drehgestells. Die vier Triebmotoren sind sechspolig und für Fremdlüftung gebaut. Ohne Ritzel wiegt ein Motor 4055 kg. Je zwei sind ständig in Reihe, die beiden Gruppen in Reihe und parallel geschaltet. Der mechanisch betriebene Nockenkontroller hat neun Stellungen für Reihen- und sieben für Parallelschaltung, davon die letzte für Anzapfung der Feldspulen. Bei Vielfachfahren müssen beide Lokomotiven bemannt sein, doch kann die Vakuumbremse beider Lokomotiven auf Bedienung von einem Führerstand aus zusammengeschaltet werden. Die übrige Steuerung erfolgt elektrisch oder elektropneumatisch bis auf die Notausschaltung des Hauptschalters, die mechanisch erfolgt. Mit Rücksicht auf die langen Gefälle ist eine Widerstandsbremsung vorgesehen, bei der die vier Felder in Reihe fremd erregt und die Anker auf die Anfahrwiderstände kurzgeschlossen werden. Der Erregergenerator von 3 kW, 3 bis 15 V, 1500 U/min, wird aus der Hilfsbatterie erregt und die Bremswirkung durch einen Feldregler eingestellt. Die Dauerbremsleistung der durch die warme Abluft der Motoren gekühlten Widerstände beträgt 300 kW. Der Steuer- und Hilfsstrom wird einem Spannungsumformer entnommen, der aus einem am Fahrdraht liegenden Reihenschlußmotor und einem von einer angebauten Erregermaschine fremd erregten Generator besteht. Parallel hiezu liegt eine 32 V Batterie, Type Exide Ironclad, von 122 Ah fünfstündiger Kapazität. Der Spannungsumformer ist derart geschaltet, daß die erzeugte Gleichstromspannung bei allen Fahrdrahtspannungen und Belastungen nahezu konstant ist. Ein Laderelais besorgt die Zuschaltung des Generators zur Batterie, sobald dessen Spannung gleich der der Batterie geworden ist. Als Schutz gegen das Tropenklima sind alle Metallteile gestrichen oder wo sie blank bleiben mußten eingefettet, alle Schrauben feuerverzinkt. Lamellierte Eisenkerne wurden nach dem Trocknen mit Speziallack imprägniert und alle glimmerhaltigen Isolationen mit grauem Speziallack zweimal gestrichen. Wl.

(BBC Mitteilungen, Jahrg. 13, Heft 8 und 9, 1926.)

Telegraphie, Telephonie.

Voraussetzungen für den Parallelverlauf von Starkstromleitungen und Fernmeldelinien des Weitverkehrs. E. Brylinski hat bei der Internationalen Kommission für den Fernsprechweitverkehr (CCI)[1]) als Delegierter der „Internationalen Vereinigung der Hochspannungsnetze" an der Ausarbeitung der „Richtlinien" für obiges Gebiet mitgewirkt. Ein von ihm hierüber vor Vertretern der Starkstromtechnik in Grenoble gehaltener Vortrag (Juli 1925) gibt eine ausführliche Ableitung der in den Vorschlägen des CCI betreffend Fernsprechleitungen enthaltenen Formeln. Am Schluß sind alle wichtigen, vom CCI zur Beurteilung der Gefährdungs- bezw. Störungsgefahr bei Näherungen von Starkstrom- und Fernsprechleitungen entworfenen Vorschläge wörtlich angeführt. Der Autor fügt als Ergänzung die entsprechenden, für eindrähtige Telegraphenleitungen anzuwendenden Formeln hinzu, wofür das CCI nicht zuständig ist. Im Rahmen eines Referates lassen sich die umfangreichen Ableitungen der Formeln, mit deren Hilfe eine geplante Näherung auf ihre Zulässigkeit geprüft werden kann, nicht wiedergeben; eine große Anzahl von vereinfachenden Annahmen und Erfahrungswerten hat die der strengen Theorie entstammenden Ausdrücke übersichtlich und einfach gestaltet. Die „Richtlinien" des CCI und damit die vorliegende Arbeit beruhen zum größten Teil auf den entsprechenden „Leitsätzen"[1]) des VDE und deren Vorarbeiten.

A) Influenz.

Die Darlegungen Brylinskis bezüglich der durch Influenz bewirkten Betriebsstörungen in den Fernmeldeanlagen lassen sich im Endergebnis zu der umstehenden Übersicht zusammenfassen. Darin sind Formeln für die Influenzspannung bezw. den Influenzstrom und ferner Formeln für den Mindestabstand a_m bei gegebener Länge l_{km} der Näherung bezw. Formeln für den höchstzulässigen Betrag von l_{km} bei gegebenem a_m enthalten. Es bedeuten: E die Betriebsspannung der Starkstromleitung in V, b ihre Höhe in m, c die Höhe der FM-Leitung, ω die Kreisfrequenz, I_m den beim Telegraphenbetrieb höchstzulässigen Störstrom in A, R den Scheinwiderstand des Telegraphenapparates, σ die Schleifenbreite einer Fernsprechdoppelleitung in m. Bei gekreuzten Fernsprechleitungen ist für 1 statt der wirklichen die 1·5fache Länge des unausgeglichenen Abschnittes einzusetzen. Die Indizes 4 bezw. 5 bezw. 0 kennzeichnen die Leiter 4 und 5 der FM und die Erde.

In den Fällen I, III und Va besteht eine Gefährdungsmöglichkeit des Personals durch Knallgeräusch im Kopffernhörer als Folge einer beim Einschalten der Hochspannungsleitung entstehenden Influenzwanderwelle. Man entgeht dieser Gefahr durch Wahl eines Abstandes $a \geq {}^1/_3 \sqrt{E}$.

Im Falle Vb überwiegt die Gefährdung durch magnetische Induktion. Die Berührungsgefahr berechnet sich für den Fall der Näherung einer FM und einer im normalen Betrieb befindlichen, nullpunktgeerdeten Drehstromleitung aus der Beziehung

Gefahrstrom durch den Körper in $A = 1{\cdot}3 . 10^{-6} . \omega . l_{km} . U$,

worin U die effektive Influenzspannung in V und l_{km} die tatsächliche Länge der Näherung darstellen.

B) Magnetische Induktion.

Für Näherungen zwischen Fernsprechleitungen und Starkstromleitungen mit ständiger Erdrückleitung (Bahnen) wird eine empirische, praktisch noch weiter zu bestätigende Formel für den Mindestabstand

$$a_m > 0{\cdot}1\, I_A . l_{km}$$

angegeben, wenn eine Störung des Sprechverkehrs sicher vermieden werden soll. Die Gefährdungsmöglichkeit durch Knallgeräusch gilt als vermieden, wenn die Summe der Gefährdungskoeffizienten g für alle Näherungen bei Berechnung aus der Beziehung

$$g = \left(\frac{4 . 10^{-3}}{\sqrt{a}}\right) . I_K\, \omega\, l_{km}, \text{ gültig für } \begin{cases} a < 1000\ \text{m} \\ v < 60\ \text{Hertz} \end{cases}$$

unterhalb 300 bleibt. Der Klammerausdruck stellt eine (auf deutschen Messungen) beruhende Näherungsformel für die kilometrische Gegeninduktivität M in H/km zweier Einfachleitungen dar. Brylinski berichtet über Messungen von M, welche 1906 bei Lancey stattfanden und innerhalb der genannten Grenzen befriedigend mit der Berechnung aus dem Klammerausdruck übereinstimmen:

[1]) Comité Consultatif International des Communications Téléphoniques à grande distance, Paris. Vgl. E. u. M. 1925, S. 367, 938.

[1]) ETZ 1925, Seite 1126 u. 1526; Erläuterungen dazu: ETZ 1925, Seite 1761, Ableitung der Formeln: TFT 1926, Bd. XV, Seite 214.

Digitized by Google

Nr.	Art der Näherung	Influenzspannungen U in V bezw. Influenzströme I in A. Gemeinsamer Faktor: $N = \frac{E}{a^2+b^2+c^2}$	Freiheit von Störungen durch Influenz ist gewährleistet, wenn	
			a in m	l in km
I	Einphasige Leitung mit Rückstrom durch Erde; Fernsprech-Doppel-Leitung	$U_4 = U_5 = \frac{4}{17} b c N$ $I_{45} = 1{\cdot}3 \cdot 10^{-9} \omega l \sigma b N$	$\geqq \frac{1}{3}\sqrt{El}$ $[b = 10, \sigma = 0{\cdot}4]$	
II.	Einphasige Leitung mit Rückstrom durch Erde; Telegr.-Einzel-Leitung	$I_{40} = \frac{2}{13} \cdot 10^{-8} \omega l b c N$ $U_4 = R \cdot I_{40}$		$\leqq 6{\cdot}5 \cdot 10^9 \frac{a^2+b^2+c^2}{bc} \cdot \frac{I_m}{\omega E}$
III.	Einphasige Doppel-Leitung im Erdschluß; Fernsprech-Doppel-Leitung	$U_4 = U_5 = \frac{1}{5} b c N$ $I_{45} = 10^{-9} \omega l \sigma b N$	$\geqq \frac{1}{3}\sqrt{El}$ $[b = 10, \sigma = 0{\cdot}4]$	
IV.	Einphasige Doppel-Leitung im Erdschluß; Telegr.-Einzel-Leitung	$I_{40} = \frac{2}{17} \cdot 10^{-8} \omega l b c N$ $U_4 = R \cdot I_{40}$		$\leqq 8{\cdot}5 \cdot 10^9 \frac{a^2+b^2+c^2}{bc} \cdot \frac{I_m}{\omega E}$
V.	Dreiphasige Leitung im Erdschluß; Fernsprech-Doppel-Leitung; *a) NP* isoliert, *b) NP* geerdet	*a)* $U_4 = U_5 = \frac{1}{4} b c N$ $I_{45} = 1{\cdot}5 \cdot 10^{-9} \omega l \sigma b N$ *b)* $^1/_3$ der Werte *a)*	$\geqq \frac{1}{3}\sqrt{El}$ $[b = 10, \sigma = 0{\cdot}4]$ $\geqq \frac{1}{5}\sqrt{El}$	
VI.	Dreiphasige Leitung im Erdschluß; isolierte Telegr.-Einzel-Leitung; *a) NP* isoliert, *b) NP* geerdet	*a)* $I_{40} = \frac{1}{6} \cdot 10^{-8} \omega l b c N$ $U_4 = R \cdot I_{40}$ *b)* $^1/_3$ der Werte *a)*		$\leqq 6 \cdot 10^9 \frac{a^2+b^2+c^2}{bc} \cdot \frac{I_m}{\omega E}$ $\leqq 18 \cdot 10^9 \frac{a^2+b^2+c^2}{bc} \cdot \frac{I_m}{\omega E}$

Länge l, km	2·5	7·6	10·5
a mittel, m	8·2	477·7	4857
M gemessen, H/km	0·00086	0·000155	$0{\cdot}76 \cdot 10^{-6}$
M berechnet, „	0·0014	0·00019	$57 \cdot 10^{-6}$.

Der Verfasser hält die Übertragung der „Richtlinien" auf Fernsprechleitungen des Nahverkehrs für nicht angängig; bis zu Spannungen von 60 kV könnte man erfahrungsgemäß mit einfacheren Vorschriften ohne Schaden für die Fernsprechleitungen auskommen. Es dürften daher die „Richtlinien" nur für Leitungen mit Spannungen über etwa 60 kV bei isoliertem Transformatornullpunkt und für Leitungen mit Erdrückleitung bei Spannungen über 1 kV Gültigkeit erhalten. Es seien Vereinfachungen für die praktische Anwendung notwendig und man müsse außerdem neue Erfahrungen abwarten, bevor die zahlenmäßigen Angaben zu Vorschriften erhoben würden. Überhaupt sei es wünschenswert, daß Erfahrungswerte mehr zu Wort kämen.

Eine am Schluß wiedergegebene, beim CCI von starkstromtechnischer Seite[1]) abgegebene Erklärung enthält die Vorbehalte hinsichtlich des Anwendungsbereiches und der Härte der „Richtlinien", welche bereits dargelegt wurden. Sie weist darauf hin, daß in manchen Fällen selbst beim besten Willen die geforderten Abstandsbedingungen praktisch nicht erfüllt werden könnten (zum Beispiel in engen Tälern und bei elektrischen Bahnen), oder unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen würden. Eg.

(Rev. gén. Electr., Bd. XIX, Heft 24, 25, 1926.)

Patentbericht.

Sicherungseinrichtungen für Maschinen, Apparate und Leitungsnetze.

Es ist bekannt, Dreh- und Wechselfeldmaschinen vor den Folgen von innerhalb der Maschine auftretenden Fehlern, wie Windungs- und Gestellschluß dadurch zu schützen, daß im Gefahrfall das Erregerfeld selbsttätig vermindert oder ganz vernichtet wird, indem ein Spannungsverbraucher (Widerstand, Motor) in den Erregerkreis geschaltet wird. Gemäß einer Erfindung der S S W in Berlin wird für mehrere zu schützende Einheiten eine gemeinsame Entregungsvorrichtung verwendet, die selbsttätig in den Erregerkreis der jeweils fehlerhaften Maschine geschaltet wird. Es kann entweder ein sämtlichen zu schützenden Maschinen gemeinsamer Widerstand durch einen im Gefahrfalle selbsttätig wirkenden Schalter nur in den Erregerkreis der gefährdeten Maschine eingeschaltet werden oder ein gemeinsamer Entregungsmotor bereitgestellt werden, der, selbsttätig in den Erregerkreis der gefährdeten Maschine geschaltet, anläuft und deren Erregung vernichtet.

(Ö. P. Nr. 105276.)

In unter Öl gebetteten Apparaten entstehen bei Schaltungen und Störungen Zersetzungsgase, die mit dem Luftsauerstoff leicht entzündliche, explosive Gemische bilden. Außerdem wird noch Ruß gebildet, der nicht nur das Öl verunreinigt, sondern auch durch Vermischung mit Luft einen Überschlag zwischen den unter Spannung stehenden Teilen, die sich über Öl oder außerhalb des Apparates befinden begünstigt. Max Buchholz in Cassel schlägt zum Beheben dieses Übelstandes vor, eine stetige Be- und Entlüftung in dem über dem Ölspiegel befindlichen Raum hervorzurufen. Die stetige Luftströmung verhütet einerseits die Bildung von explosiblen Gasgemischen und entfernt andererseits den Ruß, der direkt ins Freie treten oder von einem Filter aus Watte, Spänen, Glaswolle, Asbest oder dergleichen aufgenommen werden kann. Die Dauerbelüftung erfolgt zum Beispiel in der Weise, daß ein Rohr vom Apparat über das Dach geführt und mit einer Windzugvorrichtung versehen oder an eine bestehende Ent- oder Belüftungseinrichtung angeschlossen wird.

(Ö. P. Nr. 104671.)

Um das Auslösen der Maschinenselbstschalter bei Netzkurzschlüssen zu verhindern, hat man die Zeit zur Auslösung der Maschinenschalter länger eingestellt als die zur Auslösung der Netzschalter. Das hat den Nachteil, daß die Relais im Minimum für eine verhältnismäßig große Zeit eingestellt werden müssen, während welcher bei starken Kurzschlüssen die Maschinen ernstlich gefährdet sind. Nach einer Erfindung der Österr. Brown, Boveri Werke werden zum oben angeführten Zweck die Ausschaltspulen der Maschinenschalter die in an sich bekannter Weise mittelbar durch besondere Höchststromrelais ausgelöst werden, durch eine Kontaktvorrichtung des ansprechenden Netzschalters am Ansprechen verhindert, bevor die Auslöseursache bei ihnen selbst wirksam geworden ist. Die Kontakte der

[1]) Industrie u. Internationale Eisenbahngemeinschaft.

Digitized by Google

Höchststromrelais für die Auslösung der Maschinenschalter werden bei Netzkurzschlüssen durch besondere Hilfskontakte an dem ansprechenden Netzschalter überbrückt, bevor die ersteren Kontakte ihre Stellung verändert haben. Die Kontakte der Höchststromrelais der Maschinenschalter können Öffnungskontakte, die überbrückenden Netzschalter-Hilfskontakte dagegen Schließkontakte oder umgekehrt sein. (Ö. P. Nr. 103425.)

Wanderwellen erleiden bekanntlich eine um so stärkere Neigung ihrer Wellenfront und einen um so größeren Energieverlust je größer die Permeabilität des Leitungsmateriales ist. Deshalb hat man in die Anlage ein Leitungsstück eingeschaltet, dessen für die Wanderwellen allein in Frage kommende Oberflächenschicht aus magnetischem Material besteht. Der Überzug, vorzugsweise aus Eisen wurde auf elektrolytischem Wege oder durch mechanische Bearbeitung eines mit dem magnetischen Material umgossenen Kernstückes erzielt. Gemäß einem Vorschlage der Firma Felten & Guilleaume Carlswerk Akt.-Ges. in Köln-Mühlheim wird die Leitung an einer oder an mehreren Stellen nach Art der bekannten Krarupwicklung mit einem Draht aus magnetisierbarem Material bewickelt. Dieser Vorschlag hat außer der Einfachheit den Vorzug, daß er auch auf litzenförmige Leiter und auf bereits verlegte Leitungen angewendet werden kann. (Ö. P. Nr. 102885.)

Beim Hörnerblitzableiter mit induktionsfreiem Widerstand der Firma Schiele & Bruchsaler Industriekonzern in Baden-Baden wird das eine Horn von einer Widerstandsmasse, zum Beispiel Silit, getragen, während das an der Hochspannung liegende Horn von einem einzigen Isolator getragen wird. Zweckmäßig wird der das eine Horn tragende Widerstandskörper in schräger Lage unter der Funkenstrecke an dem auch den Isolator tragenden Konstruktionsteil angebracht. Der Ableiter ist auf einen um eine Achse drehbaren Sockel gestellt, so daß er gegenüber dem Netzanschluß verdrehbar ist, wobei ein an einem Horn vorgesehener Kontakt mit dem Netzanschluß in oder außer Berührung kommt. (D. R. P. Nr. 426709 und 427282.)

Es sind bereits Blitzschutzvorrichtungen mit beweglichen Leitern bekannt, bei denen die Leiter als in entgegengesetzter Richtung rotierende Scheiben ausgebildet sind, von denen die eine an ihrem Umfange mehrere Male eingeknickt ist, so daß sich bei Umdrehung der Scheiben die Funkenstrecke abwechselnd erweitert und wieder verkürzt. Gemäß einer Erfindung von Buchholz in Cassel ist die Einrichtung so getroffen, daß der kürzeste Abstand zwischen den Leitern wandert. Durch das rasche Vorwärtsschreiten des Flammenbogens gegen das umgebende Isoliermittel (Luft, Gas, Öl oder dergleichen) wird die Löschung bewirkt. Beispielsweise wird eine mit Erde verbundene auf einer drehbaren, zum Beispiel zylindrischen Trommel schraubenlinienartig angeordnete Metallschiene gegenüber einer mit einer Phase in Verbindung stehenden, zur Erzeugenden des Trommelmantels parallel angeordneten Schiene in entsprechendem Abstand angeordnet. (D. R. P. Nr. 431129.)

Beim Überspannungsableiter der Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H. in Berlin überbrückt ein parallel zur Funkenstrecke liegender

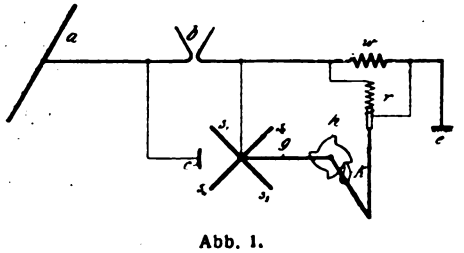


Abb. 1.

Schalter diese nach ihrem Ansprechen selbsttätig; die Überbrückung wird dann wieder aufgehoben. Abb. 1 zeigt eine besonders günstige, bloß einen Magneten erfordernde Ausführungsform der getroffenen Einrichtung. Mehrere Schalthebel s_1 bis s_4 sind in Sternform auf einer Welle g befestigt, die ein Schaltrad h trägt, das mittels der Klinke k vom Magneten r bei jedesmaligem Ansprechen der Funkenstrecke b um einen Zahn weitergeschaltet wird. Dabei berührt ein Schalthebel, zum Beispiel s_1, den Kontakt e und verläßt ihn beim Weiterdrehen wieder. Magnet r wird dabei stromlos und sein abfallender Kern bringt die Klinke k unter den nächstfolgenden Zahn des Schaltrades h, wodurch der Überspannungsableiter von neuem betriebsbereit ist. (D. R. P. Nr. 432275.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3456 **Maschinenuntersuchungen,** ein Leitfaden für Unterricht und Praxis, von Prof. Dr. Ing. A. Staus, Esslingen. Erster Band, Hydraulik in ihren Anwendungen, zweite, neu bearbeitete Auflage, 196 Seiten, 16 × 24 cm, mit 131 Textabbildungen und 29 Zahlentafeln, Berlin 1926, Verlag von J. Springer. Preis geh. Mk. 9·—, geb. Mk. 10·50.

Der Verfasser tritt mit vorliegendem, sehr beachtenswerten Werke abermals vor die Öffentlichkeit. Nach grundlegender Einführung in die Meßkunde werden die gebräuchlicheren Wassermeßverfahren und die Leistungsversuche an Wasserturbinen, Kolben- und Kreiselpumpen, sowie einige Versuche an Rohrleitungen in leichtfaßlicher, sorgfältig gegliederter Weise behandelt.

Das Werk kann dem Studierenden, ebenso wie dem in der Praxis stehenden Ingenieur bestens empfohlen werden, da die Meßmethoden, die im mustergiltigen hydraulischen Laboratorium der höheren Maschinenbauschule Esslingen Verwendung finden, in geschickter Weise mit den Erfordernissen der Praxis verquickt werden. Dr. Baudisch.

3453 **Grundzüge der Elektrotechnik.** Ein Lehrbuch mit Aufgabensammlung. Von Dipl. Ing. Dr. phil. Gustav Maier. Verlag M. Krayn, Berlin W 10, 1926. Preis brosch. Mk. 12·—, geb. Mk. 14·—.

Das Buch ist zum Gebrauche beim Unterricht an höheren technischen Lehranstalten und zum Selbststudium bestimmt und mit einer Aufgabensammlung verbunden. Es stellt eine Einführung in die theoretischen Grundlagen der Elektrotechnik dar; angeblich ohne Anwendung der Differential- und Integralrechnung. Das trifft nicht ganz zu, da Differentiale verwendet werden und bei den Integralen nur das Integralzeichen durch ein Summenzeichen ersetzt wurde.

Das erste Kapitel über die Elektrostatik dürfte das schwächste sein. Merkwürdig ist der Beweis des Coulombschen Gesetzes, das sonst stets als Erfahrungstatsache behandelt wird. Die Punkte A und B liegen in den Abständen r und r_1 von der punktförmigen Menge M. Es wird geschlossen:

$$\text{„Kraft bei } A = \frac{\text{Gesamtkraftwirkung von } M}{4 r^2 \pi},$$

$$\text{Kraft bei } B = \frac{\text{Gesamtkraftwirkung von } M}{4 r_1^2 \pi},$$

$$\frac{\text{Kraft bei } A}{\text{Kraft bei } B} = \frac{r_1^2}{r^2}.\text{“}$$

Was ist die „Gesamtkraftwirkung von „M“? Die Einführung des Verschiebungsvektors erhält erst für Dielektrika mit $\varepsilon > 1$ einen Sinn, sollte daher erst dort vorgenommen werden. Auch in solchen Dielektrizis bezeichnet man heute die Feldstärke nicht mehr als „elektrisierende Kraft“. Der Beweis auf Seite 12 für die orthogonale Durchdringung der Kraft- und Niveaulinien würde sich besser und allgemeiner darauf stützen, daß senkrecht zu den Kraftlinien keine Kraftkomponente wirkt, also bei der Bewegung keine Arbeit geleistet wird. Die Ladungsenergie zu deren Ableitung der Verfasser auf Seite 19 unten „einen Einheitswürfel aus dem Dielektrikum herausgreift“, der ein bis dahin nicht behandeltes homogenes Feld voraussetzt, sollte erst nach den Kondensatoren behandelt werden.

Man vermißt in der Elektrostatik die Erläuterung

Digitized by Google

der Begriffe der dielektrischen Beanspruchung und Festigkeit, sowie die Behandlung mehrschichtiger Dielektrika, obwohl alles dies in der Hochspannungstechnik eine wichtige Rolle spielt. Die folgenden Abschnitte über den elektrischen Strom und die Elektrolyse sind einwandfreier, wenn auch noch manche Entgleisungen vorkommen. Im Abschnitt über den Magnetismus gleitet der Verfasser über den Unterschied gegenüber der Elektrostatik, daß die Feldstärke vom Medium unabhängig ist, mit Stillschweigen hinweg. Das „Gauß" wird als Einheit der Induktion bezeichnet. Das „Weber" wird sowohl als absolute Stromeinheit, als auch als Einheit der magnetischen Menge verwendet. Auf Seite 124 wird behauptet: „Erstreckt sich die $\Sigma \mathfrak{H}_l dl$ auf eine geschlossene Kraftlinie, dann heißt sie magnetomotorische Kraft, magnetische Randspannung oder Linienintregal der magnetischen Feldstärke und ist gegebenenfalls Null." Das ist neu. Wozu nennt man dann diese Größe MMK? Gleich darauf sagt der Verfasser, daß sie bei permanenten Magneten nicht Null ist. In den Wirbelfeldern elektrischer Ströme ist sie aber auch nicht Null, also wann überhaupt? Der in Abb. 106 auf Seite 128 gezeichnete Kraftlinienverlauf ist unrichtig; längs der Mantelfläche des Eisenstückes wird das äußere Feld geschwächt. Die oft so vorteilhafte Ermittlung einer zylindrischen Feldverteilung mit Hilfe eines Feld- und Niveauliniennetzes mit quasiquadratischen Maschen wird leider nicht erwähnt. Die Abschnitte über Elektrodynamik und Induktion sind wieder befriedigender. Dagegen wird die Definition des allgemeinen Wechselstromes auf nichtssagende „gesetzmäßige" Richtungsänderung und gleiche positive und negative Maxima des Stromes gegründet, was unzutreffend ist. Die zur Lösung komplizierterer Aufgaben so vortreffliche symbolische Methode der Wechselstromanalyse wird vom Verfasser stark unterschätzt und daher ganz übergangen.

Angesichts dieser Mängel erscheint das Buch zum Selbststudium nicht empfehlenswert. Dagegen kann es dem erfahrenen, der berechtigten Kritik sich nicht begebenden Lehrer als Nachschlagbuch und Aufgabensammlung in Ermanglung eines besseren immerhin gute Dienste leisten. Dr. Rich. Hiecke.

2256 **Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie.** Jahrbuch des Vereines Deutscher Ingenieure. Herausgegeben von Conrad Matschoss. 16. Band. 354 Seiten mit 159 Abb. und 16 Bildnissen. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1926. Preis geb. 16 Mk.

Aus dem Inhalte des vorliegenden Bandes, der seine Vorgänger[1]) im Umfange bedeutend übertrifft, ist zunächst ein sehr interessanter Aufsatz von W. Geyer zu erwähnen, der hauptsächlich auf Grund der Ausführungen der früheren U. E. G. und der A. E. G. die Entwicklung der elektrischen Hebezeuge schildert. Damit ist wieder ein wertvoller Beitrag zu den Arbeiten der kürzlich von Geheimrat Dr. Deutsch der A. E. G. gegründeten „Historischen Kommission der Elektrotechniker" geschaffen, deren Ziel die Herausgabe einer zusammenfassenden Geschichte der Elektrotechnik ist. Wünschenswert wäre es, wenn diese Bestrebungen auch in Österreich auf fruchtbaren Boden fielen. Im Zusammenhang mit der Elektrotechnik steht auch ein Aufsatz von Dr. R. Hennig „Aus der Geschichte des Blitzableiters", in welchem besonders gegen die Behauptung Stellung genommen wird, daß der Blitzableiter schon im Altertum bekannt gewesen ist. Hennig kommt zu dem Schlusse, daß Franklin zweifellos die Priorität zukommt und daß auch der aus Veröffentlichungen der letzten Jahre bekannte mährische Pfarrer Divisch die gleiche Erfindung etwas später gemacht hat. Nach Österreich führt noch ein etwas zu lange geratener Aufsatz von Ing. B. Enderes über die „Holz- und Eisenbahn Budweis — Linz". Die übrigen größeren Beiträge umfassen fast alle Gebiete der Technik. Wie im Vorjahre wird dann auch in diesem Bande an Hand von Firmendruckschriften die Entwicklung verschiedener Industrieunternehmungen geschildert. Eine Rundschau bringt ferner Auszüge aus verschiedenen, besonders ausländischen Veröffentlichungen technisch-geschichtlichen Inhalts. Sehr wertvoll ist auch eine Zusammenstellung der einschlägigen Buch- und Zeitschriftenliteratur des Jahres 1925. Schließlich ist noch das Vorwort des Herausgebers zu erwähnen, der in gedrängter Form über den Stand der Bestrebungen auf dem Gebiete der Geschichte der Technik (Museen und literarische Arbeiten) in Deutschland und den übrigen wichtigsten Ländern berichtet. Wie die früheren verdient auch der vorliegende Band die Beachtung aller Kreise der Technik. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 38.

Eingegangene Bücher.

3472 DIN-Formate und Vordrucke. Im Auftrage des Deutschen Normenausschusses auf Grundlage von DIN-Buch 1 verfaßt von Richard Kiencke und Otto Frank. 101 Seiten. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1926. Preis Mk. 1·25.

Die kleine Schrift soll für den Gedanken der Format- und Vordrucknormung werben. Sie geht auf alle Papier- und drucktechnischen Fragen ein, die mit der Formatnormung zusammenhängen, und erläutert die Normen für die wichtigsten Vordrucke im Geschäftsverkehr an Hand von Musterbeispielen.

2678 Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung. Von Prof. F. W. Hülle. II. Band: Die wirtschaftliche Ausnutzung der Werkzeugmaschinen. Vierte, vermehrte Auflage. 309 Seiten mit 580 Abb. und 46 Zahlentafeln. Berlin 1926, Verlag von Julius Springer. Preis geh. Mk. 9·—, geb. Mk. 10·50.

Die dritte Auflage ist an dieser Stelle ausführlich besprochen worden[1]). Es genügt daher die Feststellung, daß die neue Auflage in allen Abschnitten eine recht bedeutende Erweiterung des Umfanges aufweist und daß die Grundeinteilung des Stoffes, von der Umstellung einzelner Abschnitte abgesehen, die gleiche geblieben ist. Neu ist unter anderem eine ausführliche Besprechung des Einflusses des Wirkungsgrades des Antriebes auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes. Sieht man von den grundsätzlichen Bedenken gegen die Belassung einzelner Abschnitte im zweiten Bande ab, die bei der Besprechung der dritten Auflage geäußert wurden, so kann man auch dem vorliegenden Bande nur die vollste Anerkennung zollen. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, Seite 360.

Chronik.

IV. Internationale Konferenz für Fragen der Hochspannungskraftübertragung. Die IV. Konferenz, die in Paris in der Zeit vom 23. Juni bis 2. Juli 1927 abgehalten werden soll, wird sich wie ihre Vorgängerinnen[2]) vorzugsweise mit drei Gruppen und Problemen beschäftigen: 1. Erzeugung der Energie (Verhandlungen am 24. und 25. Juni), 2. Bau der Leitungen (am 27. und 28. Juni), 3. Betrieb der Leitungsnetze (am 30. Juni und 1. Juli). Für den 26. und 29. Juni sind Exkursionen vorgesehen. Eine Anregung, die Arbeiten nur auf Höchstspannungsfragen zu beschränken, ist von der III. Konferenz 1925 abgelehnt worden.

Der diesjährigen Session wird voraussichtlich die Behandlung folgender Punkte vorbehaltlich einzelner Abänderungen zufallen:

1. Schaffung einer internationalen Betriebsstatistik für die Erzeugung, Übertragung und Verteilung der elektrischen Energie.

2. Verwertung solcher statistischer Aufstellungen zur Ausnützung der Zentralen und Netze.

3. Vergleich der Kraftwerks- und Leitungsunfallstatistiken der einzelnen Länder.

Berichterstatter: Norberg Schulz, Oslo.

4. Rationelle Ausnutzung der verschiedenen Brennstoffe zur Erzeugung elektrischer Energie und Richtlinien zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Brennstoffe.

5. Technische und wirtschaftliche Erfahrungen in den einzelnen Ländern bei Kohlenstaubfeuerung.

Berichterstatter: Prof. Mailloux, New York.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 581.

Digitized by Google

6. Diskussion über die in den einzelnen Ländern geltenden technischen Bestimmungen für die Lieferung und Prüfung von Hochspannungskabeln. Berichterstatter: Bellaar Spruyt, Maastricht, Holland.

7. Stoßprüfung und Hochfrequenzprüfung an Isolatoren zur Aufdeckung von Fabrikationsfehlern.

8. Mechanische und elektrische Prüfmethoden und Temperaturprüfung an Isolatortypen zur Bestimmung der Lebensdauer der Isolatoren.

9. Aufstellung internationaler Regeln für die Lieferung und Übernahme von Isolatoren auf Grund dieser Versuche.

10. Fortsetzung des Studiums über Transformator- und Schalteröle als Vorarbeit für die Arbeiten der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC).

11. Prüfung und Verwendung anderer Isoliermittel als Öl und die mit denselben erzielten Ergebnisse.

12. Parallelarbeiten mehrerer Netze, wenn eines derselben an zwei oder mehrere vorausbestimmte Energiemengen zu liefern hat.

13. Verbesserung des Leistungsfaktors.

14. Kupplung von Netzen verschiedener Frequenz.

15. Schutz von Personen und Geräten in Zentralen und im Leitungsnetz.

16. Eröffnung der Diskussion über die internationale Regelung einer Qualitätswarenbezeichnung. Berichterstatter: Bellaar Spruyt, Maastricht.

Die Geschäfte werden bis zur Neuwahl in der Eröffnungssitzung durch das im Jahre 1925 gewählte Büro der Konferenz geführt, dem unter anderen die Herren A. Blondel, Prof. Mailloux, Prof. Semenza, Präsident der IEC, als Ehrenpräsidenten, ferner Direktor Borquist (Schweden) und del Buono (Italien) als Ehrenvizepräsidenten, endlich die Herren R. Legouez, Präsident, und J. Tribot-Laspière, Generalsekretär der Union des Syndicats de l'Electricité, letztere als Präsident und Generalsekretär der Konferenz angehören.

Als Geschäftssprache gilt die französische und englische Sprache. Die Teilnehmergebühr ist vorläufig auf 250 Frcs. festgesetzt. Die Teilnehmerkarte berechtigt unter anderem, an allen Sitzungen, Diskussionen, Ausflügen und Exkursionen kostenlos, bezw. zu ermäßigten Preisen teilzunehmen, sowie in der Zwischenzeit bis zur nächsten Session **Enquêten** durch das Sekretariat eröffnen zu lassen, von deren Ergebnis dann eine Verständigung erfolgt. Die kostenlose Verabfolgung der in Druck gelegten Berichte, sowie die Zustellung aller Informationen des Sekretariates in der Zeit bis zur nächsten Session ist inbegriffen. Die Anregung einer Diskussion auch über ein Thema, das im Programm nicht vorgesehen ist, steht jedem Mitglied der Konferenz frei.

Die Mitglieder zerfallen in zwei Klassen: die sogenannten „freien" Mitglieder, sowie Mitglieder mit besonderen Rechten, die sogenannten „offiziellen Delegierten", beauftragt und namentlich bestimmt durch große elektrotechnische Verbände oder Regierungen. Nur den letzteren steht das Recht der Wahl und der Abstimmung zu, sowie die Konferenz bei offiziellen Anlässen und internationalen Veranstaltungen zu vertreten. Die Zahl der offiziellen Delegierten für ein Land ist mit 5 begrenzt, doch ist eine Erhöhung auf 8 zulässig, wenn insgesamt 20 oder mehr Teilnehmer eines Landes entsendet wurden. Ein offizieller Delegierter kann gleichzeitig auch mehrere Vereinigungen vertreten.

Anmeldungen und Designierung der offiziellen Vertreter werden bis zum 1. Mai l. J. entgegengenommen, doch wird empfohlen, dies sobald als möglich zu vollziehen. Die eingesandten Berichte, die sofort anzumelden sind, müssen mit einer Übersicht, die höchstens 300 Worte umfassen soll, versehen sein und sind, falls sie nicht bis zum 1. Jänner l. J. eingegangen sind, französich und englisch abzufassen. Ihre Einsendung muß bis 1. März l. J. erfolgen, da sonst eine Drucklegung unmöglich ist.

Zuschriften sind an den Generalsekretär der Konferenz, J. Tribot-Laspière, Boulevard Malesherbes, 25, Paris, zu richten.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, statt.

Mittwoch, den 9. Februar d. J., um 1/2 7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ing. Dr. techn. Gustav Markt über: **„Höchstspannungsfreileitungen".** (Mit Vorführung eines Films.)

Inhaltsangabe: Entwicklung der Freileitungen. Wesentliche Merkmale der Höchstspannungsübertragungen. Leiter und Isolatoren für hohe Spannungen. Hohlseile. Erzeugung des Hohlseiles für die 220 kV-Leitung im Rheinland und Vorführung des Montagevorganges an der Baustrecke in einem Film.

Mittwoch, den 23. Februar d. J., um 1/2 7 abends, Vortrag des Herrn Dipl. Ing. E. König (Frankfurt a. M.) über: **„Schaltanlagen und ihre Elemente".**

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	24. I. 1927	26. I. 1927	28. I. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	127¾	127¾	127¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	61½-62½	59½-60½	59¼—60
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	57½-58½	55½-56½	56¾—57¾
Original-Hütten-Aluminium 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	116—122	120—125	120—125

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 28. Jänner 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	5	0	62	10	0
Wire bars	62	10	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	54	12	6	54	15	0
Standard { 3 Monate .	55	5	0	55	7	6
Zinn:						
Engl. ingots	286	5	0	286	15	0
Standard { Kassa . .	287	5	0	287	15	0
Standard { 3 Monate .	283	10	0	283	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	28	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	29	5	0	29	5	0
Remelted	29	15	0	—	—	—
English Swansea . .	29	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 23 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 13. Februar 1927 | Heft 7

INHALT: *Zugkraft, Achsdruckveränderung und Schienenreibung bei den gebräuchlichen Antrieben elektrischer Lokomotiven. Von Dr. Alfred Winkler, Wien. S. 121. / Der allgemeine Stromkreis von I. L. La Cour, kritische Betrachtung. Von Prof. Dr. Ing. S. Fryze, Lwów (Polen). S. 126.*

RUNDSCHAU: Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 132. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 133. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 135. / Leitungen und Leitungsbau. S. 135. / Installationstechnik. S. 135. / Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 136. / Baustoffe. S. 136. / Elektrizität im Haushalt. S. 137.

CHRONIK. S. 138.

LITERATURBERICHT. S. 139.

VEREINSNACHRICHTEN. S. 140.

Zugkraft, Achsdruckveränderung und Schienenreibung bei den gebräuchlichen Antrieben elektrischer Lokomotiven.

Von Dr. Alfred **Winkler**, Wien.

Übersicht. Die Arbeitsweise der Lokomotivantriebe ist durch ihr statisches und dynamisches Verhalten, ihre Anwendungsgebiete sind hierdurch sowie durch die Zusammenhänge mit der Motorbemessung nicht erschöpfend geklärt. Von über die angeführten Gesichtspunkte hinausgehender, für die Arbeitsweise einer Lokomotive als Triebfahrzeug grundlegender Bedeutung ist das Verhalten verschiedener Achsanordnungen und Antriebe hinsichtlich Beeinflussung der Schienendrücke und der Reibungszugkraft durch die vom Fahrzeug ausgeübten Kräfte. Reihenschluß- und starre Geschwindigkeitscharakteristik der Triebmotoren. Kupplung der Achsen. Gestellmotor und Tatzenlagermotor. Die Kräfte des Tatzenlagermotors auf Lokomotivrahmen und Gleis.

I. Motorcharakteristik und Kupplung der Achsen.

Die vom Motordrehmoment herrührende Zugkraft eines Triebfahrzeuges tritt am Berührungspunkt zwischen Rad und Schiene in Wirkung; der Angriffspunkt der Widerstände liegt zum Teile (für einen Teil der Reibungswiderstände) gleichfalls am Radumfang, zum Teile (Schwerkraftkomponente auf geneigter Bahn) im Schwerpunkt des Fahrzeuges, bei Lokomotiven jedoch überwiegend am Zughaken. Die Verschiedenheit der Angriffspunkte von Zugkraft und Widerständen hat das Auftreten von Momenten zur Folge, die sich in Veränderungen der Achsbelastungen des ziehenden Fahrzeuges gegenüber dessen (stromlos) ruhendem Zustande äußern.

Die Beeinflussung der Achsdrücke einer Lokomotive durch das Moment der Hakenzugkraft ist in zweifacher Hinsicht von praktischer Bedeutung. Zusätzliche Schienendrücke in größerem als gewöhnlichen Maße erfordern zur Vermeidung erhöhter Schienenbeanspruchung eine Herabsetzung des sonst zulässigen ruhenden Achsdruckes und bedingen daher, da das Konstruktionsgewicht der Maschine durch das erforderliche Reibungsgewicht und durch die unterzubringende Leistung bestimmt wird, eine Vermehrung der Achsenzahl. Andererseits setzen Entlastungen einzelner Achsen — hervorgerufen durch das Moment der Hakenzugkraft oder durch andere Ursachen — deren Reibungszugkraft, worunter die der höchsten zulässigen Reibungszahl entsprechende Zugkraft jeder Achse verstanden sei, herab; gleichzeitig wird die Reibungszugkraft der zusätzlich belasteten Achsen in gleichem Maße erhöht. Eine Ausnützung der letzteren tritt beim Antrieb einzelner Achsen oder Achsgruppen durch Motoren mit starrer Geschwindigkeitscharakteristik (Induktionsmotoren) selbsttätig ein; die Achsen mit höherem Schienendruck nehmen bei geringem Schlupf der entlasteten Achsen ein erhöhtes Motordrehmoment bis zur Grenze ihrer eigenen Reibungszugkraft auf (Abb. 1: 1 *BB* 1 — Umformerlokomotive Bauart 1923 der Norfolk- und Western-Bahn[1]). Anders beim Antrieb einzelner Achsen oder Achsgruppen durch Motoren mit Reihenschlußcharakteristik. Bei diesem findet bei den praktisch ausgeführten Steuerungen eine Aufnahme größeren Motordrehmomentes an den Achsen mit höherem Schienendruck nicht statt, solange nicht an den geringer belasteten Achsen erhebliches Rädergleiten eingetreten ist. Im regelmäßigen Zustand, das ist vor Eintritt des Rädergleitens, ist die Reibungskraft eines solchen Fahrzeuges, das ist die gesamte Zugkraft desselben bei Erreichung der Reibungsgrenze an der geringst belasteten Achse, bei Entlastung auch nur einer Treibachse nur so groß, als ob alle Achsen in gleichem Maße entlastet wären.[2])

Ist *b* die Dämpfungskonstante eines Antriebes (Zugkraftänderung je Einheit der Geschwindigkeits-

[1]) Electric Railway Journal, Bd. 60, H. 27, 1922; E. u. M. 1923, H. 19; 1924, H. 32.

[2]) In Sonderfällen sind einfache Steuerungen zur Ausübung größeren Motordrehmomentes an den Achsen mit höherem Schienendruck auch bei Reihenschlußmotoren denkbar, zum Beispiel an einer $B_0 — B_0$-Lokomotive in Drehgestellbauart ohne Tragfedernausgleich derart, daß die Triebmotoren der zweiten und vierten Achse jeder Fahrtrichtung vorübergehend oder dauernd an höhere Spannung als die der ersten und dritten Achse gelegt werden (bei Vorhandensein eines Lokomotivtransformators verschiedene Nullpunkte für die beiden, durch die Motoren 1 und 3 bezw. 2 und 4 gebildeten Stromkreise mit zwangläufiger Umkehrung dieser Anschlüsse bei Wechsel der Fahrtrichtung durch den Fahrtrichtungsschalter).

Digitized by Google

änderung), so ist, wenn f die Reibungszahl bedeutet,

$$2\frac{1}{b}f.\Delta A$$

das Gleiten einer um ΔA entlasteten Achse oder Achsgruppe, welches nötig ist, um deren Verlust an Reibungszugkraft an eine um den gleichen Betrag zusätzlich belastete Achse oder Achsgruppe zu übertragen.

Die Dämpfungskonstante einer Achsgruppe mit 2×16 t ruhendem Achsdruck und 18 vH Reibungszahl, also 5760 kg Reibungszugkraft, 30 km/h Fahrgeschwindigkeit, 3 vH Schlüpfung des antreibenden Induktionsmotors, beträgt $b = 23000$ kg/m/sec. Wird die Achsgruppe um 8 vH, das ist auf $2 \times 14{\cdot}7$ t, entlastet, so genügt ein Gleiten um $2\frac{1}{b}f.\Delta A = 0{\cdot}04$ m/sec, das sind 0·48 vH der Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h, um die verlorene Reibungskraft dieser Achsgruppe auf eine um den gleichen Betrag stärker belastete Achsgruppe zu übertragen. Die Dämpfungskonstante eines Reihenschlußmotors für die gleichen Verhältnisse beträgt etwa 1200 kg/m/sec, so daß $2\frac{1}{b}f.\Delta A = 0{\cdot}78$ m/sec, das ist ein Rädergleiten mit 9·4 vH der Fahrgeschwindigkeit und einem ebenso großen Arbeitsverlust, bei dem ein geregelter Betrieb unmöglich ist.

Das angedeutete günstigere Verhalten des Induktionsmotors besteht ungeschmälert allerdings nur während der Fahrt, wogegen sich sein Verhalten beim Anfahren der Reihenschlußcharakteristik nähert; doch auch der Reihenschlußmotor verhält sich in seiner Charakteristik beim Anfahren, besonders mit Anfahrwiderstand (Gleichstrom) ungünstiger als während der Fahrt im Sättigungsbereich. Es erfordern daher Antriebe mit Reihenschlußmotoren in höherem Maße als solche mit Induktionsmotoren besondere Vorkehrungen zur Hintanhaltung einer Verminderung ihrer Reibungszugkraft durch Entlastungen einzelner Achsen oder Achsgruppen.

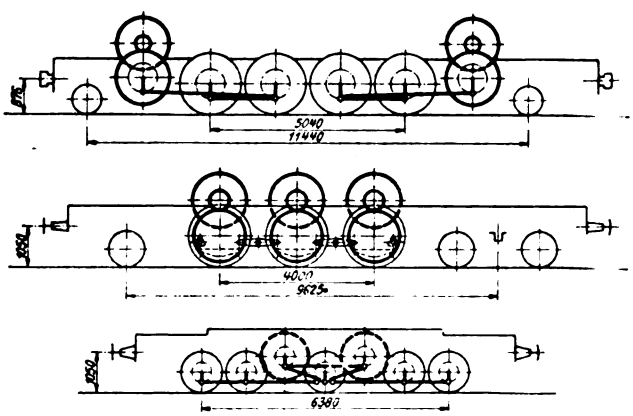


Abb. 1 bis 3. Drei Lokomotivantriebe ohne Beeinträchtigung der Reibungszugkraft durch das Moment der Hakenzugkraft.

Abb. 1. 1 BB 1-Güterzuglokomotive Bauart 1923 der Norfolk- und Western-Bahn. Umformerlokomotive mit Induktionsmotoren, Endlaufachsen, Treibachsen nahe Lokomotivmitte. Reibungsgewicht 128·8 t. Einstundenzugkraft 22800 kg bei 22·5 km/h.

Abb. 2. 2 C_0 1-Schnellzuglokomotive Reihe 10301 der Schweizerischen Bundesbahnen. Reihenschlußmotoren, Endlaufachsen, ausgeglichene Tragfederbelastung der drei nahe Lokomotivmitte liegenden Treibachsen. Reibungsgewicht 57 t. Einstundenzugkraft 9200 kg bei 65 km/h.

Abb. 3. E-Güterzuglokomotive Reihe 551 der Italienischen Staatsbahnen. Induktionsmotoren, kurz gebaute Maschine mit gekuppelten Achsen. Reibungsgewicht 72 t. Einstundenzugkraft 13800 kg bei 50 km/h.

Achsdruckveränderungen der Treibachsen durch das Moment der Hakenzugkraft können einerseits durch geringe Höhe des Zughakens (die Mittelkupplung amerikanischer Bahnen greift 876 mm, die europäische Zugvorrichtung 1050 mm über S. O. an), andererseits durch große Radstände und durch Anwendung von Laufachsen in ihrer Größe beschränkt werden; beide letzteren Wege sind bei einrahmigen Lokomotiven für höhere Fahrgeschwindigkeit mit gegen die Lokomotivmitte zu liegenden Treibachsen und mit Endlaufachsen, wie auch bei langradständigen Gliederlokomotiven ($2 - B_0 - B_0 + B_0 - B_0$ — 2-Güterzuglokomotive Bauart 1914 der Chicago—Milwaukee—St. Paul-Bahn)[3]) mehrfach verwirklicht worden. Bei den ersteren können, soweit es sich um geringe Treibachszahlen (drei) handelt, die Treibachsdrücke durch geeignete Tragfederanordnung (Ausgleichshebel zwischen den Tragfedern sämtlicher Treibachsen) praktisch unveränderlich und unabhängig vom Moment der Hakenzugkraft gehalten werden (Abb. 2: 2 C_0 1-Schnellzuglokomotive Reihe 10301 der Schweizerischen Bundesbahnen)[4]). An einrahmigen Lokomotiven größerer Treibachszahl (fünf, allenfalls sechs) ohne Laufachsen oder mit einfachen Endlaufachsen, wie auch an Gestellen von Gliederlokomotiven ohne Kraftübertragung durch die Lokomotivbrücke ist die Kupplung der Achsen das einfachste und wirksamste Mittel zur Nutzbarmachung des gesamten Reibungsgewichtes des Fahrzeuges (Abb. 3: *E*-Güterzuglokomotive Reihe 551 der Italienischen Staatsbahnen)[5]).

Eine Güterzuglokomotive der Achsfolge *E* mit 16 t Achsdruck, also 80 t Reibungsgewicht, möge am Triebradumfang eine Zugkraft von 18 vH des Reibungsgewichtes, das sind 14400 kg, während der Fahrt im Beharrungszustand entwickeln. Bei einem durch die Kurvenläufigkeit der Maschine bedingten Radstand von etwa 6500 mm beträgt die Entlastung bezw. zusätzliche Belastung der vorderen und hinteren Achsen je nach der Federanordnung 1200 bis 1800 kg, im Mittel 1500 kg pro Achse. Sind die Achsen gekuppelt, dann reicht eine Reibungszahl von 18 vH an jeder der Achsen zur Aufbringung der gesamten Zugkraft von 14400 kg aus. Bei fehlender Achsenkupplung oder bei gruppenweisem Antrieb der Achsen würde die Aufbringung der gleichen Zugkraft bei Antrieb durch Reihenschlußmotoren an den um 1500 kg entlasteten Achsen eine Reibungszahl von 19·8 vH erfordern, wogegen mit der Reibungszahl 18 vH nur eine gesamte Zugkraft der Maschine von 13200 kg, das sind 16·5 vH ihres Reibungsgewichtes entwickelt werden könnte. Die Maschine mit ungekuppelten Achsen von 16 t ruhendem Achsdruck würde sich hinsichtlich Schienenreibung im Beharrungszustand wie eine solche mit gekuppelten Achsen von 14·6 t und beim Anfahren bei einer Reibungszahl von 27 vH wie eine solche von 14·1 t Achsdruck verhalten.

[3]) E. u. M. 1918, H. 10.

[4]) E. u. M. 1926, H. 15; vgl. a. E. u. M. 1924, H. 12.

[5]) Electric Railway Journal, Bd. 67, H. 24, 1926; vgl. a. E. u. M. 1919, H. 21 (Reihe 050).

Digitized by Google

Im Taldienst, insbesondere an Personen- und Schnellzuglokomotiven, ist der Einfluß des Momentes der Hakenzugkraft auf die Reibungszugkraft einer Lokomotive von geringerer Bedeutung, da hier die Schienenreibung in der Regel nur beim Anfahren voll ausgenützt wird, die Anfahrzugkraft aber nicht in gleichem Maße festliegt wie die Zugkraft im Beharrungszustand auf der maßgebenden Steigung einer Strecke, vielmehr mit der Anfahrbeschleunigung in gewissen Grenzen verändert und die beim Anfahren erforderliche Schienenreibung durch Sanden der Fahrschienen gewonnen werden kann. Überdies handelt es sich hier fast immer um einrahmige Maschinen mit Endlaufachsen oder Drehgestellen, bei denen eine Verlagerung der Treibachsdrücke auf einfache Weise entweder überhaupt vermieden oder in engen Grenzen gehalten werden kann.

Anders im Dienst auf Bergstrecken. Die hier benötigten größeren Zugkräfte und Treibachszahlen setzen einer Hintanhaltung von Achsdruckveränderungen an den Treibachsen umso mehr eine Grenze, als die Verwendung von Laufachsen an Berglokomotiven, besonders im Güterzugdienst, tunlichst eingeschränkt wird, um den größten Teil des Lokomotivgewichtes als Reibungsgewicht nutzbar zu machen. Es gewinnt daher in diesem Falle die Auflösung der Maschine in langradständige Einzelgestelle geringer Treibachszahl einerseits, die Kupplung der Achsen andererseits umso größere Bedeutung, als die Schienenreibung im Beharrungszustand andauernd ausgenützt wird und der Ausfall auch nur einer Achse die Zugkraft der Lokomotive unter das zur Überwindung der Schwerkraftkomponente des Zuges erforderliche Maß sinken läßt. Während jedoch die langradständige Bauart zur Vermeidung toten Lokomotivgewichtes an große Achsdrücke gebunden ist, ist die mit engen Radständen gebaute Lokomotive größerer Treibachszahl die auch bei mäßigen Achsdrücken an Zugkraft leistungsfähigste Bauart. An ihr aber ist die Kupplung der Achsen, soweit sie nicht schon durch die Antriebsart bedingt ist, unerläßliche Voraussetzung für die Ausnützung des Reibungsgewichtes des Fahrzeuges.

II. Gestellmotor und Tatzenlagermotor.

Der Gestellmotor — worunter hier jeder Motor verstanden sei, dessen Gehäuse mit dem Lokomotivrahmen drehfest verbunden ist — überträgt sein Drehmoment unmittelbar oder mittels besonderer Zwischenglieder, stets aber in Form eines Kräftepaares auf die angetriebene Lokomotivachse, sei es durch die elektromagnetische Kraftwirkung am Ankerumfang eines Achsmotors oder durch eine mechanische Einzelachskupplung oder durch ein Stangenpaar. Beim schwingbar um seine Achse gelagerten Tatzenlagermotor hingegen erfolgt die Drehmomentübertragung durch den lotrechten Zahndruck auf das Achszahnrad und die angetriebene Achse, wobei der passive Zahndruck auf das Ankerritzel zum Teile von den Tatzenlagern, zum Teile von der Motorhängung aufgenommen wird; mittels der letzteren hängt sich der Motor je nach der Drehrichtung am Lokomotivrahmen fest oder stemmt sich gegen denselben. Beiden Antriebsarten gemeinsam ist, daß die äußeren Kräfte des Triebfahrzeuges: die Zugkraft am Triebradumfang, die Hakenzugkraft und das Moment dieser beiden, die vom Eigengewicht herrührenden ruhenden Achsdrücke derart verändern, daß die algebraische Summe aller zusätzlichen Schienendrücke gleich Null und ihr Moment gleich dem Moment der Hakenzugkraft ist. Gleichwohl bestehen hinsichtlich der zusätzlichen Schienendrücke, denen die einzelnen Achsen ausgesetzt sind, zwischen den beiden Antriebsarten auch bei gleichen Radständen und gleicher Anordnung der Tragfedern sowie auch bei Hintansetzung der dynamischen Wirkungen des Tatzenlagermotors erhebliche Unterschiede, die auf die Unterschiede in den Reaktionskräften zurück zu führen sind; die Stützreaktion des Drehmomentes des Gestellmotors ist ein Kräftepaar auf den Lokomotivrahmen, die Stützkräfte des Zahndruckes des Tatzenlagermotors hingegen sind Einzelkräfte auf die angetriebene Achse und auf den gefederten Lokomotivrahmen.

Beim Gestellmotorantrieb (Abb. 4) erfahren die Achsen, von ihrem Eigengewicht abgesehen, keine andere Belastung als durch die Tragfedern des Fahrzeuges. Die Belastung der letzteren ist

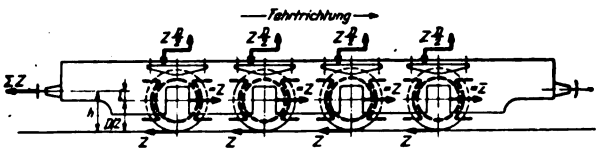


Abb. 4. Gestellmotor. Die Kräfte auf Lokomotivrahmen und Gleis.

durch die auf den Lokomotivrahmen wirkenden Kräfte gegeben und durch die Federanordnung statisch oder auf dem Wege über die Federdurchbiegungen bestimmt. Auf den Lokomotivrahmen wirken, vom Eigengewicht des gefederten Teiles der Lokomotive abgesehen, keine anderen Kräfte als zwei Kräftepaare: dasjenige der Hakenzugkraft und der an den Achslagerführungen übertragenen Zugkraft jeder Achse (ΣZi), sowie das Kräftepaar der Stützraktion der Triebmotoren, welch letzteres dem Treibachsmoment $\left(\Sigma Z \frac{D}{2}\right)$ gleich ist. Das gesamte auf den Lokomotivrahmen wirkende Moment ist daher das auf Schienenoberkante bezogene Moment der Hakenzugkraft (ΣZh), durch das die voran fahrenden Achsen entlastet und die hinteren zusätzlich belastet werden.

Bei Gliederlokomotiven ohne gemeinsamen Lokomotivkasten oder ohne Kraftübertragung durch diesen treten als momentbildend an die Stelle der Hakenzugkraft am ziehenden Lokomotivende die Differenz der beiden Hakenzugkräfte jedes Gestelles, bei Gliederlokomotiven anderer Bauart je nach der Verbindung der Ge-

Digitized by Google

stelle untereinander und mit dem Lokomotivkasten sowie nach Anordnung der Zugvorrichtung auch noch andere Kräfte; das Grundsätzliche der Wirkung aller Kräfte auf den Rahmen und der Übertragung auf die Achsen auf dem Wege über die Tragfedern bleibt aber bei allen Arten von Gestellmotorantrieben erhalten.

Anders beim Antrieb durch Tatzenlagermotoren. Hier bewirkt der Zahndruck unmittelbar eine Entlastung oder eine zusätzliche Belastung der angetriebenen Achse, sowie eine entgegengerichtete Kraft in der Motorhängung, welch letztere von der Gesamtheit der Tragfedern aufgenommen wird, von deren Anordnung es wiederum abhängt, inwieweit die unmittelbare Wirkung des Zahndruckes auf jede Achse durch eine entgegengesetzte Veränderung der Tragfederbelastung wettgemacht wird.

Die Auffassung der Kräftewirkungen des Tatzenlagermotors ist auch in der neueren Literatur nicht einheitlich. Es soll daher im Folgenden das Grundsätzliche von dessen Wirkungsweise behandelt, die Darstellung der Übersichtlichkeit wegen aber auf wenige konkrete Fälle mit bestimmten Größenverhältnissen beschränkt werden. Die Betrachtung ist durchaus einebenig, entsprechend dem Umstande, daß bei den beim Lokomotivantrieb in Betracht kommenden größeren Leistungen zweiseitiges Vorgelege, also zur Längsachse der Lokomotive symmetrische Kraftverteilung die Regel sein wird. Zur Hervorhebung der Eigentümlichkeiten dieses Antriebes werde weiters Lage des Zughakens in Höhe der Treibachsmitte, in welchem Falle der Lokomotivrahmen bei Gestellmotorantrieb lediglich das gesamte Treibachsmoment $\left(\Sigma Z\frac{D}{2}\right)$ aufzunehmen hätte, vorausgesetzt. Von der Aufstellung umfassender Konstruktionsregeln für den Antrieb durch Tatzenlagermotoren werde hier wegen der Vielfältigkeit der bestimmenden Einflüsse abgesehen; es sei jedoch darauf hingewiesen, daß der Tatzenlagermotor eine große Mannigfaltigkeit von Antriebsanordnungen ermöglicht, die sich hinsichtlich zusätzlicher Tragfederbelastungen und Schienendrücke zum Teile günstig, zum Teile sehr ungünstig verhalten.

III. Die Kräfte des Tatzenlagermotors auf Lokomotivrahmen und Gleis.

Ein Tatzenlagermotor (Abb. 5) treibe eine Fahrzeugachse mittels des Zahndruckes P an und übe hiedurch am Triebradumfang eine Zugkraft Z aus, die an den Achslagerführungen auf den Lokomotivrahmen übertragen wird. Das Gleichgewicht der Momente an der treibenden Fahrzeugachse erfordert, daß

$$P\frac{d}{2}=Z\frac{D}{2}=M,$$

wobei d den Durchmesser des Achszahnrades, D den Triebraddurchmesser und M das Treibachsmoment bedeuten.

Die Reaktion des Zahndruckes auf das Ritzel ($=P$) wird zum Teile $\left(P\frac{y-d/2}{y}\right)$ von den Tatzenlagern, zum Teile $\left(P\frac{d/2}{y}\right)$ von der Motorhängung aufgenommen. Die letztere erfährt also eine Belastung:

$$V=P\frac{d}{2y}=Z\frac{D}{2y}=\frac{M}{y},$$

wogegen die Achse um den Betrag $P-P\frac{y-d/2}{y}$, das ist gleichfalls V entlastet wird.

Zu demselben Ergebnis gelangt man auch durch die folgende Überlegung:

Wird der Lokomotivrahmen als praktisch unnachgiebig (zum Beispiel durch eine größere Zahl von Achsen) unterstützt, die Tragfederbelastung der betrachteten Achse also als unveränderlich vorausgesetzt, dann erfordert das Gleichgewicht der Kräfte an dem aus Motor und Fahrzeugachse bestehenden System, daß eine der Belastung der Motorhängung (V) gleiche, aber entgegen gerichtete Kraft (V) zwischen Räderpaar und Schiene auftritt.

Insgesamt sind somit an dem aus Motor und Fahrzeugachse bestehenden System unter der Wirkung des Motordrehmomentes die nachstehenden Kräfte wirksam:

In Richtung parallel zum Gleis die nützlichen Kräfte: die Zugkraft (Z) am Radumfang und die

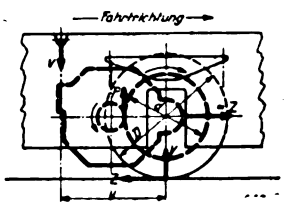


Abb. 5. Tatzenlagermotor. Die Kräfte auf Lokomotivrahmen und Gleis.

dieser das Gleichgewicht haltende Kraft an der Achslagerführung; das Moment der beiden ist das Treibachsmoment (M);

In Richtung senkrecht zum Gleis die Reaktionskräfte: die Kraft (V) in der Motorhängung und die dieser das Gleichgewicht haltende Kraft zwischen Rad und Schiene; auch deren Moment ist gleich dem Treibachsmoment (M).

Die Zugkraft am Radumfang wirkt bei Motorwirkung nach hinten auf die Fahrschiene, die Kraft an der Achslagerführung nach vorne auf den Rahmen. Der Zahndruck auf das Achszahnrad ist bei hinter der Achse laufendem Motor aufwärts, bei vor derselben laufendem Motor abwärts, die Belastung der Motorhängung durch das Motordrehmoment ist entgegengesetzt, die Reaktion zwischen Rad und Schiene gleich wie der Zahndruck auf das Achszahnrad gerichtet.

Man gewinnt also den Satz:

Unnachgiebig unterstützten Lokomotivrahmen, also unveränderliche Tragfederbelastung einer mittels Tatzenlagermotors angetriebenen Achse

Digitized by Google

vorausgesetzt, bewirkt der Zahndruck bei hinter der Achse laufendem Motor eine Verringerung, bei vor der Achse laufendem Motor eine Vergrößerung des Schienendruckes der Achse im gleichen Betrage wie die Belastung der Motorhängung (V).

Bei gegebenem Treibachsmoment (M) sind die Kraft in der Motorhängung und die Reaktion zwischen Rad und Schiene (V) umso größer, je kleiner der Hebelarm (y) der Motorhängung ist. Die in dynamischer Beziehung als ungünstig bekannte Schwerpunktaufhängung des Tatzenlagermotors ist daher auch im hier betrachteten Sinne ungünstig.

Auf den zwei- oder mehrmotorig angetriebenen Lokomotivrahmen wirken in Richtung parallel zum Gleis die Zugkräfte (ΣZ) an den Achslagerführungen und wenn vom Eigenwiderstand der Lokomotive abgesehen wird, die ebenso große Hakenzugkraft, mit ersterer je nach der Höhe des Zughakens über Treibachsmitte ein Moment ($\Sigma Z i$) bildend. Außerdem wirken auf den Lokomotivrahmen die Kräfte in den Motorhängungen. Auf die Lokomotive als Ganzes wirken die Zugkräfte (ΣZ) am Radumfang und wenn wieder vom Eigenwiderstand abgesehen wird, die Hakenzugkraft; das von der Höhe des Zughakens über Schienenoberkante abhängige Moment dieser Kräfte ist die Summe aller Treibachsmomente und des auf die Treibachsmitte bezogenen Momentes der Hakenzugkraft ($\Sigma Z h$).

Das zweiachsige Fahrzeug.

Beim zweiachsigen Fahrzeug (Abb. 6) mit zunächst nur einer, angenommen der vorderen durch einen nachlaufenden Motor angetriebenen Achse wird diese durch den Zahndruck unmittelbar um $V = \frac{M}{y}$ entlastet; gleichzeitig belastet der Zug V in der Motorhängung die Tragfedern der vorderen Achse mit $V\frac{a-y}{a}$, die der hinteren mit $V\frac{y}{a}$; wird von der Übererhöhung des Zughakens über Treibachsmitte abgesehen, so ist der Schienendruck der vorderen Achse um $V - V\frac{a-y}{a} = V\frac{y}{a} = \frac{M}{a}$ verringert, der Schienendruck der hinteren Achse um denselben Betrag vergrößert.

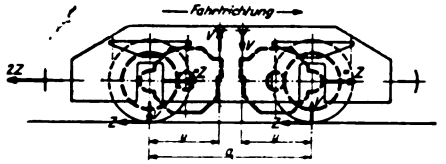


Abb. 6. Das zweiachsige Fahrzeug mit Antrieb durch Tatzenlagermotoren.

Bei gleichzeitigem Antrieb der hinteren Achse werden bei symmetrischer Motoranordnung die vorerwähnten zusätzlichen Tragfederbelastungen zum Teile aufgehoben, der Schienendruck der vorderen Achse wird um den weiteren Betrag $\frac{M}{a}$ verringert, der der hinteren um denselben Betrag vergrößert.

Bei anderer Motoranordnung: symmetrisch nach außen, oder gleichliegend nachlaufend, oder gleichliegend vorauslaufend, sind die zusätzlichen Tragfederbelastungen von den vorbeschriebenen verschieden, die Schienendrücke aber stets gleich wie vor verändert.

Das letztere Ergebnis: die hinsichtlich der zusätzlichen Schienendrücke bestehende Übereinstimmung des Antriebes durch Tatzenlagermotoren mit dem Gestellmotorantrieb, war für das zweiachsige Fahrzeug vorauszusehen: dessen Schienendrücke sind, einebenig betrachtet, statisch bestimmt und nur durch die äußeren Kräfte (Zugkraft am Radumfang und Hakenzugkraft) gegeben, daher von der Antriebsart unabhängig.

Das mehrachsige Fahrzeug.

Der beim zweiachsigen Fahrzeug nur hinsichtlich der Tragfederbelastungen bestehende, hinsichtlich der Schienendrücke aber unterdrückte Unterschied gegenüber dem Gestellmotorantrieb tritt beim mehrachsigen Fahrzeug auch hinsichtlich der

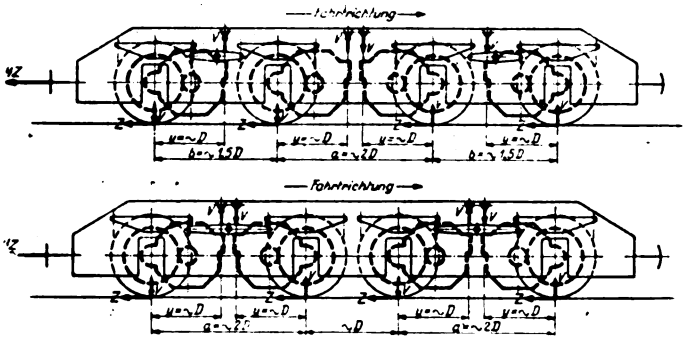


Abb. 7 und 8. Das vierachsige Fahrzeug mit Antrieb durch Tatzenlagermotoren.

letzteren in Erscheinung; nur in Sonderfällen sind die zusätzlichen Schienendrücke des mehrachsigen Fahrzeuges mit Tatzenlagermotoren gleich denen beim Gestellmotorantrieb.

Beim vierachsigen viermotorigen Fahrzeug in Anordnung und mit den Größenverhältnissen nach Abb. 7 und 8 ergeben sich, wenn $y = D$ und infolge dessen $V = \frac{M}{y} = \frac{Z}{2}$ gesetzt wird, bei einrahmiger Bauart oder bei der Gliederlokomotive mit vertikal unnachgiebiger Kupplung der Drehgestelle (Angriffspunkt derselben in Zughakenhöhe vorausgesetzt) die folgenden zusätzlichen Tragfederbelastungen und Schienendrücke:

Vierachsige viermotorige Anordnung:

	Gleiche Motorlage an jedem Achsenpaar (Abb. 7):		Symmetrische Motorlage an jedem Achsenpaar (Abb. 8):	
	Zusätzliche Tragfederbelastung	Zusätzl. Schienendruck	Zusätzliche Tragfederbelastung	Zusätzl. Schienendruck
An der 1. Achse	$+0{\cdot}21\,Z$	$-0{\cdot}29\,Z$	0	$-0{\cdot}50\,Z$
„ „ 2. „	$+0{\cdot}21\,Z$	$-0{\cdot}29\,Z$	0	$+0{\cdot}50\,Z$
„ „ 3. „	$-0{\cdot}21\,Z$	$+0{\cdot}29\,Z$	0	$-0{\cdot}50\,Z$
„ „ 4. „	$-0{\cdot}21\,Z$	$+0{\cdot}29\,Z$	0	$+0{\cdot}50\,Z$

In beiden Fällen ist die algebraische Summe der zusätzlichen Schienendrücke gleich Null und

Digitized by Google

ihr Moment gleich dem Moment der Hakenzugkraft. Die erstere Anordnung (Abb. 7) weist die Eigentümlichkeit auf, daß bei ihr bei einer den üblichen Verhältnissen nahe kommenden Höhenlage des Zughakens ($i = 0{\cdot}37\,D$) die zusätzlichen Tragfederbelastungen des ziehenden Fahrzeuges überhaupt verschwinden; ihre zusätzlichen Schienendrücke sind dieselben wie die des gleichradständigen Fahrzeuges mit Gestellmotorantrieb. Die Anordnung nach Abb. 8 zeigt das ungünstige Verhalten von symmetrisch angetriebenen Achsenpaaren mit Tragfedernausgleich; die Entlastungen und zusätzlichen Schienendrücke sind hier übrigens dieselben wie bei der gleichradständigen Gliederlokomotive mit vertikal nachgiebiger (nur wagrechte Kräfte übertragender) Verbindung der Gestelle.

Die Zusammenlegung der Motorleistung eines Fahrzeuges auf einzelne Achsen ergibt beim Tatzenlagermotor im allgemeinen ungünstige Verhältnisse, weil der der zusammengelegten Motorleistung entsprechende größere Zahndruck auch größere (positive und negative) zusätzliche Schienendrücke zur Folge hat; besonders ungünstige Verhältnisse können sich an durch Ausgleichshebel verbundenen Achsgruppen ergeben, deren eine Achse einen Tatzenlagermotor auf der der anderen Achse abgewendeten Seite trägt, zum Beispiel nach Abb. 7 bei Zusammenlegung der Motorleistung auf die beiden mittleren Achsen; diesen sowie den analogen Fall zu Abb. 8 kennzeichnet die folgende Aufstellung:

Vierachsige zweimotorige Anordnung

(Motoren an den inneren Achsen):

	Motoren nach innen liegend (ähnlich Abb. 7)		Motoren nach außen liegend (ähnlich Abb. 8)	
	Zusätzliche Tragfederbelastung	Zusätzl. Schienendruck	Zusätzliche Tragfederbelastung	Zusätzl. Schienendruck
An der 1. Achse	0	0	$-0{\cdot}60\,Z$	$-0{\cdot}60\,Z$
„ „ 2. „	0	$-Z$	$-0{\cdot}60\,Z$	$+0{\cdot}40\,Z$
„ „ 3. „	0	$+Z$	$+0{\cdot}60\,Z$	$-0{\cdot}40\,Z$
„ „ 4. „	0	0	$+0{\cdot}60\,Z$	$+0{\cdot}60\,Z$

Im letzteren Falle ist auf Kosten großer Entlastung, bzw. ebensolcher zusätzlicher Belastung der Endachsen die voranfahrende Treibachse zusätzlich belastet und die hintere entlastet worden: eine durch den Zahndruck des Tatzenlagermotors bewirkte Umkehrung der regelmäßigen Achsdruckverlagerung des ziehenden Fahrzeuges.

Der allgemeine Stromkreis von J. L. La Cour, kritische Betrachtung.

Von Prof. Dr. Ing. S. Fryze, Lwów (Polen).

Einleitung.

In der Habilitationsschrift „Leerlauf und Kurzschlußversuch in Theorie und Praxis" (Braunschweig 1904[1]) hat La Cour eine Erweiterung der von A. Franke (ETZ, 1891, S. 459) für lange Leitungen abgeleiteten Gleichungen durchgeführt und die Bedeutung der zwei charakteristischen Zustände des Stromkreises, „Leerlauf" und „Kurzschluß", klar zum Vorschein gebracht.

Die Ableitung von La Cour hat sich bald die Anerkennung der Fachwelt erworben und im Laufe der verflossenen 22 Jahre (1904—1926) ist sie ein Gemeingut der Elektrotechnik geworden. Man findet die von La Cour aufgestellten Hauptgleichungen und Sätze des „allgemeinen Stromkreises" in zahlreichen wertvollen Lehrbüchern wiederholt erörtert und angewendet.

Trotz dieser Sachlage muß doch eine Untersuchung der La Courschen Entwicklungen vorgenommen werden, da die Ergebnisse der von mir kürzlich bekannt gegebenen Analyse des allgemeinen Stromkreises[2]) mit denen von La Cour nicht übereinstimmen.[3]) Es wird gezeigt, daß die von La Cour aufgestellten Sätze in bezug auf Allgemeinheit hinfällig sind. Besonders soll hervorgehoben werden (entgegen der Behauptung von La Cour):

1. daß nicht alle Stromkreise durch den Leerlauf- und Kurzschluß-Zustand charakterisiert werden können,
2. daß nicht alle Stromkreise durch den von La Cour angegebenen äquivalenten Stromkreis ersetzt werden dürfen, und
3. daß die La Coursche Ableitung des J-Ortskreises (mit Hilfe der Inversion) auch zu einer J-Geraden führen muß.

I. Die Hauptgleichungen eines elektrischen Stromkreises.

Als Grundlage für die Betrachtung, benützte La Cour den in Abb. 1 dargestellten Stromkreis. Er darf — nach Angaben des genannten Autors — sowohl Transformatoren, als auch Umformer und andere Maschinen enthalten.

Entspricht in einem solchen Stromkreis $\mathfrak{V}_1, \mathfrak{J}_1$ der Speisung und $\mathfrak{V}_2, \mathfrak{J}_2$ der Belastung, so soll nach La Cour gelten:

$$\mathfrak{V}_{10} = \mathfrak{C}_1 \mathfrak{V}_2, \quad \mathfrak{J}_{10} = \mathfrak{Y}_0 \mathfrak{V}_{10} \quad \ldots (1),$$

$$\mathfrak{J}_{1k} = \mathfrak{C}_2 \mathfrak{J}_2, \quad \mathfrak{V}_{1k} = \mathfrak{Z}_k \mathfrak{J}_{1k} \quad \ldots (2)$$

Symbole mit Index „o" beziehen sich hier auf den Leerlauf (Klemmen SS offen), Symbole mit Index „k" auf den Kurzschluß (Klemmen SS kurzgeschlossen).

Hinsichtlich der Faktoren $\mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \mathfrak{Y}_0$ und $\mathfrak{Z}_k$ wird von La Cour angenommen, daß sie von den

[1]) Auch in Arnolds „Wechselstromtechnik", Bd. I, wiederholt.

[2]) ETZ, 26, 1924, S. Fryze „Neue Theorie des allgemeinen Stromkreises".

[3]) Vgl. auch O. Bloch, „Die Ortskurven der graphischen Wechselstromtechnik", Seite 123 und diesbezügliche Bemerkungen von anderen Autoren, speziell Brüderlin („Arbeiten aus dem El. Institut Karlsruhe", Bd. IV, Seite 47 ff.).

Digitized by Google

Änderungen der Speisung und Belastung unabhängig sind, somit als Festwerte betrachtet werden können.

Mit Hilfe der unter (1) und (2) angegebenen Beziehungen, die von La Cour ohne jeglichen Beweis (!) bloß hingeschrieben wurden, und bei Anwendung des Superpositionsprinzips, das hier (Abb. 1 und Voraussetzungen) gar nicht ange-

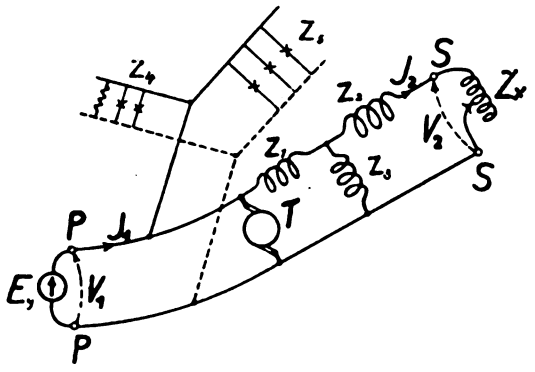


Abb. 1.

wendet werden darf (!), gelangte nun La Cour zu folgenden zwei Hauptgleichungen des Stromkreises:

$$\text{I.}\quad \mathfrak{B}_1 = \mathfrak{C}_1 \mathfrak{B}_2 + \mathfrak{C}_2 \mathfrak{J}_2 \mathfrak{Z}_k \quad \ldots\ldots (3).$$

$$\text{II.}\quad \mathfrak{J}_1 = \mathfrak{C}_2 \mathfrak{J}_2 + \mathfrak{C}_1 \mathfrak{B}_2 \mathfrak{Y}_0 \quad \ldots\ldots (4).$$

Diese Gleichungen sollen nach Angaben von La Cour stets ermöglichen, den Zustand des Stromkreises (in Abb. 1) zu ermitteln, und haben zur Aufstellung folgender Sätze geführt:

1. Jeder (!) Stromkreis ist durch die vier Konstanten $\mathfrak{C}_1$, $\mathfrak{C}_2$, $\mathfrak{Y}_0$ und $\mathfrak{Z}_k$ bestimmt.

2. Da diese vier Konstanten durch drei andere unabhängige Konstanten $\mathfrak{Z}_1$, $\mathfrak{Z}_2$, $\mathfrak{Y}_a$ ausgedrückt werden können, so läßt sich jeder elektrische Stromkreis stets durch einen äquivalenten Stromkreis nach dem Schema Abb. 2 ersetzen.

3. Für diesen Stromkreis (Abb. 2) gilt die Beziehung

$$\text{III.}\quad \mathfrak{C}_1 \mathfrak{C}_2 (1 - \mathfrak{Y}_0 \mathfrak{Z}_k) = 1 \quad \ldots\ldots (5),$$

die deswegen allgemeine (!) Gültigkeit erhält und als dritte Hauptgleichung eines elektrischen Stromkreises angesehen werden kann.

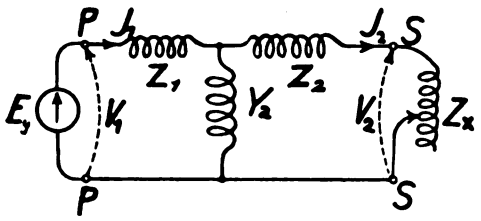


Abb. 2.

4. Aus Vorstehendem (1, 2, 3) folgt, daß nur drei (!) Messungen erforderlich sind, um die Konstanten $\mathfrak{C}_1$, $\mathfrak{C}_2$ $\mathfrak{Y}_0$, $\mathfrak{Z}_k$ zu bestimmen.

Hinsichtlich solcher Ableitung und Ergebnisse müssen folgende Einwände erhoben werden:

1. Der in Abb. 1 gezeigte Stromkreis ist in bezug auf seine Bestandteile ungenügend charakterisiert.

Wie ich bereits in der Arbeit „Neue Theorie des allgemeinen Stromkreises" gezeigt habe, wird ein allgemeiner Stromkreis hinsichtlich seines Verhaltens erst durch Angabe der Zahl und Art der variablen Eigenschaften (EMKe und Impedanzen) vollständig charakterisiert. Die Angaben von La Cour, daß der Stromkreis (in Abb. 1) Transformatoren, Umformer und sogar „andere" (?) Maschinen enthalten kann, gewähren darüber gar keine Auskunft. Man darf somit mit Hilfe dieses Stromkreises überhaupt gar keine Analyse durchführen!

2. Die sub (3) und (4) angeführten Beziehungen („Hauptgleichungen") von La Cour, allgemein in der Form

$$\mathfrak{W}_1 = \mathfrak{W}_2 \mathfrak{A} + \mathfrak{W}_3 \mathfrak{B}$$

ausgedrückt, gelten (laut Ausführungen in der vorstehend zitierten Arbeit, „Neue Theorie des allgemeinen Stromkreises") nur für Stromkreise, die bloß zwei variable Eigenschaften aufweisen; eine davon muß die einzige EMK des Stromkreises bilden.

Laut Annahme von La Cour (variable Speisung und variable Belastung) gilt als eine variable Eigenschaft die variable Speisespannung $\mathfrak{B}_1$ (an Klemmen *PP* wirkend), und als zweite die variable Belastungsimpedanz

$$\mathfrak{Z}_x = \frac{\mathfrak{B}_2}{\mathfrak{J}_2} \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

(angeschlossen an die Klemmen *SS*).

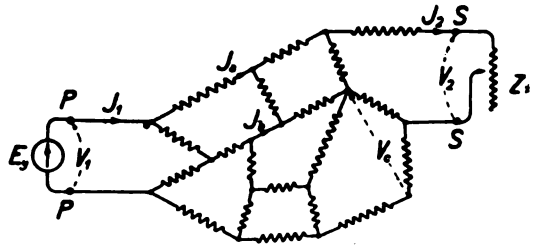


Abb. 3.

Außer diesen zwei Variablen darf der Stromkreis in Abb. 1 überhaupt gar keine variablen Impedanzen und überhaupt gar keine konstanten oder variablen EMKe enthalten, sollen die Hauptgleichungen (3) und (4) erhalten bleiben. In Abb. 1 müssen somit der Anker *T* und die Glühlampen (Z_4, Z_5) entfallen, da ein Anker als Sitz einer konstanten oder variablen EMK angesehen werden muß, und der Widerstand der Glühlampen von der Speisespannung abhängig, also veränderlich ist. Hinsichtlich der übrigen Bestandteile (Z_1, Z_2, Z_3) des Stromkreises in Abb. 1 muß vorausgesetzt werden, daß sie aus konstanten Impedanzen (Z_1 = const, Z_2 = const, Z_3 = const) zusammengesetzt sind und gar keine EMKe enthalten.

In Abb. 3 ist ein, entsprechend diesen Forderungen konstruierter Stromkreis dargestellt. Er enthält eine einzige variable EMK $\mathfrak{E}_n$, zwischen

Digitized by Google

den Klemmen *PP* wirkend, und eine einzige variable Impedanz $\mathfrak{Z}_x$, angeschlossen an die Klemmen *SS*. Alle übrigen Bestandteile dieses Stromkreises sind aus konstanten Impedanzen zusammengesetzt und enthalten gar keine EMK.

Nur für einen solchen Stromkreis (wie in Abb. 3 gezeigt) können die von La Cour angegebenen Hauptgleichungen (3) und (4) angewendet werden. Enthält der Stromkreis „innen" zwischen *P* und *S* nur noch eine einzige konstante oder variable EMK, dann sind diese Hauptgleichungen hinfällig. Eine allgemeine Gültigkeit besitzen sie somit nicht!

3. Die Ausgangsgleichungen (1) und (2) der La Cour schen Ableitung, in allgemeiner Form

$$\mathfrak{W}_1 = \mathfrak{W}_2 \mathfrak{D} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

gelten nur für Stromkreise mit einer einzigen variablen EMK. Sie dürfen somit auch nicht an den in Abb. 1 dargestellten Stromkreis (der „beliebige" Maschinen enthalten kann) angewendet werden. Wohl aber gelten sie für zwei beliebige Strom- respektive Spannungsvektoren des in Abb. 3 wiedergegebenen Stromkreises, für den Fall, wenn $\mathfrak{Z}_x = \text{const}$ vorausgesetzt wird. Diese Bedingung wird erfüllt sowohl beim Leerlauf ($\mathfrak{Z}_x = \infty$), als auch beim Kurzschluß ($\mathfrak{Z}_x = 0$). Man darf somit die Gleichung (7) für beide Zustände des Stromkreises Abb. 3 anwenden und setzen:

$$\mathfrak{W}_{1(Z_x=\infty)} = \mathfrak{W}_{2(Z_x=\infty)} \mathfrak{D}_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8),$$

$$\mathfrak{W}_{1(Z_x=0)} = \mathfrak{W}_{2(Z_x=0)} \mathfrak{D}_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9).$$

Dabei entsprechen die Symbole $\mathfrak{W}_{1(Z_x=\infty)}$ und $\mathfrak{W}_{2(Z_x=\infty)}$ den zwei beliebigen Strom- bezw. Spannungsvektoren beim Leerlauf ($\mathfrak{Z}_x = \infty$) und die Symbole $\mathfrak{W}_{1(Z_x=0)}$, $\mathfrak{W}_{2\ Z_x=0)}$ den zwei beliebigen Strom- bezw. Spannungsvektoren beim Kurzschluß ($\mathfrak{Z}_x = 0$).

Im Vergleich zu diesen Gleichungen sind die Gleichungen (1) und (2) nur als Sonderformeln zu betrachten.

4. Schließlich soll hinzugefügt werden, daß an dem in Abb. 1 gezeigten Stromkreis auch das Superpositionsprinzip der beiden Zustände (Leerlauf und Kurzschluß) nicht angewendet werden darf.

Superponieren darf man im Stromkreis nur solche Ströme und Spannungen, die von den superponierten EMK-ten erzeugt werden. In der Ableitung von La Cour wird superponiert

$$\mathfrak{J}_{1(Z_x=\infty)} + \mathfrak{J}_{1(Z_x=0)} = \mathfrak{J}_1 \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

und

$$\mathfrak{V}_{1(Z_x=\infty)} + \mathfrak{V}_{1(Z_x=0)} = \mathfrak{V}_1 \quad . \quad . \quad . \quad (11).$$

Es werden aber die superponierten Ströme $\mathfrak{J}_{1(Z_x=\infty)}$ (Primärstrom beim Leerlauf), $\mathfrak{J}_{1(Z_x=0)}$ (Primärstrom beim Kurzschluß), als auch die superponierten Spannungen $\mathfrak{V}_{1(Z_x=\infty)}$ (Primärspannung beim Leerlauf), $\mathfrak{V}_{1\ Z_x=0)}$ (Primärspannung beim Kurzschluß) sowohl von der speisenden EMK $\mathfrak{E}_y = \mathfrak{V}_1$ als auch von sämtlichen anderen in dem Stromkreis (Abb. 1) enthaltenen EMKen erzeugt! Wird die sub (10) und (11) angedeutete Superposition durchgeführt, dann erscheinen die Wirkungen der „innen" im Stromkreis (Abb. 1) enthaltenen EMKe sowohl beim Leerlauf, als auch beim Kurzschluß (also doppelt, statt einfach) berücksichtigt, was selbstverständlich zu einem falschen Ergebnis führen muß.

An einem einfachen Beispiel (Abb. 4) kann man sich sofort überzeugen, daß die La Cour sche Ableitung der „Hauptgleichungen", angewendet an einem Stromkreis, der außer der Speisung ($\mathfrak{E}_1$) auch noch „innen" eine EMK $\mathfrak{E}_2$ enthält, ein falsches Resultat ergibt.

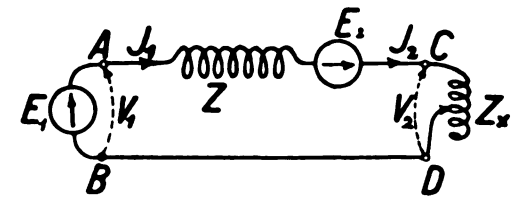


Abb. 4.

Beispiel: Es gilt für den Leerlauf ($Z_x = \infty$):

$$\mathfrak{V}_{10} + \mathfrak{E}_2 - \mathfrak{V}_2 = 0^4) \text{ und } \mathfrak{J}_{10} = 0.$$

Nach La Cour folgt somit (laut Gleichung 1)

$$\mathfrak{C}_1 = \frac{\mathfrak{V}_{10}}{\mathfrak{V}_2} = \frac{\mathfrak{V}_2 - \mathfrak{E}_2}{\mathfrak{V}_2} \text{ und } \mathfrak{y}_0 = \frac{\mathfrak{J}_{10}}{\mathfrak{V}_{10}} = 0.$$

Für den Kurzschluß ($\mathfrak{Z}_x = 0$) gilt:

$$\mathfrak{J}_{1k} = \mathfrak{J}_2, \quad \mathfrak{J}_{1k} = \frac{\mathfrak{V}_{1k} + \mathfrak{E}_2}{\mathfrak{Z}}, \quad \mathfrak{V}_{1k} = \mathfrak{J}_2 \mathfrak{Z} - \mathfrak{E}_2.$$

Nach La Cour folgt somit (laut Gleichung 2):

$$\mathfrak{C}_2 = \frac{\mathfrak{J}_{1k}}{\mathfrak{J}_2} = 1, \quad \mathfrak{Z}_k = \frac{\mathfrak{V}_{1k}}{\mathfrak{J}_{1k}} = \frac{\mathfrak{J}_2 \mathfrak{Z} - \mathfrak{E}_2}{\mathfrak{J}_2}.$$

Setzen wir nun diese Werte in die Hauptgleichung (3) ein, dann resultiert (falsch)

$$\mathfrak{V}_1 = \mathfrak{C}_1 \mathfrak{V}_2 + \mathfrak{C}_2 \mathfrak{J}_2 \mathfrak{Z}_k =$$

$$= \frac{\mathfrak{V}_2 - \mathfrak{E}_2}{\mathfrak{V}_2} \mathfrak{V}_2 + \mathfrak{J}_2 \frac{\mathfrak{J}_2 \mathfrak{Z} - \mathfrak{E}_2}{\mathfrak{J}_2} = \mathfrak{V}_2 + \mathfrak{J}_2 \mathfrak{Z} - 2\mathfrak{E}_2,$$

oder (falsch)

$$\mathfrak{V}_1 - \mathfrak{J}_1 \mathfrak{Z} + 2\mathfrak{E}_2 - \mathfrak{V}_2 = 0,$$

denn es gilt (für einen beliebigen Zustand)

$$\mathfrak{V}_1 - \mathfrak{J}_1 \mathfrak{Z} + \mathfrak{E}_2 - \mathfrak{V}_2 = 0.$$

Hier ist auch ersichtlich, daß die Wirkung der EMK E_2 vorher doppelt berücksichtigt war.

Die zweite Hauptgleichung (4) liefert hier (gut)

$$\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{C}_2 \mathfrak{J}_2 + \mathfrak{C}_1 \mathfrak{V}_2 \mathfrak{y}_0 = \mathfrak{J}_2.$$

Das vorstehende (doch ganz einfache) Beispiel zeigt, daß die Übereinanderlagerung der beiden Zustände bei LeLerlauf und Kurzschluß nicht allgemein (für alle Stromkreise, die einerseits gespeist und andererseits belastet sind) angewendet werden darf!

Schlußfolgerungen:

1. Die zwei „Hauptgleichungen" von La Cour

$$\mathfrak{V}_1 = \mathfrak{V}_2 \mathfrak{C}_1 + \mathfrak{J}_2 \mathfrak{C}_2 \mathfrak{Z}_k,$$

$$\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{J}_2 \mathfrak{C}_2 + \mathfrak{V}_2 \mathfrak{C}_1 \mathfrak{y}_0$$

---

4) Es wird hier (Abb. 4), sowie in den übrigen Schaltplänen die Spannung (V) durch einen Pfeil gekennzeichnet. Es entspricht dabei V_1 der Potentialdifferenz $V_1 = V_A - V_B$. Ebenso $V_2 = V_C - V_D$.

Digitized by Google

gelten nicht für alle Stromkreise, sondern nur für solche mit zwei variablen Eigenschaften. Entspricht eine von diesen Variablen der Belastungsimpedanz $\mathfrak{Z}_w = \frac{\mathfrak{V}_2}{\mathfrak{J}_2}$, dann muß die zweite die speisende EMK des Stromkreises $\mathfrak{E}_y = \mathfrak{V}_1$ bilden.

Damit soll jedoch nicht behauptet werden, es müsse die Belastung durch eine einzige variable Impedanz $\mathfrak{Z}_w$ und die Speisung durch eine einzige EMK $\mathfrak{E}_y$ bewirkt werden. Im Gegenteil, es kann sowohl die Speisung, als auch die Belastung durch beliebig zusammengesetzte Stromkreisteile hervorgerufen werden, vorausgesetzt, daß diese Stromkreisteile durch eine einzige Impedanz $\mathfrak{Z}_w = -\frac{\mathfrak{V}_2}{\mathfrak{J}_2}$ respektive durch eine einzige EMK $\mathfrak{E}_y = \mathfrak{V}_1$ ersetzbar sind. Einen solchen „erweiterten Stromkreis" mit zwei Variablen (Speisung und Belastung) stellt Abb. 5 dar. Ausgenommen die zwei Stromkreisteile, die links an Klemmen *PP* respektive rechts an Klemmen *SS* angeschlossen erscheinen, sind in dem „Hauptteil" des Stromkreises in Abb. 5 sonst keine Variablen enthalten.

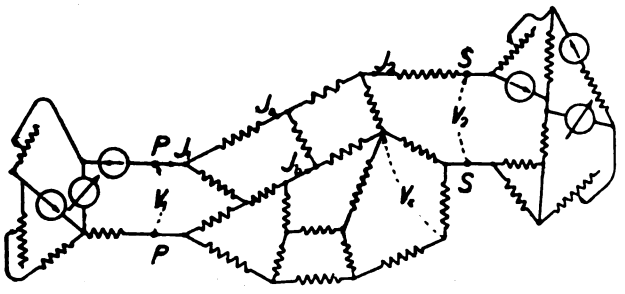


Abb. 5.

2. Nur solche Stromkreise Abb. 3 oder 5 lassen sich (hinsichtlich der Speisung und der Belastung) durch den in Abb. 2 gezeigten äquivalenten Stromkreis ersetzen und sind durch die vier Konstanten $\mathfrak{C}_1$, $\mathfrak{C}_2$, $\mathfrak{Y}_0$ und $\mathfrak{Z}_k$ (hinsichtlich Speisung und Belastung) bestimmt.

3. Nur für solche Stromkreise gilt auch die dritte „Hauptgleichung"

$$\mathfrak{C}_1 \mathfrak{C}_2 (1 - \mathfrak{Y}_0 \mathfrak{Z}_k) = 1$$

samt den daraus sich ergebenden Folgerungen.

4. Da die Überlagerung der beiden Zustände (Leerlauf und Kurzschluß) nicht allgemein (für alle Stromkreise mit zwei variablen Eigenschaften) angewendet werden darf, wird vorgeschlagen, die La Coursche mangelhafte Ableitung durch die exakte, in der zitierten Arbeit (Neue Theorie des allgemeinen Stromkreises) angegebene Ableitung zu ersetzen. Wie dort nachgewiesen ist, gilt allgemein für Stromkreise mit zwei Variablen

$$\mathfrak{W}_1 = \mathfrak{C} + \mathfrak{W}_2 \mathfrak{A} + \mathfrak{W}_3 \mathfrak{B} \quad \ldots (12).$$

$\mathfrak{W}_1, \mathfrak{W}_2, \mathfrak{W}_3$ entsprechen den drei beliebigen Strom- respektive Spannungs-Vektoren (eines solchen Stromkreises), $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ sollen die konstanten Koeffizienten darstellen. Sie lassen sich aus folgenden „Nullzuständen" ermitteln:

$$\mathfrak{C} = \mathfrak{W}_{1(W_2=0,\, W_3=0)} \quad \ldots (13),$$

$$\mathfrak{A} = \frac{\mathfrak{W}_{1(W_2=W_{2D},\, W_3=0)} - \mathfrak{C}}{\mathfrak{W}_{2D}} \quad \ldots (14),$$

$$\mathfrak{B} = \frac{\mathfrak{W}_{1(W_2=0,\, W_3=W_{3D})} - \mathfrak{C}}{\mathfrak{W}_{3D}} \quad \ldots (15).$$

Dabei entspricht $\mathfrak{W}_{1(W_2=0,\, W_3=0)}$ einem solchen Zustand des Stromkreises (hervorgerufen durch Änderung der beiden Variablen), in welchem die Größen $\mathfrak{W}$ und $\mathfrak{W}_3$ den Wert Null erreichen (Nullzustand); $\mathfrak{W}_{1(W_2=0,\, W_3=0)}$ bezeichnet den Wert von $\mathfrak{W}_1$ für einen solchen Nullzustand.

Ebenso entspricht $\mathfrak{W}_{1(W_2=W_{2D},\, W_3=0)}$ dem Zustand des Stromkreises (hervorgerufen durch Änderung der beiden Variablen), wo die Größe $\mathfrak{W}_2$ einen beliebig gewählten Wert $\mathfrak{W}_{2D}$ und $\mathfrak{W}_3$ den Wert Null erreicht. $\mathfrak{W}_{1(W_2=W_{2D},\, W_3=0)}$ bezeichnet den Wert $\mathfrak{W}_1$ für einen solchen kombinierten Nullzustand.

Schließlich gilt $\mathfrak{W}_{1(W_2=0,\, W_3=W_{3D})}$ als der Wert von $\mathfrak{W}_1$ für den Zustand des Stromkreises (hervorgerufen durch Änderung der beiden Variablen), bei welchen $\mathfrak{W}_2$ den Wert Null und $\mathfrak{W}_3$ den beliebig gewählten Wert $\mathfrak{W}_{2D}$ erreicht.

Wollen wir zu der von La Cour angegebenen Form der Hauptgleichungen übergehen, dann ist bloß vorauszusetzen, daß der Stromkreis außer der Speisung sonst gar keine EMKe enthält. Für einen solchen Fall gilt nämlich

$$\mathfrak{C} = 0;$$

es folgt somit

$$\mathfrak{W}_1 = \mathfrak{W}_2 \mathfrak{A} + \mathfrak{W}_3 \mathfrak{B} \quad \ldots (16)$$

Sollen mit Hilfe dieser Gleichung die primären ($\mathfrak{V}_1\, \mathfrak{J}_1$) und sekundären ($\mathfrak{V}_2\, \mathfrak{J}_2$) Strom- und Spannungs-Vektoren verkettet erscheinen, dann kann ohne weiters gesetzt werden:

$$\mathfrak{V}_1 = \mathfrak{V}_2 \mathfrak{A} + \mathfrak{J}_2 \mathfrak{B} \quad \ldots (17),$$

$$\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{J}_2 \mathfrak{G} + \mathfrak{V}_2 \mathfrak{H} \quad \ldots (18).$$

Ebenso können selbstverständlich beliebige drei andere Vektoren des Stromkreises in Abb. 3 verkettet werden, zum Beispiel $\mathfrak{J}_a, \mathfrak{J}_b$ und $\mathfrak{V}_c$ (Abb. 3).

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{J}_a &= \mathfrak{J}_b \mathfrak{D}_1 + \mathfrak{V}_c \mathfrak{F}_1 \\ \mathfrak{J}_b &= \mathfrak{V}_1 \mathfrak{D}_2 + \mathfrak{J}_a \mathfrak{F}_2 \\ \mathfrak{J}_1 &= \mathfrak{J}_a \mathfrak{D}_3 + \mathfrak{J}_b \mathfrak{F}_3 \\ \mathfrak{J}_2 &= \mathfrak{V}_1 \mathfrak{D}_4 + \mathfrak{V}_2 \mathfrak{F}_4 \\ &\text{usw.} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (19).$$

Gemäß (13, 14, 15) gilt nun hinsichtlich (17) und (18):

$$\mathfrak{A} = \frac{\mathfrak{V}_{1(V_2=V_{2D},\, J_2=0)}}{\mathfrak{V}_{2D}}, \quad \mathfrak{B} = \frac{\mathfrak{V}_{1(V_2=0,\, J_2=J_{2D})}}{\mathfrak{J}_{2D}},$$

$$\mathfrak{G} = \frac{\mathfrak{J}_{1(J_2=J_{2D},\, V_2=0)}}{\mathfrak{J}_{2D}}, \quad \mathfrak{H} = \frac{\mathfrak{J}_{1(J_2=0,\, V_2=V_{2D})}}{\mathfrak{V}_{2D}}.$$

Setzen wir willkürlich:

$$\mathfrak{V}_{2D} = \mathfrak{V}_{2(Z_x=\infty)}, \quad \mathfrak{J}_{2D} = \mathfrak{J}_{2(Z_x=0)},$$

und berücksichtigen wir, daß

$$\mathfrak{V}_{2(Z_x=0)} = 0 \text{ und } \mathfrak{J}_{2(Z_x=\infty)} = 0,$$

dann ergibt sich

Digitized by Google

$$\mathfrak{A}=\frac{\mathfrak{V}_{1(Z_x=\infty)}}{\mathfrak{V}_{2(Z_x=\infty)}},\quad \mathfrak{B}=\frac{\mathfrak{V}_{1(Z_x=0)}}{\mathfrak{J}_{2(Z_x=0)}},$$

$$\mathfrak{G}=\frac{\mathfrak{J}_{1(Z_x=0)}}{\mathfrak{J}_{2(Z_x=0)}},\quad \mathfrak{H}=\frac{\mathfrak{J}_{1(Z_x=\infty)}}{\mathfrak{V}_{2(Z_x=\infty)}},$$

Die Identitität der hier angeführten Koeffizienten $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{G}$, $\mathfrak{H}$ mit denen $\mathfrak{C}_1$, $\mathfrak{C}_2$, $\mathfrak{Y}_0$, $\mathfrak{Z}_k$ von La Cour, zeigt folgende Zusammenstellung:

$$\mathfrak{C}_1=\frac{\mathfrak{V}_{10}}{\mathfrak{V}_{20}}=\frac{\mathfrak{V}_{1(Z_x=\infty)}}{\mathfrak{V}_{2(Z_x=\infty)}}=\mathfrak{A},\quad V_{20}=V_{2(Z_x=\infty)}$$

angenommen gleich V_2,

$$\mathfrak{C}_2=\frac{\mathfrak{J}_{1k}}{\mathfrak{J}_{2k}}=\frac{\mathfrak{J}_{1(Z_x=0)}}{\mathfrak{J}_{2(Z_x=0)}}=\mathfrak{G},\quad J_{2k}=J_{2(Z_x=0)}$$

angenommen gleich J_2,

$$\mathfrak{Y}_0=\frac{\mathfrak{J}_{10}}{\mathfrak{V}_{10}}=\frac{\mathfrak{J}_{1(Z_x=\infty)}}{\mathfrak{V}_{2(Z_x=\infty)}}:\frac{\mathfrak{V}_{1(Z_x=\infty)}}{\mathfrak{V}_{2(Z_x=\infty)}}=\frac{\mathfrak{H}}{\mathfrak{A}},$$

$$\mathfrak{Z}_k=\frac{\mathfrak{V}_{1k}}{\mathfrak{J}_{1k}}=\frac{\mathfrak{V}_{1(Z_x=0)}}{\mathfrak{J}_{2(Z_x=0)}}:\frac{\mathfrak{J}_{1(Z_x=0)}}{\mathfrak{J}_{2(Z_x=0)}}=\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{G}},$$

Daraus folgt

$$\mathfrak{A}=\mathfrak{C}_1,\quad \mathfrak{B}=\mathfrak{Z}_k\mathfrak{G}=\mathfrak{Z}_k\mathfrak{C}_2,$$
$$\mathfrak{G}=\mathfrak{C}_2,\quad \mathfrak{H}=\mathfrak{Y}_0\mathfrak{A}=\mathfrak{Y}_0\mathfrak{C}_1.$$

Es ist nun klar, warum es Stromkreise gibt, für welche die Hauptgleichungen von La Cour nicht anwendbar sind. Das sind eben Stromkreise, mit mehr als zwei variablen Impedanzen oder mit mehr als einer Stromquelle (EMK).

Unter den Beispielen, die La Cour in seiner Arbeit („Leerlauf- und Kurzschluß-Versuch") berücksichtigt hat, findet man eben nur solche, die eine variable Impedanz als Belastung und eine einzige variable EMK als Speisung enthalten. (Transformator, Asynchronmotor, Arbeitsübertragung und dergleichen). Es würden — selbstverständlich — die La Courschen Hauptgleichungen auch für diese Stromkreise nicht anwendbar, wäre vorausgesetzt, daß außer der Belastung auch noch andere Stromkreisteile Änderung erfahren (zum Beispiel beim Transformator der magnetische Widerstand und dergleichen). Deshalb soll man bei jedem Problem sorgfältig überprüfen, welche Eigenschaften des Stromkreises als konstant und welche als variabel vorauszusetzen sind. Ist das geschehen, dann kann die entsprechende „Hauptgleichung" ohne weiters hingeschrieben werden, wie das in der zitierten Arbeit (Neue Theorie des allgemeinen Stromkreises) gezeigt wurde.

II. Arbeitsdiagramm des elektrischen Stromkreises.

Um zu diesem zu gelangen, formt La Cour seine Hauptgleichungen (3) und (4) um, setzt

$$\frac{\mathfrak{V}_2}{\mathfrak{J}_2}=\mathfrak{Z}_x\text{ [5]}$$

und gelangt zu der Gleichung

$$\mathfrak{J}_1=(\mathfrak{V}_1-\mathfrak{J}_1\mathfrak{Z}_k)(\mathfrak{Y}_a+\mathfrak{Y}_b)\quad\ldots\quad(20)$$

Selbstverständlich gilt auch diese Gleichung nur für Stromkreise mit einer variablen Impedanz (Belastung $\mathfrak{Z}_x$) und einer einzigen variablen EMK (Speisung $\mathfrak{E}_1=\mathfrak{V}_1$).

Mit Hilfe dieser Gleichung wird nun von La Cour ein neuer (!) Ersatzstromkreis (Abb. 6) konstruiert, der angeblich alle Stromkreise ersetzen soll, in Wirklichkeit aber eine vorher ausgewiesene beschränkte Ersatzfähigkeit besitzt.

Mit Hilfe dieses äquivalenten Stromkreises und bei Anwendung der Inversion, ist nun La Cour zu dem $\mathfrak{J}_1$-Ortskreis gelangt. Bedingung ist dabei (nach La Cour), daß die Belastung bei konstantem Phasenverschiebungswinkel (φ_2) arbeitet. Selbstverständlich muß hier $\mathfrak{V}_1=$ const. vorausgesetzt werden, was in der Ableitung von La Cour nicht genügend klar hervorgehoben wurde.

Dieser umständlichen und, wie weiter gezeigt wird, einseitigen Ableitung, wird folgende exakte gegenübergestellt.

Erstens wird gleich am Anfang der Ableitung $\mathfrak{V}_1=$ const vorausgesetzt, was doch ohnedies weiterhin gemacht werden muß. Durch diese Maßnahme verwandelt sich aber der Stromkreis mit

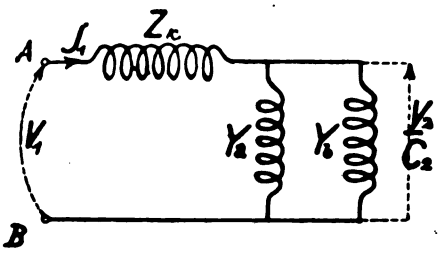


Abb. 6.

zwei Variablen, in einen solchen mit einer Variablen (Impedanz $\mathfrak{Z}_x$). Für diesen gilt jedoch allgemein

$$\mathfrak{W}=\frac{\mathfrak{A}+\mathfrak{B}\mathfrak{Z}_x}{\mathfrak{C}+\mathfrak{D}\mathfrak{Z}_x}\quad\ldots\quad(21),$$

wobei $\mathfrak{W}$ einen beliebigen Strom- oder Spannungs-Vektor darstellt und $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{D}$ konstante Faktoren sind. Zu einer solchen Gleichung gelangen wir übrigens auch mit Hilfe der La Courschen Gleichung (20), wenn gesetzt wird

$$\mathfrak{Y}_b=\frac{\mathfrak{C}_2^2}{\mathfrak{Z}_x}.$$

Aus (20) folgt nämlich

$$\mathfrak{J}_1=\frac{\mathfrak{V}_1\mathfrak{Y}_a+\mathfrak{V}_1\mathfrak{Y}_b}{1+\mathfrak{Z}_k\mathfrak{Y}_a+\mathfrak{Z}_k\mathfrak{Y}_b}=\frac{\mathfrak{V}_1\mathfrak{Y}_a+\mathfrak{V}_1\frac{\mathfrak{C}_2^2}{\mathfrak{Z}_k}}{1+\mathfrak{Z}_k\mathfrak{Y}_a+\mathfrak{Z}_k\frac{\mathfrak{C}_2^2}{\mathfrak{Z}_x}}=$$

$$=\frac{\mathfrak{V}_1\mathfrak{C}_2^2+\mathfrak{V}_1\mathfrak{Y}_a\mathfrak{Z}_x}{\mathfrak{Z}_k\mathfrak{C}_2^2+(1+\mathfrak{Z}_k\mathfrak{Y}_a)\mathfrak{Z}_x}.$$

Wird hier gesetzt:

$$\mathfrak{V}_1\mathfrak{C}_2^2=\mathfrak{A},\quad \mathfrak{V}_1\mathfrak{Y}_a=\mathfrak{B},\quad \mathfrak{Z}_k\mathfrak{C}_2^2=\mathfrak{C},$$
$$1+\mathfrak{Z}_k\mathfrak{Y}_a=\mathfrak{D}\text{ und }\mathfrak{V}_1=\text{const.},$$

dann ergibt sich

$$\mathfrak{J}_1=\frac{\mathfrak{A}+\mathfrak{B}\mathfrak{Z}_x}{\mathfrak{C}+\mathfrak{D}\mathfrak{Z}_x}\quad\ldots\quad(22),$$

wo entsprechend der Voraussetzung $V_1=$ const,

[5] La Cour hat aus Versehen mit Symbol $\mathfrak{Z}_2$ sowohl die variable Belastungsimpedanz $\mathfrak{Z}_x$, als auch die konstante Impedanz $\mathfrak{Z}_2$ des Ersatzstromkreises in Abb. 2 bezeichnet. Um eventuellen Mißverständnissen vorzubeugen, wird hier stets für $\mathfrak{Z}_2=\mathfrak{V}_2/\mathfrak{J}_2$ die Bezeichnung $\mathfrak{Z}_x$ gebraucht.

Digitized by Google

die Faktoren $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{D}$ konstante (allgemein komplexe) Koeffizienten darstellen.

Gleichung (21) respektive (22) gilt nicht nur für den Stromkreis in Abb. 3 (bei $\mathfrak{V}_1 = \text{const}$), sondern auch für beliebig zusammengesetzte Stromkreise mit einer einzigen variablen Eigenschaft (nämlich der Belastungsimpedanz $\mathfrak{Z}_x$), somit mit beliebig vielen und beliebig verteilten konstanten EMKen.

Ein solcher Stromkreis ist in Abb. 7 dargestellt. Er unterscheidet sich von dem ursprünglichen Stromkreis (in Abb. 3) dadurch, daß er auch „innen" EMKe enthält. Hier sieht man auch deutlich, wie unsicher die Schlußfolgerungen wären, wollte man sich nur auf die La Coursche Ableitung verlassen. (Es gilt doch Gleichung 20 nur für Stromkreise der Art, wie in Abb. 3 dargestellt wurde.)

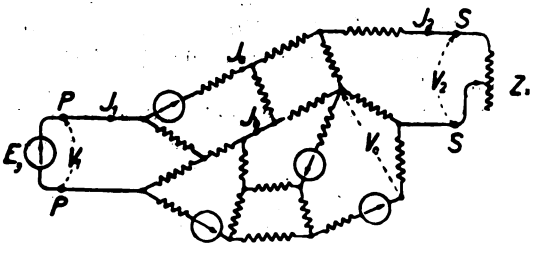


Abb. 7.

Die Bedingungen, unter welchen bei $\mathfrak{Z}_x =$ variabel der Stromvektor J_1 (des Stromkreises in Abb. 7) den Ortskreis beschreiben wird, sind aus der Gleichung (22) ohne weiteres ersichtlich.

Das Kreisdiagramm für $\mathfrak{J}_1$ resultiert, wenn die Funktion

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{A} + \mathfrak{B}\,\mathfrak{Z}_x}{\mathfrak{C} + \mathfrak{D}\,\mathfrak{Z}_x}$$

in die Parameterform

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{F} + \mathfrak{G}.v}{\mathfrak{H} + \mathfrak{K}.v} \quad \ldots\ldots (23)$$

übergeführt wird, wobei v einem reellen Parameter entspricht. (Bloch: „Ortskurven".)

Gleichung (23) resultiert nun, sowohl wenn gesetzt wird

$$\mathfrak{Z}_x = \mathfrak{L} + \mathfrak{M}v \quad \ldots\ldots (24)$$

(Gleichung einer Geraden), als auch bei der Voraussetzung

$$\mathfrak{Z}_x = \frac{\mathfrak{N} + \mathfrak{P}.v}{\mathfrak{S} + \mathfrak{T}.v} \quad \ldots\ldots (25)$$

(Gleichung eines Kreises).

Werden die Koeffizienten der Gleichungen (24) und (25) so gewählt, daß nach Einsetzen von $\mathfrak{Z}_x$ in (22) der Nenner bei keinem Wert von v zu Null wird, dann stellt Gleichung (23) einen Kreis dar. Sind dagegen diese Koeffizienten so gewählt, daß bei einem bestimmten Wert von v der Nenner zu Null wird, dann liefert die Gleichung (23) eine Gerade. Dieser interessante Fall tritt ein für den Wert von $\mathfrak{Z}_x$ der als kritische Impedanz ($\mathfrak{Z}_{kx}$) des Stromkreises bezeichnet wurde (siehe Neue Theorie des allgemeinen Stromkreises). Sie ist durch den Quotienten der Leerlaufspannung $\mathfrak{V}_{x(Z_x=\infty)}$ und des Kurzschlußstromes $\mathfrak{J}_{x(Z_x=0)}$ eindeutig bestimmt:

$$\mathfrak{Z}_{kx} = -\frac{\mathfrak{V}_{x(Z_x=\infty)}}{\mathfrak{J}_{x(Z_x=0)}}.$$

Dem Wert $\mathfrak{Z}_{kx}$ entspricht der kritische Punkt (P_{kx}) (Lage der Strahlspitze von $\mathfrak{Z}_{kx}$), wenn (24) und (25) als Gleichungen der Ortskurven dieser Strahlspitzen aufgefaßt werden.

Vorstehende Ergebnisse können nun in folgende Sätze zusammengefaßt werden:

Satz I. Die Ortskurve des Stromvektors $\mathfrak{J}_1$ des allgemeinen Stromkreises mit einer variablen Impedanz und beliebig vielen konstanten EMKen wird zum Kreis, wenn die variable Impedanz ($\mathfrak{Z}_x$) (als Strahl) eine solche Gerade oder einen solchen Kreis beschreibt, die nicht durch den kritischen Punkt (P_{kx}) entsprechend dem Werte ($\mathfrak{Z}_{kx}$) hindurchgehen.

Satz II. Beschreibt die variable Impedanz ($\mathfrak{Z}_x$) (als Strahl) eine solche Gerade oder einen solchen Kreis, die durch den kritischen Punkt (P_{kx}) hindurchgehen, dann resultiert als $\mathfrak{J}_1$-Ortskurve eine Gerade.

Diese zwei allgemeinen Sätze umfassen theoretisch alle möglichen Spezialfälle (von verschiedenen anderen Autoren angegeben), für welche die $\mathfrak{J}_1$-Ortskurven der oben genannten Stromkreise zu einem Kreis oder zu einer Geraden werden:

a) Ortskreis der ohmschen Belastung (Heyland)

$$\mathfrak{Z}_x = R_{\text{variabel}} + jX_{\text{const.}}$$

(Änderung $\mathfrak{Z}_x$ nach einer Paralellen zur Abszissenachse)

b) Ortskreis der induktiven oder kapazitiven Belastung (Ossanna)

$$\mathfrak{Z}_x = R_{\text{const.}} + jX_{\text{variabel}}$$

(Änderung $\mathfrak{Z}_x$ nach einer Paralellen zur Ordinatenachse).

c) Ortskreis des konstanten Phasenwinkels (La Cour)

$$\mathfrak{Z}_x = R_{\text{variabel}} + jX_{\text{variabel}},$$

$$\cos\varphi_x = \frac{R_x}{\sqrt{R_x^2 + X_x^2}} = \text{const.}$$

(Änderung $\mathfrak{Z}_x$ nach einer Geraden durch den Ursprung).

d) Ortskreis des konstanten, scheinbaren Widerstandes (Bollinger).[6])

$$\mathfrak{Z}_x = R_{\text{variabel}} + jX_{\text{variabel}},$$

$$Z_x = \sqrt{R_x^2 + X_x^2} = \text{const.}$$

(Änderung $\mathfrak{Z}_x$ nach einem Kreise, dessen Zentrum im Ursprung liegt).

Meines Wissens ist erst Dr. E. Siegel in seiner Arbeit „Der allgemeine Transformator"[7]) an eine $\mathfrak{Z}$-Gerade bei Bedingungen, die einen $\mathfrak{Z}$-Kreis erwarten ließen, gestoßen. Er fand in seiner Unter-

[6]) Archiv für Elektrotechnik 1917, Bd. 5, Heft 8.
[7]) E. u. M. 1922, Heft 2, Seite 17.

Digitized by Google

suchung daß für die sekundäre Belastung, bei einem konstanten Phasenwinkel

$$\varphi_2 \cong \varphi_k = \text{const.}$$

der Ortskreis des Primärstromes $\mathfrak{J}_1$ eines Transformators zu einer Geraden degeneriert. Doch überging Dr. Siegel diesen „merkwürdigen Fall" ganz gleichmütig, obwohl er — wie gezeigt wurde — zu einem sehr wichtigen Ergebnis führen konnte. Dr. Siegel fand noch, daß für alle $\mathfrak{J}_1$-Ortskreise der Leerlaufpunkt P_∞ und der Kurzschlußpunkt P_0 gemeinschaftlich sein müssen. Nach unseren Darlegungen erscheint dies selbstverständlich, da alle $\mathfrak{z}_x$-Geraden, die dem Falle $\varphi_2 = \text{const}$ entsprechen, ebenfalls zwei Punkte gemeinschaftlich haben müssen, und zwar für den Wert $\mathfrak{z}_x = \infty$ und den Wert $\mathfrak{z}_x = 0$. Dadurch soll selbstverständlich das Verdienst des Herrn Dr. Siegel nicht im geringsten verkleinert erscheinen.

Wenn auch die moderne Elektrotechnik die Gerade als Ortskurve des Stromes ganz außer Acht gelassen hat, so soll doch diesem Orts-Gebilde der richtige Platz eingeräumt werden. Es gibt in der Elektrotechnik Probleme, in denen die Gerade als Ortskurve viel wichtiger erscheint, als der Ortskreis selbst. Wird zum Beispiel eine blindstromlose Speisung des Stromkreises verlangt, dann müssen die Bedingungen für $\mathfrak{J}_1$-Gerade gesucht werden.

Aus den vorstehend angeführten Sätzen folgt, daß eine solche Speisung im allgemeinen eine Wanderung der Belastungsimpedanz $\mathfrak{z}_x$ des Stromkreises nach einem Kreis durch den kritischen Punkt (P_{kx}) bedingt!

Vergleichen wir noch die hier erhaltenen Resultate mit denen von La Cour, oder auch mit den analogen Resultaten sämtlicher anderer Autoren (Bedell - Crehore, Heyland, Ossanna, Lehmann, Petersen, Krug, Waltz, Bolliger, Bloch, Siegel, Natalis), so ist ersichtlich, daß auf einem äußerst einfachen Wege, ohne jegliche Vereinfachungen oder elektrisch sinnwidrige Operationen (wie Inversion, Ersatzschaltungen und dergleichen) es möglich war, die allgemeinsten Bedingungen für den Ortskreis des Stromes J_1 zu finden. Die Analyse ist zudem direkt an einem allgemeinen Stromkreis (von der Art der in Abb. 3 respektive 7 gezeigten) durchgeführt worden, so daß keine Ungewißheit bezüglich der Gültigkeit der erhaltenen Resultate (wie es bei den La Courschen Entwicklungen der Fall war) zu befürchten ist. Nebenbei gewannen wir noch (meines Wissens zum erstenmal) die allgemeinen Bedingungen für die Ortsgerade des Stromvektors J_1.

Es ist nicht unsere Absicht, hier noch tiefer auf das Studium der La Courschen Ableitung einzugehen. Wir wollten nur zeigen, was für einen fruchtbaren Boden La Cour mit seiner Methode umgangen hat. Er hat aber richtig erkannt, daß den Leerlauf- und Kurzschluß-Zuständen eine äußerst wichtige Rolle bei der Behandlung der Stromkreise zukommt, und er hat auch als erster eine, wenn auch nicht einwandfreie, so doch nicht unrichtige Zusammensetzung der Hauptgleichungen des Stromkreises (mit beschränkter Gültigkeit) gegeben. Diese Verdienste müssen gewürdigt werden, auch für den Fall, daß die Methode von La Cour künftighin abgelehnt werden müßte.

Rundschau.

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Die Wirbelstrahlturbine, von ihrem Erfinder, Ing. Dr. M. Peiffenstein, Wien, so genannt, fällt nach den Ausführungen von Ing. A. Gratzl, Wien, hinsichtlich spezifischer Drehzahl in die Lücke zwischen Francis- und Freistrahlturbine, wobei bei Einradausführung ein $n_s = 100$, bei Zwillingsausführung ein $n_s = 140$ erreicht werden kann. Das Wasser strömt durch eine mit Flachnadelregulierung versehene Leitvorrichtung einem viereckigen Spiralgehäuse zu, dessen eine Seite bei Einradanordnung geschlossen ist, während auf der anderen Seite das Wasser durch eine kreisförmige, mit dem Laufrade gleichachsige Öffnung dem girardturbinenartig durchgebildeten Laufrade in kreisringförmigem Strahle zuströmt. Eine Versuchsturbine, welche im Laboratorium der Lehrkanzel für Wasserkraftmaschinen an der Technischen Hochschule in Wien ausprobiert wurde, war für ein Gefälle von 2·5 m, eine Wassermenge von 80 l/s und eine Drehzahl von 180 U/min, entsprechend einer Leistung von 2·1 PS und einer spezifischen Drehzahl von 83 U/min, gebaut. Ihr Kreisringstrahl blieb bis zu 8 l/s geschlossen. Für Einheitswassermengen von 10, 20, 30, 40 und 50 l/s ergaben sich der Reihe nach Wirkungsgrade von 61, 72, 78, 79 und 78 vH. Die kreisende Strömung im Spiralgehäuse kann mit dem Flächensatze

$$r \cdot c_u = \text{konstant} = k$$

berechnet werden. Sind im Eintrittsquerschnitte der Spirale die Radien r_1 und r_2 maßgebend, so rechnet sich die Gehäusehöhe h aus der Beziehung

$$Q = h \int_{r_1}^{r_2} c_u \, dr$$

unter Heranziehung des Flächensatzes zu

$$h = \frac{Q}{k \ln \frac{r_2}{r_1}}.$$

Der Flächensatz bietet auch die Möglichkeit, die Flachnadelform dem Wellenmittel anzupassen, damit der aus dem Gehäuse austretende Kreisringstrahl nicht exzentrisch, im Extremfalle sogar mondsichelförmig werde, was zu ungleichmäßiger, ja sogar partieller Beaufschlagung führen würde, eine Erscheinung, die bei sehr kleiner Beaufschlagung zu beobachten ist. Der Raum um die Radachse bleibt wasserfrei. Der innerste Strömungsradius r_i, an den die einzelnen Wasserteilchen bei der Strömung im Gehäuse asymptotisch herankommen, ist nach dem Flächensatze durch

$$r_i = \frac{k}{\sqrt{2gH}}$$

gegeben. Die Spiralenform wird zweckmäßig entsprechend der Gleichung

$$r = r_i + b\, e^{m\varphi}$$

gewählt, woraus sich aus dem Neigungswinkel ϑ der Spirale

Digitized by Google

$$\operatorname{tg}\vartheta = \frac{r}{\frac{dr}{d\varphi}} = \frac{1}{m}\left(\frac{r_l}{b\,e^{m\varphi}} + 1\right)$$

die Strömungsgeschwindigkeit c in einem beliebigen Gehäusepunkte aus

$$c = \frac{c_u}{\sin\vartheta}$$

berechnet. Der Laufradeintrittswinkel α_1 ist beim mittleren Spiralaustrittsradius r_a durch

$$\cos\alpha_1 = \frac{c_{ua}}{\sqrt{2gH}} = \frac{r_l}{r_a}$$

gegeben, und ist α_1 gleichzeitig das Komplement des Öffnungswinkels des Asymptotenkegels des Ringstrahles. Die Form des aus dem Gehäuse austretenden Strahles ist daher vom Gefälle unabhängig. Die Wirbelstrahlturbine wird infolge Fortfall der Leitradringe um 25 bis 30 vH billiger, als eine Spiralturbine gleicher Konstruktionsdaten, sie ist der Freistrahlturbine durch die gleichmäßige Belastung der Schaufeln überlegen. β.

(Z. Ö. I. A. V., 78. Jahrg., Nr. 43/44, 1926.)

Die Theorie der Wälzwirbel wird von Dr. Ing. K. Scholler, Hannover, als Grenzschichtproblem der Bewegung von Flüssigkeiten längs starrer Körper entwickelt. Bei dieser Bewegung sind Wälzwirbel anzunehmen, welche zwischen der Hauptströmung und dem festen Körper eingeschaltet sind. Die Wirbel, welche sich längs des festen Körpers abwälzen, wachsen stetig im Durchmesser, indem sie Stromfäden aus der Hauptströmung aufnehmen. Der Vorgang der Wälzwirbelbildung könnte dem Aufwickeln eines Fadens auf eine mit der Umfangsgeschwindigkeit $\frac{v}{2}$ sich drehende und mit gleicher Geschwindigkeit am Boden fortrollende Walze verglichen werden, der der Faden mit der Geschwindigkeit v zugeführt wird[1]). Der Durchmesser dieser Walze wächst stetig, wobei aber die bereits aufgewickelten Fadenteile keine spiralförmigen, sondern geschlossene Bahnen beschreiben um einen mit unendlicher Winkelgeschwindigkeit rotierenden Kern. Ist Δx die Summe der Halbmesser zweier derartig aneinander gereihter Wälzwirbel, Δp die zugehörige Druck-, Δv die zugehörige Geschwindigkeitsdifferenz, so ist

$$[v^2 - (v-\Delta v)^2]\frac{\gamma}{2g} = -\Delta p = -2v\Delta v\frac{\gamma}{2g},$$

$$v^2\frac{\gamma}{2g} = -p + \text{Konstante}.$$

Mit $\frac{v\Delta x}{2} = k$ als Ausdruck der Konstanz der Wirbelstärke, wobei die Konstante k mit der Reynoldschen Zahl in Zusammenhang steht, ergeben sich die Grenzwerte Δx_{min} und Δx_{max}, also die Grenzdurchmesser der Wälzwirbel aus den Beziehungen

$$\Delta x_{min} = \frac{2k}{v_{max}}, \quad \Delta x_{max} = \frac{2k}{v_{min}},$$

soferne v_{max} am Ursprung der Wälzwirbelbildung, v_{min} am Körperende auftreten. Vor den kleinsten Wälzwirbeln ist eine etwa laminar geschichtete Zone anzunehmen. β.

(Dinglers polyt. Journal, Bd. 341, Heft 17, 1926.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Bestimmung der Streureaktanz in Drehstromgeneratoren. Magron macht zunächst auf einen Irrtum in der klassischen Theorie der Synchronmaschinen aufmerksam. Die Streureaktanz ist nämlich von der Stellung des Polrades zur Zeit des maximalen Ankerstromes abhängig und zwar ist sie infolgedessen in der Nähe von $\cos\varphi = 1$ (Strommaximum fällt in die Pollücke) bei weitem größer als bei $\cos\varphi = 0$. Es wird daran erinnert, daß die Abhängigkeit der Streureaktanz vom Phasenwinkel gefunden werden kann, wenn an einer fremdgespeisten Statorphase Strom und Spannung bei Stillstand des kurz geschlossenen Induktors gemessen wird und dieser jeweils in verschiedene Winkellagen zu dieser Phase gebracht wird. Meist begnügt man sich jedoch zur Aufzeichnung des Dreieckes nach Potier mit einem Kurzschlußversuch. Die hiezu gehörige Streureaktanz läßt sich durch folgende Messungen ohne weiteres bestimmen: Es sei die Größe s für die Reaktanz der Eigenstreuung gesetzt, γs für die der gegenseitigen Streuung zweier Phasen, so daß die totale Streureaktanz $S = s(1+\gamma)$ ist; β se ein Koeffizient, ausgedrückt in Ohm, mit welchem der Strom J zu multiplizieren ist, um die Gegenspannung zu erhalten; ein analoger Koeffizient δ, auch in Ohm ausgedrückt, gebe, mit J multipliziert, die Wirkung der Dämpferwicklung an; γ' bedeute die Verkettungszahl, mit der der entmagnetisierende und dämpfende Fluß zu korrigieren ist, wenn Pol und Statorphase um $\frac{\pi}{3}$ differieren. Dann erhält man für den einphasigen Kurzschluß als Summe der induzierten Spannungen der beiden kurz geschlossenen Phasen

$$E_s\sqrt{3} = 2s(1+\gamma)J + 2(\beta-\delta)\gamma' J$$

und als Klemmenspannung der gesunden Phase

$$U_s = E_s - 2(\beta-\delta)\gamma' J,$$

da hier die Induktionswirkungen der beiden anderen Phasen auf die dritte sich aufheben. Die Streureaktanz ergibt sich somit zu

$$S = \frac{E_s(\sqrt{3}-1) \pm U_s}{2J},$$

je nach dem ob

$$E_s \gtrless 2(\beta-\delta)\gamma' J$$

ist. Das läßt sich mit Voltmeter und Amperemeter nur feststellen, wenn bei sonst gleichen Verhältnissen J verändert wird, was zum Beispiel dadurch geschehen kann, daß man den sekundären Kreis des Stromwandlers öffnet. Wird U_s bei Sinken von J größer, so ist dieser Wert von U_s in obige Gleichung mit positivem Vorzeichen einzuführen, sinkt aber U_s oder durchläuft es sogar Null, so gilt das negative Zeichen. Die genaue Bestimmung der oben angeführten fünf Größen läßt sich durch fünf Messungen erzielen, wenn, außer den erwähnten, noch bei Kurzschluß einer Phase gegen den Sternpunkt die induzierte Spannung in der kurz geschlossenen und die Klemmenspannung einer gesunden Phase, ferner die Spannung bei dreiphasigem Kurzschluß bestimmt wird. Voraussetzung für die Konstanz von β ist natürlich, daß sich die Spannungen unterhalb des Knies der Magnetisierungslinie bewegen.

St. Schw.

(Rev. gén. Electr., Bd. 20, Nr. 8, 1926.)

Die Rolle der thermischen Kapazität von elektrischen Maschinen für die Leistungsangaben bei diesen. Uber diesen Gegenstand hat A. E. Kenelly einen zusammenfassenden Bericht für den Kongreß der IEC im Jahre 1926 ausgearbeitet. Für die Ausnützung der Überlastungsmöglichkeit von elektrischen Maschinen ist es insbesondere wichtig zu wissen, welche Enderwärmungen bei verschiedenen Überlastungen, bezw. Teilbelastungen zu gewärtigen sind. Die Beziehung zwischen Belastung und Enderwärmung läßt sich am besten in einem logarithmischen Koordinatensystem aufzeichnen, da die Kurve dann in den meisten Fällen mit genügender Genauigkeit als Gerade dargestellt werden kann. Eine weitere wichtige Größe ist die Zeitkonstante. Für den praktischen Gebrauch hält der Autor es besser, an Stelle der theoretisch wichtigen Exponentialzeitkonstante τ_e die Zweier-(Binary-)Zeitkonstante τ_2 zu benützen. Die Beziehung zwischen beiden ergibt sich (aus dem Ersatz von e^{-t/τ_e} durch $2^{-t/\tau_2}$ in der Gleichung der Erwärmungslinien) mit

$$\tau_2 = 0{\cdot}69315\,\tau_e.$$

Die Zweier-Zeitkonstante gibt ein anschaulicheres Bild

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 731.

Digitized by Google

von dem Verlauf der logarithmischen Erwärmungskurve. Nach Verlauf einer Zeit gleich der Zweier-Zeitkonstante ist nämlich die Erwärmung von 0 auf $^1/_2$ der Enderwärmung gestiegen, bezw. es fehlt zur Enderwärmung $^1/_2$; nach zweimal der gleichen Zeitkonstante fehlt zur Enderwärmung nur noch $^1/_4$, nach dreimal $^1/_8$ usw. Unterschiede in den gemessenen Kurven gegenüber dem Exponentialverlauf hält der Autor nur dadurch begründet, daß die einzelnen Maschinenteile verschiedene Zeitkonstanten besitzen und thermisch aufeinander einwirken. Die Erwärmung läßt sich daher bei stärkerer Abweichung von der Exponentialkurve genügend genau als Summe zweier Exponentialkurven mit verschiedenen Zeitkonstanten darstellen. (Bei über größerem Temperaturbereich sich erstreckender Erwärmung, wie besonders bei Widerständen, ist jedoch bekanntlich eine Grundbedingung für die Exponentialkurve nicht mehr genügend erfüllt, so daß dann andere Kurven gelten[1]). Anm. d. Ber.) Die Arbeit enthält sodann eine Anzahl von Versuchsresultaten zum Vergleich mit Exponentialkurven, eine Sammlung der wichtigsten Formeln mit Angabe der Materialkonstanten und schließlich eine Zusammenstellung von Literatur über den behandelten Gegenstand. B. G.

(Journal of A. I. E. E., Bd. 45, Nr. 5, Mai 1926.)

Die Verwendung der Drehstromerregermaschinen. Die Vorzüge kompensierter Asynchronmotoren gegenüber gewöhnlichen Induktions- und Synchronmotoren sind bekannt, aber auch gegenüber synchronisierten Asynchronmotoren sind sie im Vorteil, da diese nur ein geringes Kippmoment im Synchronbetrieb besitzen. W. Weiler gibt nun eine kritische Übersicht über die bis heute entwickelten Typen von Drehstromerregermaschinen, ohne näher auf deren Theorie einzugehen. Je nach ihrem Verhalten im Synchronismus unterscheidet der Verfasser zwei Gruppen und zwar sind zur ersten diejenigen Maschinen zu rechnen, die keine oder eine nur unvollkommene Kompensation im Leerlauf gewährleisten, also Kappscher Vibrator[2]), Erregermaschinen mit Reihenschlußerregung im Anker, bezw. im Anker und Ständer[3]) (Abb. 1). Während dem Vibrator von Kapp keine praktische Bedeutung mehr

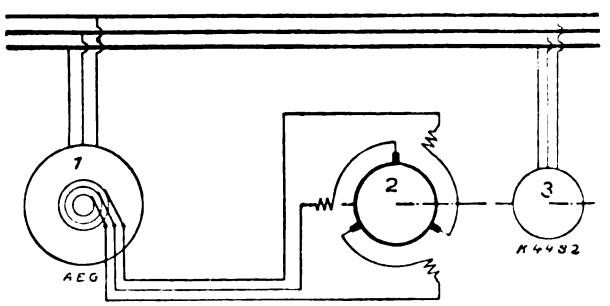


Abb. 1.

zukommt, werden eigenerregte Phasenschieber ständerlos bis zu größeren Leistungen ausgeführt. Als Beispiel wird eine von der AEG gebaute Erregermaschine dieser Art von 37 kVA zur Kompensation eines Schleifermotors von 2500 kW, 250 U/min angeführt. Für nur selten leerlaufende Antriebe ist das die einfachste und billigste Lösung. Von ein drittel Last bis Vollast ist hiebei ein Leistungsfaktor gleich 1 zu erzielen. Die Blindleistung kann durch Bürstenverschiebung geregelt werden. Durch geeignete Abstimmung der elektrischen Verhältnisse, sowie durch Wahl eines kleinen magnetischen Flußes je Pol läßt sich die Anwendung eines mit Wendepolwicklung versehenen Ständers umgehen. Gestatten andererseits wieder eigenerregte Phasenschieber mit zusätzlicher Ständererregung eine Verminderung des Leerlaufstromes auf ein Viertel des normalen Wertes, so ist eine Voll- oder Überkompensation, das heißt eine Abgabe voreilenden Stromes im Leerlauf, nur mit Maschinen der zweiten Gruppe möglich. Hierher gehören vom Netz erregte[1]) (Abb. 2) und Nebenschlußerregermaschinen[2]). Auch netzerregte Schieber lassen sich bis zu größeren Leistungen ständerlos ausführen, nur sind sie in ihrer Eigenschaft als Frequenzwandler an die Drehzahl der Hauptmaschine gebunden und mit dieser zu kuppeln, ein Nachteil, der den anderen Typen nicht anhaftet. Größere Drehstrom-Erregermaschinen für langsam laufende Walzwerks- oder Antriebsmotoren für Leonard- und Ilgnersätze sind mit Rücksicht auf stoßweisen Betrieb mit Ständer und Wendepolwicklung auszurüsten, wobei natürlich eine feste Bürsteneinstellung Bedingung ist. Die Hilfspolwicklung besteht aus zwei getrennten Gruppen, deren eine in Reihe zum Ankerstrom liegt und zur Aufhebung der Reaktanzspannung der Stromwendung und deren andere zur Unterdrückung der vom Drehfeld induzierten Spannungen dient, die in den durch die Bürsten kurzgeschlossenen Ankerwindungen entstehen. Die Schaltung ist aus Abb. 2 ersichtlich. Von der AEG wurde zum Beispiel für einen Ilgnermotor von

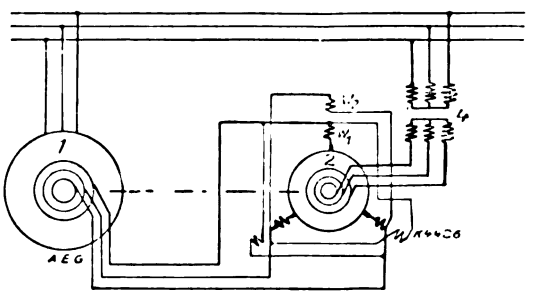


Abb. 2.

4000, max. 8000 kW, 428 U/min eine Erregermaschine besagter Bauart für 130 kVA dauernd und eine stoßweise Belastung bis 260 kVA gebaut, die ständig funkenfrei lief. Sollen außer der Stromwendungs- und der transformatorischen Funkenspannung noch die unvermeidlichen harmonischen Oberschwingungen des Ankerstromes unterdrückt werden, so ist eine über den ganzen Ständerumfang verteilte Kompensationswicklung aufzubringen, was zum Anschluß an Maschinen größter Leistung notwendig werden kann, hauptsächlich aber dort, wo eine Drehzahlregelung in Kaskadenschaltung erwünscht ist. Nachteilig wirken hiebei die erhöhten Kosten und die ungefähr vierfachen Ankerkupferverluste, da analog dem Einankerumformer die Ankerwicklung des fremd erregten Phasenschiebers ohne Kompensationswicklung einen Verlustfaktor von 0·5 hat[3]), während die mit Kompensationswicklung versehenen Maschinen zwei Wicklungen mit einem Verlustfaktor von rund 1 besitzen. Von Vorteil ist dagegen, daß dem Netz nur Magnetisierungsstrom entnommen werden muß, da die Kompensationswicklung schon den zur Kompensation des Ankerfeldes nötigen Stromanteil führt, Transformator und allfällige Regeleinrichtungen für die Drehzahländerung nur für 40 vH der Maschinenleistung auszuführen sind. Doch wiegt dieser Vorteil, sowie der leichterer Kommutierungsbeherrschung nach Ansicht des Verfassers nicht die angegebenen Nachteile auf. Eine Nebenschlußerregermaschine benötigt ohne Rücksicht auf Stromwendung immer eine Kompensationswicklung, also auch bei kleinsten Leistungen, außer den zwei normalen

[1]) Siehe auch: Dr. O. Gramisch, Ermittlung genauer Erwärmungs- und Abkühlungskurven, E. u. M. 1926, Seite 776.

[2]) E. u. M. 1913, Seite 898, Kapp: Über Verbesserung des Leistungsfaktors.

[3]) E. u. M. 1918, Seite 191, Nehlsen: Die Kompensation der Phasenverschiebung.

[1]) E. u. M. 1923, Seite 745, Schmitz: Kreisdiagramm der Asynchronmaschine mit Phasenschieber; ETZ 1925, Seite 142, Kozisek: Drehstrom-Erregermaschine mit Fremderregung.

[2]) ETZ 1921, Seite 969, Scherbius, Nebenschluß-Phasenkompensator.

[3]) E. u. M. 1924, Seite 755, Weiler: Ankerkupferverluste der vom Netz erregten Drehstrom-Erregermaschine.

Digitized by Google

Wendepolwicklungen, die allerdings bei kleineren Typen entfallen können, auch noch eine mehrphasige verteilte Erregerwicklung. Diese Bauart ist daher beträchtlich teurer und nur durch ihre Unabhängigkeit von der Drehzahl der Vordermaschine vorteilhaft. (Für sie wurde, allerdings in einer Ausführung mit Kompounderregung, in letzter Zeit[1]) ein neues Arbeitsgebiet erschlossen, indem sie in Fällen, wie zum Beispiel bei Walzenstraßen, angewendet wird, wo bei Belastungsstößen ein zusätzlicher Schlupf hervorzurufen ist, um so die Schwungmassen zur Wirkung zu bringen. D. Ber.)

Für kleinere und mittlere Leistungen wäre eine eigene Drehstrom-Erregermaschine unwirtschaftlich, weshalb Motor und Kompensator in einer einzigen Maschine vereinigt wird (sogenannte kompensierte Motoren nach Heyland, Osnos u. a. m.).

St. Schw.

(AEG-Mitteilungen, Heft 8, 1926.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Die Abflachung steiler Wellenstirnen unter Berücksichtigung der Stromverdrängung im Leiter berechnet F. Moeller. Die Untersuchung wird für einen einzelnen sowie für zwei parallele zylindrische Leiter im ableitungsfreien Raum (also auch ohne Rücksicht auf das Vorhandensein von Erde) durchgeführt und bei der Integration, der für die Bedingungen der Probleme spezialisierten Feldgleichungen, auf ältere Arbeiten von Sommerfeld und Mie Bezug genommen. Man erhält so für jede Sinuswelle, aus welchen sich die betrachteten Rechteckswellen in einer Fourierreihe darstellen lassen, eine zeitliche und örtliche Dämpfung mit Wellenlängenabhängigkeit. Der analytisch in geschlossener Form

$$E_s = \frac{2E_0}{\pi} \sum_{1,3,5\ldots} n \left[\frac{1}{n} e^{-\alpha\sqrt{n}} \sin\left(\gamma n \pm \alpha\sqrt{n}\right) \right] + \frac{E_0}{2} \quad . (1)$$

mit E_0 = Amplitude der Rechteckswelle, $\alpha = s \cdot F$ (Leiterdimensionen a, R, spezifischem Widerstand, Dielektrizitätskonstante der Umgebung, Länge λ der Rechteckswelle), s = Wanderweg, und auch graphisch darstellbare Spannungsverlauf an der Drahtoberfläche gestattet die angenäherte Ermittlung der Abhängigkeit des am Kopfe auftretenden maximalen Spannungsabfalles ΔE von α in der allgemeinen Form

$$\Delta E \doteq 3{\cdot}2 \frac{E_0}{\lambda} \alpha^{-1{\cdot}6} \text{ V/cm} \quad . . . . . (2)$$

bezw. in der für Kupfer-Freileitungen spezialisierten Form

$$\Delta E \doteq 0{\cdot}00178 \left(\frac{R}{s} \ln \frac{2a}{R}\right)^{1{\cdot}6} . \quad \lambda^{-0{\cdot}2} . E_0 \text{ V/cm} \quad . (3).$$

Man erkennt den, infolge des Logarithmus, relativ geringen Einfluß von $\frac{a}{R}$ und den großen der fast quadratisch in die Formel eingehenden Werte von Leiterradius R und Wanderweg s. Bei langen Wellen (λ groß) ist die Abflachung größer als bei kurzen — es ist dabei jedoch darauf hinzuweisen, daß λ nur ganz grob geschätzt werden kann, diesbezügliche Ungenauigkeiten wegen der Abhängigkeit $\lambda^{-0{\cdot}2}$ aber nicht viel ausmachen. Für Kabel läßt sich eine zu (3) analoge Formel ableiten, aus der man ersieht, daß die Abflachung dort, infolge der anderen Materialkonstanten und geometrischen Daten, ganz wesentlich höher ist als bei Freileitungen. — Vergleichsweise wird dann zur Kennzeichnung der Bedeutung der Stromverdrängung auf die Abflachung der Wellenstirne auf die durch den Gleichstromwiderstand erzeugte Dämpfung eingegangen. Man erkennt, daß die Stromverdrängung vor allem für die Abflachung der Stirn von Einfluß ist, während die Amplitude durch sie nicht viel weiter verkleinert wird — aber gerade die Stirnabflachung nimmt der Welle ihre Gefährlichkeit. Zum Schlusse werden die Bedingungen für einen gleichzeitigen Verlauf mehrerer Wanderwellen auf parallelen Leiterschleifen untersucht und die allgemeinen Rechnungsergebnisse mit einigen ausgeführten Messungen verglichen.

E. Gr.

(Archiv für Elektrotechnik Band 15, Heft 6 und Band 16 Heft 4, 1926.)

[1]) ETZ 1926, Seite 888, Seiz: Phasenschieber für verlustlosen Schlupf.

Leitungen und Leitungsbau.

Die Einwirkung von Glasurverletzungen auf die Zugfestigkeit von Motorisolatoren. Von H. Handrek, Hermsdorf. Da bei den Motorisolatoren das Porzellan bewußt auf Zug beansprucht wird, muß die Frage des Einflußes der Glasur auf die Zugfestigkeit des Isolators geklärt werden. Durch ein Sandstrahlgebläse wurde die gesamte Glasur vom Isolator entfernt. Der hierauf folgende Zerreißversuch ergab, daß der Wert ungefähr dem des unglasierten Isolators entsprach, der rund 25 vH niedriger als der des glasierten ist. Ein weiterer Versuch zeigte, daß nur die Glasurschicht in der Nähe der Kappe auf die Zugfestigkeit wesentlichen Einfluß hat. Ließ man sie nämlich an dieser Stelle unverletzt, so konnte keine Festigkeitsverminderung festgestellt werden. Die Erklärung ist die, daß in der Nähe der Kappe, die den Isolator zur Einspannung umfaßt, Formänderungen am Porzellankörper unter der Zugwirkung auftreten, die eine ungleiche Belastung der inneren Schichten des Körpers zur Folge haben, wobei die inneren auf Kosten der äußeren entlastet werden. Eine Verletzung dieser ohnehin überbeanspruchten Teile kann daher leicht Zerstörungen verursachen. Der verfestigende Einfluß der Glasur kann auch noch auf anderen Wegen nachgewiesen werden. Es empfiehlt sich daher, diese gefährdeten Stellen entsprechend zu schützen, indem man den Isolator mit Doppelkappen ausrüstet, die Steinwürfe von den empfindlichen Stellen abhalten.

V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 415, 1926).

Installationstechnik.

Motorschutzschalter. Die bisher in Verwendung stehenden Einrichtungen zum Schutz von kleinen Wechselstrom- und Drehstrommotoren sind entweder

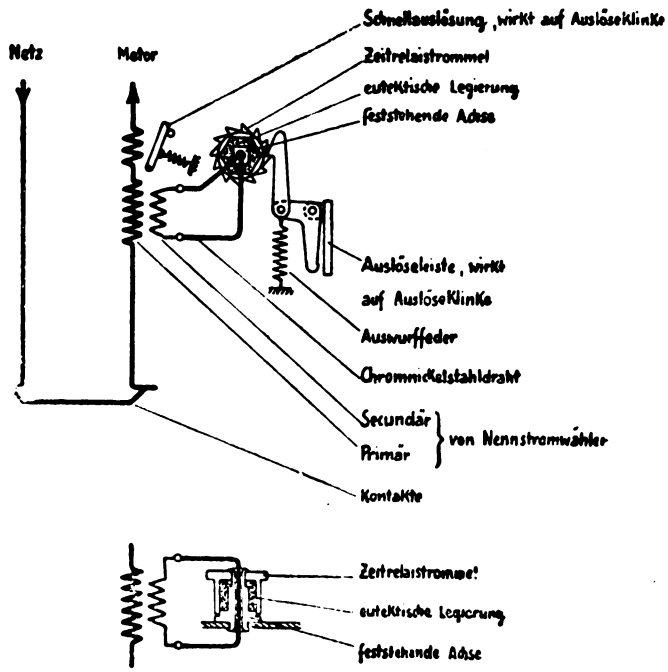


Abb. 3. Schema für thermische Zeit- und Schnellauslösung.

Schmelzsicherungen oder Selbstschalter. Die ersteren haben sich in der Praxis nicht bewährt. Bei den Selbstschaltern wird vielfach als thermische Zeitauslösung,

Digitized by Google

entweder ein vom Motorstrom durchflossener Hitzdraht oder ein Metallpaket oder auch eine mit Flüssigkeit von niederer Verdampftemperatur gefüllte Expansionskapsel verwendet. Ein neuer Weg wird durch einen Motorschutzschalter mit Zeitrelaistrommel beschritten[1]). Es ist dies (Abb. 3) eine von innen geheizte Hohlachse, deren Vierkant mit einer sechskantig ausgearbeiteten Zahntrommel mittels einer eutektischen Legierung fest vergossen ist. Die Schmelztemperatur dieser Legierung beträgt 150° C, so daß dadurch weitgehendste Unabhängigkeit von der Raumtemperatur erzielt wird. Sobald die eutektische Legierung infolge zu langer Dauerüberlastung erweicht wird, dreht sich die Zahntrommel unter dem Einfluß einer Feder und diese gibt die Auslösung frei. Unmittelbar nach der erfolgten Abschaltung erstarrt die Legierung aber wieder und der Schalter ist bereits nach 2 sec neuerdings einschaltbereit. Dieses Relais bleibt selbst nach tausenden von Auslösungen unverändert. Eine im betriebswarmen Zustand aufgenommene Auslösekurve zeigt, daß schon kleine Dauerüberlastungen von 15 bis 18 vH die Auslöseeinrichtung zum Ansprechen bringen, und daß bei 20 vH Überlastung die Auslösung nach 20 min, bei 50 vH Überlastung nach 2 min erfolgt, womit auch die Vorschriften des VDE erfüllt sind.

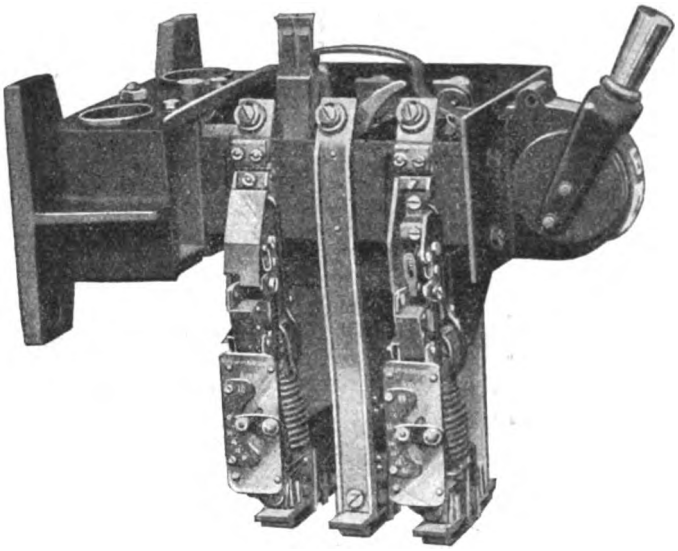


Abb. 4. Motorschutzschalter, geöffnet.

Die neue Bauart des Schutzschalters besitzt außerdem den Vorteil, daß er mit einem Nennstromwähler, einem durch Änderung der Streuung variablen Stromwandler, versehen ist, um innerhalb der einzelnen Schaltergrößen leicht eine Anpassung an Motoren verschiedener Nennleistung bewerkstelligen zu können. Zu diesem Zweck ist das Joch des Nennstromwählers nach einer Skala verschiebbar, was bewirkt, daß die Kopplung der beiden Spulen verändert wird. Eine Kernverlängerung des Nennstromwählers trägt außerdem einige Windungen, die den abgefederten Momentauslöseanker (Abb. 3) bei Bedienungsfehlern und schweren Kurzschlüssen anziehen, der, unabhängig von der thermischen Zeitauslösung, eine schnelle Auslösung besorgt. Die Schaltung ist aus der Abb. 3 ohneweiters ersichtlich.

Am Kastenhinterteil, Abb. 4, ist die notwendige Nullspannungsauslösung befestigt, deren Spule für 380 V als besondere Neuerung gleichzeitig ohne irgendwelche Verstellung für 190, 220 und 380 V verwendbar ist. Der Schalter ist gußgekapselt und liegen seine Haupt- und Vorkontakte tief unter Öl. Das Auslöseschloß mit Freiauslösung, das im Antriebsbock befestigt ist und in die Mitte des Schalters ragt, bildet eine durch die Auslöseorgane lösbare Kupplung zwischen Griff und Schalterstücken. Die beweglichen Kupferkontakte sind ohne Werkzeug durch Bajonettbewegung leicht auswechselbar und bestehen aus einem stahlgefederten Vor- und einem stahlgefederten Hauptkontaktstück. Außerdem ist es sehr zweckmäßig, daß ein überstromsicherer, hochgedämpfter Strommesser eine dauernde Betriebsübersicht gestattet. Im übrigen ist der mechanische und elektrische Aufbau aus Abb. 4 ersichtlich. Außer als Motorschutzschalter, wobei er die gefahrlose Ausnützung des Motors im Dauerbetrieb bis zur Grenze seiner Leistungsfähigkeit zuläßt und unter anderem auch die Möglichkeit des einphasigen Weiterlaufens beseitigt, kann der Apparat auch als Transformatorenschalter, Abzweigschalter und Strombegrenzer Verwendung finden. Sta.

[1]) Motorschutzschalter SBIK der Firma Dr. Paul Holitscher & Co., Wien.

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Eine neuartige elektrisch betriebene Schmiedepresse. von A. Friederici. Bei der von der Kalker Maschinenfabrik (Kalmag) gebauten Maschine, die äußerlich einem einständerigen Hammer gleicht, wird der Preßbär durch einen schwungradlosen Elektromotor mittels eines doppelten Rädervorgeleges, einer Kurbelachse und eines doppelarmigen Stahlguß-Schwinghebels, der mit dem Bär gelenkig verbunden ist, angetrieben. Der Drehpunkt des Hebels ist mittels eines kleinen Motors, der über ein Schneckengetriebe auf die Druckspindelmutter arbeitet, verstellbar. Durch den Kurbelantrieb erhält der Bär genau festgelegte Hübe, die Verwendung von Maßbeilagen und das Nachmessen während der Arbeit, wie bei den hydraulischen und dampfhydraulischen Pressen, entfällt. Der Preßdruck kann bei allen Werkstückhöhen der gleiche sein. Zwischen der Kurbelachse und dem Schwinghebelende wird eine Flüssigkeitsüberdrucksicherung eingebaut, die ein Überschreiten eines bestimmten Preßdruckes und damit eine Beschädigung der Maschine verhindert. Der zum Antrieb dienende Gleichstrommotor für 220 V oder 440 V wird von der AEG als Arbeitsreglermotor gebaut. Er macht rund 1000 U/min bei leichten Hüben (bis ein Viertel des Höchstpreßdruckes). Bei größerem Preßwiderstand treten entsprechend der Druckzunahme nach und nach vier Stromwächter in Tätigkeit, welche die Drehzahl bis auf 250 U/min herabsetzen, das Drehmoment aber im gleichen Maße steigern. Da für lange Stücke noch ein größerer Geschwindigkeitsunterschied erforderlich ist, wird in das eine Rädervorgelege eine Umschaltvorrichtung auf einen langsameren Gang eingebaut. Mit der Maschine sind auch Einzelschläge möglich, auch kann der Bär in jeder beliebigen Stellung festgehalten werden. Durch die Verwendung des Arbeitsreglermotors, der sehr schnell anläuft (in etwa 5 Umdrehungen erreicht er schon seine höchste Umlaufzahl), und noch etwas schneller zum Stillstand kommt, lassen sich die verschiedenen Arbeitsmöglichkeiten ohne Zeitverluste erreichen. Außer den schon erwähnten Vorteilen weisen die für Preßdrücke von 150 bis 600 t gebauten Pressen noch folgende auf: Die aus dem Netz entnommene Energie ist, abgesehen von den mechanischen Verlusten, nur so groß als der Preßarbeit entspricht, in den Pausen wird kein Strom verbraucht. Die größere Höhenverstellung und das Pressen auf ein festes Maß ermöglichen eine sehr weitgehende Ausnutzung der Presse. Die Steuerung geschieht ohne Kraftanstrengung, der Pressenführer kann sich daher vollständig der Genauigkeit der Bedienung widmen. J.

(Z. V. D. I., Bd. 70, H. 39, 1926.)

Baustoffe.

Über die Verwendung von legiertem Aluminiumdraht als Ersatz für Reinaluminium und Stahlaluminium-Freileitungen berichtet die Aluminium Industrie A.-G., Neuhausen (Schweiz). Das Bestreben, Leitungsdrähte mit hoher Festigkeit, geringem Gewicht und guter Leitfähigkeit herzustellen, führte zu der „Alu-

Digitized by Google

minium Drahtlegierung 3". Hiebei werden dem Aluminium solche Metalle zulegiert, die bei der Erstarrung mit dem Aluminium Mischkristalle, das heißt feste Lösungen, bilden. Die hiedurch eingetretene Verminderung der Leitfähigkeit wird durch eine Umbildung der Legierung beim Ausglühen unter einer Temperatur unterhalb von 350° C behoben, wobei aber die Festigkeit zurückgeht. Wird nun die Legierung in diesem Zustand kaltgereckt, so tritt unter Beibehaltung der erreichten Leitfähigkeit eine beträchtliche Erhöhung der Festigkeit ein. Eine Verbesserung des Verfahrens bedeutet es, daß man nach vorhergegangener, genügend starker Kaltreckung schon bei einer Erhitzung auf 100 bis 160° die höchste Leitfähigkeit erreicht, bei welch niederer Temperatur noch keine Rekristallisation und damit Entfestigung eintritt, außerdem aber an Dehnung und Biegefestigkeit gewonnen und der Draht von inneren Spannungen befreit wird. Während es gelang, bei einer Leitfähigkeit von 33·5 eine Festigkeit von 2 kg/mm² zu erreichen, kann man bei einer Leitfähigkeit von 30 eine Festigkeit von 45 kg/mm² erzielen, welch letztere Legierung aber verhältnismäßig schwierig zu verarbeiten ist. Derzeit wird vornehmlich die „Legierung 3" hergestellt, deren Zusammensetzung wie folgt lautet: Magnesium 0·4 vH, Silizium 0·5 vH, Eisen 0·3 vH, Aluminium 99·7 bis 99·8 vH. Die Garantiewerte sind bei einer Drahtstärke von 2 bis 3 mm Durchmesser: Aluminiumgehalt 98·6 vH, Zugfestigkeit 31·5 kg/mm², Elastizitätsgrenze 25 kg/mm², Elastizitätszahl 6400 kg/mm², spez. Gewicht 2·7, Anzahl der Biegungen über $r = 10$ mm : 5, Anzahl der Verdrehungen auf 10 cm Länge : 8, Leitfähigkeit 30. Die Wärmeausdehnungszahl beträgt $2{\cdot}3 \cdot 10^{-5}$, die Temperaturzahl der Leitfähigkeit $3{\cdot}6 \cdot 10^{-3}$, die Wetterbeständigkeit ist gleich der von 99·3prozentigen Rein-Aluminium. Gegenüber Reinaluminium ist also eine um 83 vH gesteigerte Zugfestigkeit bei nur 8·8 vH geringerer Leitfähigkeit festzustellen. Diese Legierung wurde erstmalig an der, später mit 110 kV zu betreibenden Fernleitung Turtmann—Chippis der Illsee Turtmann A.-G., Schweiz, angewendet. Die Seile von 135·6 mm² Querschnitt bestehen aus 4 + 10 + 16 Drähten von 2·4 mm Durchmesser. Die Mastentfernung der 12·5 km langen Doppeldrehstromleitung beträgt durchschnittlich 236 m. Die Leitung ist dadurch bemerkenswert, daß die Tragmaste auch auf die Verdrehbeanspruchung eines Leiterseiles berechnet sind und die Eckmaste, die von der S. K. in Gösgen erprobten Fundamente erhielten, die durch armierte Betonriegel verbundene Eckfundamente gekennzeichnet sind und auf ein Drittel des Preises der gewöhnlichen standfesten Blockgründung zu stehen kamen. Die Abspannung der in abgepaßten Längen gelieferten Seile erfolgte durch die konzentrischen Abspannmuffen, System Vontobel, Kilchberg, die die Seile auf einfache Weise durch eine konzentrische Muffe festhalten, die sich unter dem erstmaligen Seilzug an das Seil festklemmt und auch bei Entlastungen festhält. Da die Muffen aus derselben Legierung wie das Seil hergestellt sind, entfällt jede Gefahr von Korrosion. Die neue Legierung bietet jedenfalls die Möglichkeit einer viel ausgedehnteren Verwendung des leichten Aluminiums, insbesonders bei den mit Rücksicht auf die Glimmverluste festzulegenden Leitungen. (Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung gegenüber Kupferleitungen ist mangels von Preisangaben leider nicht durchzuführen.) V. H.

(Schweizerische Bauzeitung, Bd. 87, Heft 26, 1926.)

Elektrizität im Haushalt.

Der neue Protos-Küchenmotor der Siemens-Schuckert-Werke. Zum Antrieb von Küchenmaschinen im Haushalt haben die Siemens-Schuckert-Werke bereits eine Ausführungsform eines elektrischen Haushaltmotors[1]) geschaffen, der die Tätigkeit des Küchenpersonales erleichtern und dessen Leistung erhöhen soll, wobei für sämtliche Küchenmaschinen ein Küchenmotor ausreicht, auf den man wahlweise die verschiedenen Arbeitsmaschinen aufstecken kann. In letzter Zeit hat dieser Motor, der unter dem Namen „Protos" auf den Markt gebracht wird, eine Reihe von Verbesserungen erfahren. Die bisherige Bauart des Küchenmotors konnte nur für eine ganz bestimmte Stromart, Gleich-, Wechsel- oder Drehstrom, verwendet werden. Dieser Nachteil ist beim neuen Modell dadurch vermieden, daß der bekannte Universalmotor der SSW-Handbohrmaschine für Gleich- und Wechselstrom in entsprechender Änderung Verwendung findet. Dadurch wurde die ganze Bauart leichter, einfacher und billiger. Ein Präzisions-Schneckenradgetriebe mit hohem Wirkungsgrad sorgt für geräuschlose Herabsetzung der hohen Tourenzahl des Motors auf die zum Antriebe von Küchenmaschinen notwendige niedrige Drehzahl. Der an jede Lichtleitung bis 6 A anschließbare Motor (Abb. 5) hat Hauptstromcharakteristik, er ist für aussetzenden Betrieb gebaut und gibt ein hohes Drehmoment ab und paßt sich elastisch dem Kraftbedarf des Arbeitsvorganges an; die Vollastaufnahme bei Verarbeitung größerer Materialmengen in einigen Minuten beträgt 180 W. Beim Betrieb darf er gut „handwarm" werden, also bis 50° C über Lufttemperatur. Sämtliche Arbeitsmaschinen sind mit den von der Nahrungsmittel-Industrie-Berufsgenossenschaft vorgeschriebenen Schutzvorrichtungen versehen; es können somit die Maschinen auch von ungeübtem Personal bedient werden. Ein

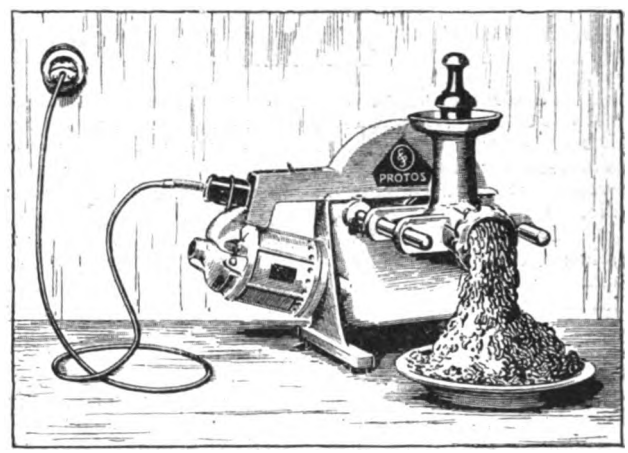


Abb. 5. Protos-Küchenmotor, Größe I.

Daumenschalter ist von allen Seiten bequem bedienbar eingebaut; seine Ein- und Ausschaltstellung ist durch ein neues international verständliches Zeichen (für die Einschaltstellung einen Kreis mit einem konzentrischen Punkt, für die Ausschaltstellung einen Kreis mit dem Punkte nebenan gestellt) deutlich erkennbar. Da die besondere Bauart des Motors mit einem Schneckenradgetriebe die Befestigung mittels Schrauben am Küchentisch erübrigt, kann er also überall aufgestellt und in Betrieb gesetzt werden, nur beim Antrieb der Eismaschine und Schneeschlagmaschine ist er an der Tischkante mit einem seiner hinteren Fußausläufer mittels beigegebener Klammer zu befestigen. Die Motoren werden in zwei Größen für 180 W und 400 W Leistungsaufnahme gebaut, jede wiegt 14 kg. Schmierung von Motor und Getriebe ist nicht erforderlich, weil der Motoranker in Kugellagern mit Dauerschmierung läuft; das Getriebegehäuse ist mit einem Schmiermittel gefüllt, das selbst innerhalb größerer Zeiträume keiner Erneuerung bedarf. Parallel zur Antriebswelle tragen die Motoren zwei Führungsstangen, auf welche entsprechend gebaute Küchenmaschinen aufgeschoben werden und die ein besonderes Ausrichten der Maschinen unnötig machen; der an den Arbeitsmaschinen befindliche Drehzapfen greift selbsttätig in die auf der Motorwelle sitzende Kupplung ein. Durch kleine Stellschrauben werden die Küchenmaschinen auf den Führungsstangen festgehalten und sind gebrauchsfertig. Eine Zusammenstellung der

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, Heft 43, TWN, S. 323.

Digitized by Google

an den Küchenmotor anschließbaren Arbeitsmaschinen und deren Leistung gibt die nachstehende Übersicht:

Bezeichnung	Gewicht in kg	Leistung in etwa 10 Minuten
Fleisch- und Gemüsehackmaschine	3·6	6·3 bis 8·5 kg Fleisch
Reibemaschine	4·3	5·8 bis 6·6 kg rohe Kartoffeln
Kaffeemühle	2·6	0·4 kg Kaffee, fein gemahlen
Bohnenschneidemaschine	1·1	etwa 2 kg Bohnen
Frucht- und Saftpresse	4·4	7·5 kg Johannisbeeren
Walzen-Messerputzmaschine	6·9	80 bis 100 Messer
Bürsten-Messerputzmaschine	6·0	80 bis 100 Messer
Brot-Schneidemasch.	4·8	300 bis 330 Schnitten weiches Brot
Durchschlagmaschine	5·0	5 l Kartoffelbrei oder 10 l Erbsensuppe
Eismaschine	5·8 u. 7·5	2 bis 4 l Eis in 15 bis 20 Min.
Schneeschlagmaschine	14·0	5 bis 10 l Eierschnee in 15 bis 20 Min.
Reibe- und Schneidemaschine	28·0	4 bis 16 kg je nach Material

Men.

Chronik.

17. Röntgen-Kongreß. Auf dem im April v. J. abgehaltenen 17. Röntgenkongreß nahm die Frage der Dosierung einen breiten Raum im Rahmen der Vorträge ein, während neue Typen von Apparaten oder wesentliche Änderungen und Verbesserungen an solchen diesmal fast gar nicht zu sehen waren.

Eine Standardisierung, das heißt allgemeine Einführung einer Meßmethode für medizinische Zwecke und eines Instrumentes wird angestrebt. Als Methode kommt gegenwärtig vor allem Ionisationsmessung in Frage, seitdem von Behnken in der Phys.-Techn. Reichsanstalt exakte Messungen mit Druckluftkammer zu einer einwandfrei reproduzierbaren Röntgeneinheit R geführt haben[1]). Vergleichsmessung mit Radium tritt demgegenüber in den Hintergrund. Es wird versucht, ein bestimmtes Vielfaches der Röntgeneinheit R, etwa 500 bis 600 R, die einer bestimmten biologischen Wirkung, der sogenannten Erythemdosis, entsprechen sollen, als geeignete praktische Einheit für medizinische Zwecke einzuführen. Qualitätsmessung (Härtemessung) kann ebenfalls ionometrisch durch Ermittlung der Halbwertschicht bei Durchgang durch ein Kupferfilter erfolgen. Die Übertragung der mit der Druckluftkammer oder mit einer großen Ionisationskammer gemessenen Werte auf die vorherrschend im Gebrauch befindlichen Apparate mit kleinen, von Nebenbedingungen stark abhängigen Ionisationskammern setzt eine Eichung voraus, die noch auf beträchtliche Schwierigkeiten stößt. Über die medizinisch wichtige Frage nach der Richtigkeit der Messung der Tiefendosis in vH und der Zusatzstrahlung an der Oberfläche durch Streuung aus dem Innern des Körpers bei Anwendung verschiedener Ionisationsinstrumente wird auf Grund von Versuchen bekannt, daß die Tiefendosis ziemlich befriedigend gleich angegeben wird (Abweichungen von 10 vH), bei der Streustrahlung aber große Verschiedenheiten bestehen, deren Ursachen allerdings zum Teil schon erkennbar sind. In der Praxis sind hier noch immer weit größere Abweichungen und Unverläßlichkeit der Instrumente häufig. Bei der Streustrahlung an der Oberfläche ist die Größe des Bestrahlungsfeldes und die Strahlenhärte von wesentlicher Bedeutung. Der Streustrahlenzusatz beträgt bei größeren Feldern 40 bis 100 vH.

Ein auf Ionisation beruhendes genaues Meßgerät für Vergleich mit Radiumstrahlung beschreibt Küstner (Göttingen); seine Eichkonstante ist für sehr verschiedene Strahlen unveränderlich; es soll als Normalinstrument einzelner Institute zur Eichung einfacherer Dosimeter dienen. Als bemerkenswerte Neuerung unter den Instrumenten muß der Röntgendosiszähler von S. Strauß angesehen werden, der den Gitterkreis einer Elektronenröhre durch den Strom der Ionisationskammer steuern läßt, besonders deswegen, weil er die jeweils bereits erreichte Dosis anzeigt, auf die zu erreichende Gesamtdosis eingestellt werden kann und in der technischen Gestaltung eine bemerkenswerte Vollendung erkennen läßt[1]).

Die durch Ionisationsmessung gefundene Röntgeneinheit 1 R entspricht bei verschiedener Strahlenqualität ganz verschiedenen durchtretenden Energiemengen: bei 1·5 A entspricht sie 50 Erg, bei längeren Wellen dagegen bis zu 15 000 Erg und darüber. Bei Multiplikation der Energie mit dem Absorptionskoeffizienten der Strahlung, also Bezug auf die Dosis, wird diese Wellenabhängigkeit allerdings geringer. In biologischer Hinsicht geben gleiche R-Werte auch annähernd gleiche Wirkung, die R-Einheit ist also für praktische Zwecke geeignet, das Energiemaß nicht. Von anderer Seite wird dies bestritten; langwellige Strahlung gebe mit wenigen R die gleiche biologische Wirkung wie kurzwellige. Diesen Messungen gegenüber finden sich nur vereinzelte Versuche, Verfärbungsmethoden, zum Beispiel auf Glas, oder photometrische Verfahren, wie Messung der Lichtstärke des Fluoreszenzschirmes anzuwenden; gewisse Vorteile, wie Einfachheit und Billigkeit der Einrichtung gegenüber Ionisationsinstrumenten, wären allerdings mit solchen Meßmethoden verbunden.

Die direkte Spannungsmessung auf der Hochspannungsseite der Apparate ist in einfacher Weise nur mit der Kugelfunkenstrecke möglich. Im Primärkreis befindliche gewöhnliche Niederspannungsinstrumente mit empirisch geeichter oder nur nach dem Übersetzungsverhältnis bestimmter Skala geben keinen Aufschluß über die tatsächlich an der Röhre herrschende Spannung. Prof. Holzknecht und Dr. Spiegler, Wien, geben eine leicht transportable Meßfunkenstrecke in Zangenform an, deren Schenkel durch Zug an einer Schnur bis zum Überschlag genähert werden, sodann durch Loslassen auseinanderschnellen, während ein Zeiger die innegehabte Stellung bei Überschlag anzeigt.

Nächst der Dosismessung stand die Frage des Strahlenschutzes für Arzt, Hilfspersonal und Patienten im Vordergrund. Die bereits sehr hoch gesteigerte Leistungsfähigkeit der Apparate und Röhren bewirkt, wenn auch akute Schäden mit ihren oft schwerwiegenden Folgen bei einiger Vorsicht vermieden werden können, daß Personen, die wiederholt dauernd einem auch nur geringen, durch sogenannte vagabundierende Strahlung gebildeten Teil der Röntgen-Strahlung sich aussetzen, mit der Zeit Röntgenschädigungen, bisweilen sehr schwerer Art erleiden. Die Frage der für den Schutz aufzuwendenden Kosten ist dabei wesentlich. In England und den nordischen Ländern bestehen bereits diesbezüglich sehr weitgehende Vorschriften; in Deutschland und Österreich wird eine Regelung vorbereitet. Dabei wird eine Staffelung des geforderten Schutzes nach der härtesten zur Verwendung gelangenden Strahlung in Erwägung gezogen, also nach der von den Apparaten fallweise erreichbaren höchsten Spannung; bei 200 kV zum Beispiel werden 4 mm Blei vorgeschlagen. Die bei einmaliger Strahlenwirkung zur Hervorrufung eines Erythems hinreichende Bestrahlungsdosis (allerdings ein von der Beschaffenheit der Haut und der Körperstelle ziemlich abhängiger Wert) soll durch Anbringung des Strahlenschutzes für die der Strahlung ausgesetzten Personen erst nach einer großen Anzahl von Stunden (etwa einige Hundert, über den Wert ist noch keine Einigung erzielt) erreicht werden, unter welchen Umständen dann die Einwirkung dauernd ohne Schaden ertragen werden soll. Die Schutzwirkung des für viele Schutzzwecke wegen seiner Durchsichtigkeit an Stelle von Blei unerläßlichen Bleiglases nimmt mit dem Bleigehalt, wie leicht einzusehen ist, etwa exponentiell zu. Bleiglas, in Bleiwände eingesetzt, muß, um eine letzteren angepaßte Schutzwirkung zu geben und nicht den

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 269.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 348 ff.

Digitized by Google

Schutz der Wände wertlos zu machen, ein Mehrfaches der Wanddicke aufweisen (etwa das 6 bis 10fache).

Die Elektronenröhren werden durch versehentliches Anschalten der Hochspannung vor Einschalten der Heizung oder vorzeitiges Abschalten der letzteren oft beschädigt. Eine Einrichtung von Dr. Spiegler, Wien, bewirkt durch ein vom Heizstrom durchflossenes Relais, daß ein Einschalten der Betriebsspannung bezw. Vorhandensein dieser an der Röhre nur bei eingeschaltetem Heizstrom möglich ist. Eine neue Röhre für Untersuchungszwecke besitzt eine Einkerbung auf dem Spiegel, um die Fläche für das Auftreffen der Elektronen, nicht aber gleichzeitig den Brennfleck zu vergrößern und verträgt hohe Belastungen von 120 bis 150 mA.

Rotierende Blenden mit radial, und solche mit unter bestimmten Winkeln zu den Radien gestellten Stäben zur Erzielung scharfer, streustrahlenfreier Durchleuchtungsbilder und Aufnahmen sind in Entwicklung begriffen, befriedigen jedoch noch nicht vollständig. Zur Vermeidung jeder Wahrnehmbarkeit der Gitterstäbe ist eine Umdrehungszahl von etwa 200 je min erforderlich.

Es mehren sich in der letzten Zeit tödliche Unfälle an Röntgeneinrichtungen durch zufällige Berührung der Hochspannung führenden Teile. Dies rührt davon her, daß an Stelle der früher vorherrschenden Induktoren mit offenem Eisenkreis und großem Spannungsabfall und relativ geringer Leistung normale Wechselstromtransformatoren für Spannungen bis zu 200 kV mit Leistungen von mehreren kVA getreten sind, die Leitungsführung jedoch aus Gründen der Zugänglichkeit und dem Wesen des Röhrenbetriebes angepaßt dieselbe geblieben ist. Jedenfalls kommen in der Starkstromtechnik bei derartigen Spannungen und Leistungen bewegliche Einrichtungen in unmittelbarer Nähe von Personen, wie dies bei der medizinischen Anwendung der Röntgenstrahlen notwendig ist, nie vor. Zudem ist die mit diesen Hochspannungseinrichtungen verbundene erhöhte Gefahr den Ärzten und dem Hilfspersonal noch nicht überall vollständig gegenwärtig, wie das zum Beispiel in Hochspannungsanlagen von jeher ausnahmslos der Fall ist. Auch die zum Teil vollkommene Geräuschlosigkeit mancher neuer Apparattypen, etwa jener mit Glühventilen, trägt zur Erhöhung der Gefahr bei; ebenso die Möglichkeit der unbeabsichtigten Einschaltung mit dem häufig vorhandenen Fußschalter. Immerhin sind ungeerdete Apparate solchen mit Erdung des einen Poles vorzuziehen, da bei letzteren bei Berührung des nicht geerdeten Poles je nach Beschaffenheit und Zustand des Bodens eine direkte Einschaltung des Gefährdeten in den Stromkreis mit verhältnismäßig nicht großem äußeren Widerstand erfolgt, bei ungeerdeten hingegen, abgesehen vom gewiß sehr seltenen Fall zweipoliger Berührung oder eines gleichzeitig vorhandenen Isolationsfehlers, immer der hohe Isolationswiderstand der Anlage im Stromkreis liegt und die höchste Stromstärke auf einen meist ungefährlichen Wert begrenzt. Einrichtungen, die eine zufällige Berührung der Hochspannung führenden Teile verhindern, sind daher, wenn sie nicht anderweitige Erschwerungen und Verzögerungen im Betrieb bringen, zu begrüßen.

Die Firma „Sanitas", Berlin, hat eine Schutzeinrichtung „Sekuro" hergestellt, die darauf beruht, daß im allgemeinen jeder Berührung bei Betrieb eine Annäherung vorausgeht und bei dieser wegen der vorhandenen hohen Spannung ein Funkenübergang, der mit Schwingungen verbunden ist, erfolgt. Ein abgestimmter Schwingungskreis wird durch die auftretenden Wellen erregt und bewirkt durch ein empfindliches Relais sofortige Abschaltung. Im Falle bereits bestehender leitender Verbindung beider Pole und versehentlicher Einschaltung des Apparates durch eine andere Person tritt natürlich kein Funken auf, in diesem allerdings seltenen Falle kann also eine Funktion auf dieser Grundlage nicht erfolgen, dagegen wurde im häufigeren ersten Falle eine zufriedenstellende Wirkung erzielt. Auch wenn vor Einschalten schon einpolige Berührung besteht und dann durch Funkenüberschlag Stromschluß erfolgt, spricht der Apparat an; wenn der Körper dann auch vom Strom durchflossen wird, so ist dies doch nur für eine sehr kurze Dauer der Fall. Dr. Grann.

Literaturbericht.

3439 **Regelung und Ausgleich in Dampfanlagen.** Einfluß von Belastungsschwankungen auf Dampfverbraucher und Kesselanlage sowie Wirkungsweise und theoretische Grundlagen der Regelvorrichtungen von Dampfnetzen, Feuerungen und Wärmespeichern. Von Th. Stein. 389 Seiten mit 240 Textabb. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1926. Preis Mk. 30—.

Der Verfasser stellt der bei Kraftmaschinen seit Jahrzehnten durchgearbeiteten und vollendet gelösten Geschwindigkeitsregelung die Druckregelung gegenüber und weist nach, daß auf diese alle Anforderungen neuzeitlicher Betriebsführung und Wärmewirtschaft hinauslaufen (Absatz I). Über das, was in wenigen Jahren hinsichtlich selbsttätiger Regelung und Ausgleichs von Belastungsschwankungen in Dampfanlagen, Speicherung und Zusammenwirken von geregelten Dampfnetzen verschiedener Spannung geschaffen wurde, gibt das vorliegende Buch erstmalig eine umfassende, trefflich gegliederte Darstellung und die wissenschaftliche Erschließung der Probleme. Von dem Umfang des auf diesem Gebiete bereits Geleisteten haben weitere Fachkreise noch kaum Kenntnis. Hier finden sie das reiche Material in klarer, übersichtlicher Behandlung. Die Wichtigkeit des Gebotenen rechtfertigt näheres Eingehen auf den Inhalt des Buches.

Absatz II, Regelung der Dampfnetze, behandelt die Elemente der Regelung von Zufluß und Abfluß — von Dampfkessel, Speichern, Dampfnetzen höheren Druckes durch Maschinen oder Ventile zu Heizdampfverbraucher, Kraftdampfmaschine, Speicher und Dampfnetz niederen Druckes — und die Grundformen: Zuflußregelung, Überströmregelung, bei dieser Druckbegrenzung nach oben, nach unten und mit Grenzbereich, sodann mittelbare Schaltung, Abstimmung der Regler und den Zusammenhang mit der Geschwindigkeitsregelung. Es folgen die Schaltungen der Regler mit den Schaltbildern für Dampfabgabe (selbständige und parallel arbeitende Gegendruckmaschine, Anzapf-Gegendruckmaschine und Anzapfdampfmaschine mit Kondensationsteil) und Maschinen für druckgeregelte Dampfaufnahme (Zweidruck und Vorschaltung), sodann die Bauarten der Druckregler an Kraftmaschinen (bei denen allerdings Kolbendampfmaschinen karg bedacht sind), Bemessung der Drosselorgane und Bauart der Druckregler für diese, schließlich die Sicherung der Dampfnetze. Von hervorragender Bedeutung ist Absatz III, die Dynamik der Druckregelung, die der Verfasser von Tolle ausgehend völlig neu aufbaut. Er bringt damit in schwer zu überblickende Vorgänge Klarheit. Erwähnt sei die Feststellung, daß Regler ohne Rückführung zufolge des Strömungsdruckabfalles in der angeschlossenen Dampfleitung brauchbar sind, und die Ableitung der Bedingungen. Absatz IV behandelt Kesselbetrieb: Unvollständige und schwankende Belastung, Stillstände und Verschmutzung der Kesselfläche bedingen den Unterschied zwischen Paradeverbrauch und Betriebsergebnis. Bezüglich Teilbelastungen stellt der Verfasser die bemerkenswerte Beziehung auf, daß sich im Beharrungszustande bis zur Normalbelastung zwischen Brennstoffverbrauch und Dampfleistung ein lineares Gesetz ergibt, das bis zur Nullast fortgesetzt, den „Leerkohlenverbrauch", analog dem Leerlauf bei Maschinen, übrig läßt. Je kleiner dieser ist, desto weniger verschlechtert sich der Wirkungsgrad bei kleinen Belastungen. Durch Belastungsschwankungen entstehen Zusatzverluste, die hauptsächlich auf unrichtige, verspätete oder bei Einholen von Änderungen zu reichliche Bemessung des Luftüberschusses zurückzuführen sind. Auch ungleiche Rostbedeckung kann hinzukommen. Durch selbsttätige Regelung der Zufuhr von Brennstoff und Luft entsprechend der Belastung kann man diese Verluste beschränken und nahezu den Wirkungsgrad der Beharrung erreichen. Die Zusatzverluste durch Stillstand — Abkühlung und Wiedererwärmung — schätzt der Verfasser auf Grund der Arbeiten von Guilleaume und Prätorius ungefähr für jede Stillstandsstunde doppelt so hoch als den Abkühlungsverlust des Kessels im Beharrungszustande bei Betrieb.

Digitized by Google

Die äußersten vorkommenden Grenzen liegen bei Stillständen von weniger als 24 Stunden zwischen 1·5 und 2·5. Die Höhe der „Stillstandsverluste" bewirkt, daß es in Kraftwerken mit Kesseln, die flache Wirkungsgradkurven haben, bei kleinen Belastungen unwirtschaftlich sein kann, Kessel still zu setzen. Der bei selbsttätiger Regelung vorwiegend gebräuchliche Parallelbetrieb bedeutet dann keinen Verlust. Absatz V, Feuerungsregelung, erörtert zunächst die Grundbedingungen, die bei selbsttätiger Regelung zu erfüllen sind, und die „Meßgrößen", von denen die Regelung ausgeht. Eine solche ist der Dampfdruck in der Leitung, der gegen den Kesseldruck zufolge des Widerstandes in Absperrorganen und Überhitzer einen Druckabfall von 3 bis 10 vH — mit der Dampfleistung quadratisch zunehmend — aufweist, daher als Dampfmesser für die augenblickliche Belastung wirkt und außerdem auch Druckänderungen im Kessel anzeigt, wenn solche trotz Regelung eintraten. Es gelingt aber nicht, damit richtig zu regeln, mindestens ist Ergänzung durch eine zweite Meßgröße erforderlich. „Differentialregelung" ist von Bailey derart entwickelt worden, daß fortgesetzt in gleichen kleinen Zeitabständen die Änderung des Dampfdruckes nach der Zeit gemessen und zu Regelzwecken benützt wird. Strömungsmengen werden bei Dampf oder Luft mit Stauflanschen gemessen, der Druckverlust wächst quadratisch mit der Menge. Rauchgasmengen werden durch den Zugunterschied zwischen zwei Punkten des Gasweges gemessen. Die Benützung des Luftüberschusses zur Regelung rührt ebenfalls von Bailey her, wobei Messung der Kohlenmenge (gleichbleibenden Wirkungsgrad voraussetzend) durch Messung der Dampfmenge ersetzt und deren Verhältnis zur Rauchgasmenge oder zur zugeführten Luftmenge benützt wird. Das Dampf-Rauchgasverhältnis ist bei einer bestimmten Kohlensorte gleichbleibend, bei Steinkohlen überhaupt, so daß da auch Mischung verschiedener Sorten kaum stört. Der Luftüberschuß kann konstant gehalten oder der Belastung angepaßt werden, zum Beispiel bei Kohlenstaubfeuerung mit steigender Leistung erhöht werden. Schließlich lassen sich auch sogenannte physikalische Rauchgasprüfer, zum Beispiel die Ranarexapparate der AEG[1]), unmittelbar zur Beeinflussung der Feuerungsregler einrichten. Die zahlreichen Sonderbauarten, die sich hauptsächlich an die Namen Bailey, Carrick, Smoot, Askania und Roučka[2]) knüpfen und zum Teil schon große Verbreitung in Betrieben gefunden haben, lassen erkennen, wie die Schwierigkeiten der Aufgabe durch geistvolle Kombinationen, Antrieb und Rückführung auf verschiedenste Art mehr oder weniger vollkommen bewältigt wurden. Mit der Vorführung derselben und der Durchleuchtung ihrer Funktionsmöglichkeiten, bei der die „Dynamik der Feuerungsregelung" (VI) ausgezeichnete Verwendung findet, hat der Verfasser eine ganz außerordentliche Leistung vollbracht. Die beiden Absätze V und VI nehmen 150 Seiten des Buches in Anspruch. Den Schluß des Buches bilden die dem Leser etwas geläufigeren Gebiete: Wärmespeicher (VII), Gesteigerte Produktion durch ungehemmte Dampflieferung (VIII) und Ausgleich bestehender Schwankungen (IX). Auch in diesen sind die Ausführungen des Verfassers gehaltvoll.

Vielleicht wird es bald möglich sein, von einzelnen Ausführungen über die an Hand von Veröffentlichungen berichtet wird, genauere Erfolgsnachweise zu erlangen und auch die insbesondere für die weiteren Kreise maßgebende Frage der Anlagekosten der Regelungseinrichtungen — etwa im Verhältnis zu den Kosten des Dampfkessels — eingehend zu erörtern.

Das Gesamturteil über das Buch kann dahin zusammengefaßt werden, daß es die Aufgabe, die der Verfasser sich gestellt hat, in ausgezeichneter Weise löst und daß dem Werk wenig ähnlich Wertvolles an die Seite gestellt werden kann. Die Zeichnungen sind vorzüglich entworfen und wiedergegeben, Druck und Ausstattung sind mustergiltige Leistungen des Verlages von Julius Springer. Dr. R. Doerfel, Prag.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, TWN, Seite 26; 1925, E.-W., Seite 236.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, Seite 61.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9, statt.

Mittwoch, den 23. Februar d. J., um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dipl. Ing. E. König (Frankfurt am Main) über: **„Schaltanlagen und ihre Elemente".**

Inhaltsangabe: Bedingungen für eine betriebssichere Schaltanlage; wichtigste Typen im Schaltanlagenbau; Kritik unrichtig ausgeführter Schaltanlagen; Vereinfachung und Verbilligung des Betriebes für Schaltanlagen; Überspannungs-Ableiter-Typen; Vorführung eines Films über die Wirkungsweise eines Ableiters. (Mit Lichtbildern und Vorführung eines Films.)

Donnerstag, den 3. März d. J., um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Oberbaurat Dr. rer. pol. und Ing. Rudolf Czeija über: **„Neuere Erkenntnisse in der Elektrizitätswirtschaft und ihre Verwertung für Österreich".** (Mit Lichtbildern.)

Mittwoch, den 9. März d. J., um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ing. Emil Fischer über: **„Fernsprecheinrichtungen und Schutz gegen Hochspannung".** (Mit Lichtbildern.)

Österr. Verband des Vereins Deutscher Ingenieure.

Montag, den 21. Februar, ¾6 Uhr abends, im Österr. Museum für Kunst und Industrie, Wien I, Wollzeile 41, Vortrag des Herrn Privatdozenten Dr. Ludwig Grögor, Wien, über: **„Landwirtschaftsmaschinen".** (Mit Lichtbildern.)

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	31. I. 1927	2. II. 1927	4. II 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126¾	124¼	124¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	59¼—60	—	—	
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	56¾	57¾	56¾-57¾	56—57
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210	
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214	
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350	
Antimon-Regulus	120—125	120—125	125—130	

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 4. Februar 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	60	5	0	60	10	0
Wire bars	60	10	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	53	5	0	53	7	6
Standard { 3 Monate .	53	17	6	54	0	0
Zinn:						
Engl. ingots	297	0	0	297	10	0
Standard { Kassa . .	298	10	0	298	15	0
Standard { 3 Monate .	291	15	0	292	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	27	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	28	18	9	29	1	3
Remelted	29	5	0	—	—	—
English Swansea .	29	8	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 23 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. W. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 20. Februar 1927 | Heft 8

INHALT: Elektrifiziernng und Agrarwirtschaft. Von Direktor Dr. Ing. A. Weiner, Brünn. S. 141. / Die Erzeugung von Kathodenstrahlen hoher Spannung außerhalb des Entladungsrohres. S. 153. RUNDSCHAU: Stromverteilung. S. 156. / Leitungen und Leitungsbau. S. 156. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 156. / Elektrische Apparate. S. 157. / Baustoffe. S. 157. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 158. LITERATURBERICHTE. S. 158. WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 159. VEREINSNACHRICHTEN. S. 160.

Elektrifizierung und Agrarwirtschaft.

Von Direktor Dr. Ing. A. Weiner, Brünn[1]).

Zusammenfassung: In der vorliegenden Abhandlung wurden aus der großen Reihe wichtiger Zusammenhänge zwischen Elektrotechnik und Landwirtschaft einerseits, zwischen Elektrizitätswirtschaft und Bevölkerungsstatistik andererseits einige Beziehungen untersucht und der Beweis wohl erbracht, wie wichtig es vom Standpunkte der rationellen Elektrizitätswirtschaft ist, sich mit den Bedürfnissen und Ideen der Agrarwirtschaft aufs Innigste vertraut zu machen. Der Boden ist zweifelllos die erste und zuverlässigste Quelle des Wohlstandes eines Volkes und deshalb erwächst heute dem Elektroingenieur die wichtige Aufgabe, dem Ackerbauer jene Lebensbedingungen zu schaffen, die ihm ermöglichen, auch seinerseits wieder dem Boden das Höchstmaß an Erzeugnissen abzuringen.

I. Die Elektrifizierung der Landwirtschaft als Problem aller Kulturstaaten.

Schon lange vor Ausbruch des Krieges hat die fortschreitende und forcierte Industrialisierung und die durch sie bewirkte Konzentrationsbewegung nach den Städten auf dem flachen Lande Verhältnisse geschaffen, die einer Katastrophe der Landwirtschaft zuzusteuern schienen. Die bedrohliche Fluchtbewegung der Arbeiterschaft vom Lande in die Stadt und zur Industrie hatte ihre Beweggründe in der höheren Bewertung und besseren Bezahlung der industriellen Arbeiterschaft, in der Lockung der kürzeren Arbeitszeit und geringerer körperlichen Inanspuchnahme bei größerer Bewegungsfreiheit.

Die Intensivierung der Landwirtschaft und Erhöhung der Agrarproduktion bildete deshalb schon damals für viele europäische Regierungen den Gegenstand schwerer Sorge, um dem beängstigend wachsenden Lebensmittelimporte zu steuern und Mittel zu finden, die Lebensbedingungen der landwirtschaftlichen Bevölkerung zu verbessern, um die Arbeiter dem Boden treu und anhänglich zu erhalten.

Im Deutschen Reiche hatte die Lebensmitteleinfuhr seit etwa 1900 bis 1914 von 15 vH des Bedarfes auf 30 vH zugenommen. Im preußischen Landesökonomiekollegium wurde allen Ernstes erwogen, chinesische Kulis einzuführen, um der Landarbeiternot zu steuern, Tatsachen, die jedenfalls zeigen, daß man sich bereits damals einer bedrohlichen Situation bewußt geworden war, die in den anderen europäischen Staaten vielleicht nicht in derselben Schärfe, aber immerhin mit gleicher Tendenz auftrat.

Die Frage fand in den Parlamenten trotz aller Anstrengungen agrarischer Kreise nicht die entsprechende Würdigung und blieb ungelöst. Die Erkenntnis der Wichtigkeit der Selbstversorgung kam zu spät, um die vielen Tausende an Kriegsopfern, Greise und Kinder, die der Entkräftung und Unterernährung anheimfielen, zu retten.

Wie sehr diese Erfahrungen des Krieges das Gewissen all derjenigen aufgerüttelt haben, die direkt oder indirekt, volkswirtschaftlich, soziologisch oder technisch im weitesten Sinne des Wortes mit den Problemen der Agrarproduktion in Fühlung sind, beweist die Flut der Nachkriegsliteratur, die sich in intensivster Weise und von den verschiedensten Gesichtspunkten aus mit den Fragen der Intensivierung der Landwirtschaft, der Industrialisierung der Agrarproduktion und Schaffung eines höheren Lebensniveaus der Landbevölkerung befaßt.

Wenn auf der Generalversammlung des V. D. I. im Mai 1925 in Augsburg Generaldirektor Pöppelmann nach Feststellung der Tatsachen, daß Deutschland auch heute noch 25 bis 30 vH seiner Lebensmittel und Getränke einzuführen, hiefür dem Auslande jährlich 2·5 Milliarden Goldmark zu bezahlen hat und durch den Friedensvertrag 7 vH der Bodenfläche und nahezu 16 vH der Ernteerträgnisse eingebüßt habe, die Industrialisierung der deutschen Landwirtschaft als eine Lebensfrage des deutschen Volkes bezeichnet und die Forderung der Schaffung einer Reichszentralstelle für die Durchführung des Agrarprogrammes aufstellt, könnte man leicht den Eindruck gewinnen, sein flammender Aufruf sei allein aus der wirtschaftlichen Not des Besiegten entsprungen und nicht durch einen Fehler der Vorkriegswirtschaft begründet. Die Passivität der österreichischen Handelsbilanz ist zum weitaus größten Teil, und zwar im Jahre 1922 mit rund 78 vH, 1923 mit zirka 73 vH und 1924 mit etwa 70 vH auf die Ein-

[1]) Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 2. Dezember 1925.

Digitized by Google

fuhr von Nahrungsmitteln, Tieren und Getränken zurückzuführen.

Dennoch aber wäre es verfehlt zu glauben, daß allein Nachkriegserscheinungen, wie verringerte Arbeitszeit, auch kleinere Arbeitsintensität und Leutemangel auf dem Lande diese Tatsachen zu begründen imstande wären. Die Hauptursache liegt eben darin, daß sich im Gefolge der maßlosen Industrialisierung auch der größte Teil der Forschungsarbeit der letzten Jahrzehnte der industrieellen Kohle zugewendet hatte und das zumindest ebenso wichtige Gebiet der „grünen Kohle", des Nahrungskohlenstoffes in pflanzlicher und tierischer Form fast unbeachtet liegen blieb.

Bei der Beurteilung der soziologischen Seite der Probleme der Landwirtschaft darf auch nicht außer Acht gelassen werden, daß für jedes Volk ein gesunder Bauernstand das unbedingt erforderliche Reservoir für die Entwicklung der Intelligenz darstellt.

Mit diesen angeführten Gründen aber ist die ganz ungewöhnliche und allgemeine Steigerung des Interesses für die schwierigen Probleme der Landwirtschaft keineswegs auf die im Kriege unterlegenen Staaten und Folgen der Niederlage beschränkt und ich möchte zum Beweise hiefür zwei Tatsachen anführen:

Im Sommer 1925 fand in Madison (Wisconsin) ein Kongreß für landwirtschaftliche Elektrifizierung statt, der durch seinen Chairman, Mr. Coverdale, mit folgenden Worten eröffnet wurde:

„Indem wir mit unserer Arbeit fortschreiten, hoffen wir, unserer Aufmerksamkeit und der unseres Volkes stets vorzuhalten, daß wir derzeit in Amerika kein größeres Problem haben, als dasjenige, für unsere ländlichen und städtischen Heime einheitliche Lebensbedingungen zu schaffen."

In der französischen Deputiertenkammer wurde am 12. Jänner 1923 die „Loi Chéron" vorgelegt, ein Gesetz mit dem Ziele, durch staatliche Vorschüsse die Elektrifizierung landwirtschaftlicher Gebiete zu erleichtern. Der Deputierte Mr. Queuille leitete den Bericht des Finanzkomitees des französischen Parlamentes mit folgenden Worten ein:

„Unser Land ist von einem Übel befallen, das sich seit Kriegsende noch verschärft hat und gegen das mit allen geeigneten Mitteln anzukämpfen absolut unerläßlich ist: Das ist die Entvölkerung des flachen Landes."

Unter Hervorkehrung des volkswirtschaftlichen Gewichtes der Frage auf der einen Seite, des soziologischen auf der anderen, ist das Problem für alle gleich bedeutungsvoll und dringend geworden und verlangte nach durchgreifenden Maßnahmen. In dieser Richtung ging Frankreich nach dem Kriege beispielgebend voran. Als der französische Ackerbauminister Cheron im Jänner 1923 das nach ihm genannte Gesetz der Kammer unterbreitete, sagte er:

„Der Krieg hat Milliarden an Reichtümern zerstört und es erwächst uns die Aufgabe, sie allmählich wieder zu schaffen. Hiezu wenden wir uns an unsere Erde, von der wir alles erhoffen können, wenn wir nur aufrichtig wollen.

Mögen unsere Landwirte die hohe Aufgabe und die gewaltigen Pflichten erfassen, vor welche sie die Lage unseres Vaterlandes stellt. Ich hoffe, sie werden ihre Pflicht in Frieden tun, wie sie sie im Kriege erfüllten. An uns aber ist es, ihnen zu helfen, indem wir ihnen das beste Mittel geben, ihre Arbeiten zu fördern und zu erleichtern: elektrische Energie."

Wenige Wochen danach war das Schlagwort: „L'Electrification du pays, un problème national" in aller Munde und schon im März 1923 konnte der Deputierte Dessein gelegentlich der Diskussion der Subventionsansprüche der Elektrizitätswirtschaft das Wort prägen: „Toute la France est en mal d'électrification".

Es ist auffallend, daß die Elektrizitätswirtschaft der Vorkriegszeit an diesen Aufgaben ohne gewichtige Gründe vorübergegangen sein und abgewartet haben sollte, bis höhere Interessen ihr den Zwang zur Versorgung des flachen Landes mit Elektrizität auferlegen.

Ein kurzer Rückblick läßt es aber begreiflich erscheinen, daß man vom Standpunkt der Großkraftwerke dieser Frage eine untergeordnete Bedeutung beigemessen hat. Man war sich dessen bewußt, daß das Schwergewicht des Erträgnisses in der Industrieversorgung liegt und die auf dem Wege der Fernleitungen liegenden Ortschaften als nur unangenehme Beigabe in die Versorgung mitgenommen werden mußten, wollte man die Gemeinden für die Bewilligung zur Legung der Hochspannungsleitungen durch ihr Gebiet gewinnen. Der Unternehmer fand sich mit der Passivpost aus der Lieferung des Stromes an die landwirtschaftlichen Gemeinden ab und betrachtete sie als Kompensationsobjekte der Leitungsbewilligung auf Gemeindegrund für Zwecke der Versorgung der Industrie. Eine einfache Überschlagsrechnung zeigt, wie sehr begründet diese Abneigung gegen den Anschluß zahlreicher Gemeinden war. Für mittlere Kraftwerke von etwa 20 000 bis 30 000 kW Leistung rechnete man vor dem Kriege mit festen Kosten von etwa 120 K pro kW und Jahr und beweglichen Betriebskosten von rund 3 Hellern pro kWh. Die Errichtung der Anschluß-Hochspannungsleitung, der Transformatorenstation und des Niederspannungsnetzes bedingte einen Kostenaufwand von zirka 30 K pro Kopf der Bevölkerung des betreffenden Ortes. Rechnete man nun mit einer

Verzinsung des Anlagekapitales von .	5 vH
Amortisation der Anlage von . . .	3 „
Instandhaltung	4 „
Insgesamt sonach . .	12 vH,

so brachte der Anschluß des Ortes an Kapitalskosten pro Einwohner $0{\cdot}12 \times 30 = 3{\cdot}60$ K.

Als Anschlußwert pro Kopf der Bevölkerung rechnete man im Durchschnitte mit etwa 70 W und einem Stromverbrauch von zirka 20 kWh pro Kopf unter sehr günstigen Verhältnissen, wovon 12 kWh Licht, 8 kWh Kraftkonsum. Vom Anschlußwert per 70 W nahm man zirka 40 vH als an der

Digitized by Google

Höchstbelastung teilnehmend an, also rund 30 W, deren feste Kosten $0{\cdot}030 \times 12 = 3{\cdot}60$ K betrugen. Die beweglichen Betriebskosten ergaben sich für 20 kWh bei 35 vH Leitungs- und Transformatorenverlusten zwischen den Generatorenklemmen und der niederspannungsseitigen Zählung beim Konsumenten und den Selbstkosten von 3 h pro kWh mit $20 \times 1{\cdot}35 \times 0{\cdot}03 = 0{\cdot}81$ K.

Die Gesamtkosten sonach pro Kopf der Bevölkerung:

1. Vorkriegskapitalkosten . .	K 3·60
2. Feste Betriebskosten . . .	„ 3·60
3. Bewegliche Betriebskosten	„ 0·80
	K 8·00

Bei den vor dem Kriege geltenden Strompreisen von 50 h pro kWh Licht und 24 h pro kWh Kraft, waren sonach an Einnahmen zu erzielen

$$12\ \text{kWh} \times 0{\cdot}50 = 6{\cdot}00\ \text{K}$$
$$8\ \text{„} \times 0{\cdot}24 = 1{\cdot}92\ \text{„}$$
$$7{\cdot}92\ \text{K},$$

also knapp nur die Selbstkosten der Energie.

Bedenkt man jedoch die wesentlichen Mehrbelastungen in administrativer Beziehung, die den Großkraftwerken durch den Zuwachs an Kleinabnehmern erwuchsen, die Kosten der Zählerablesung und des Inkassos einer bedeutenden Zahl geringer Beträge, so wird es verständlich, daß sich die Großkraftwerke nur ungern zum Anschluß von Landgemeinden entschlossen und dann versuchten, durch Installationsgewinne in den Ortschaften in der ersten Zeit die Betriebsverluste und den administrativen Ballast zu kompensieren.

Die Unmöglichkeit, ein gegebenes Preisniveau beim Kleinkonsum überschreiten zu können, die schlechte Benutzungsdauer des landwirtschaftlichen Konsums und die Abneigung vor neuen maschinellen Investitionen für Zwecke dieser unrentablen Abnehmergruppen begründeten die Unlust, sich mit dem Detailkonsum zu befassen und veranlaßten die Werke, das Hauptaugenmerk eher auf den Industriekonsum zu richten und sich vorwiegend mit der Frage der Betriebsökonomie zu befassen, da es auf der Hand lag, daß ihnen ein Bruchteil eines Zehntelkilogrammes an Kohlenersparnis sicheren Gewinn brachte, der Anschluß ausgedehnter Gemeindekomplexe jedoch unter den gegebenen Verhältnissen wohl schwerlich rentabel werden konnte. Auch schwierige organisatorische Probleme stützten diese Tendenz der Privatwirtschaft. Bei Ausdehnung der Netze über Gebiete von Hunderttausenden von Einwohnern wurden die Fragen der Zählergebarung, des Ablesens, Verrechnens, Buchens und Einhebens der Stromrechnungen nach bekannten Methoden so schwierig und kostspielig, daß sich die Werke nur zu gerne dazu entschlossen, angesichts der Gefahr der „Überorganisierung" dem problematischen Mehrerlös aus dem landwirtschaftlichen Konsum zu entsagen.

Von der durchgreifenden Änderung in der Stellung der Allgemeinheit zu diesen Problemen blieben die Großkraftwerke nach dem Kriege nicht unberührt. Die Gesetzgebung fast aller Länder begann den Konzessionswerbern die Pflicht aufzuerlegen, innerhalb gewisser Zeiträume auch die weniger ertragreichen, landwirtschaftlichen Gebiete in den Bereich der Versorgung einzubeziehen und zwang sie, aus höheren volkswirtschaftlichen Interessen den Ursachen der mangelnden Rentabilität nachzugehen. Da wurde man sich auf Seiten der Elektrizitätswirtschaft erst darüber klar, daß keine verläßlichen Grundlagen für das systematische Studium dieser neuen Probleme vorhanden seien.

Wo immer Ergebnisse der Statistik herangezogen wurden, wurde stereotyp darauf hingewiesen, daß verschiedenen Gegenden „selbstverständlich" verschiedener Charakter zukommt und daß Erfahrungen mit einem Gebiete nur mit größter Vorsicht für die Beurteilung eines anderen herangezogen werden dürfen. Der Lichtbedarf erscheint gewöhnlich mit wenigen Worten als bedeutungslos abgetan, weil „die Bauern mit den Hühnern schlafen gehen" und die Kraftnützung in der Landwirtschaft wird zur individuellen Behandlung empfohlen, weil außer Klima, Höhenlage, Wirtschaftssystem, Abhängigkeit von der Jahreszeit, Arbeitsteilung, Art des Anbaues und Besitzverteilung des Landes, eine einheitliche Beurteilung nicht zulassen. Man war sich vielleicht klar darüber, daß die Einzelabnahmen der Verbraucher nicht atomistisch und beziehungslos zu einander stehen, unterließ es jedoch, angesichts der Verworrenheit dieser Beziehungen aus der Statistik der auftretenden Tatsachen eine Motivenstatistik herzuleiten.

Wir sprechen von einem mittleren Konsum pro Kopf der Bevölkerung, operieren mit dem mittleren Anschlußwert pro Einwohner, verteilen die Netzkosten auf die Menschenmasse, schätzen die Lichtbelastung der Zentrale im Winter, bewerten die großen Netzverluste, ohne aber zunächst jene Grundlagen zu schaffen, welche die Abhängigkeit dieser Größen von dem wirtschaftlichen und kulturellen Zustande der Bevölkerung, von ihrer Beschäftigung, ihrem sozialen Zusammenhange, von der Höhenlage der Wohnstätten, von ihrem loseren oder festeren Zusammenschluß erkennen lassen würden. Wie mit der Variation dieser Elemente, welche zweifellos die Konsumverhältnisse eines Gebietes begründen, die Investitionskosten wachsen oder sinken, die Rentabilität erzielt oder bedroht wird, das bleibt vorläufig ungeklärt und auf Grund von Erfolg oder Mißerfolg den Bilanzen zur Beurteilung überlassen.

Den hohen Wert einer wissenschaftlichen Elektrizitätsstatistik, die darin Wandel schaffen müßte, wird vielleicht erst ein späteres Jahrzehnt erfassen und ihr dann in der Gesellschaftslehre und politischen Ökonomie den gebührenden Platz anweisen.

Man gelangte aber auch zu der bedauerlichen Erkenntnis, daß nicht einmal die rein technischen Grundlagen für die Elektrifizierung des flachen Landes vorhanden oder vorbereitet waren. Während der Elektrotechniker überall dort zu

Digitized by Google

finden war, wo in industriellen Betrieben die Frage des Antriebes ihm die Möglichkeit bot, seinen Motor an die Stelle anderer Kraftquellen zu setzen und ihn dazu bewog, sich mit allen Einzelheiten jeder Spezialindustrie vertraut zu machen, um ein neues Absatzgebiet zu gewinnen, brachte er für die Bedürfnisse der Landwirtschaft kein äquivalentes Interesse auf. Dieses mangelnde Verständnis führte zu unrichtiger Bearbeitung des Konsumgebietes, falschen technischen Maßnahmen und zu wirtschaftlichen Mißerfolgen, die zwischen dem Elektrotechniker und Landmann zur Quelle unbesiegbaren Mißtrauens wurden. Der Fehler lag auf beiden Seiten, denn die Landbevölkerung überschätzte das dem Kraftwerk sich darbietende Absatzgebiet für elektrische Energie in demselben Maße, als der Techniker es unterschätzte und der Landwirt glaubte wirklich, dem Energielieferanten durch den Bezug von Licht und Kraft eine Quelle bedeutenden Verdienstes zu eröffnen. Mit diesen gegenseitigen Mißverständnissen mußte erst die Nachkriegszeit vollständig aufräumen, bevor ein zielbewußtes Arbeiten ermöglicht wurde.

In Amerika entstanden mustergültige Organisationen, wie das „National Committee on the Relation of Electricity to Agriculture", dem sich 17 amerikanische Staaten und die größten elektrotechnischen Firmen und Kraftwerke anschlossen, in Frankreich die „Fédération Nationale des Collectivités d'Electrification Rurale". Auch in England ist die Bewegung stark geworden und alle technischen Zeitschriften überbieten sich in der Veröffentlichung von Aufsätzen über „Farm Electrification", über „The use of Electric Power in Agriculture" oder „Rural Electric Lines and Service". Für die vollkommen geänderte Einstellung der Großkraftwerke zu diesen Fragen ist auch folgende Tatsache von Interesse. Auf der Höchstspannungskonferenz in Paris im Jahre 1923 stellte eine kleine Gruppe den Antrag, es möge die Frage der Versorgung großer landwirtschaftlicher Komplexe in das Arbeitsgebiet der Konferenz einbezogen werden. Am Widerstande der Schweizer Delegierten, welche die Ansicht vertraten, man könne die Konferenz nicht zum Gegenstand eines elektrotechnischen Jahrmarktes machen, scheiterte die Annahme. Schon die Höchstspannungskonferenz 1925 hat im Gegensatz zu diesen Anschauungen den Bericht Mr. Borlase Matthews, des englischen Delegierten und Vorkämpfers der landwirtschaftlichen Elektrifizierung über „Hochspannungsnetze in landwirtschaftlichen Distrikten" mit großem Interesse zur Kenntnis genommen und diskutiert.

Aber auch die landwirtschaftliche Bevölkerung und deren berufene Vertreter und Organisationen, sowie die Staatsämter für Land- und Forstwirtschaft, haben den Weg der Verständigung gesucht und bald erkannt, daß die Kraftwerke allein trotz ihres Industriekonsumes nicht in der Lage seien, jene Lasten zu tragen, welche ihnen durch eine Aufgabe aufgebürdet wurden, die im höheren volkswirtschaftlichen Gesamtinteresse liegen und in den meisten landwirtschaftlichen Gebieten vorläufig eine Rentabilität des investierten Kapitales nicht zu gewährleisten vermögen. In dieser Beziehung bedarf es noch eingehender Aufklärungsarbeit in den Kreisen der landwirtschaftlichen Bevölkerung, die auch heute noch mancherorts der Anschauung huldigt, das Ortsnetz sei für die Kraftwerke bei den stets als zu hoch bezeichneten Strompreisen eine Quelle großer Erträgnisse.

Das französische Ackerbauministerium hat in diesem Sinne beispielgebend gewirkt, indem es im Jahre 1924 eine Broschüre herausgab, die sich „Electrification des Campagnes" betitelt und mutig die Vorurteile und das Mißtrauen bekämpft, welche ein gedeihliches Zusammenwirken zwischen den Kraftwerken und landwirtschaftlichen Organisationen im Ausbau der Netze behinderten.

In Erörterung der technischen und finanziellen Schwierigkeiten, die der Behandlung des Problems der Energieversorgung landwirtschaftlicher Gebiete entgegenstehen, würdigt das Ministerium den seit vielen Jahren umstrittenen Gesichtspunkt der Kraftwerke in vollem Umfange.

„Man kann mit Recht behaupten", heißt es an einer Stelle, „daß die landwirtschaftlichen Netze ein Maximum an Ausgaben bei einem Minimum von Einnahmen repräsentieren", an anderer wieder, „die landwirtschaftlichen Netze sind sicherlich keine industrielle Unternehmung".

Das Ministerium gelangt in finanzieller Beziehung zu der Erkenntnis, „daß die Lasten des ersten Ausbaues durch staatliche Beihilfe erleichtert werden müssen, soll die Lebensfähigkeit solcher Unternehmungen gesichert erscheinen" und schreibt weiter, „daß es nicht möglich sein werde, einen Konzessionswerber für die Netze zu finden, wenn nicht die Behörden einen beträchtlichen Teil der Ausbaukosten zu ihren Lasten übernehmen, zumeist $^3/_4$ oder $^4/_5$ derselben".

Interessant ist auch die Stellungnahme des französischen Ackerbauministeriums zur viel umstrittenen Frage, ob das Kraftwerk die Netze auszubauen habe oder den Gemeinden, Behörden bzw. Genossenschaften das Recht gewahrt werden müsse, die Netze nach ihrem Belieben zu vergeben. Es sagt hiezu: „Wenn der Betrieb einem Konzessionär überlassen wird, der zu den Kosten des Ausbaues aus Eigenem beiträgt, steht ihm allein das Recht zu, das definitive Projekt zu entwerfen und die Bauarbeiten auszuführen".

In Amerika wurde den einschlägigen Fragen das Mäntelchen soziologischer Interessen umgehängt, das Recht gleicher Lebensbedingungen für Stadt und Land hervorgekehrt, um eigentlich einen Kampf ganz anderer, höchst politischer Natur zu führen. Unter dem Druck der agrarischen Bevölkerung, der Farmer, die Anspruch darauf erheben zu können glaubten, aus den gewaltigen Kraftquellen des Staates, den Überlandleitungen, auch elektrische Energie für ihre Zwecke zu beziehen, entwickelte sich eine bedeutsame Strömung, welche die „public ownership" an Stelle der bis-

Digitized by Google

herigen „private ownership" forderte, also die Verstaatlichung der Werke, um eine gleichmäßige Versorgung der Gesamtbevölkerung zu bewirken. Wenn es nun auch den amerikanischen Werken gelang, durch Plazierung von großen Mengen von Aktien in ihren Abnehmerkreisen dieser Befürchtung der Teilnahme öffentlicher Faktoren an ihrer Verwaltung zu steuern, weil ihrer Behauptung nach eine Beteiligung der Konsumenten, also der Bevölkerung, an Aktienkapital und Verwaltung eine Beteiligung des Staates vollwertig ersetze, so wurden sie sich doch der großen Gefahr bewußt, die eine Vernachlässigung eines so beträchtlichen Volksteiles, wie der Farmer, mit der Zeit mit sich bringen müßte. Die politischen Diskussionen, welche diese Fragen in Amerika entfesselten, bieten auch für uns bedeutenden Reiz, weil manches Wort fiel, daß für unsere europäischen Verhältnisse geprägt erscheint.

So äußerte sich Owen Young (General Electric Cy) gelegentlich einer Rede in Abany über die Elektrifizierung der Landwirtschaft des Staates New-York am 6. April 1926 in nachstehender Weise:

„Durch 25 Jahre haben wir zugesehen, wie die gewaltigen ökonomischen Hilfsmittel des Staates brach liegen müssen, weil die Politiker mit diesem Probleme Fußball spielen. Die Bevölkerung des Staates möge nunmehr die Forderung stellen, daß wirtschaftliche Anträge auch auf wirtschaftlicher und vernünftiger Basis behandelt werden und daß an die Stelle politischen Pferdchenspiels wirtschaftliche Fortschritte treten mögen."

Wir sehen ganz allgemein aus den angeführten Beispielen und Äußerungen, wie dringend das Problem der landwirtschaftlichen Elektrifizierung überall geworden ist, wie da ökonomische, dort soziologische Gründe ins Treffen geführt werden, um die öffentliche Meinung auf Opfer vorzubereiten, welche die Lösung mit sich bringen muß. Allerdings wurde man sich nun erst der Tatsache bewußt, daß der Elektrotechniker vor Inanspruchnahme der Lösung des Problemes einige schwierige, aber grundlegende Fragen zu beantworten hatte, und zwar:

1. Welche qualitativen Unterschiede zeigen verschiedene landwirtschaftliche Gebiete in elektrizitätswirtschaftlicher Beziehung?

2. Wie hängen die Investitionen in den Mittel- und Niederspannungsnetzen mit der Verschiedenheit der Gebiete zusammen?

3. Welchen Einfluß üben die agrarischen Verhältnisse auf die voraussichtlichen Konsumziffern eines Gebietes aus?

4. Wie gestaltet sich auf Grund der gegebenen agrarischen und Bevölkerungsverhältnisse des zu versorgenden Gebietes die Rentabilität und welche Subventionen oder Baukostenbeiträge sind eventuell erforderlich, um die Lebensfähigkeit der Elektrizitätswirtschaft des Gebietes zu gewährleisten?

II. Statistische Grundlagen des Problemes.

Das Gebiet der durch diese Fragen berührten, wichtigen Zusammenhänge entbehrt bisher fast vollständig der gründlichen, auf statistischen Ergebnissen beruhenden, wissenschaftlichen Behandlung. Wer sich jemals intensiv mit den wirtschaftlichen Möglichkeiten bei der Auswertung zu elektrifizierender Gebiete befaßte, hat sicher die Empfindung, daß die Bevölkerungsdichte auf alle mit der Elektrifizierung zusammenhängenden Maßnahmen bestimmenden Einfluß hat und das Endergebnis aller technischen und finanziellen Vorkehrungen, die Rentabilität, eine wenn vielleicht auch komplizierte Funktion der Bevölkerungsdichte sein dürfte.

Die Einführung des Begriffes der Bevölkerungsdichte in elektrizitätswirtschaftliche Betrachtungen würde nun insolange keine große Schwierigkeit bereiten, als nur sehr große Gebiete in Frage stünden, bei denen durch den Quotienten Gesamtbevölkerung : Gesamtflächeninhalt ein Bild der Bevölkerung in großen, nivellierenden Zügen gefordert wird. Die kritische Wertung der statistischen Behelfe muß aber dort einsetzen, wo es sich darum handelt, die in den großen Durchschnittsergebnissen verwischten tatsächlichen Erscheinungen zu ermitteln und diesen Begriff der Dichte auf kleinere Gebietsabschnitte anzuwenden. Deshalb empfiehlt es sich zum Beispiel, beim Herabsteigen der statistischen Ermittlungen auf kleinere Gebiete, die städtischen Bezirke, in welchen die Bedeutung der Bodenfläche eine ganz andere Rolle spielt als bei ländlicher Bevölkerung, zur Ausschaltung zu bringen, wenn nicht Fehlschlüsse gezogen werden sollen.

Zunächst läßt die Betrachtung der überhaupt vorkommenden Dichtegrade erkennen, daß ländliche Bezirke einen, durch die wirtschaftlichen Verhältnisse gegebenen Sättigungsgrad mit Bevölkerung aufweisen, während in städtischen Gebieten starke Fluktuationen vorhanden sind. Solche Unterschiede im statistischen Verhalten müssen aber selbstverständlich in den wirtschaftlichen Berechnungen und den folgenden aus der Bevölkerungsdichte für elektrizitätswirtschaftliche Fragen weitgehendste Berücksichtigung finden. Neben der Bodenfruchtbarkeit ist für die gebietsweise Größe der Bevölkerungsdichte die soziale, die wirtschaftliche und in ganz bedeutendem Maße die industrielle Situation der Bevölkerung maßgebend. Es scheint von vornherein natürlich, daß die Fundstätten von Kohle und Erzen, an denen sich mächtige Industrien festsetzen, daß ferner auch die Konzentration wichtiger Verkehrswege und Bahnen Bevölkerungsmassen heranziehen und daß an solchen Stellen mit der Dichte der Bevölkerung auch die Elektrizitätswirtschaft einen anderen Charakter gewinnen wird als in Gebietsteilen, die rein landwirtschaftlichen Charakter aufweisen. In letzteren wieder wird es von Bedeutung sein, ob Wald, Wiesen oder Ackerland vorherrschen, bei vorwiegendem Ackerboden wieder, welche Ausnutzung der Boden findet und welcher Art die Besitzverteilung ist.

Digitized by Google

Ein Erfolg der Elektrifizierung größerer Gebiete hängt von der gewissenhaftesten Berücksichtigung der erwähnten Faktoren ab, weil durch sie allein der Energieverbrauch und in weiterer Folge die Höhe der vorzunehmenden Investitionen bestimmt wird. Diese Investitionskosten gliedern sich in

a) Fernleitungskosten,

b) Kosten der Ortsnetze,

deren Beziehungen zur Agglomeration der Bevölkerung zu untersuchen wären.

a) Fernleitungen.

Bei der Versorgung größerer landwirtschaftlicher Gebiete und deren vollem Ausbau können die Höchstspannungsleitungen aus mehrfachen Gründen für die Höhe der Gesamtinvestitionen nicht entscheidend ins Gewicht fallen. Einerseits dienen sie der Verbindung der einzelnen Kraftzentren und gehören hiedurch eigentlich auf das Konto der Kraftanlage, dann aber wird ihr selbst hoher Preis angesichts der relativ geringen Länge das Gesamtbild der für die Elektrifizierung des Gebietes in den Mittelspannungsleitungen zu investierenden, bedeutenden Summen nicht wesentlich verschieben. Während bei den in Betracht kommenden Gebieten die Höchstspannungsleitungen nur wenige hundert Kilometer betragen können, gelangen Mittelspannungsnetze von vielen tausenden Kilometern zum Ausbau, sodaß in jedem Falle das Schwergewicht der Investitionen wohl bei den Mittelspannungsleitungen liegt. Es darf auch nicht außer Acht gelassen werden, daß der Elektrifizierung, soweit sie die große Masse der Bevölkerung betrifft, nicht auch jene Mehrinvestitionen angelastet werden dürfen, die für spezielle Zwecke der Versorgung großer Industriezentren oder Bahnen durchgeführt werden müssen, weil diese den Kapitaldienst solcher Bauten eher zu tragen in der Lage sind, als die Bevölkerung landwirtschaftlicher Gebiete. In der folgenden Untersuchung handelt es sich aber um die Feststellung des Wertverhältnisses der einzelnen Verbrauchsgebiete vom Standpunkte der sich hiebei ergebenden und nach ihren Motiven zu sondernden Massenerscheinungen.

Ein zur Elektrifizierung bestimmtes Gebiet muß demnach in erster Linie hinsichtlich seines Bedarfes an Mittelspannungsleitungen untersucht werden. Die bisher gebräuchliche Methode bestand darin — wenn überhaupt dieser Untersuchung Gewicht beigemessen wurde — die Leitungspläne tatsächlich zu entwerfen und die Kilometerzahl zu messen, das heißt, die Ortschaften auf der Karte mit ihren Haupt- und Stichleitungen zu versehen, auf Grund dieser sodann die Kosten der Netze und durch Auszählung der Ortschaften und Feststellung der gewerblichen Betriebe das voraussichtliche Erträgnis und die Rentabilität zu ermitteln. Wie unzulänglich diese Methode ist und zu welchen Konsequenzen sie im Zusammenhange mit der modernen Elektrizitätsgesetzgebung führt, konnte das „Génie Rural" in Frankreich erfahren, das mit den Agenden der landwirtschaftlichen Elektrifizierung betraut ist. Die Zahl der zum Studium und zur Genehmigung vorgelegten Projekte betrug im Jahre 1914 18, 1920 34, 1921 531, 1922 1018 und hat sich seither zu vielen Tausenden gesteigert.

Bei der statistischen Betrachtungsweise von Bevölkerung und besiedelter Fläche ergibt sich durch Gegenüberstellung dieser beiden Faktoren der geläufige Begriff der Bevölkerungsdichte, das heißt der Zahl der Einwohner pro Quadratkilometer des betreffenden Gebietes.

Die englische statistische Forschung hat eine andere mathematische Fassung des Begriffes der Bevölkerungsdichte zur Grundlage, die sogenannte Abstandszahl oder „proximity". Die Proximität, die mittlere Entfernung der auf der Fläche gleichmäßig verteilten Einwohner, wird auf dem Umwege über das jedem Einwohner im Mittel zukommende Flächensechseck ermittelt. Wendet man nun diesen Begriff der „proximity" auf die Wohnplätze an, die Siedlungen eines Gebietes, so gewinnt man eine einfache Handhabe zur Beurteilung des Wertverhältnisses zweier Gebietsteile in elektrizitätswirtschaftlicher Beziehung.

Es sei

H die Einwohnerzahl eines Gebietes,

W die Anzahl der Ortschaften oder Siedlungen desselben,

F die Gesamtfläche des Gebietes in km²,

$d = \frac{H}{F}$ die Bevölkerungsdichte,

$\delta = \frac{H}{W}$ die mittlere Einwohnerzahl der Siedlung oder der Agglomerationskoeffizient,

L die Gesamtlänge der Fernleitungen des Gebietes,

p die Abstandszahl der Siedlungen (proximity).

Die Größe des jeder Siedlung im Sinne der obigen Definition zugeordneten Flächensechseckes ist $\frac{F}{W} = 6 . \frac{s^2}{4} \sqrt{3}$, worin s die Seite des Sechseckes darstellt. Hieraus folgt:

$$3 s^2 = \frac{2}{3} . \sqrt{3} . \frac{F}{W}$$

und da die Abstandszahl der Siedlungen

$$p = s . \sqrt{3}$$

ist, so wird

$$p = \sqrt[4]{\frac{4}{3}} . \sqrt{\frac{F}{W}} = 1{\cdot}07457 . \sqrt{\frac{F}{W}} \cong 1{\cdot}075 . \sqrt{\frac{F}{W}}.$$

Die auf solche Art ermittelte Proximität oder mittlere Abstandszahl der Wohnplätze eines Gebietes machen wir nun zur Grundlage unserer weiteren Erörterungen und identifizieren die Summe dieser mittleren Entfernungen mit der Summe aller geradlinigen Abstände der in dem Gebiete verteilten Ortschaften. Vom Standpunkt der uns hier interessierenden Frage würde sonach diese Summe der Gesamtlänge der in dem Gebiete zur Verbindung sämtlicher Niederlassungen erforderlichen Fernleitungen äquivalent sein und es ergibt sich

$$L = \Sigma p = W . p = 1{\cdot}075 . \sqrt{F . W}.$$

Digitized by Google

Führt man in diese Gleichung den Begriff der Bevölkerungsdichte ein $d = \frac{H}{F}$, so folgt:

$$L = 1{\cdot}075 \sqrt{\frac{H.W}{d}} = 1{\cdot}075 . H . \sqrt{\frac{1}{d\,\delta}};$$

berechnet man nun die auf den Kopf der Bevölkerung des betreffenden Gebietes entfallende Länge der Hochspannungsleitung, so erhält man in km

$$l = \frac{L}{H} = 1{\cdot}075 . \sqrt{\frac{1}{d.\delta}}.$$

Wir nennen im folgenden diese Leitungslänge pro Kopf der Bevölkerung die „spezifische Leitungslänge", weil wir uns bald überzeugen werden, daß ihr Wert für die zu elektrifizierenden Gebiete einen Maßstab ihrer Wertverschiedenheit hinsichtlich der Verteilungsnetze darstellt.

Jedenfalls bestätigt die gefundene Gleichung die eingangs ausgesprochene Vermutung und besagt, daß die pro Kopf der Bevölkerung zu investierenden Leitungslängen und demnach auch die Kosten der Mittelspannungsnetze umso größer sein werden, je kleiner die Bevölkerungsdichte und die Agglomeration sind. Nun soll aber gezeigt werden, inwieweit diese Betrachtungsweise berechtigt ist und daß sie Werte liefert, die mit der Wirklichkeit gut übereinstimmen. Hiefür sei das Gebiet der tschechoslowakischen Republik, speziell Mährens und das in allen Einzelheiten berechnete Gebiet der „Westmährischen Elektrizitätswerke" herangezogen.

In der folgenden Tabelle sind die spezifischen Leitungslängen für die einzelnen Länder der tschechoslowakischen Republik auf Grund der obigen Berechnungsmethode angeführt.

graphische Darstellung im logarithmischen Koordinatensystem am raschesten zum Ziele führt, indem man als Abszissen die Dichte d, als Ordinaten die Agglomeration δ wählt und einerseits das Produkt $d.\delta$ = konst. als die unter 135° geneigte Geradenschar darstellt.

In Abb. 1 ist diese Methode der Bestimmung des Wertes l zur Darstellung gebracht und ein

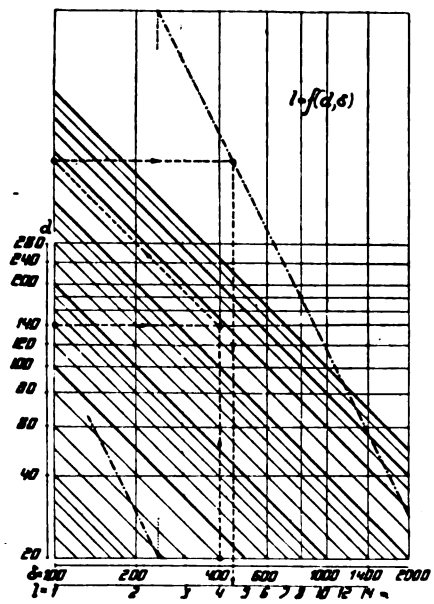


Abb. 1.

Beispiel für ein Gebiet mit $d = 140$ und $\delta = 400$ durchgeführt.

In Abb. 2 ist die Ermittlung der spezifischen Leitungslänge durch Hilfsnomogramm dargestellt.

Vorteilhaft für die Benützung in der Praxis ist

Tabelle I.

Spezifische Leitungslänge in der Tschechoslowakischen Republik.

Land	Oberfläche F km²	Einwohnerzahl H	Anzahl der Siedlungen W	Dichte $\frac{H}{F}$	Agglomeration $\delta = \frac{H}{W}$	Leitungslänge pro Einwohner l m	Gesamtlänge des Netzes $L = l . E$ m
Mähren	22 315	2 662 884	3 245	119·33	820·6	3·435	9 147 540
Böhmen	52 064	6 670 582	12 684	129·12	525·9	4·140	27 618 540
Schlesien	4 423	672 268	607	151·99	1107·53	2·620	1 761 410
Slowakei	48 936	3 000 870	3 510	61·32	845·7	4·693	14 090 950
Karpatho-Rußland	12 656	606 568	482	47·93	1258·43	4·377	2 655 110
ČSR	140 394	13 6·3 172	20 528	96·955	663·15	4·332	58 971 720

Diese Tabelle zeigt vor allem die auffallende Tatsache, daß so wesentlich verschiedene Gebiete wie Böhmen und Karpatho-Rußland hinsichtlich spezifischen Leitungsaufwandes gleichwertig sein können, weil nicht allein die Dichte im engeren Sinne, sondern auch die Agglomeration das Wertverhältnis beeinflußt.

Zwecks praktischer Ermittlung der, einem gegebenen Gebiete entsprechenden spezifischen Leitungslänge empfiehlt es sich, die Gleichung desselben in folgende Form zu bringen:

$$d = 1{\cdot}1547 . l^{-2},$$

aus der unmittelbar ersichtlich ist, daß die das Diagramm, Abb. 3, das in rechtwinkeligen Koordinaten die Kurven gleicher spezifischer Längen als Funktion der Bevölkerungsdichte und Agglomeration zur Darstellung bringt.

Für Zwecke leichterer Interpolation kann Abb. 3 auch in logarithmischen Koordinaten (Abb. 4) zur Verwendung gelangen.

Wichtig ist nun der Nachweis, daß diese statistische Methode Werte ergibt, die sich der Wirklichkeit so nahe anschließen, daß dem projektierenden Ingenieur hiedurch eine genügend sichere Grundlage für seine Berechnungen des zu elektrifizierenden Gebietes gegeben ist.

Digitized by Google

Es ist ja selbstverständlich, daß bei den hohen Kosten der Fernleitungen die Rentabilitätsrechnung ein anderes Gepräge erhält, wenn die spezifische

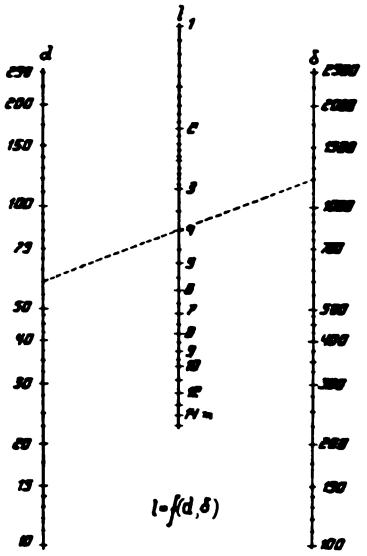


Abb. 2.

Leitungslänge 3 m, ein anderes, wenn sie 8 m beträgt, wenn also pro Kopf der Bevölkerung mit einem Bedarf von 3 oder 8 m Fernleitung gerechnet

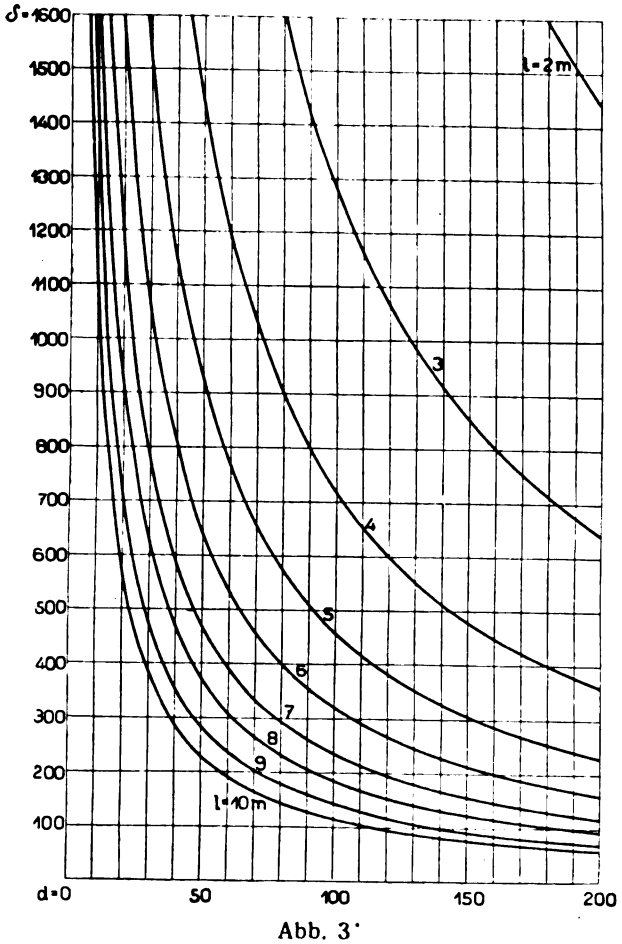


Abb. 3.

werden muß. Die weiteren Entwicklungen werden zeigen, daß die Höhe der für unrentable Gebiete erforderlichen Baukostenbeiträge à fond perdu im wesentlichen nur von der spezifischen Leitungslänge abhängen.

Als Beispiel unter vielen ausgeführten und nach dieser Methode überprüften Netzen sei das Versorgunggebiet der „Westmährischen Elektrizitätswerke Aktiengesellschaft" herangezogen.

Dieses umfaßt einen Flächenraum von insgesamt 13 473·65 km², eine Einwohnerzahl von 1 467 596 bei einer Zahl der Siedlungen von 2016 und weist in den einzelnen Gerichtsbezirken Bevölkerungsdichten auf, deren Wert von 43 bis 159 Einwohner pro km² schwankt (Beilage, Abb. 5 und 8)[2]).

Berechnet man unter Zugrundelegung obiger Gleichungen die Gesamtlänge L der für die Elektrifizierung dieses Gebietes erforderlichen Hochspannungsleitungen, so ergibt sich

$$L \doteqdot 5600 \text{ km}.$$

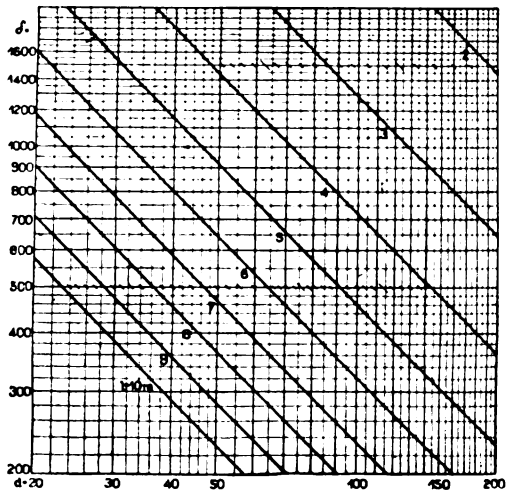


Abb. 4.

Die vorliegenden Pläne für die auszuführenden Leitungsbauten zwecks Gesamtversorgung des Ge-

[2]) Die Beilage wurde vom Verfasser in zuvorkommender Weise zur Verfügung gestellt; sie ist in der Druckerei „Polygrafie", Brünn, hergestellt worden.

In den Abb. 5 bis 7 bedeuten die Bezeichnungen
SEVME Nordmährische E.-W.
SME Mittelmährische E.-W.
MSE Mährisch-schlesische E.-W.

Die deutschen Ortsnamen in Abb. 8 lauten:

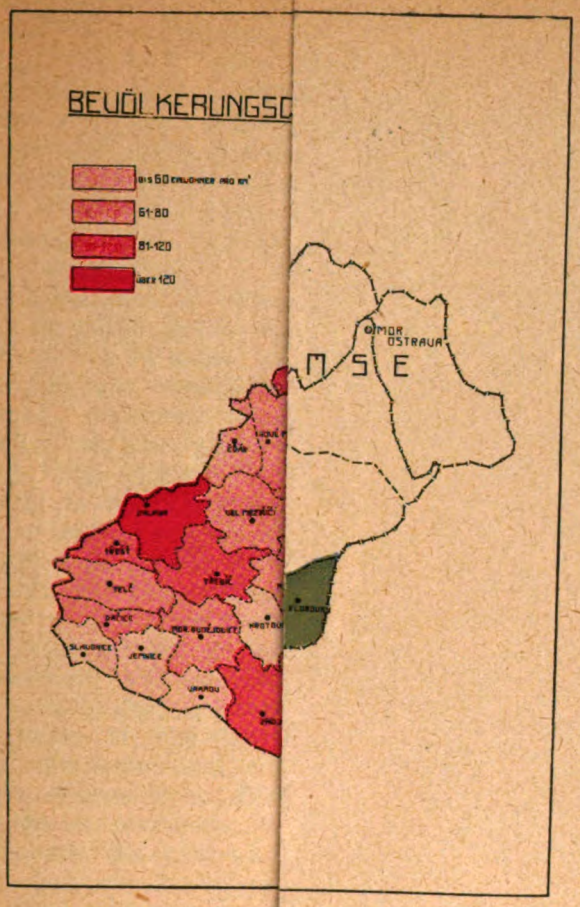
Groß-Brünn	Klobouk b. Brünn	Znaim (exkl. Stadt)
Brünn-Vorstädte	Steinitz	Tischnowitz
Lundenburg	Gr. Seelowitz	Kunstadt
Göding	Znaim	Mähr. Budwitz
Zwittau	Polička	Iglau (exkl. Stadt)
Ung. Ostra	Ung. Brod	Gr. Meseritsch
Ung. Hradisch	Wischau	Saar
Eibenschitz	Blansko	Neustadtl
Auspitz	Boskowitz	Gr. Bitesch
Nikolsburg	Pohrlitz	Hrottowitz
Iglau	Butschowitz	Namiest
Joslowitz	Gewitsch	Teltsch
Napajedl	Trebitsch	Jamnitz
Gaya	Triesch	Bystritz
Austerlitz	Bojkowitz	Datschitz
Brünn-Land (ohne Vorstädte)	Walach. Klobouk	Zlabings
	Wisowitz	Frain
Strassnitz	Mähr. Kromau	

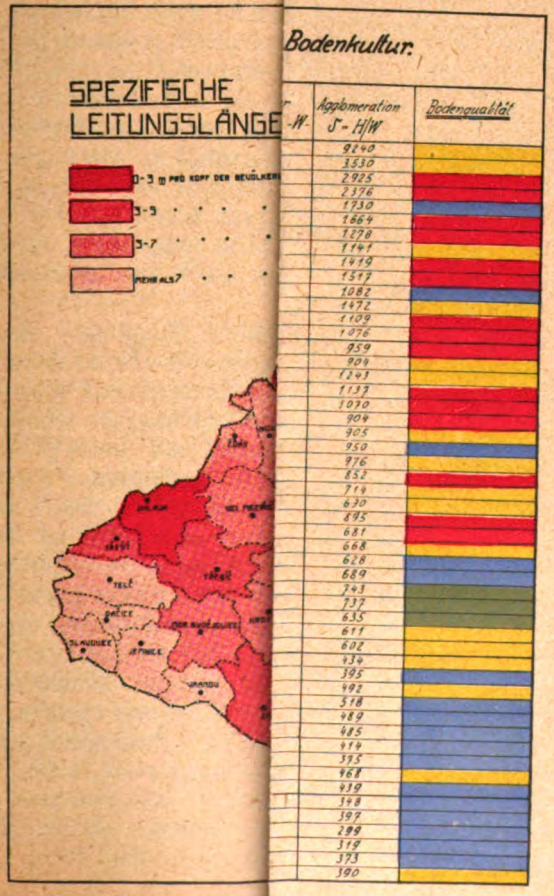
P. S.

Digitized by Google

Beilage zu E. u. M.arwirtschaft".

er 1925.)





Bodenkultur.

M.	Agglomeration S - H/W	Bodenqualität
	9240	
	3530	
	2925	
	2376	
	1730	
	1664	
	1678	
	1141	
	1419	
	1317	
	1082	
	1672	
	1109	
	1076	
	959	
	909	
	1243	
	1137	
	1070	
	904	
	905	
	950	
	976	
	852	
	719	
	670	
	895	
	681	
	668	
	628	
	689	
	743	
	737	
	635	
	611	
	602	
	934	
	395	
	492	
	518	
	489	
	485	
	514	
	395	
	968	
	939	
	498	
	397	
	299	
	519	
	373	
	390	

Digitized by Google

Digitized by Google

bietes ergeben eine Gesamtlänge von $L = 5494$ km, also eine Übereinstimmung auf rund 2 vH. Immerhin zeigt bereits die vorliegende Karte, Abb. 5, in welcher in vier verschiedenen Abstufungen die Bevölkerungsdichte der einzelnen Gerichtsbezirke eingetragen ist, daß sich innerhalb dieses zu elektrifizierenden Gebietes beträchtliche Abschnitte finden, in welchen wegen kleiner Dichte und Agglomeration bei den Elektrifizierungsarbeiten Vorsicht geboten ist.

Ermittelt man für diese einzelnen Gerichtsbezirke die spezifischen Leitungslängen, so ergeben sich Werte von 1·5 m bis rund 8·3 m, was wohl erkennen läßt, wie verschiedenwertig, vorläufig rein statistisch genommen, die einzelnen Gebietsabschnitte sind. Läßt man vorläufig die gewiß naheliegende Frage nach den Ursachen so bedeutender Unterschiede in der spezifischen Leitungslänge offen und begnügt sich mit der rein mathematischen Entwicklung der Werte, so liegt der Gedanke nahe, die spezifischen Leitungslängen der verschiedenen Teilgebiete auf Karten in ebensolcher Weise zum Ausdrucke zu bringen, wie es mit den Dichtegraden geschehen ist. Weil aber, wie wir später genauer sehen werden, die spezifischen Leitungslängen die Einzelgebiete in elektrizitätswirtschaftlicher Beziehung charakterisieren, wird hiedurch ein interessantes, übersichtliches Bild des ganzen Versorgungsgebietes gewonnen, das man als „Elektrifizierungskarte" bezeichnen könnte (Beilage, Abb. 6).

Für den projektierenden Ingenieur bildet diese Karte einen schätzenswerten Behelf, weil er sich auf den ersten Blick über die elektrizitätswirtschaftliche Wertigkeit eines Gebietes informieren kann, ohne erst genauere Pläne entwerfen und die Ortschaften zwecks Auswertung des Konsums auszählen zu müssen.

Befremdend scheint die Tatsache, daß innerhalb eines relativ so kleinen Gebietes so bedeutende Unterschiede in der spezifischen Leitungslänge auftreten, und man wird zur Klärung der Ursachen hier wohl gezwungen sein, von der reinen Tatsachenstatistik den Weg zur Motivenstatistik zu finden.

Vom Standpunkt statistischer Arbeit ist es wohl naheliegend, die gefundenen Werte für die spezifischen Leitungslängen in aufsteigender oder absteigender Reihenfolge zu ordnen, das heißt mit anderen Worten, die Teilgebiete nach dem elektrizitätswirtschaftlichen Gütegrade abzustufen und dann an Hand der Bevölkerungs- und Wirtschaftsstatistik die Gründe zu suchen, die diesen höheren oder niedrigeren Gütegrad motivieren. Bei dieser Untersuchung ergibt sich die interessante Tatsache, daß große spezifische Leitungslängen jene schwierig zu elektrifizierenden Gebiete aufweisen, die schon im Volksmunde als die „ärmeren" bezeichnet zu werden pflegen und die vermöge ihrer schlechteren Bodenbeschaffenheit, minderwertigeren Ackerbodens oder vorwiegenden Gebirgsterrains und dergleichen nur mit großen finanziellen Opfern elektrifiziert zu werden vermögen. Diese Beobachtung führt aber zwangläufig zu dem Versuche, nach einem ursächlichen Zusammenhange zwischen Agrarwirtschaft, beziehungsweise Bodenqualität und spezifischer Leitungslänge zu forschen.

So merkwürdig es vielleicht a priori erscheinen mag, daß die Bodenverhältnisse in der spezifischen Leitungslänge ihren Ausdruck finden sollten, so natürlich und selbstverständlich erscheint dieser Zusammenhang — wenn er einmal gefunden ist.

Eine Betrachtung der überhaupt vorkommenden Dichtegrade in ländlichen Gebieten und vergleichendes Studium über ihren Wandel im Laufe der Zeiten, lassen keinen Zweifel darüber aufkommen, daß die vorhandenen wirtschaftlichen Verhältnisse bzw. die Ertragfähigkeit des Bodens eine Art relativer Sättigung mit Bevölkerung hervorrufen. Dieser Sättigungsgrad findet aber durch die oben dargelegte Betrachtungsweise in der Wertverschiedenheit der spezifischen Leitungslänge seinen statistischen Ausdruck, der sich als die entwickelte Funktion der Bevölkerungsdichte und Agglomeration ergeben hat. Da nun die agrarwirtschaftlichen Verhältnisse bei der Elektrifizierung ländlicher Gebiete von ausschlaggebender Bedeutung sein sollen, müßte logischerweise im Sinne der früheren Schlußfolgerungen die spezifische Leitungslänge eine Art Funktion der Bodenbeschaffenheit sein; einer günstigeren Ertragfähigkeit des Bodens müßte ein niedrigerer Wert derselben, einer Abnahme der Bodengüte jedoch eine Zunahme der spezifischen Leitungslänge entsprechen.

Die zu erforschenden Zusammenhänge werden am deutlichsten illustriert, wenn man sich zunächst einen Überblick über die Bodenverhältnisse des betreffenden Gebietes beschafft, welcher der Agrarstatistik entnommen werden kann. Die Agrarwirtschaft der tschechoslowakischen Republik systemisiert die Qualifikation der Böden in folgender, in der Karte des Versorgungsgebietes der Westmährischen Elektrizitätswerke Aktiengesellschaft zum Ausdruck gebrachten Weise (Beilage, Abb. 7):

I. Zuckerrübenkultur (rot)
II. Getreideboden (gelb)
III. Kartoffelgebiet (blau)
IV. Futtermittelböden (grün).

Ordnet man nun die verschiedenen Teilgebiete, wie früher erwähnt, nach steigenden Werten der spezifischen Leitungslänge, so ergibt sich das Bild Abb. 8 (Beilage).

Man sieht, wie in der Klasse der spezifischen Längen 0 bis 3 der beste Boden, die Rübenkultur, vorherrscht, wie mit steigenden Längen die Rübe zurücktritt und dem Getreidebau Platz macht, wie dann auch das Getreide spärlicher wird und Kartoffelböden erscheinen, sodaß der erwartete Zusammenhang überraschend deutlich sichtbar wird.

Von kleinen Unstimmigkeiten, die sich infolge der Schwierigkeit präziser Klassifikation der Böden an den Grenzwerten ergeben müssen, kann selbstverständlich abgesehen werden, ebenso wie einige in die Augen springende Anomalien dadurch hervorgerufen sind, daß, wie bereits erwähnt, der Boden in reinen Industriegebieten, wie zum Beispiel

Digitized by Google

Brünn oder Zwittau anders zu werten ist als in rein landwirtschaftlichen, die wir in den vorstehenden Entwicklungen speziell zum Gegenstand der Behandlung gemacht haben.

Tabelle II.

Zusammenhang zwischen spezifischer Leitungslänge und Bodenkultur im Gebiete der WEAG.

Spezifische Leitungslänge l m	Vorhandene Ackerfläche km²	Anbau (in Prozenten der Gesamtfläche)			
		Zuckerrübe vH	Getreide vH	Getreide-Kartoffel vH	Futtermittel vH
2 ÷ 3	1194·53	81·5	10·55	7·95	—
3 ÷ 4	1985·08	37·7	53·87	10·43	—
4 ÷ 5	1302·49	21·6	8·7	50·6	19·1
5 ÷ 6	712·59	—	100·—	—	—
6 ÷ 7	1286·76	—	46·2	53·8	—
7 ÷ 8	802·56	—	—	—	100

Ermittelt man in den Gebieten verschiedener spezifischer Längen die gesamte vorhandene Ackerfläche und den prozentuellen Anbau an Zuckerrübe, Getreide, Getreide-Kartoffel und Futtermitteln, so ergibt sich nach der Agrarstatistik die Übersicht (Tabelle II), welche noch deutlicher zeigt, wie mit abnehmender Qualität der Böden die spezifische Leitungslänge wächst. Diese Funktion gibt uns also fraglos eine Charakteristik der wirtschaftlichen Güte des Gebietes und sonach einen Schlüssel zur Beurteilung der zu gewärtigenden elektrizitätswirtschaftlichen Verhältnisse.

Es ist übrigens interessant, wie gleiche Schwierigkeiten in verschiedenen Ländern unabhängig voneinander zu analogen Lösungen drängen.

Ing. Olivié des Génie Rural in Paris hat Ende 1924 in einer Veröffentlichung des französischen Ackerbauministeriums eine Methode angegeben, die es ihm ermöglicht, annähernd die Kosten des ersten Ausbaues landwirtschaftlicher Netze zu errechnen, indem er dieselben als Funktion der Bevölkerungsdichte und Aggregation darzustellen versucht. Er nimmt allerdings als empirischen Wert der Aggregation a die Beziehung

$$a = a_1 + \frac{a_2}{3},$$

worin bedeutet:

a_1 den Teil der Bevölkerung, der in Siedlungen von zumindest 130 Einwohnern,

a_2 jenen Teil der Bevölkerung, der in solchen von 50 bis 129 Einwohnern wohnt.

Durch Festlegung auf diese rein empirischen Ziffern hat diese Methode Oliviés nur Wert für ein eng umgrenztes, spezifisches Gebiet auf französischem Boden.

Der englische Vorkämpfer der landwirtschaftlichen Elektrifizierung, Borlase Matthews,[3]) hat in seinem Bericht an die Höchstspannungskonferenz in Paris 1925 den Gedanken ausgesprochen, daß sich ein landwirtschaftliches Überlandnetz entlang der bestehenden öffentlichen Verkehrswege entwickeln müsse, weil dieselben die seit langem bestehenden und aus dem Bedarfe entstandenen Handelswege darstellen, längs welcher auch alle Abnehmer in Dörfern, Höfen und sonstigen Siedlungen gruppiert sind. Sein Gedankengang führt uns zu einem weiteren, überzeugenden Nachweis unserer Erkenntnisse hinsichtlich des Wertes und der praktischen Bedeutung des Begriffes der spezifischen Leitungslänge. Es ist wohl einleuchtend, daß die Bezirksstraßen eines Gebietes eine Folge des Bedarfes an Handelswegen zwischen den einzelnen Siedlungen sind und ein Analogieschluß würde dann die Folgerung zulassen, daß die spezifischen Leitungslängen der einzelnen Gebiete, bzw. Gesamtlängen der Hochspannungsleitungen, welche ja ebenso wie die Verkehrswege alle Siedlungen miteinander verbinden sollen und die Längen dieser Verkehrswege die gleiche Gesetzmäsigkeit befolgen müßten. In einer solchen Zusammenstellung aus dem Gebiete der Westmährischen Elektrizitätswerke findet diese Vermutung volle Bestätigung:

Tabelle III.

Spezifische Leitungslänge m	Mittlere spez. Leitungslänge m	Mittlere Straßenlänge pro Kopf der Bevölkerung (Bezirksstraßen) m
2 — 3	2·570	3·396
3 — 4	3·420	4·300
4 — 5	4·250	5·250
5 — 6	5·25	6·90
6 — 7	6·400	8·60
8 — 9	8·500	10·70

Diese Tabelle zeigt, daß in wirtschaftlich schwächeren Gebieten mit schlechterer Bodenqualität auch die Straßenlänge pro Kopf der Bevölkerung größer ist und die Straßenlänge daher vom statistischen Standpunkt ebenso einen Wertmaßstab für die Güte abgeben könnte, wie der von uns entwickelte charakteristische Wert der spezifischen Leitungslänge.

Es braucht wohl nicht besonders betont zu werden, daß man auf Grund der verschiedenen Wertigkeit der einzelnen Gebiete nicht schematisch vorgehen darf, sondern zu erwägen hat, welche finanziellen Sonderlasten in jedem Gebietsabschnitte erwachsen und in welcher Art dann dieselben auf die Bevölkerung zu verteilen sind, wenn einerseits das Kraftwerk durch den Kapitaldienst des teuren Hochspannungsnetzes nicht erdrückt, andererseits aber den Gemeinden kein solches Opfer auferlegt werden soll, das die Verwendung elektrischer Energie zu einem Luxus gestalten würde. Diese Erwägung zwingt zur Betrachtung der in die Hochspannungsnetze zu investierenden Beträge.

Für die folgenden Untersuchungen sei angenommen, um auch ziffernmäßig die Ergebnisse derselben kontrollieren zu können, daß für das Versorgungsgebiet 22 000 V als Verteilungsspannung gewählt worden sei. Für diese ergeben sich unter den heutigen Verhältnissen bei Annahme von Kupfer als Leitungsmaterial, Holzmasten und eisernem Spitzenseil, die in Tabelle IV angeführten,

[3]) Vgl. den unterdessen erschienenen Bericht über die Sondertagung der Weltkraftkonferenz in Basel, Sektion *D.* E. u. M. 1926, Seite 896 ff., besonders Seite 899.

Digitized by Google

zahlreichen Bauausführungen entnommenen Werte für die mittleren Leitungskosten pro Kilometer. Jene geringen Unterschiede, die sich im Gestänge durch höhere oder niedrigere Maste, verschiedene Spannweiten, Kreuzungen von Kommunikationen und Schwachstromleitungen ergeben, werden in ausgedehnteren Gebieten, wo es sich um Hunderte von Kilometern handelt, nivelliert und ausgeglichen.

Tabelle IV.

Querschnitt in mm²	Cu-Lt.	Fe. Seil				
	16	25	35	50	70	
	25	25	35	50	50	
Gestängekosten mit Spitzenseil s. Montage . . . . . Kč	14 900	13 700	18 100	16 300	16 800	
Leitermaterial . . „	6 450	10 000	15 400	21 600	30 800	
Gesamtpreis pro Kilometer . . . Kč	**21 350**	**23 700**	**33 500**	**37 900**	**47 600**	

Bei der überschlägigen Bewertung eines Gebietes wird es an Hand der gegebenen Ziffern ohne das Risiko wesentlicher Abweichungen möglich sein, für die Gestängekosten (bei 22 000 V Verteilungsspannung) mit einem Mittelwert von etwa 16 000 Kč zu rechnen. Verwickelter gestaltet sich allerdings auf den ersten Blick die Frage des einzubauenden Kupfers. Das Studium vorhandenen statistischen Materiales von Elektrizitätswerken führt in der Frage des Kupferbedarfes zu Resultaten, welche auf den ersten Blick verblüffend erscheinen, bei näherer Untersuchung aber ihre technische Begründung finden. Stellt man nämlich für die verschiedensten Gebiete mit landwirtschaftlicher Bevölkerung die pro Kopf derselben eingebaute Kupfermenge fest, so ergibt sich die interessante Tabelle V.

Tabelle V.

Name des Werkes bezw. der Unternehmung	Verteilungsspannung Volt	Zahl der versorgten Ortschaften	Gesamt-Einwohnerzahl	Eingeb. Cu-Gew. t	Gewicht in kg pro Einwohner
Bayrische E. L. G.	5000/15 000/20 000	263	136 240	386	2·80
Thüringische E. L. G. Gotha	6000/30 000	151	218 000	728	3·35
Sächsische E. L. G.	6000/10 000/30 000	62	175 503	503	2·87
E. W. Ostböhmen	10 000/30 000	130	120 000	388	3·23
Westmährische Elektrizitätswerke . . .	6000/22 000	163	224 437	782	3·5

Dieser Tabelle ist zu entnehmen, daß trotz verschiedenster Verteilungsspannungen in den von einander ganz unabhängigen Versorgungsgebieten die Kupfermenge pro Kopf der Bevölkerung nur relativ geringe Abweichungen aufweist und bei den angeführten Kraftwerken zwischen 2·8 kg und 3·5 kg schwankt. Eine Nachrechnung der ganzen Schweiz, deren Siedlungen fast zur Gänze mit elektrischer Energie versorgt sind, ergibt für diesen Kupferbedarf unter Ausschaltung der Höchstspannungsleitungen von mehr als 60 000 V einen Betrag von 3·1 kg.

Die aus der Statistik so erhobene Tatsache einer approximativen Konstanz des Kupfergewichtes pro Kopf der Bevölkerung scheint zunächst mit unseren üblichen wirtschaftlichen Maßnahmen, zum Zwecke der Kupferersparnis höhere Übertragungsspannungen zu wählen, in vollem Widerspruch zu stehen, weil bei gegebener und zu befördernder Leistung der Kupferquerschnitt und somit das Kupfergewicht verkehrt proportional dem Quadrate der Spannung sind. Eine der Hauptursachen — es ist hier leider nicht möglich, auf Einzelheiten der statistischen Beweisführung einzugehen — welche den Vorteil der höheren Spannung bei der Versorgung größerer landwirtschaftlicher Gebiete nicht zur Auswirkung gelangen läßt, ist die aus Betriebssicherheitsgründen erforderliche, bedeutende Überdimensionierung der Abzweige von den Hauptleitungen zu den Ortznetztransformatorenstationen.

Untersucht man in dieser Richtung den Gesamtnetzplan der Westmährischen Elektrizitätswerke, so ergibt sich eine Gesamtlänge von 5494 km und ein Cu-Gewicht von 4 442 679 kg, demnach bei 1 467 596 Einwohnern des Gebietes ein Erfordernis von 3·027 kg Kupfer pro Kopf, eine Ziffer, die mit dem statistisch erhobenen Mittelwert gut übereinstimmt. Von dem angeführten Gesamtkupfergewicht erfordern die Hauptleitungen 2 672 379 kg, die Abzweigleitungen 1 470 300 kg, also rund 33 vH des Gesamtgewichtes. Bedenkt man nun, daß bei 22 000 V Spannung für diese Abzweige ein Minimalquerschnitt von 16 mm² zulässig ist, bei 6000 V aber 10 mm² verwendet werden, so geht hier ein Kupfergewicht von 547 560 kg oder rund 0·375 kg pro Kopf der Bevölkerung zu Lasten der Überdimensionierung verloren.

Ausgehend von der beobachteten Konstanz des Kupfergewichtes und dem angeführten Mittelwert der Gestängekosten, ergeben sich für Wirtschaftsgebiete mit verschiedenen spezifischen Leitungslängen die in Tabelle VI zusammengestellten Kosten für die Verteilungsleitungen:

Tabelle VI.

Spezifische Leitungslänge in m	2	3	4	5	6	7	8
Gestehungskosten bei 16 000 Kč pro km . .	32	48	64	96	96	112	128
Leitermaterial Cu-Kosten pro Kopf bei 3·4 kg und ca. Kč 13/kg . . .	44	44	44	44	44	44	44
Gesamtleitungskosten pro Kopf der Bevölkerung in Kč	76	92	108	124	140	156	172

Der Ausgangspunkt unserer Betrachtung war die Frage nach der Qualifizierung eines gegebenen Gebietes in elektrizitätswirtschaftlicher Beziehung. Wir haben aus vorstehenden Entwicklungen erkannt, daß die spezifische Leitungslänge und die statistisch erhobene Konstanz des Kupfergewichtes pro Kopf der Bevölkerung die Möglichkeit bieten, in dem für die überschlägige Beurteilung erforderlichen Maße die Wertigkeit eines Gebietes zu erheben, bzw. die Frage nach den der Bevölkerung

Digitized by Google

aus den Verteilungsleitungen erwachsenden finanziellen Lasten sofort zu beantworten.

Das Ausland und insbesondere Frankreich hat diesem Punkte der Elektrifizierungsfrage größte Aufmerksamkeit zugewendet, weil ihre Behandlung stellenweise wesentlich größere Schwierigkeiten bereitet, als bei uns oder in Deutschland. Während wir es, von wenigen Ausnahmen abgesehen, mit geschlossenen Ansiedlungen zu tun haben, gibt es in Frankreich ganze Departements, in denen die sogenannte Hameau- oder Gehöfte-Wirtschaft überwiegt, welche den projektierenden Ingenieur technisch und wirtschaftlich vor die schwierigsten Probleme stellt.

In solchen Gebieten sind die spezifischen Leitungslängen ganz beträchtlich, wie aus den einem lothringischen Großkraftnetz entnommenen Ziffern der Tabelle VII hervorgeht.

Tabelle VII.

Departement	Anzahl der Gemeinden	Anzahl der Einwohner	Spezifische Leitungslänge
Meurthe et Moselle	159	31 926	12·7
Meuse	16	28 428	14·8
Voges	269	84 167	9·2

b) Die Ortsnetzkosten und Transformatorenstationen.

Auch hinsichtlich des Ausbaues der Ortsnetzanlagen, die einen nicht unbeträchtlichen Teil der Gesamtinvestitionen in landwirtschaftlichen Gebieten darstellen, lassen sich zur bevölkerungsstatistischen Überlegungen wichtige Schlußfolgerungen ableiten. In verschiedenen Wirtschaftsgebieten ist auch die wirtschaftliche Situation der Bevölkerung ungleichwertig, da die Anzahl der Wohnparteien pro Haus, der Mitglieder pro Wohnpartei verschieden, der Konsum pro Kopf variabel; alle jene Momente, die bei Beurteilung der Fernleitungen erwogen worden sind, werden auch hier von bestimmtem Einflusse sein. Allerdings ist nicht zu übersehen, daß namentlich in kleinen Siedlungen wegen der durch die Sicherheitsvorschriften gegebenen Minimalquerschnitte der Anpassung der Ortsnetzkosten an den effektiven Strombedarf eine untere Grenze gesetzt sein wird, welche die Wirtschaftlichkeit wegen technischer Sicherheitsmomente ungünstig beeinflußt.

Im allgemeinen wird der ökonomischen Ausgestaltung dieses Elementes der Elektrifizierungsarbeit recht geringe Bedeutung beigemessen, obwohl auch hier charakteristische Momente eine Einheitlichkeit im sparsamen Ausbau zulassen. Es muß festgestellt werden, wie, abgesehen von der Verteilungsspannung, die zu gewärtigenden Konsumziffern, das heißt, das Kulturniveau und die wirtschaftliche Situation der Bevölkerung die seitens des projektierenden Ingenieurs vorzusehenden Baumaßnahmen und sonstigen Dispositionen beeinflussen, wie auch die Form der Ansiedlung auf die Länge des Ortsnetzes pro Kopf der Bevölkerung, auf den Kupferbedarf und die Transformatorenleistung einwirken und in verschiedenen Gebieten dazu beitragen, die Kosten in einem oder dem anderen Sinne zu verschieben.

Daß man es schließlich auch hier mit statistischen Gesetzmäßigkeiten zu tun hat, die vom Techniker nicht unbeachtet bleiben dürfen, möge aus der Zusammenstellung Tabelle VIII erhellen, die einer großen Anzahl ausgeführter Ortsnetzanlagen mit 380/220 V Verteilungsspannung entnommen ist.

Tabelle VIII.

Ortschaften mit Einwohnerzahl	Mittlerer Kupferbedarf in kg pro: 1 m Ortsnetzlänge	Haus	Einwohner	Wohnpartei	Ortsnetzlänge pro Kopf
bis 300	0·394	10·10	1·68	8·7	4·25
300 „ 400	0·388	8·75	1·57	7·15	3·455
400 „ 500	0·460	7·45	1·30	6·05	2·985
500 „ 1000	0·430	6·15	1·11	5·0	2·58
1000 „ 2000	0·458	6·05	1·08	5·0	2·35
2000 „ 5000	0·527	6·20	1·00	4·15	1·897

Was nun die für die folgenden wirtschaftlichen Berechnungen nötigen Ortsnetzkosten betrifft, wäre der nächstliegende Gedanke wohl der, aus einer großen Zahl ausgeführter Netze unter Ausscheidung der Beträge für Kupfer einen Mittelwert der Netzkosten pro Kopf der Bevölkerung zu ermitteln und mit diesem bei der Ermittlung der Gesamtinvestitionen für ein Gebiet zu operieren. Dieser Weg führt aber sicherlich zu unrichtigen Ergebnissen, weil begreiflicherweise die Kosten pro Kopf in kleinen Siedlungen wesentlich höhere sein müssen als in größeren und für die Gesamtkosten infolgedessen auch die Verteilung der Bevölkerung auf die Siedlungen verschiedener Größe von Einfluß ist. Soll demnach der für ein Gebiet zwecks Aufbringung der Ortsnetzkosten zu entwerfende Wirtschaftsplan nicht verfehlt sein, muß einerseits die Bevölkerungsverteilung auf die Siedlungen verschiedener Größe ausgewertet und müssen andererseits die Ortsnetzkosten pro Kopf der Bevölkerung als Funktion der Siedlungsgröße festgesetzt werden.

Das aber kann an Hand der Tabelle VIII leicht geschehen. Unter Annahme des sich aus einer großen Zahl von Ausführungen ergebenden Wertes für die Kosten der Ortsnetze pro Meter Länge (ohne Kupfer) von rund 22·8 Kč und unter der Voraussetzung eines Cu-Preises von 13 Kč/kg ergibt sich die Zusammenstellung IX.

Tabelle IX.

Einwohnerzahl der Siedlung	bis 300	300 bis 400	400 bis 500	500 bis 1000	1000 bis 2000	2000 bis 5000
Ortsnetzkosten pro Kopf Kč	101·15	82·83	73·0	62·93	58·22	48·66

Ein weiteres Element, das für die folgenden Betrachtungen von Wichtigkeit ist, sind die Transformatorenstationen. Sobald die Oberspannung festgelegt ist, können die Stationen hinsichtlich baulicher Ausgestaltung einheitlich behandelt werden, sodaß unter normalen Verhältnissen mit festen Gebäudekosten für alle Ortschaften gerechnet werden kann. Die elektrotechnische Inneneinrichtung der Stationen, bis auf die Transformatoren, wird in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle gleiche Investitionswerte ergeben. Hier sei besonders darauf hingewiesen, daß die gewählte

Digitized by Google

Tabelle X.

	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA
Transform. Leistung	5	5/10	7·5/15	10/20	15/30	25/50	37·5/75	50/100
Kosten der Transformatoren	8000	8800	9500	10 600	12 400	15 600	17 400	23 000
Ölkosten 3·30 kg	660	860	950	1040	1290	1650	2020	2280
Gebäude und innere Einrichtung st. Montage	25 700	25 700	25 700	25 700	25 700	25 700	25 700	25 700
Insgesamt	34 360	35 360	36 150	36 340	39 390	42 950	45 120	50 980
pro kVA	6872	3536	2410	1867	1313	859	601·6	509·8

Oberspannung großen Einfluß auf die Kosten insoferne ausübt, als gemauerte Stationen, namentlich in kleineren Siedlungen die Gesamtkosten unverhältnismäßig verteuern. Zwecks Verbilligung der Elektrifizierung landwirtschaftlicher Gebiete hat man vor etwa 15 Jahren begonnen, Maststationen den Vorzug zu geben und die Anschauung vertreten, daß bis zu 15 000 V diese Einrichtungen vollkommen betriebssicher sind. Eine Anfrage in 24 reichsdeutschen Überlandwerken im Jahre 1922 hat aber ergeben, daß rund 20 derselben gerade aus Gründen der Betriebssicherheit keine weiteren Maststationen mehr bauen, ihre Erweiterungen des Absatzgebietes ausschließlich in gemauerten Stationen ausführen und 15 Werke sogar den Ersatz der Maststationen durch gemauerte beschlossen haben. Tabelle X gibt eine Zusammenstellung der Kosten von gemauerten Stationen für 22 000 V Oberspannung, die zahlreichen Ausführungen als Mittelwerte entnommen wurden.

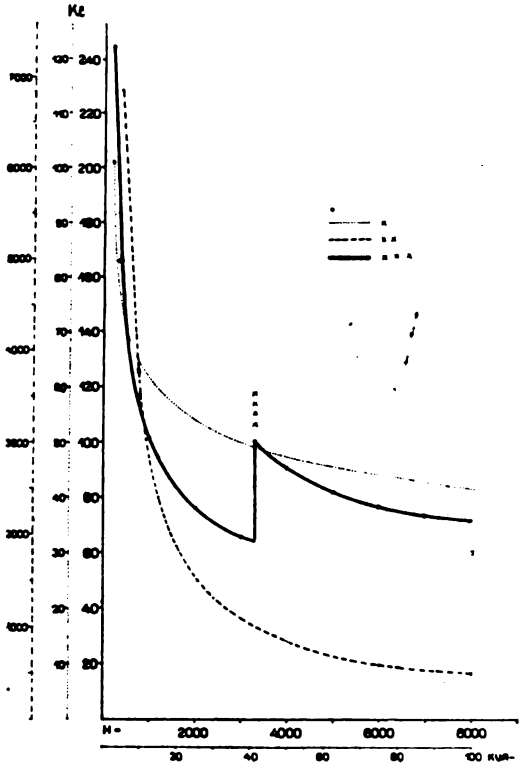


Abb. 9.

x) Netzkosten pro Einwohner,
xx) Stationskosten pro kVA,
xxx) Gesamtkosten pro Einwohner,
xxxx) 2 Transformatorenstationen pro Ortschaft.

Wir haben bisher einerseits die Kosten des Ortsnetzes pro Kopf der Bevölkerung, andererseits die Transformatorenkosten pro kVA entwickelt und müssen in Verfolgung des Zweckes unserer Betrachtung die Kosten des Ausbaues von Ortsnetz samt Transformatorenstation pro Kopf der Bevölkerung angeben. Aus einer großen Zahl bestehender Netze wurde entnommen, daß als Anschlußwert pro Kopf zirka 30 W Transformatorenleistung angemessen ist, sodaß sich die in Tabelle XI dargestellte Zusammenstellung für die durch das Ortsnetz samt Station verursachten Lasten pro Kopf der Bevölkerung ergibt.

Tabelle XI.

Einwohnerzahl	300	400	500	1000	2000	3000
Reine Ortsnetzkosten pro Kopf	117·0	90	72·3	39·0	21·6	15·9
Tranformatorenstationskosten pro Kopf oder 30 W	83·3	75·67	71·7	62·5	54·0	5·50
Gesamtnetzkosten pro Kopf	200·3	165·67	144·0	101·5	75·6	6·59

In Diagrammform dargestellt, ergeben diese Werte das Bild der Abb. 9.

(Schluß folgt.)

Die Erzeugung von Kathodenstrahlen hoher Spannung außerhalb des Endladungsrohres.

Bekanntlich hat es P. Lenard[1]) als erster versucht, Kathodenstrahlen durch ein Aluminiumfenster aus der Vakuumröhre in die freie Luft treten zu lassen. Hiebei, sowie bei den seitherigen Wiederholungen des Versuches kamen stets nur geringe Spannungen und Stromstärken in Anwendung und die Röhre mußte während des Arbeitens dauernd mit der Pumpe verbunden bleiben. W. D. Coolidge vom Untersuchungslaboratorium der Gen. El. Comp. ist es nun durch eine besonders sorgfältig durchdachte Bauart der Röhre und des Fensters gelungen, diese Nachteile zu beseitigen[2]). Seine Röhre arbeitet mit mehreren mA bei mindestens 330 kV und kann von der Pumpe abgeschmolzen werden.

Abb. 1 zeigt die Konstruktion der Röhre. Ihre Abmessungen sind:

Höchstspannung in kV	Gesamtlänge in cm	Kugeldurchmesser in cm
250	89	20
350	155	30·5

[1]) Ann. d. Phys., Bd. 51, S. 225 bis 267 (1894).

[2]) Journal of the Franklin Institute, Vol. 202, Dezember 1926.

Digitized by Google

Die Kathode besteht aus einer ebenen Spirale von 0·5 Durchmesser aus 0·0216 cm starkem Wolframdraht, die in einer mittleren Vertiefung des 2·5 cm weiten, halbkugeligen Molybdänbechers *c* angeordnet ist. Diese Bauart wurde gewählt, um die Ausbreitung des Kathodenstrahles zwar auf den durchlässigen Teil des Fensters *a* zu beschränken, aber ihn auch genügend gleichmäßig über dessen Fläche zu verteilen, was nach einer Aufnahme auf Blaupauspapier mit $^1/_4$ sec Expositionszeit erreicht erscheint. Das Fenster *a* besteht aus einer 0·0127 mm dicken Nickelfolie, die sich auf ein bienenwabenartiges Molybdängitter *b* stützt. Zuerst wurde mit Khotinsky-Zement aufgekittete Aluminiumfolie versucht; der Kitt wurde indes durch das Elektronenbombardement rasch zerstört. Mit

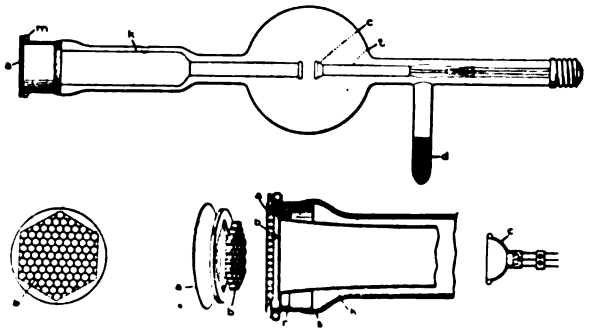


Abb. 1.

ebensowenig Erfolg wurde 0·0127 mm starke Kupferfolie verwendet, die zwar aufgelötet werden konnte, aber nicht lochfrei zu erhalten war; ein Übelstand, der schließlich durch die Verwendung von Nickelfolie behoben werden konnte. Diese wurde hergestellt, indem käufliches, 0·127 mm dickes Nickelblech der American Nickel Co. in Clearfield, Pa., in rechteckige Platten von 6·5 × 10 cm geschnitten und in Wasserstoff ausgeglüht wurde. Acht solche Platten wurden zwischen ein gefaltetes 0·063 cm dickes Blatt von hochpoliertem Monelmetall eingeschichtet und kalt gewalzt, bis sie ungefähr quadratisch geworden waren. Die Blätter wurden dann neuerlich in Wasserstoff geglüht, in zwei Hälften geschnitten und in einer frischen Hülle aus Monelmetall auf 0·0127 mm fertig gewalzt. Die Folien wurden dann im Vakuum auf 750° erhitzt und in der Dunkelkammer vor einer starken Lichtquelle mit dunkeladaptiertem freien oder bewaffneten Auge auf Lochfreiheit untersucht. Einzelne Löcher in sonst guten Folien wurden mit Weichlot geschlossen. Das Stützgitter *b* bestand aus wabenartig gebogenen, 0·47 cm breiten Streifen aus 0·015 cm starkem Molybdänblech, die untereinander und mit einem sechseckigen Molybdänrahmen durch Kupfer in Wasserstoff verlötet wurden. Der Wabendurchmesser zwischen zwei gegenüberliegenden Seiten betrug 0·6 cm. Molybdän wurde wegen seiner geringen Wärmeausdehnung gewählt, um das Reißen der Nickelfolie bei starker Erwärmung zu vermeiden. Ein Invargitter weist bei 400° C eine viel größere Ausdehnung auf. als Molybdän. Die freie Durchgangsöffnung des Gitters betrug 80 vH. Das Stützgitter lag in einem Invarringe *r*, auf dessen Stirnfläche die Nickelfolie weich aufgelötet wurde. Der Invarring war in das Röhrenende *s* eingeschmolzen; er diente zugleich als Anode und konnte durch das ringförmige Kupferrohr *m* mit Wasser gekühlt werden. An ihm war ferner ein dünnes, flaschenförmiges Kupferrohr *k* befestigt, das als elektrostatischer Schirm die Glaswand des Anodenarmes *s* gegen Durchschlag durch das sich hier konzentrierende Potentialgefälle schützen sollte. An dem der Kathode zentriert gegenüberstehenden Ende besitzt es eine Abrundung von 1·5 mm Radius, die das Auftreten von kalten Kathodenstrahlen während der verkehrten Halbwelle verhindert. Alle Metallteile wurden vor dem Einsetzen in die Röhre im Vakuum erhitzt; die Röhre während des Pumpens soweit als möglich erwärmt und schließlich das Schirmrohr *k* durch magnetische Ablenkung des Kathodenstrahles einem Elektronenbombadement bis zur Rotglut ausgesetzt, während der Fensterrahmen gekühlt wurde. Das Fenster selbst wird nur einige Minuten bombardiert, da es nicht bis zur Oxydationstemperatur erhitzt werden darf. Im Seitenrohr *d* befindet sich im Vakuum geglühte Kokosnußkohle, oder besser ein kleines Stück Kalzium in einer Wolfram-Heizspirale. Gasreste können im ersteren Falle durch Eintauchen von *d* in flüssige Luft, im letzteren durch Erwärmen des Kalziums beseitigt werden.

Die Röhren arbeiten infolge ihrer eigenen Gleichrichterwirkung auch bei einer beträchtlichen Gegenspannung in der verkehrten Halbwelle noch gut. Bei Induktorbetrieb war daher keine weitere Gleichrichtung erforderlich. Bei Transformatorenbetrieb wurde entweder die verkehrte Spannung auf 180 kV bei einer Nutzspannung von 250 kV durch eine überlagerte Gleichstrommagnetisierung vermindert, oder ein mechanischer Hochspannungsgleichrichter verwendet. Bei 200 kV sind die Kathodenstrahlen bis 40 cm vor dem Fenster nachweisbar. Da sie an den Luftmolekülen zerstreut werden, breiten sie sich auch neben und hinter dem Fenster aus. Abb. 2 zeigt die den verschiedenen Spannungen entsprechenden Reichweiten. Die ausgezogenen Kurven wurden durch die Fluoreszenz von Kalziumoxyd (Ca O), die gestrichelten durch unmittelbare Einwirkung auf einen photographischen Film erhalten. Bei der Kurvenaufnahme mit Ca O wurde der Raum vor dem Fenster durch ein teleskopisch verlängertes Bleigehäuse, das nur in der gewünschten Richtung eine kleine Öffnung besaß gegen den Austritt von Kathoden- und Röntgenstrahlen in anderer Richtung abgeschirmt. Das Kalkstückchen wurde knapp neben der Öffnung an die Außenwand des Gehäuses gebracht, wo es nur von den sich zerstreuenden Kathodenstrahlen, nicht aber von den geradlinig sich ausbreitenden Röntgenstrahlen getroffen werden konnte. Wurde die Fensterfolie durch das Auflegen weiterer Nickelbleche verstärkt, so ergab sich ein linearer Zusammenhang zwischen der Höchstreichweite R_m und der Fensterdicke δ, und zwar $R_m = 47 - 5800\,\delta$, beide in cm ausgedrückt. Bei $\delta = 0{\cdot}0081$ cm werden Kathodenstrahlen nicht mehr durchgelassen. Die Aufnahme des Fensters mit einer

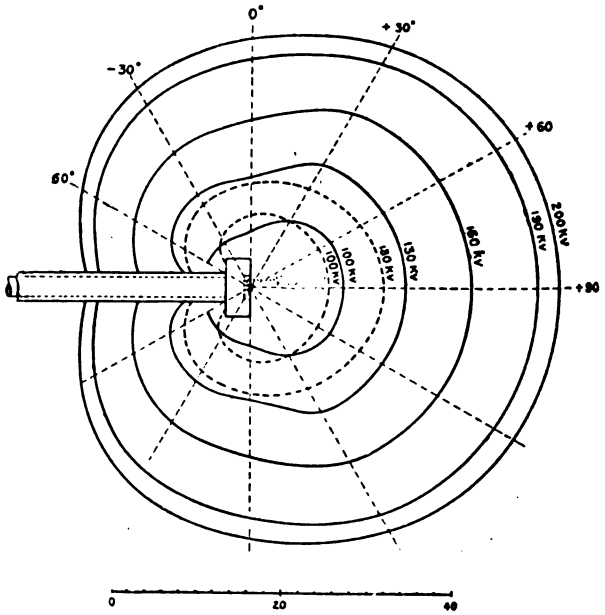


Abb. 2.

Röntgenlochkamera zeigte sowohl dieses selbst, als auch die angrenzende Luftschicht als Quelle einer Röntgenstrahlung; ebenso zeigte die Aufnahme einer den Kathodenstrahlen ausgesetzten Gruppe von Blechstückchen verschiedener Metalle mit derselben Kamera die bekannten Unterschiede hinsichtlich der Röntgen-

Digitized by Google

emission. Einzelröhren reichen derzeit auch noch für etwas höhere Spannungen als 350 kV aus. Für sehr hohe Spannungen, zum Beispiel 700 kV und darüber, wird eine Kaskadenschaltung der Röhren in Aussicht genommen. Hiebei hat nur das erste Rohr eine Glühkathode, während sich an dessen Anode die ebenfalls als Rohr ausgebildete Kathode der zweiten Röhre anschließt usw. Zwischen den Innenräumen benachbarter Rohre liegt eine Filterfolie, die wohl die Elektronen, nicht aber die positiven Ionen, die bei höheren Spannungen im Einzelrohr Störungen verursachen, durchläßt. Die positiven Ionen werden daher in jedem Rohr nur mit der Spannung des Einzelrohres beschleunigt, während sich die den Elektroden in jedem Rohre erteilten Beschleunigungen addieren.

Mit einer Einzelröhre, die mit 350 kV und mehreren mA betrieben wurde, hat der Verfasser im Verein mit C. N. Moore Untersuchungen über den Einfluß der Kathodenstrahlen auf anorganische und organische Substanzen unternommen, über die hier zusammenfassend berichtet werden soll[3]).

Es wurden bestrahlt:

1. Diamanten. Crookes und später Moissan stellten die rasche Schwärzung mancher Diamanten durch die Kathodenstrahlen infolge Bildung einer oberflächlichen Graphitschicht fest. Ähnlich wirkten die β-Strahlen radioaktiver Stoffe; die schwärzende Strahlung kann jedoch eine 0·5 bis 1·0 mm starke Glaswand nicht durchdringen. Mit der neuen Coolidgeröhre wurden 24 verschieden gefärbte Diamanten aus Kimberley, Britisch Guyana und Australien durch Vergleich mit möglichst gleichfärbigen, jedoch unbestrahlten Stücken auf Farbenänderung geprüft. Die Röhre lieferte 1 mA bei 200 kV; die Exposition betrug 30 min in 1·3 cm Abstand vom Fenster. Alle außer zwei Diamanten zeigten blaue Fluoreszenz, jedoch keiner eine Farbenänderung.

2. Geschmolzener und kristallisierter Quarz. Eine geschliffene und polierte Scheibe aus geschmolzenem Quarz nimmt nach 2 min langer Exposition ein purpurfarbiges Muster an, das bei starker Erhitzung in der Bunsenflamme vollständig verschwindet; bei neuerlicher Bestrahlung aber mit der gleichen Zeichnung wiederkehrt. Die dasselbe verursachende Inhomogenität geht durch die ganze Masse, liegt also nicht in der Oberflächenbehandlung. Das Material der Platte stammte aus Brasilien; die Inhomogenitäten stimmen nach Größe und Form mit den verschmolzenen Kristallbrocken überein. Von Quarzkristallen zeigen nur die aus Herkimer County, N. Y., stammenden etwas Verfärbung. Die Färbung des geschmolzenen Quarzes wird auf die beim Schmelzen eintretende chemische Veränderung der Verunreinigungen mancher Kristalle zurückgeführt.

3. Ein Steinsalzkristall wurde zur Hälfte eine Stunde lang mit 1 mA und 200 kV in 2·5 cm Abstand vom Fenster bestrahlt. Die bestrahlte Seite erschien zwar geschwärzt, das im Röntgenspektrum untersuchte Kristallgitter jedoch unversehrt. Das Gleiche zeigten KCl-Kristalle.

4. Szintillationen. Kalzitkristalle fluoreszieren stark orange und leuchten mehrere Stunden nach; außerdem wurden bläulichweiße, minutenlang nachleuchtende Szintillationen beobachtet. Durch schwaches Kratzen der Kristallfläche mit einem scharfen Instrument leuchten die Szintillationen noch nach Stunden wieder auf. Beim Auftreten einer Szintillation verliert die nächste Umgebung ihre orange Fluoreszenz. Unter dem Mikroskop zeigt sich ein kleiner Krater mit vielen, zarten, von ihm in zwei Hauptrichtungen ausgehenden, zur Oberfläche parallelen Kanälchen; ihre Tiefe unter der Oberfläche entspricht ungefähr der Eindringtiefe der Elektronen. Bei 180° C verschwinden die Szintillationen; bei der Temperatur der flüssigen Luft treten sie häufiger auf, als bei Zimmertemperatur. Bei letzterer zeigen wenige Körper Szintillation; bei der Temperatur der flüssigen Luft dagegen viele; zum Beispiel auch Zelluloid, das jedoch baumförmig verzweigte Kanälchen liefert. Die Szintillationen treten nur in Körpern auf, welche bei der betreffenden Temperatur hoch isolieren und können auf elektrische Funkenentladungen zurückgeführt werden.

5. Tiefenladung in verschiedenen Isolatoren. Eguchi[4]) beobachtete eine jahrelang andauernde dielektrische Polarisation in einer Mischung aus gleichen Teilen Kolophonium und Karnaubawachs, die in einem starken elektrischen Felde erstarrt war. Eine analoge permanente Ladung bis zur Eindringtiefe der Elektronen wird durch die Bestrahlung mit Kathodenstrahlen erzeugt und kann durch die Bestaubung nach Lichtenberg erkannt werden, wenn man die Bestrahlung durch eine Schablone hindurch vornimmt. Kolophonium und Bernstein zeigen dauernde Tiefenladung; Kalzit nur während einiger Stunden; Hartgummi, Glas und Bakelit dagegen überhaupt keine. Sie wird nur bei Körpern beobachtet, die bei Raumtemperatur szintillieren.

6. Schattenbilder von zarten Geweben, die sich in inniger Berührung mit einem photographischen Film befinden, können ebenfalls mit Hilfe der Kathodenstrahlen erhalten werden; so zum Beispiel von Papier und dergleichen. Möglicherweise könnten auf diesem Wege geringe Dichtenunterschiede in Mikrotomschnitten organischer Gewebe sichtbar gemacht werden, da man die Durchdringungsfähigkeit der Strahlen sehr niedrig wählen kann.

7. Chemische Wirkungen. Bestrahlte Gelatine wird zersetzt, so daß die entstehenden Gase beim nachfolgenden Erwärmen Blasen bilden. Dasselbe zeigen Schellack, Rohrzucker, Kristalle von Rochellesalz und Zelluloid. Wässerige Lösungen von Rohrzucker, Stärke und Glyzerin röten nach der Bestrahlung Lackmus. Milch und Butter nehmen rasch einen ranzigen Geschmack und üblen Geruch an.

8. Bakterien. Kulturen von Staphylococcus aureus, Bacillus prodigiosus und Bacillus subtilis wurden bei einer Expositionszeit von 1 sec in 1cm Abstand vom Fenster einer mit 90 kV und 0·1 mA Gleichstrom betriebenen Röhre getötet.

9. Fruchtfliegen, Schnecken und Schaben starben nach kurzer Bestrahlung in 1·25 cm Abstand vom Fenster einer Röhre mit 1 mA und 150 kV entweder sofort, oder nach wenigen Tagen.

10. Pflanzengewebe. Die Blätter eines Gummibaumes (Ficus elastica) wurden an einigen kreisrunden Stellen 4 cm vom Fenster durch 1 sec mit 200 kV und 1·0 mA bestrahlt, während die übrige Pflanze abgeschirmt war. Zu Ende der Bestrahlung waren diese Stellen mit einer weißen Ausschwitzung bedeckt, als ob die Zellen durchlöchert, oder sonst durchlässig geworden wären. Später änderte sich ihre Farbe allmählich von Grün in Braun und nach einer Woche waren sie durch die ganze Blattdicke vertrocknet. Pelargonienblätter verhielten sich ebenso, nur fehlte die anfängliche Ausschwitzung.

11. Animalische Gewebe. Es wurden kleine Stellen auf den Ohrmuscheln lebender Kaninchen bestrahlt. Die Wirkung stieg je nach der angewendeten Expositionszeit und Stromstärke von einer leichten Gerbung der Haut bis zur vollständigen Zerstörung des Gewebes durch die ganze Dicke des Ohres. Bei Bestrahlung mit 200 kV und 1 mA in der Dauer von 0·1 bis 1 sec in 2·5 cm Abstand vom Fenster traten später Entzündungen auf, welche die Haut, nicht aber die Haarfollikel zerstörten, so daß nach einiger Zeit auf der neugebildeten Haut wieder Haare, jedoch nur von weißer Farbe wuchsen, während die ursprüngliche Haarfarbe grau war. Eine Bestrahlung von 50 sec unter den gleichen Bedingungen ließ nach Ablauf der Entzündung ein mit weißen Haaren gesäumtes Loch im Ohre zurück. Die Bestrahlung einer größeren Fläche durch 10 sec verursachte so starke Zerstörungen, daß der entzundene Teil amputiert werden mußte. In allen diesen Fällen waren die Haare früher abrasiert worden. Die schützende Wirkung der Behaarung kommt ungefähr der Herabsetzung der Expositionszeit auf ein Zehntel gleich. R. H.

[3]) l. c. S. 722.

[4]) Phil. Mag. 49 (1925), S. 178 bis 192.

Digitized by Google

Rundschau.

Stromverteilung.

Eine unterirdische selbsttätige Unterstation in London. Die Charing Cross Electricity Supply Co. hat kürzlich eine selbsttätige Unterstation in Betrieb genommen, die durch Aufstellung von weiteren 300 kW Einanker-Umformern vergrößert wurde. Die ganze Anlage sieht den Zubau eines fünften Umformers vor und ist vollständig selbsttätig eingerichtet. Maschinen und Schaltanlage stammen von der Metropolitain-Vickers. Die Umformerstation erhält 10 000 V Drehstrom mit 50 Per/s und gibt Gleichstrom von 202 bis 212 V ab. Der Umformerraum liegt unter der Straße und ist nur durch einen Schacht von 1·52 × 0·915 m zugänglich, worauf bei der Konstruktion aller Teile Rücksicht genommen werden mußte. So sind zum Beispiel die Kühlkammern der Transformatorkästen abnehmbar. Zu jedem Transformator gehört ein 330 kVA $^3/_6$phasen Transformator mit Ölkühlung. Der Drehstrom wird durch zwei Speisekabel über zwei Ölschalter für 150 000 kVA Abschaltleistung zugeführt, und hat jeder Transformator seinen eigenen Ölschalter. Die Hochspannungssammelschienen sind derart unterteilt, daß je zwei Umformer an einem Speisekabel liegen. Die Umformer laufen mit 1000 U/min und geben den Gleichstrom über ihr Schalttafelfeld an die Gleichstrom-Doppelsammelschienen ab. Die Gleichspannung wird selbsttätig auf $^1/_2$ V Abweichung von der eingestellten Spannung geregelt. Die Bedienung kann auch von Hand ausgeführt werden und kann die ganze Anlage von einer anderen Unterstation aus jederzeit stillgesetzt bzw. am Anlauf gehindert werden. Die selbsttätige Einschaltung der Unterstation erfolgt, wenn die Spannung im Netz sinkt; sie wird abgestellt, wenn die Belastung verschwindet. Ein durch einen Motor angetriebener Walzenschalter besorgt die Einschaltung der einzelnen Umformer. Die Reihenfolge der Einschaltungen kann beliebig durch Steckkontakte eingestellt und auch während des Betriebes geändert werden. Wie immer die Reihenfolge bestimmt ist, kommen immer sämtliche Umformer nach Bedarf in Betrieb. Wenn ein Umformer infolge Störung nicht anläuft, so kommt selbsttätig der nächstfolgende an die Reihe, sobald die für den Anlauf vorgesehene Zeit abgelaufen ist, ohne daß sich der vorhergehende eingeschaltet hätte. Wird jedoch ein Umformer ganz abgeschaltet und außer Dienst gestellt, so wird er sofort beim Zuschalten übersprungen. Diese Ausschaltung kann auch während des Betriebes erfolgen. Die Last wird immer gleichmäßig auf alle laufenden Umformer verteilt. Wenn Überlastung auftritt, so werden selbsttätig Strombegrenzungswiderstände eingeschaltet. Tritt bei einem Umformer eine Störung auf, die das Anlaufen unmöglich macht oder ist ein Lager heißgelaufen, so verriegelt sich diese Maschine gegen Einschaltung, bis der Fehler behoben und die Einschaltreihenfolge wieder für alle vier Einheiten eingestellt wurde. Die Luft wird durch ein Flügelrad im Luftschacht erneuert, das mit der ersten Maschine anläuft und sich erst mit der letzten abstellt.

Wl.

(The Electrician, Bd. 97, Nr. 252, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die Induktanz von Freileitungen mit ungleichem Leiterabstand. A. Still (Purdue University) berechnet die Induktivität einer Leitung aus beliebig vielen Leitern, wobei der Strom eines Leiters jeweils als entgegengesetzt gleich der geometrischen Summe der Ströme in allen übrigen Leitern aufgefaßt wird. Das Verfahren kann auch angewendet werden auf eine Drehstromleitung deren Leiter nicht in den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks angeordnet, jedoch in gleichen Abständen verdrillt sind, wobei als äquivalenter Leiterabstand das geometrische Mittel aus den Abständen der drei Leiter zu nehmen ist. Für den induktiven Spannungsabfall in einem einzelnen Leiter in Volt/km gilt die Formel

$$e = a \, . \, I \, . \log_e d/r + b \, . \, I,$$

worin das zweite Glied vom Felde innerhalb des Leiterquerschnittes herrührt, I den Strom in A, d den Leiterabstand und r den Leiterradius in cm bedeuten und für $a = 2\pi\nu\,0{\cdot}0029$, für $b = 2\pi\nu\,0{\cdot}000314$ zu setzen ist. Diese Formel ist zunächst nur auf ein Zweileitersystem anwendbar. Durch Summierung der von den Strömen der einzelnen Leiter herrührenden Felder läßt sich zeigen, daß sie auch auf eine in gleichen Abständen verdrillte Drehstromleitung mit beliebiger Leiteranordnung anwendbar ist, wenn man für

$$d = \sqrt[3]{a\,b\,c},$$

setzt, worin a, b und c die Leiterabstände bedeuten. Zwei parallele, gleich belastete Drehstromkreise mit Leiteranordnung in den Ecken eines regelmäßigen Sechsecks von 3 m Seitenlänge, die beiden Leiter gleicher Höhe (am selben Ausleger) parallel geschaltet, geben einen um 2·5 vH kleineren induktiven Spannungsabfall als zwei in größerem Abstand (verschiedenen Gestängen) verlaufende parallele Leitungsstränge mit demselben Leiterabstand. Nach dem Verfasser und H. B. Dwight ist bei der Sechseckanordnung auf einem Gestänge der eben genannten jene Schaltung vorzuziehen, bei der am mittleren Ausleger gleiche Phasen geführt, am oberen und unteren Ausleger jedoch die Phasen jedes Stranges nicht die gleichen sind, weil bei der ersten Anordnung der Spannungsabfall eine wesentlich größere Unsymmetrie besitzt und im Mittel größer ist als bei der zweiten. (Durch Doppelverdrillung wird auch diese Unsymmetrie behoben. Anm. d. Ber.)

Gn.

(Journal of the Franklin Institute, Bd. 202, Nr. 3, September 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Dieselelektrische Lokomotive von 1000 PS. Die Baldwin Lokomotivwerke in Philadelphia haben eine dieselelektrische Lokomotive von 1000 PS Leistung gebaut und stellen sie verschiedenen Bahnverwaltungen zu Versuchszwecken zur Verfügung[1]). Bei einer dieser Fahrten wurde auf einer Strecke der Brennstoffverbrauch gemessen. Mit einem Zug von 1000 t wurden auf einer Strecke von 64 km, davon 48 km mit Steigungen von 7 vT, für 1000 tkm 8 l verbraucht und hiebei mit zirka 25·7 km/h gefahren. Bei der Talfahrt wurden 2000 t befördert und 2·35 l für 1000 tkm verbraucht. Das Dienstgewicht der Lokomotive beträgt 125 t, die größte Zugkraft 23 700 kg. Das Laufwerk besteht aus zwei dreiachsigen Drehgestellen von 3850 mm Radstand. Der Gesamtradstand ist 11 320 mm und die Länge über Puffer 15 800 mm. Der Hauptrahmen reicht nur bis zu seinen Lagerstellen über den beiden mittleren Achsen und hängt der Lokomotivkasten beiderseits darüber hinaus. Auf dem Hauptrahmen ruht der Dieselmotor und der Hauptgenerator. Der Kasten ist über jedem Radsatz mittels beiderseits jedes Rades angeordneten zwei Paar Blattfedern abgefedert. Der Dieselmotor weist eine etwas ungewöhnliche Form auf. Er besteht aus zwei hintereinander gestellten Gruppen von je 2 × 3 Zylindern und hat zwei Kurbelwellen, die mittels Schraubenrädern den Generator antreiben. Die Zylinder haben 248 mm Bohrung und 343 mm Hub. Nebeneinander befindliche Zylinder haben einen gemeinsamen Verbrennungsraum und stehen schräg zueinander, so daß für die beiden Kurbelwellen genügend Raum geschaffen ist. Der Dieselmotor arbeitet im Zweitakt und leistet 1000 PS bei 450 U/min. Das Kühlwasser wird durch zwei Honigwabenkühler an den beiden Stirnseiten geführt. An der Generatorseite wird das Flügelrad von der Hauptwelle mit 1200 U/min angetrieben, auf der anderen ist ein eigener Hilfsmotor vorgesehen. Der Wasserbehälter ist auf dem Dach, der Brennstoffbehälter unter dem Rahmen angebracht und faßt 343 l.

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 44, 239, 797, 915.

Digitized by Google

Die elektrische Ausrüstung wurde von Westinghouse geliefert und besteht aus dem Hauptgenerator für 750 kW Gleichstrom 750 V mit Eigenkühlung, den vier Antriebsmotoren von 200 PS Stundenleistung und den Steuer- und Hilfseinrichtungen. Die Motoren sind an den beiden Außenachsen jedes Drehgestelles in Tramanordnung aufgehängt und haben die großen Zahnräder einen federnden Zahnkranz. Die Steuerung erfolgt elektropneumatisch. Der Anwurf des Dieselmotors erfolgt mit Druckluft von 8·5 kg/cm². Die Regelung wird mittels Handhebels vom Führerstand aus besorgt. Die Geschwindigkeitsregelung geschieht durch Einstellung der Erregung des Hauptgenerators mittels Schützen. Die Verbindung der Motoren mit dem Generator führt über vier elektropneumatische Schütze. Die Motoren sind bei Fahrt parallel geschaltet und kann die Geschwindigkeit durch Feldschwächung gesteigert werden. Für den Verschub können sie auch in Reihe geschaltet werden. Die beiden Fahrtwender sind elektropneumatisch betätigt. Sie haben für jede Fahrtrichtung zwei Stellungen für volles und geschwächtes Feld. Die Druckluftanlage besteht aus drei Elektromotoren für 600 V, von denen einer mit einem Vierzylinder-Petroleummotor gekuppelt ist. Für den Licht- und Steuerstromkreis ist ein 2 kW, 32 V Umformer vorgesehen, der auch die Batterie von 120 Ah Kapazität auflädt, aus der während des Stillstandes des Dieselmotors Strom entnommen wird.

Wl.

(Engineering, Bd. 122, Nr. 3159, 1926.)

Einmann-Turmwagen der Public Service Electric and Gas Company in Jersey City. Ein solcher Wagen ist versuchsweise in Verwendung genommen worden. Außer dem gewöhnlichen Führersitz ist noch ein Hilfssitz ungefähr in der Höhe der Arbeitsplattform vorgesehen. Um kurze Strecken zu fahren braucht der Monteur daher nur den leicht erreichbaren Hilfsplatz einzunehmen und nicht ganz herunter zu steigen. Hierdurch wird es möglich, je Wagen nur einen Mann zu verwenden, der Monteur und Chauffeur gleichzeitig ist.

f. f.

(El. World, Bd. 88, H. 13, 1926.)

Elektrische Apparate.

Einige Untersuchungen mit dem Kathoden-Oszillographen zur Aufklärung von Überspannungserscheinungen. Von D. Gabor, Berlin. Das Eindringen in die Erscheinungen beim Auftreten von Wanderwellen ist wegen der außerordentlichen Geschwindigkeit, mit der sich die Vorgänge abspielen (Millionstel Sekunden), sehr schwierig. Eine trägheitslose Anzeigevorrichtung ist in der Braunsschen Röhre durch den Kathodenstrahl gegeben. Die Registrierung der Vorgänge ist durch Dufour[1]) und unabhängig von ihm durch den Verfasser ermöglicht worden. Die Strahlen werden auf einer lichtempfindlichen Platte festgehalten. Ein Kipprelais ermöglicht es, daß das Gerät erst beim Auftreffen der Wanderwelle in Tätigkeit gesetzt wird, was dadurch erreicht wird, daß die auftreffende Welle das Relais in eine andere elektrische Gleichgewichtslage kippt und so den Kathodenstrahl in Bewegung setzt. Ein solches Gerät steht für die Untersuchungen der Studiengesellschaft für Höchstspannungen in der Schaltstation Friedrichsfelde bei Berlin zur Verfügung. Mit dieser Anordnung wurden schon vor der Einrichtung des Kipprelais die Verhältnisse bei Schutzdrosselspulen vor Transformatoren, welche Anordnung nach den statistischen Aufzeichnungen besonders gefährdet erscheint, untersucht. Man fand, daß die Drosselspule wohl eine Welle von der doppelten Spannungshöhe zurückwirft, daß aber bei unüberbrückten Drosselspulen hinter derselben eine hochfrequente Schwingung auftritt (im untersuchten Fall 340 000 Schwingungen/sec), die um das Zweifache der Betriebsspannung herumpendelt, rechnerisch den vierfachen, tatsächlich rund den dreifachen Betrag der Betriebsspannung erreicht. Die Erklärung ist die, daß für die ankommende Welle der Transformator eine an der Klemme zusammengefaßte Kapazität darstellt, wegen der hohen Selbstinduktion der Windungen fließt durch den Transformator kein Leistungsstrom, sondern nur ein Verschiebungsstrom. Die Kapazität des Transformators bildet zusammen mit der Induktivität der Drossel einen Thomsonschen Schwingungskreis. Dieses System birgt die Möglichkeit der Resonanz und alle ihre Gefahren in sich. Eine Überbrückung vermag die Wellen so zu dämpfen, daß sie nicht über den zweifachen Spannungswert hinausgehen und die Steilheit der Wellenstirn sich bedeutend verflacht, im untersuchten Fall von wenigen Metern auf 150 m. Ähnlich empfiehlt es sich, Stromwandler, die größere Reaktanz besitzen, zu überbrücken. Eine weitere Untersuchung zeigte das Vorhandensein von Nullpunktsschwingungen an dem Sternpunkt von Transformatoren. Die Schwingungszahl bei dem der Untersuchung zur Verfügung gestandenen Einphasentransformator lag bei 10 000, die Spannung betrug das Vier- bis Sechsfache der Wellenspannung. Die Zuschaltung einer Erdschlußspule ergab keine nennenswerte Beeinflussung dieser Werte. Eine Übertragung dieser Ergebnisse auf andere Transformatoren ist natürlich nur mit großer Vorsicht vorzunehmen. Schließlich wurde auch die Übertragung von Spannungsstößen von der Niederspannungsseite von Transformatoren auf die Oberspannungsseite, und zwar im Übersetzungsverhältnis der Transformatoren festgestellt. Ein großangelegtes Programm soll in all diese Erscheinungen Klarheit bringen.

V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 413, 1926.)

[1]) E. u. M. 1923, Seite 302.

Baustoffe.

Über die Ursachen der kaustischen Sprödigkeit von Kesselblech. Von Sheppard T. Powell. Die charakteristischen Zeichen der kaustischen Sprödigkeit sind: 1. Die Risse treten nur unter der Wasserlinie bei allen im Kesselbau verwendeten Blechen auf. 2. Sie verlaufen unregelmäßig, ändern plötzlich ihre Richtung und hängen nicht untereinander zusammen. 4. Sie treten gewöhnlich an mechanisch stark beanspruchten Teilen der Nietverbindungen auf, und zwar sowohl in den Blechen als auch in Laschen und Nieten. 5. Bei Hammerschlägen zeigt sich eine auffallende Sprödigkeit. 6. Im Material ist schwarzes Eisenoxyd oder -Sulfit vorhanden. 7. Die Zähigkeit kann durch Erwärmen des Metalls oder längeres Außerbetriebsetzen des Kessels bis zu einem gewissen Grad wieder hergestellt werden. Die Ursache dieser Sprödigkeit suchen die Vertreter der zwei wichtigsten diesbezüglichen Theorien einerseits in der Absorption von naszierendem Wasserstoff bei hohen Temperaturen, andererseits in der unrichtigen Behandlung der Bleche und in Korrosionen. S. W. Parr[1]) als Verfechter der ersten Anschauung behauptet auf Grund der Beobachtungen, daß Risse nur unter der Wasserlinie und an undichten Stellen mit starker alkalischer Anreicherung, bei hohem Na OH-Gehalt des Wassers auftreten: Bei den hohen Wassertemperaturen tritt ein chemischer Vorgang nach der Gleichung $3\,Fe + 4\,OH = F_3\,O_4 + 4\,H$ ein; der naszierende Wasserstoff dringt in das Eisen und verändert dessen physikalische Eigenschaften. Der H-Effekt ist nur vorübergehend, nach einiger Zeit nimmt das Eisen seine alten Eigenschaften wieder an. Vom Natriumkarbonat selbst wird das Blech nicht angegriffen. Das Natriumkarbonat kann sich aber im Kessel zu Na OH und CO_2 zersetzen, wobei dann wieder der schon erwähnte Vorgang eintritt. Gewisse Salze üben auf diesen Vorgang eine verzögernde oder abschwächende Wirkung aus. Dr. Bauer[2]) in Dahlem hat durch Versuche nachgewiesen, daß die kaustische Sprödigkeit bei noch so hohen Drücken nicht eintritt, falls die Temperatur niedrig ist, dagegen schon kleine Wasserstoffmengen bei hohen Temperaturen das Material spröde machen. Parr kommt zu dem Schluß, daß zur kaustischen Sprödigkeit zwei Umstände zusammentreffen müssen: 1. Beanspruchung des Materials über die Elastizitätsgrenze; 2. Konzentration von Na OH über 350 g/l. R. S. Williams und V. O. Homerberg[3]), die Vertreter

[1]) Bull. 94, University of Ill., 1917.

[2]) Vereinigung der Großkessel-Besitzer, Darmstadt 1925.

[3]) Chem. a. Met. Eng. 30, 1924.

Digitized by Google

der gegensätzlichen Theorie behaupten: Während der Kristallisation des Eisens werden die anderen Stoffe bis zu einem gewissen Grad an die Korngrenzen getrieben. Die Hauptfaktoren der kaustischen Sprödigkeit sind Oxyde und Sulfide; erstere werden durch den Einfluß des kathodischen Wasserstoffes reduziert, letztere in der heißen Sodalösung umgewandelt. Die Umwandlung der Sulfide verursacht eine Änderung der Oberfläche, welche eine fortschreitende Korrosion einleitet, die dann durch mechanische Beanspruchung beschleunigt wird. In den gedehnten Teilen, welche Oxyde enthalten, wächst das Volumen infolge der Einwirkung des Wasserstoffes und es treten Risse auf. Nach dieser Auffassung kommen für die kaustische Sprödigkeit drei Ursachen in Betracht: 1. Vorübergehende Sprödigkeit durch Wasserstoffaufnahme; 2. Reduktion der Oxyde; 3. mechanische und Beanspruchung und Vergrößerung der Kernzwischenräume. Stip.

(Power, Bd. 64, Nr. 10, 1926.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Starke Magnetfelder, wie sie für manche physikalische Untersuchungen benötigt werden, erzeugt man gewöhnlich mit Elektromagneten mit weichem Eisenkern. Über etwa 80 000 Gauß (auf sehr kleinem Raum!) haben Eisenkerne wegen der eingetretenen Sättigung keinen Zweck mehr, man arbeitet mit dem bloßen Solenoid. Die hierbei notwendigen hohen Stromstärken erfordern besondere Vorrichtungen zur Kühlung. Weiter kommt man, wenn man, wo es angeht, die Dauer des Stromdurchganges auf eine sehr kurze Zeit beschränkt. Eine derartige Einrichtung hat P. L. Kapitza in Cambridge gebaut und zunächst zur Ablenkung von α-Strahlen, die gleichzeitig in der Wilsonschen Nebelkammer sichtbar gemacht wurden, benützt. In diesem Raum war die Feldstärke 45 000 Gauß homogen, wie es mit Eisenspulen nicht zu erreichen ist. Die Spule ist aus Kupferband gewickelt, den Strom liefert eine besonders konstruierte Akkumulatorenbatterie, bei der eine Bleiplatte jeweils auf einer Seite positive, auf der anderen negative Platte ist, um den inneren Widerstand zu verringern. Es wird nur ein kurzer Stromstoß von 6000 bis 7000 A durch die Spule geschickt[1]); wie die oszillographische Aufnahme ergab, ist die Stromstärke und somit die magnetische Feldstärke während etwa 0·03 sec konstant, in dieser Zeit muß — durch automatische Auslösung — die photographische Aufnahme der Nebelbahnen gemacht werden. Durch Ausmessung der Krümmung kann für jeden Punkt der Bahn die Geschwindigkeit des α-Teilchens ermittelt werden; gewisse Abweichungen gegen Ende der Bahn lassen sich gut als Bestätigung der Rutherfordschen Umladungstheorie deuten. Eine ganz andere Anwendung dieses starken magnetischen Feldes wurde von Kapitza und Skinner gemacht zur Beobachtung des Zeemaneffektes (Aufspaltung der Spektrallinien im Magnetfeld). Die Lichtquelle war ein Induktionsfunke von außerordentlicher Intensität: durch Transformator und Gleichrichter wird eine Leydnerflaschenbatterie von etwa 0·1 μF auf 30 000 V geladen, sie entlädt sich im geeigneten Moment (gleichzeitig mit dem Stromstoß der Akkumulatorenbatterie durch die Magnetspule) durch die Primärwindung einer Induktionsspule; die Sekundärwindung entlädt sich über die Funkenstrecke, die aus dem zu untersuchenden Material besteht, zum Beispiel Cu, Al, Zn, Mg. Die Funkenstrecke, durch die bei 1000 bis 2000 V etwa 1000 A gehen, ist im Innern des Solenoids angebracht. Mit dem Spektrographen wird nun entweder in der Achse des Solenoids (longitudinaler Zeemaneffekt, Dublett, symmetrisch zur normalen Linie) beobachtet, bezw. photographiert, oder senkrecht dazu durch ein Loch in der Spule (transversaler Effekt, Triplett). Der absolute Betrag der Aufspaltung ist wegen des verwendeten Spektrographen nicht besonders hoch, dafür konnte der Verlauf der Erscheinung bis zu Feldstärken von 130 000 beobachtet werden mit interessanten hier aber zu weit führenden Resultaten. Eine weitere Erhöhung der Feldstärke bis 250 000 Gauß unter Kühlung der Spule mit flüssiger Luft gelang, jedoch wurden beim Stromdurchgang große Mengen adsorbierter Gase frei, die den Funken ausbliesen. Die größte Feldstärke, die mit der Apparatur auf kleinem Raum erzeugt werden konnte, war 500 000 Gauß. St.

(Die Naturwissensch., 14. Jahrg., Heft 8, 1926.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1925, Seite 430.

Literaturberichte.

1844 **Einführung in die Hochspannungstechnik.** Von Prof. Dr. Ing. K. Fischer in Köln a. Rh. II. Schalt- und Sicherheitsapparate in Hochspannungsanlagen. Mit 61 Abb., 95 Seiten. Sammlung Göschen, Bd. 940. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1926. Preis geb. Mk. 1·50.

In gedrängtester Fassung gibt das Büchlein das Notwendigste wieder. Auf diesem großen Gebiet, wo außer über Theorie und Konstruktion noch so viel über räumliche Anordnung zu sagen wäre, versagt der enge Rahmen. Nur Ausschnitte können gegeben werden. Es werden behandelt: Allgemeine Theorie der Schaltvorgänge, Schaltapparate, Überstromschutz, Überspannungsschutz und Schaltanlagen. Am meisten haben unter dem eingangs erwähnten Nachteil wohl die beiden letzten Abschnitte gelitten. Durch die erzwungene Kürze entstehen bisweilen Unklarheiten, die besonders für den Anfänger, für den doch das Büchlein bestimmt ist, bedenklich erscheinen müssen, so zum Beispiel bei der Beschreibung des Löschtransformators und seiner Schaltung; manches Wichtige kann nicht gebracht werden, die Auswahl des zu bietenden wird in diesem Falle zum unlösbaren Problem; es gibt eben eine Grenze, über die hinaus die Kürze nicht getrieben werden kann, so vorzüglich sie sich auch sonst oft in der gleichen Sammlung bewährt hat. Dr. Grann.

3475 **Taschenbuch für Ingenieure und Architekten.** Herausgegeben von Dr. Bleich und Prof. Dr. h. c. J. Melan. Mit 634 Abb. im Text und auf einer Tafel. Verlag von Julius Springer, Wien 1926. Preis geb. S. 38·—.

Das 688 Textseiten umfassende Buch tritt an die Stelle des zuletzt 1924 erschienenen österreichischen Ingenieur- und Architektenkalenders, doch ist der Inhalt wesentlich erweitert und vollständig neu gestaltet; Tabellenmaterial, Formeln, Regeln, Bauvorschriften sind übersichtlich angeordnet. Das Buch, in erster Linie für die Baufachkreise Österreichs und der Nachfolgestaaten bestimmt, berücksichtigt zum Teil auch die reichsdeutschen und schweizerischen Bauvorschriften, wo sie von unseren abweichen, in ausreichender Weise. Ungefähr ein Drittel des Buches entfällt auf die grundlegenden Wissenschaften: Mathematik, Mechanik, Festigkeitslehre und Baustatik. Der den eigentlichen Bauingenieurwissenschaften gewidmete Hauptteil gliedert sich in die Abschnitte: Vermessungskunde, Baustoffe, Eisenbetonbau, Erd- und Felsarbeiten, Gründungen, Hochbau, Brückenbau, Wasserbau, Straßen- und Wegebau, Eisenbahnbau. Dieser praktische Teil des Buches wurde noch durch einen kurzen Abschnitt „Maschinenbau", sowie einen Abschnitt „Elektrotechnik" ergänzt. In dem Kapitel VII über künstliche Beleuchtung ist ein Versehen unterlaufen, indem auf Seite 447 die Helligkeit einer beleuchteten Fläche als gleichbedeutend mit der Beleuchtungsstärke daselbst angegeben wird.

Das Buch ist sehr geeignet, den Studierenden der bautechnischen Fächer an technischen Hochschulen und höheren technischen Mittelschulen als Lehrbehelf und Nachschlagewerk zu dienen.

Prof. Ing. Arthur Langhein.

3471 **Pompe Centrifughe.** Von Prof. Ing. M. Medici. Neapel. 585 Seiten, 16 × 10 cm, mit 295 Textabb. Mailand 1927, Verlag U. Hoepli. Preis geb. L 35·—.

Das Werk umfaßt Theorie, Berechnung, Konstruktion und Anwendung der Kreiselpumpen, insbe-

Digitized by Google

sondere auch der neueren axialen Schnelläufertypen. Der Aufbau des Buches ähnelt jenem unserer deutschen Spezialwerke über Kreiselpumpen. Das Werk kann insbesondere als eine gute Einführung in die italienischen Fachausdrücke des Kreiselpumpenbaues bestens empfohlen werden. Dr. Baudisch.

3452 **Eindrücke aus der Eisenindustrie der Vereinigten Staaten von Nordamerika.** Von Heinrich Koppenberg. 109 Seiten mit 100 Abb. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1926. Preis geb. Mk. 6·—.

Seit dem Kriegsende hat bekanntlich eine große Zahl deutscher industriell und wissenschaftlich tätiger Ingenieure Studienreisen nach den Vereinigten Staaten unternommen und als Ergebnis für die breitere Öffentlichkeit sind die besonders in den Fachzeitschriften wiedergegebenen Reiseberichte entstanden. Auch die vorliegende Schrift ist ein solcher Reisebericht, der durch gute Abbildungen und Zusammenstellungen unterstützt, sehr anschaulich die derzeitigen technischen und wirtschaftlichen Verhältnisse in der amerikanischen Eisenindustrie schildert. Auch aus diesem Berichte gewinnt man wieder den Eindruck, daß der Vorsprung der amerikanischen Industrie nicht in den besseren oder zweckmäßigeren technischen Einrichtungen liegt (so zum Beispiel wurde die Fließarbeit in Mitteleuropa verhältnismäßig rasch und schon an sehr vielen Stellen eingeführt), sondern durch die wirtschaftlichen Verhältnisse in Amerika, durch den Arbeitsgeist und Arbeitswillen in der Industrie und andere damit zusammenhängende Faktoren bestimmt ist. Die sehr gut geschriebene Schrift, die auch viele Angaben über elektrische Antriebe, Antriebsmaschinen und Kraftwerke enthält, verdient, weil sie eben auf die obenerwähnten Zusammenhänge eingeht und nicht gerade für den Eisen-Sonderfachmann bestimmt ist, die Beachtung aller Kreise der Technik. J.

Eingegangene Bücher.

2639 Bericht über die Industrie, den Handel und die Verkehrsverhältnisse in Wien und Niederösterreich während des Jahres 1925. 559 Seiten. Wien 1926. Verlag der Kammer für Handel, Gewerbe und Industrie in Wien.

Wie im Vorjahr bringt der Bericht der Wiener Handelskammer, nebst einem allgemeinen Überblick über die wirtschaftliche Lage, die Staats- und Finanzwirtschaft in Österreich bis Mitte August 1926, einzelne Berichte über die österreichische Wirtschaft, darunter auch den in der Zeitschrift bereits enthaltenen Bericht von Kommerzialrat E. Honigmann über die Elektrotechnik[1]), sowie einen weiteren Bericht des Verbandes der österreichischen Elektrizitätsindustrie und auch sehr interessante Mitteilungen über die Metallwerke und die Maschinenindustrie; überall sind die Verhältnisse in ganz Österreich und nicht nur in dem Wirkungsbereiche der Kammer berücksichtigt.

170 Der elektrische Unfall. Skizziert für Ingenieur und Arzt. Von Prof. Dr. med. St. Jellinek. 170 Seiten mit 49 Abb. Zweite, vermehrte Auflage. Verlag Franz Deuticke. Leipzig und Wien 1927. Preis S 8·10, geb. S 10·80.

Zu dem Inhalt der ersten Auflage[2]) ist das Kapitel „Seltenere Gefährdungsmöglichkeiten" (Röntgenunfall, Radiounfall, Brände und Explosionen der Elektrizität, atmosphärische Einflüsse) hinzugekommen, auch sind die Abschnitte über Erdungsfragen und Rettungswesen vermehrt worden, Schließlich ist die Zahl der Abbildungen auf das Doppelte gestiegen. Daß schon die erste Auflage ihren Zweck voll erfüllt hat, ist dadurch bewiesen, daß sie bereits nach einem Jahre vergriffen war und dadurch, daß man in letzter Zeit vielfach auf Grund der bisherigen Veröffentlichungen des Verfassers dem elektrischen Unfall, auch vorbeugend, erhöhte Beachtung schenkt. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926 TWN, S. 192.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 540.

Säurefeste Legierungen. Fachheft der Zeitschrift für Metallkunde. VDI-Verlag G. m. b. H., 1926. Preis Mk. 1·—.

Das Heft gibt die Vorträge auf der Fachsitzung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde im Juni 1926 in Hamburg wieder, und zwar: Das Problem der säurefesten metallischen Werkstoffe von Prof. W. Guertler, chemisch beständige Legierungen und ihre Eigenschaften von Schulz und Jenge, säurefeste Legierungen mit Nickel als Basis von Rohn, sowie einen Aufsatz über amerikanische Erfahrungen mit säure- und alkalifesten Legierungen von Grotewold; es liegt hier also eine zusammenfassende Veröffentlichung über dieses Gebiet vor.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Verkaufsgesellschaft m. b. H. für isolierte Leitungen. Von der Erkenntnis ausgehend, daß die äußerst schwierigen gegenwärtigen Produktionsverhältnisse eine möglichste Verbilligung der Spesen erfordern, haben die bisher im Verband der Elektrizitäts-Industrie Österreichs (Fachgruppe der Kabel- und Leitungsmaterialfabriken) zusammengeschlossenen Fabriken für isoliertes Leitungsmaterial ab 1. Februar d. J. den Verkauf ihrer Erzeugnisse einer neu gegründeten Zentral-Verkehrsstelle der „Verkaufsgesellschaft m. b. H. für isolierte Leitungen", Wien I, Wipplingerstraße 31, übertragen. Eine Verbilligung auch der Erzeugungskosten soll durch möglichste Vereinfachung des Fabrikations-Programmes der Fabriken, und zwar durch eine möglichst weitgehende Vereinheitlichung und Spezialisierung der zum Vertrieb bestimmten Typen nach und nach Platz greifen. Des Weiteren soll die Erzeugung an jenen Betriebsstätten erfolgen, die entweder für die billigste Herstellung am besten in Betracht kommen oder frachtlich dem Bestimmungsorte am günstigsten liegen. Da auch die zum Betrieb erforderliche akquisitorische Tätigkeit sowie die Verrechnung mit den Abnehmern, also die gesamte Verkaufstätigkeit an einer einzigen Stelle vereinigt wird, muß sich unbedingt auch eine Verbilligung der Verkaufsspesen ergeben, was sich in einer Verbilligung des Materials auswirken muß, wobei noch zu beachten ist, daß der Markt tunlichst von minderen Qualitäten verschont bleiben wird.

Bemerkenswert ist, daß die Einführung von Kennfäden nach deutschem Muster beabsichtigt ist. Die Kennfäden sollen dem Verbraucher die Sicherheit dafür geben, daß die Leitungen genau den „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen (Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen)" entsprechen.

Die elektrische Ausfuhr Großbritanniens nach den Dominions. Nach einem Bericht in „The Electrical Review" vom 21. Jänner 1927 ist die Wirtschaftslage der Dominions trotz nicht zufriedenstellender Ernten, Sinken der Wollpreise und ähnlichem andauernd günstig, was sich in Neuseeland in gesteigerter Bautätigkeit, in Indien im Eisenbetonbau geltend macht. Die monatliche Ausfuhr an elektrotechnischen Erzeugnissen aus England erreichte in der Zeit von Oktober 1925 bis September 1926 (bei Indien von November 1925 bis Oktober 1926, bei Südafrika September 1925 bis August 1926) durchschnittlich folgende Werte: nach Australien 125 000 Pf. Kabel und umsponnene Drähte, 450 000 Pf. elektrische Maschinen und Apparate, nach Neuseeland je 25 000 Pf. Elektrizitäts- (und Gas-) Messer und Telephone samt Zubehör, 175 000 Pf. elektrische Maschinen und Apparate, nach Indien 1·3 Mill. Rupien elektrische Apparate (rund 2 Mill. Gesamteinfuhr nach Indien, davon etwa 300 000 aus den V. St. A., 200 000 aus Deutschland) und 1·6 Mill. Rupien Maschinen (rund 2 Mill. Gesamteinfuhr, etwa 200 000 aus den V. St. A., 100 000 aus Deutschland, Höchstwert im Jänner 1926 3·34 Mill. Gesamteinfuhr, davon 3 Mill.

Digitized by Google

aus England), nach Südafrika 100 000 Pf. Maschinen, 60 000 Pf. Elektromaterial, 25 000 Pf. Lampen und Beleuchtungskörper und 15 000 Pf. Telegraphen- und Telephonmaterial.

Dänemarks Einfuhr und Ausfuhr an elektrotechnischen Erzeugnissen. Das Land führt nach einem Berichte in „The Electrical Review" vom 7. Jänner 1927 im ganzen mehr ein als aus, doch ist auf einzelnen Gebieten, zum Beispiel Batterien und Elementen, auch die Ausfuhr nicht unbedeutend. Die wichtigsten Ziffern für 1925 in 1000 dänischen Kronen und die wichtigsten Ein- bezw. Ausfuhrländer sind nachstehend angeführt: 1. Einfuhr: Kabel 1506 (Deutschland, Holland, Schweiz), isolierter Draht 1904 (Deutschland, Holland, Schweden, V. St. A.), Akkumulatoren und Platten 1135 (V. St. A., Deutschland, England), Installationsmaterial 1518 (Deutschland, V. St. A.), Licht-, Zündmaschinen und dergleichen 595 (Deutschland, V. St. A.), Batterien und Elemente 870 (Deutschland, V. St. A.), Radioapparate 3300 (Deutschland, England, Holland), nicht besonders genannte elektrische Maschinen und Apparate 497 (Deutschland, V. St. A.), Stromerzeuger, Motoren, Transformatoren und Einzelteile 2669 (Deutschland, England, Schweden, V. St. A.), Meßgeräte 539 (Deutschland). 2. Ausfuhr: Kabel 1051 (Südafrika, Polen, Norwegen, Schweden), isolierter Draht 297 (Holland, Belgien), Motoren und Dynamos 2737 (Schweden, England, Norwegen, Frankreich, Italien, Argentinien, China, Kleinasien, Syrien, Spanien), Installationsmaterial 900 (Schweden, Belgien, England, China, Norwegen), Batterien und Elemente 6389 (England, Norwegen, Schweden, Finnland, Holland, Belgien, Spanien, Argentinien, Südafrika, Australien), verschiedene Maschinen und Apparate 643 (England, Schweden, Holland, China, Japan, Finnland, Rußland), Apparate für drahtlose Telegraphie und dergleichen 510 (Schweden, Grönland, Island) und Elektroporzellan 433 (Spanien, Belgien, Rußland, England, Schweiz).

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I, Eschenbachgasse 9, statt.

Mittwoch, den 23. Februar d. J., um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dipl. Ing. E. König (Frankfurt am Main) über: **„Schaltanlagen und ihre Elemente".** (Mit Lichtbildern und Vorführung eines Films.)

Inhaltsangabe: Bedingungen für eine betriebssichere Schaltanlage; wichtigste Typen im Schaltanlagenbau; Kritik unrichtig ausgeführter Schaltanlagen; Vereinfachung und Verbilligung des Betriebes für Schaltanlagen; Überspannungs-Ableiter-Typen; Vorführung eines Films über die Wirkungsweise eines Ableiters.

Donnerstag, den 3. März d. J., um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Oberbaurat Dr. rer. pol. und Ing. Rudolf Czeija über: **„Neuere Erkenntnisse in der Elektrizitätswirtschaft und ihre Verwertung für Österreich".**

Inhaltsangabe: 1. Ziele und Mittel der Elektrizitätswirtschaft. 2. Rückblick auf den Werdegang unserer Starkstromversorgung. 3. Technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte für die Organisation der Elektrizitätserzeugung und -Verteilung. 4. Beziehungen der Stromkosten zur Zentralengröße und Betriebskraft. 5. Gegenüberstellung von hydraulischen und kalorischen Anlagen. 6. Bedeutung der Verbundwirtschaft. 7. Schlußfolgerungen: *a*) Anregung zur Schaffung einer umfassenden Elektrizitätsstatistik und *b*) eines Elektrizitätswirtschaftsrates behufs Aufstellung und Durchführung eines einheitlichen Versorgungsplanes.

Mittwoch, den 9. März d. J., um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ing. Emil Fischer über: **„Fernsprecheinrichtungen und Schutz bei Hochspannung".** (Mit Lichtbildern.)

Außeninstitut der Technischen Hochschule Wien.

Freitag, den 25. Februar 1927, um 18 Uhr abends, im Hörsaale III des Elektrotechnischen Institutes, Wien, IV., Gußhausstraße 25, Vortrag des Herrn Dr. Walter Moede, o. Professor an der Technischen Hochschule Charlottenburg: **„Betriebslehre auf psychotechnischer Grundlage".**

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	7. II. 1927.	9. II. 1927	11. II. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	123¼	122	124¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	55—55	55½-56⅛	56—57
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	125—130	125—130	125—130

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 11. Februar 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	0	0	61	10	0
Wire bars	61	10	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	54	7	6	54	10	0
Standard { 3 Monate .	54	17	6	55	0	0
Zinn:						
Engl. ingots	307	10	0	308	0	0
Standard { Kassa . .	308	15	0	309	5	0
Standard { 3 Monate .	294	15	0	295	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	28	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	30	0	0	30	3	9
Remelted	29	15	0	—	—	—
English Swansea . .	30	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 22 p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial und Metall-Halbfabrikate.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, gültig ab 9. Februar 1927.
Grundpreise in S pro 100 kg.

Harte und halbharte Kupferdrähte	295·—
Weiche Kupferdrähte	304·—

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 27. Februar 1927 | Heft 9

INHALT: *Erfolge des Kurzschlußmotors. Von Dr. E. Rosenberg, Weiz. S. 161. / Elektrifizierung und Agrarwirtschaft. Von Direktor Dr. Ing. A. Weiner, Brünn. (Schluß.) S. 164. RUNDSCHAU: Wasserkräfte und Wasserbauten. S. 172. Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 173. / Elektrische Meßkunde. S. 174. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 175. PATENTBERICHT. S. 176. LITERATURBERICHTE. S. 177. CHRONIK. S. 178. WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 179. VEREINSNACHRICHTEN. S. 180.*

Erfolge des Kurzschlußmotors.

Von Dr. E. **Rosenberg**, Weiz.

Zusammenfassung: Elektrizitätswerke, die größere Drehstromkurzschlußmotoren zugelassen haben, haben damit gute Erfahrungen gemacht, und es ist eine weitere Hinausrückung der dem Kurzschlußmotor erlaubten Grenzen zu empfehlen. In Anlagen mit eigenem Transformator sind ganz große Kurzschlußmotoren zulässig, desgleichen bei Motorgeneratoren (Schweißaggregaten). Beispiel einer durchgreifenden Verbesserung des Leistungsfaktors einer Fabrik durch Aufstellung von Kurzschlußmotoren mit Sterndreieck-Schalter und ihre richtige Verwendung.

Die Propaganda für den Kurzschlußmotor hat den Erfolg gezeitigt, daß viele Elektrizitätswerke jetzt größere Kurzschlußmotoren zulassen als vor Jahren und dabei durchwegs gute Erfahrungen gemacht haben. Es ist mir kein Fall bekannt, daß ein Elektrizitätswerk eine auf Widerruf gegebene Erlaubnis, in gewissen Fällen Kurzschlußmotoren aufzu stellen, wieder zurückgenommen hätte. Dagegen haben sich in manchen Fällen Elektrizitätswerke beispielsweise gegen den Anschluß eines 8 PS Kurzschlußmotors gewehrt und dann zu ihrem Erstaunen erfahren, daß schon seit Monaten Kurzschlußmotoren von 15 PS in ihrem Netz im Betrieb waren, ohne daß sie es wußten und ohne daß irgend welche Störungen verursacht worden waren.

Es ist nicht ganz richtig, die Schuld daran, daß in Mitteleuropa größere Kurzschlußmotoren so lange verpönt waren, den Elektrizitätswerken allein zuzuschieben. Diese ließen ihre alten Vorschriften bestehen, solange kein ernstlicher Ansturm der fabrizierenden Elektrizitätsfirmen dagegen erfolgte. Vom Standpunkt der einheitlichen Fabrikation war es vielen ganz erwünscht, daß für größere Leistungen der Schleifringmotor der einzig normale Motor war, auch bildete der früher übliche weich gelötete Kurzschlußrotor eine wirkliche Gefahr. Wo diese beseitigt ist, hat der Fabrikant alle Ursache, durch Propagierung des billigen und guten Kurzschlußmotors ein vergrößertes Anwendungsgebiet für elektrische Kraftübertragung zu schaffen und das Elektrizitätswerk, das sich davon überzeugt hat, daß der Kurzschlußmotor bei richtiger Verwendung keine Störung hervorruft, hat allen Anlaß ihn zu fördern.

Bei größeren Motoren wird fast ausnahmslos der Sterndreieck-Schalter zum Anlassen verwendet, der den Strom beim Anlassen in Stern auf annähernd das doppelte des Vollaststromes beschränkt und ein Anlassen in wenigen Sekunden gestattet, wenn der Motor etwa halb belastet ist. Beim Überschalten von Stern auf Dreieck tritt wohl prinzipiell ein Stromstoß von etwa der sechsfachen Größe des normalen Stromes auf, doch dauert er, wenn der Motor in Stern auf volle Drehzahl gekommen ist, nur einige Hundertstel Sekunden, sodaß er auf gewöhnlichen Instrumenten oder in der Lichtstärke überhaupt nicht nachgewiesen werden kann. Der Stromstoß ist kleiner als der einer Glühlampengruppe für gleiche normale Stromstärke, denn gasgefüllte Metalldrahtlampen haben in kaltem Zustand etwa den 14. Teil des warmen Widerstandes, sodaß der theoretische Stromstoß bei solchen Lampen das 14fache des normalen beträgt. Kein Elektrizitätswerk denkt daran, für Metalldrahtlampen einen Anlasser zu verlangen.

Anlasser von Schleifringmotoren sind nach den VDE-Vorschriften so bemessen, daß der „Anlaßspitzenstrom" durchaus von der gleichen Größenordnung ist, wie der Anlaßstrom eines Kurzschlußmotors in Sternschaltung. Es ist daher durchaus begründet, daß ein Kurzschlußmotor mit Sterndreieck-schalter überall dort zugelassen wird, wo das Lastdrehmoment ein Anlaufen in Sternschaltung zuläßt und wo ein Schleifringmotor von der gleichen Leistung zugelassen würde. Wenn es in einem Niederspannungsnetz zulässig ist, einen 10 PS Schleifringmotor direkt an das Netz zu schließen, so ruft auch ein 10 PS Kurzschlußmotor, der in Sternschaltung anläuft, keine größere Störung hervor, unter der selbstverständlichen Voraussetzung, daß die Siche-

Digitized by Google

rungen oder selbsttätigen Schalter so bemessen sind, daß sie den doppelten Strom während weniger Sekunden vertragen.

Abb. 1[1]) zeigt die oszillographische Aufnahme von Spannung und Stromstärke bei einem Kurzschlußmotor, der unter der Bremse mit etwa $^3/_4$ Vollbelastung in Sternschaltung anläuft, und zum Vergleich Abb. 2 den Anlauf eines Schleifringmotors. Obwohl nur eine Dynamomaschine mit Riemen leer angetrieben, der Anlaßwiderstand völlig richtig bemessen und sorgfältig von einem zum anderen Ende bewegt wurde, sieht man doch, daß der momentane Einschaltstrom (der allerdings auch nur zirka $^1/_{100}$ Sekunde dauert) das 2·7fache des Normalstromes und die weiteren Spitzen das 1·5fache betragen. Bei ungeschicktem Anlassen oder bei schlechtem Kontakt an irgend einer Stelle werden die Anlaßspitzenströme weitaus größer.

Mehr als 90 vH aller in Industrie, Gewerbe, Land- und Hauswirtschaft verwendeten Motoren laufen gegen eine kleinere Last als das halbe Normal-Drehmoment an. Das Drehmoment eines Kurzschlußmotors mit normaler Schlüpfung bei direktem Einschalten an das Netz ist etwa dem 1·5fachen des Vollastdrehmomentes gleich, beim Anlassen in Stern etwa der Hälfte. Mehr als 90 vH aller gebrauchten Motoren wird daher in Sternschaltung „auf Touren" kommen und kann dann, praktisch stoßfrei, auf Dreieck umgeschaltet werden. Anlassen mit voller Spannung ist nötig bei vielen Textilmaschinen wegen des erforderlichen großen Anlaufmomentes und bei automatischen Pumpen, um eine Komplikation des Anlaßapparates zu vermeiden. Das Anlassen solcher kleiner Motoren bis zu 3 PS durch direkte Einschaltung ist in den meisten Anlagen eine wirtschaftliche Notwendigkeit. Bei Textilmaschinen ergibt sich der praktische Vorteil, daß sie meist in größerer Zahl vorhanden sind und ein absolut gleichzeitiges Anlassen nicht vorkommt, sodaß der Einschaltstromstoß eines Motors schon abgeklungen ist, ehe ein anderer Motor eingeschaltet wird. Selbst wenn nur 2 oder 3 Sekunden zwischen dem Anlassen zweier Motoren vergehen, so genügt dies.

Bisher wurde manchmal die Gesamtzahl der Kurzschlußmotoren in einer Anlage begrenzt. Dies wäre nur dann gerechtfertigt, wenn die Möglichkeit vorläge, daß sämtliche Motoren einer Anlage in der gleichen Sekunde ans Netz geschaltet würden, was wohl nur bei militärischer Drillung geschehen könnte. Nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit läßt sich das zufällige Vorkommen eines solchen Falles wohl ausschließen, doch würde selbst das gleichzeitige Anlassen der Hälfte aller Motoren in Sternschaltung keinen größeren als den normalen Strom verursachen.

Die bisherigen ziffernmäßigen Angaben sind gute Mittelwerte normaler Motoren. Durch besondere Bemessung von Schlupf und Kurzschlußstrom lassen sich auch erheblich größere Werte des Drehmomentes erreichen.

[1]) Die Abb. 1, 2, 4 und 5 sind auf der Beilage dargestellt.

Es ist möglich, einen Motor mit kleinem Anlaufstrom (Kurzschlußstom) zu bauen und die nötige Anzugskraft entweder durch größeren Schlupf oder durch eine Sonderkonstruktion des Rotors mit Doppelkäfig oder „Wirbelstromanker" zu erreichen. Im allgemeinen wird aber ein außergewöhnlich kleiner Kurzschlußstrom entweder durch kleineres Anzugsmoment, verringerten Wirkungsgrad oder Leistungsfaktor erkauft und deshalb sollen Elektrizitätswerke nicht unnötigerweise Beschränkungen in der Größe des Kurzschlußstromes auferlegen. Ein kleiner Pumpenmotor mit nur dreifachem Kurzschlußstrom braucht länger, um „auf Touren zu kommen", als ein Motor mit fünffachem Kurzschlußstrom, und eine Spannungsschwankung, die nur $^1/_2$ Sekunde dauert, ist meist weniger merkbar, als eine etwas geringere Spannungsschwankung, die 2 Sekunden dauert. Motoren mit geringem Kurzschlußstrom sind in der Regel auch empfindlicher gegen Spannungsabfall, der besonders in Netzausläufern sehr merkbar ist. Das Elektrizitätswerk wird gut daran tun, die Größe des Anlaufstromes von Kurzschlußmotoren nicht unnötigerweise zu beschränken.

In einer größeren Anlage, die aus einem besonderen Transformator gespeist wird, zum Beispiel einer Fabrik, können ohne Bedenken Kurzschlußmotoren mit ganz großen Leistungen zugelassen werden, zum Beispiel bei einem 200 kVA-Anschluß Kurzschlußmotoren bis zu 100 PS Einzelleistung, falls das gebrauchte Anlauf-Drehmoment weniger als die Hälfte des normalen Drehmomentes ist. Ist ein größeres Drehmoment erforderlich, sodaß Anlassen in Sternschaltung nicht um Ziele führt, dann wäre noch ein 40 PS Kurzschlußmotor bei einem 200 kVA Anschluß zulässig. In einer größeren Fabrik gibt es aber nur wenig Motoren, die nicht in Sternschaltung anlaufen würden. Die Transformatoren sind selbstverständlich so zu sichern, daß der kurzdauernde Anlaufstrom die Maximalschalter nicht zum Ansprechen bringt, was ja auch gar nicht nötig ist, denn jeder Transformator kann auch im normalen Betrieb die erforderlichen kurzzeitigen Stromstöße vertragen ohne Schaden zu leiden.

Für Motoren, die großes Drehmoment beim Anlaufen entwickeln müssen, sind verschiedene Fliehkraftriemenscheiben konstruiert worden. Ob die Fliehkraftriemenscheibe sich ein dauerndes Feld schaffen oder bald wieder vom technischen Schauplatz verschwinden wird, soll nicht näher untersucht werden, jedenfalls sollen die Elektrizitätswerke ihre Anwendung dort nicht fordern, wo es auch ohne Fliehkraftscheibe keine schädlichen Stromstöße gibt, denn zumindest verteuern und komplizieren Fliehkraftriemenscheiben die Anlage. Das Elektrizitätswerk soll niemals eine Fliehkraftriemenscheibe verlangen, wo ein Kurzschlußmotor in Stern- oder äquivalenter Schaltung mit dem doppelten Normalstrom leicht anläuft, denn dieser Strom kommt auch bei einem Schleifringmotor als Anlaßspitzenstrom und als Strom während kurzzeitigen Überlastungen vor. Für große Motoren,

Digitized by Google

Zum Aufsatz von Dr. E. Rosenberg ⟨Weiz⟩ »Erfolge des Kurzschlußmotors«

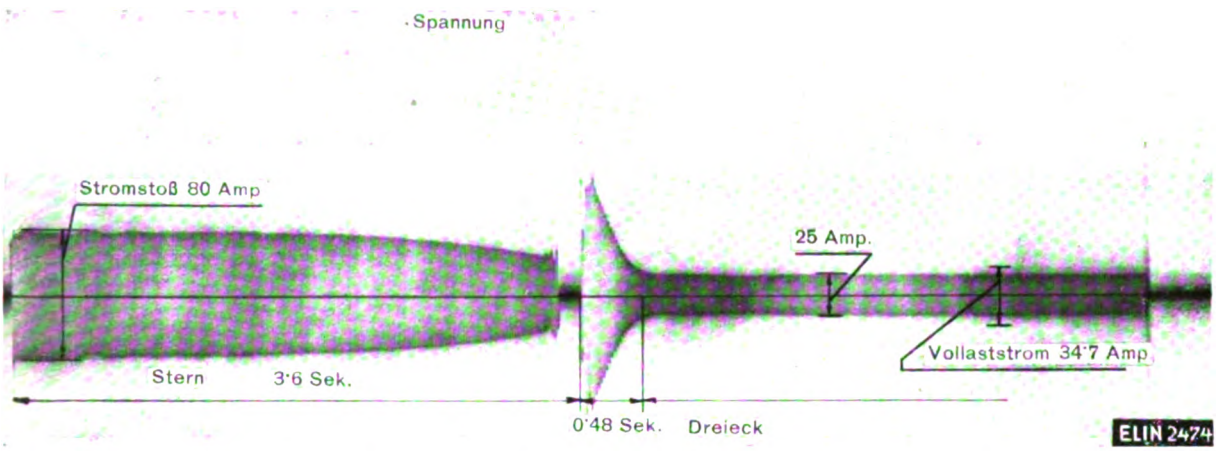


Abb. 1. Kurzschlußmotor 33 PS, 500 Volt, 34·7 Amp., 50 Per/s, Einschaltvorgang mit Stern-Dreieck-Schalter, belasteter Anlauf.
Zeitmaßstab: 1 cm = 0·483 sek.

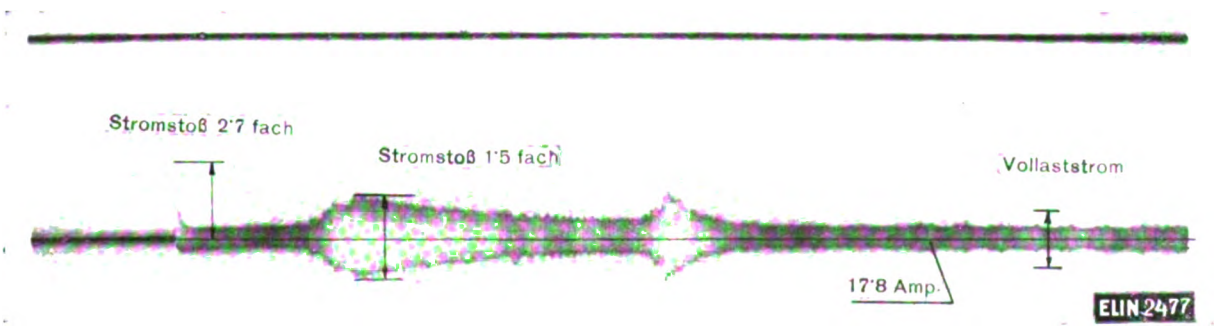


Abb. 2. Schleifringmotor 18 PS, 220 Volt, 44 Amp., 50 Per/s, unbelasteter Anlauf.
Zeitmaßstab: 1 cm = 0·66 sek.

Digitized by Google

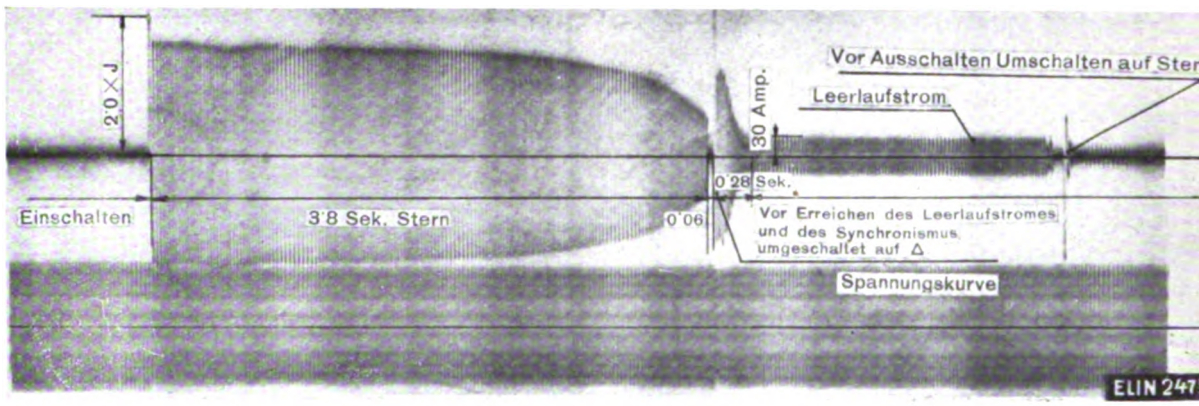


Abb. 4. Kurzschlußmotor 42 PS, 220 Volt, 102 Amp., 50 Per/s, gekuppelt mit zwei Schweißdynamos für je 300 Amp. Nennstrom. 0 – 60 Volt. Anlauf mit Stern-Dreieck-Schalter.
Zeitmaßstab: 1 cm = 0·52 sek.

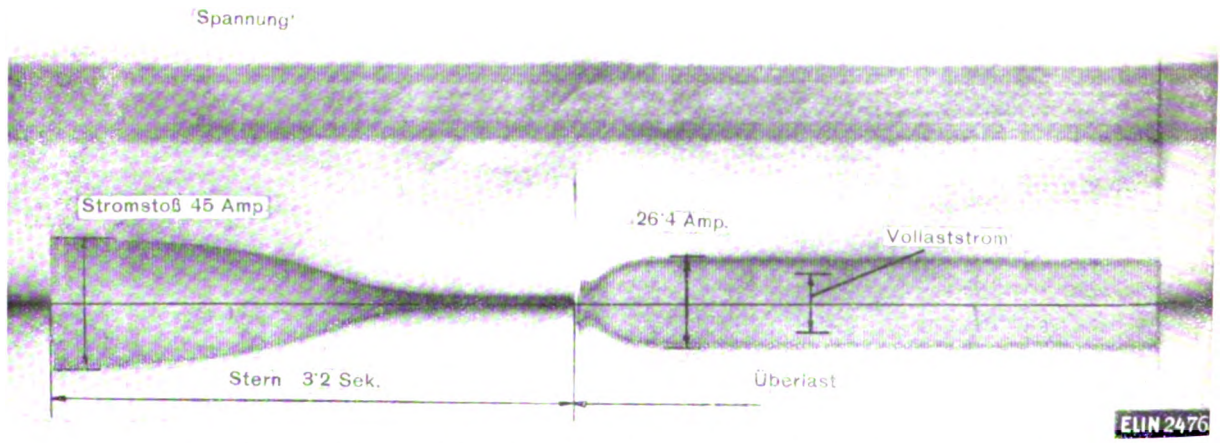


Abb. 5. Kurzschlußmotor 11 PS, 380 Volt, 16·5 Amp., Vollstrom, 50 Per/s, gekuppelt mit Schweißdynamo für 200 Amp. Nenn-Schweißstrom 0 – 60 Volt. Einschalten mit Stern-Dreieck-Schalter. Nach dem Umschalten auf Dreieck beginnt sofort das Schweißen mit Überlastung des Motors.
Zeitmaßstab: 1 cm = 0·464 sek.

Digitized by Google

die an das allgemeine Lichtnetz angeschlossen werden und großes Anzugsmoment entwickeln müssen, bleibt die Wahl zwischen einem Kurzschlußmotor mit Fliehkraftscheibe und einem Schleifringmotor mit Anlasser. Es liegt kein Grund vor, letzteren Motor zu den Toten zu legen.

Ein idealer Fall des Anlaufens ohne Belastungsdrehmoment sind Motorgeneratoren. Insbesondere zum Antrieb von Lichtbogenschweißmaschinen sind große Motoren als Kurzschlußmotoren ausgeführt und mit dem besten Erfolg in Betrieb genommen worden. Abb. 3 zeigt ein Lichtbogenschweißaggregat bestehend aus einem Kurzschlußmotor von 42 PS, 50 Per/s, 220 V, Drehzahl 1500, gekuppelt mit 2 Schweißdynamos für 300 A, bestimmt um Warmschweißungen oder Kupferschweißungen mit Stromstärken bis 600 A vorzunehmen, aber

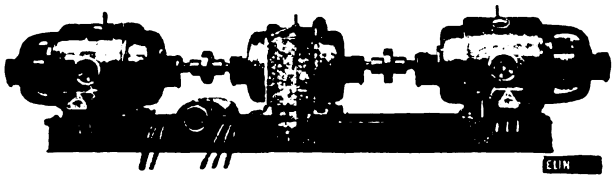


Abb. 3. Doppelschweiß-Aggregat. Kurzschlußmotor. 42 PS (in der Mitte), mit angebautem Stern-Dreieck-Schalter, gekuppelt mit 2 Schweißdynamos für je 300 A, 0 bis 60 V.

auch 2 getrennte Schweißplätze mit einem Strom bis zu je 300 A zu versehen. Das oszillographische Bild (Abb. 4) zeigt in der oberen Kurve den Verlauf des Stromes, in der unteren den Verlauf der Spannung, wobei mit Absicht das Umschalten von Stern auf Dreieck vorgenommen wurde, noch ehe die Maschine in Sternschaltung auf die volle Drehzahl gekommen und ihr Strom auf den Leerlaufstrom gesunken war. Trotzdem sind die sichtbaren Ströme (abgesehen von einer Spitze, die man mit der Lupe entdecken kann und die nur $^1/_{100}$ Sekunde dauert) weniger als der zweifache normale Strom und es ist die ganze Anlaßperiode in weniger als 4 Sekunden vorüber, eine Spannungssenkung während des Umschaltens ist nur während $^2/_{100}$ Sekunden zu merken.

Wie wenig bei solchen Motorgeneratoren der Einschaltstrom gegenüber dem normalen Betriebsstrom bedeutet, ist aus Abb. 5 zu ersehen, wo eine für Eisenelektroden bestimmte Schweißmaschine unmittelbar nach dem Umschalten in Dreieck bei Einstellung auf den größten Schweißstrom mit Kohlen-Elektroden benutzt wurde, sodaß der Motor jene normale Überlastung zeigt, wie sie im praktischen Betrieb vorkommen kann. Dabei ist zu erwähnen, daß die besondere hier angewandte Schweißmaschine keine Belastungsstöße bei Kurzschluß oder Leerlauf gibt. Die Abb. 5 zeigt deutlich, daß der Anlaßstrom nicht merklich größer ist, als der größte Betriebsstrom, sodaß kein Grund gegen die Verwendung eines solchen Schweißaggregates mit Kurzschlußmotor, ausgerüstet mit Sterndreieck-Schalter, erdacht werden könnte.

Es ist eine ganz selbstverständliche Forderung, daß alle Erleichterungen, die bei Kurzschlußmotoren mit Fliehkraftriemenscheiben gewährt werden, auch jenen Kurzschlußmotoren zugute kommen müssen, die normale unbelastete Generatoren antreiben, da das Schwungmoment solcher Motorgeneratoren unbedeutend ist.

Der Kurzschlußmotor bringt, richtig angewendet, nicht nur dem Benützer, sondern auch dem Elektrizitätswerk große Vorteile. An und für sich ist der Leistungsfaktor des Kurzschlußmotors einige Prozent besser als der des Schleifringmotors gleicher Leistung. Ferner kommt beim Kurzschlußmotor mit richtig angeordnetem Sterndreieck-Schalter ein falsches Anlassen nicht vor, während es bei Schleifringmotoren geschehen kann, daß sie angelassen werden, während die Kurzschlußvorrichtung noch die Schleifringe kurzschließt. Drittens ist es bei Sterndreieck-Schaltern, deren Stern- und Dreieckstellung für Dauerbetrieb bestimmt sind, ein leichtes, den Bedienungsmann dahin abzurichten, daß er bei gewissen Arbeiten oder kleinem Strom die Sternschaltung verwendet und so wattlosen Strom spart und den Leistungsfaktor verbessert.

Ein gewiß interessantes Beispiel ist die Erfahrung in der Fabrik Weiz der „ELIN" Aktiengesellschaft für elektrische Industrie, wo der Austausch der früheren Schleifringmotoren gegen Kurzschlußmotoren und deren richtige Verwendung eine Verbesserung des durchschnittlichen Leistungsfaktors um mehr als 15 vH hervorgerufen hat. Alle anderen Maßnahmen zur Verbesserung des Leistungsfaktors, wie starke Erregung der vorhandenen Einankerumformer und Synchronmotoren waren fast bedeutungslos, gegenüber der grundlegenden Änderung, die mit der Einführung der Kurzschlußmotoren getroffen wurde. Im Laufe eines Jahres wurden viele Schleifringmotoren mit Einzelleistungen von 2 bis 40 PS durch Kurzschlußmotoren ersetzt, die mit Sterndreieck-Schaltern und Strommessern ausgerüstet wurden. Eine rote Marke auf jedem Strommesser zeigt den Strom, bis zu welchem Sternschaltung empfehlenswert ist. Der bei einer bestimmten Maschine beschäftigte Arbeiter wurde angewiesen, bei Leerlauf den Motor abzustellen, bei kleinem Strom Stellung 1 des Anlassers (Sternschaltung) zu benützen, bei größerem Strom Stellung 2 (Dreieckschaltung). Durch einige Tage war es nötig, dies gewissenhaft zu kontrollieren, dann funktionierte es tadellos. Bei Lichtbogenschweißaggregaten dient der Strommesser im Dynamokreis als Anzeiger für den Schweißer. Im übrigen genügt es vollkommen, dem Schweißer die Anweisung zu geben, für Schweißelektroden bis zu einem gewissen Durchmesser Stellung 1 des Anlassers, darüber hinaus Stellung 2 zu verwenden. Wird diese Anweisung schon beim Schweißunterricht vorgenommen, so wird sie mit Sicherheit befolgt.

Theoretisch liegt gewiß auch die Möglichkeit vor, bei Schleifringmotoren für den Stator Stern-Dreieck-Schalter zu verwenden und Abstellung und Umschaltung bei Belastungsänderung vorzunehmen. Der Schleifringmotor mit Bürstenabhebe- und

Digitized by Google

Kurzschlußvorrichtung gibt aber schon heute die Möglichkeit zu falscher Manipulation. Durch die Hinzufügung eines besonderen Statorumschalters würde sich die Zahl der Mißgriffe vervielfachen und das Anlassen und Umschalten, das beim Kurzschlußmotor ein einziger Griff ist, würde bei dem umschaltbaren Schleifringmotor so umständlich, daß auf die praktische Anwendung nicht gerechnet werden könnte. Beim Kurzschlußmotor kann jeder Bauernknecht leicht dazu abgerichtet werden, daß er beispielsweise Stellung 2 des Anlassers für das Sägen und Dreschen verwendet, Stellung 1 für alle übrigen Arbeiten. Wird auch der Besitzer der Anlage dahin belehrt, daß der Wirkungsgrad, also der Stromverbrauch bei dieser Benutzung des Schalters ein günstigerer ist, so wird diese für Abnehmer und Elektrizitätswerk gleich günstige Verbesserung auch praktisch angewendet.

Elektrifizierung und Agrarwirtschaft.

Von Direktor Dr. Ing. A. **Weiner**, Brünn.

(Schluß aus Heft 8, Seite 153.)

III. Die Rentabilitätsgleichung und die graphische Ermittlung der für verschiedene Gebiete erforderlichen Baukostenbeiträge.

Der projektierende Ingenieur hat auf Grund seiner Berechnungen zu entscheiden, ob die Energieversorgung des ihm vorliegenden Gebietes angesichts der Höhe der erforderlichen Investitionen, mit Hilfe des zu gewährtigenden Konsumes und bei dem ihm von den Aufsichtsbehörden eventuell in den Netzen konzedierten Einheitspreise eine Rentabilität erwarten läßt, oder ob nicht infolge der errechneten Passivität der Stromversorgung besondere finanzielle Vorkehrungen zu treffen sind, um die Rentabilität zu sichern. Diese finanziellen Maßnahmen könnten natürlich zweierlei Richtungen verfolgen und entweder eine Erhöhung der Strompreise ins Auge fassen oder eine Verminderung des die Energielieferung belastenden Kapitaldienstes vorsehen.

Wie früher gezeigt wurde, ergeben sich in jedem großen Versorgungsgebiete kleinere Abschnitte, innerhalb welcher solche Maßnahmen in verschiedenem Umfange erforderlich sein werden. Es wäre nun aus zwei Gründen verfehlt, hiebei die erste Modalität, eine Erhöhung der Strompreise, in solchen Abschnitten anwenden zu wollen. Abgesehen von Gründen organisatorischer Natur, der Mehrbelastung und Komplitkation der Stromverrechnung, wäre es auch aus psychologischen Rücksichten nicht ratsam, in einem von einer Stelle verwalteten Versorgungsgebiete verschiedene Preise vorzuschreiben. Dieser Zustand würde auf die Dauer unhaltbar werden und gerade in den wirtschaftlich schwächsten Gebieten zu Prohibitivtarifen führen, welche den Bezug und die Verwendung elektrischer Energie erschweren und vielleicht unmöglich machen würden.

Hingegen hat sich, wie früher bereits erwähnt, sowohl bei öffentlichen Faktoren, als auch unter der Agrarbevölkerung die Erkenntnis Eingang verschafft, daß den Kraftwerken die Kapitalslast der landwirtschaftlichen Elektrifizierung nicht zur Gänze aufgebürdet werden kann. Deshalb wird allein die zweite der erwähnten Modalitäten befürwortet werden können, um das Gleichgewicht zwischen Einnahmen und Ausgaben herzustellen, also eine Verminderung des Kapitalsdienstes platzgreifen müssen und das durch Überwälzung erforderlicher Teile desselben auf Staat, Land, Gemeinden bzw. überhaupt auf jene Faktoren, denen die Obsorge für das höhere volkswirtschaftliche Gesamtinteresse anvertraut ist.

Der Ermittlung jenes Teiles der Gesamtinvestitionen, deren Kapitalsdienst von anderer Seite als vom Elektrizitätswerke bestritten wird, oder die im Wege von Subventionen oder Baukostenbeiträgen à fond perdu abgeschrieben werden müssen, um das finanzielle Gleichgewicht herzustellen, gelten die folgenden Ausführungen, zu deren mathematischem Ausgangspunkt die Rentabilitätsgleichung dient. Es seien folgende Bezeichnungen eingeführt:

K Investitionen pro Kopf der Bevölkerung,
Z Zinsfuß des Kapitales in Prozent,
a Amortisationsquote der Netze in Prozent,
r Erhaltungs- und Reparaturkosten der Netze in Prozent des Anlagekapitales,
x Anteil der Investitionskosten, der in Form von Subventionen oder sonstigen Beiträgen à fond perdu bezahlt wird, in Prozent der Anlagekosten,
$E = E_s + E_p$ Gesamtjahreskonsum pro Kopf der Bevölkerung,
E_s Lichtkonsum in kWh und (auf der Niederspannungsseite gemessen),
E_p Kraftkonsum in kWh,
c_v Selbstkosten der niederspannungsseitig gemessenen Energie in Kč pro kWh,
c_s Verkaufspreis für die Licht-kWh in Kč,
c_p Verkaufspreis für die Kraft-kWh in Kč.

Die Rentabilitätsgleichung nimmt mit diesen Bezeichnungen folgende Form an:

$$\underbrace{\frac{K}{100}(Z+a+r)-\frac{K}{100}(Z+a)\frac{x}{100}+Ec_v}_{\text{Ausgaben}}=\underbrace{E_s c_s+E_p c_p}_{\text{Einnahmen}} \quad \ldots\ldots (1).$$

Durch Einführung der Werte:

$$\alpha=\frac{E_s}{E};\quad \beta=\frac{E_p}{E};\quad \gamma=\frac{c_s}{c_p} \quad \ldots (2)$$

erhalten wir die Rentabilitätsgleichung in der Gestalt:

$$\frac{K}{100}\left[(Z+a+r)-(Z+a)\frac{x}{100}\right]= E\left[c_p(\alpha\gamma+1-\alpha)-c_v\right] \quad \ldots (3).$$

Digitized by Google

Die Gleichung ist hier unter der Voraussetzung des Verkaufes der Energie auf der Niederspannungsseite und unter Vernachlässigung eventueller Abnahme für Wärmezwecke erstellt. Natürlich unterliegt es keiner Schwierigkeit, sie für den Fall hochspannungsseitiger oder Engros-Lieferung an die Gemeinden des Gebietes zu formulieren, wodurch sie wesentlich vereinfacht würde.

Wie man sieht, ist für die Auswertung der Gleichung die Kenntnis zweier wichtiger Größen erforderlich und zwar:

a) die Gesamtinvestitionskosten pro Kopf der Bevölkerung,

b) der zu gewärtigende Konsum im Versorgungsgebiete *E*.

a) Für die Bestimmung der Größe *K* sind in den Entwicklungen des Abschnittes II alle Unterlagen enthalten. Wir kennen die spezifische Leitungslänge des Gebietes aus Dichte und Agglomeration, das heißt, die Länge der Fernleitung pro Kopf der Bevölkerung und aus der Tabelle VI sonach auch deren Kosten. Die Bestimmung der Ortsnetzkosten pro Kopf erfordert in diesem Zusammenhang einige Vorsicht. Es wurde bereits festgestellt, daß dieselben auch von der Siedlungsgröße abhängen. Man müßte deshalb vorerst aus bevölkerungsstatistischen Angaben die Verteilung der Bevölkerung auf die Siedlungen verschiedener Größenkategorie bestimmen, aus der Gesamteinwohnerzahl jeder der Siedlungsgrößen, multipliziert mit den für jene Siedlungsgröße geltenden Kosten pro Kopf, sodann die Gesamtkosten der Ortsnetzinvestitionen ermitteln. Das würde aber ein mühsames Auszählen und Gruppieren der Ortschaften nach ihrer Größe bedingen. Bedenkt man jedoch, daß es sich bei den erforderlichen Kalkulationen nicht um absolute Genauigkeit bis in die letzten Einzelheiten handeln kann und die entwickelten Methoden ihren Wert gerade dort erweisen sollen, wo Gebiete mit einer größeren Zahl von Siedlungen in Betracht kommen, innerhalb welcher die kleinen Unterschiede nivelliert erscheinen, wird man mit der mittleren Einwohnerzahl pro Siedlung in dem Gebiete, das heißt, mit dem bereits früher verwendeten Begriff der Agglomeration δ unbedingt das Auslangen finden. Man wird demnach für das zu berechnende Gebiet die mittlere Einwohnerzahl pro Ortschaft, das δ festlegen und die Höhe der Ortsnetzkosten pro Kopf der Tabelle XI entnehmen.

Wir gewinnnen sonach aus der spezifischen Leitungslänge die Hochspannungsnetzkosten pro Kopf (Tabelle VI), aus der Agglomeration δ die Ortsnetzkosten pro Einwohner (Tabelle XI) und aus der Summe beider Werte die in der Rentabilitätsgleichung erforderliche Höhe *K* der Gesamtinvestitionen pro Kopf der Bevölkerung. Dieselben ergeben sich demnach als Funktion der spezifischen Länge, also der Dichte und Agglomeration, weshalb der Gedanke naheliegt, diesen Zusammenhang graphisch darzustellen, um für jeden der Ausgangswerte in einem Gebiete, nämlich Bevölkerungsdichte und Agglomeration sofort auch die Gesamtkosten pro Kopf der Bevölkerung ermitteln zu können. In Abb. 10 wurden auf diese Weise die Kurven gleicher Gesamtkosten pro

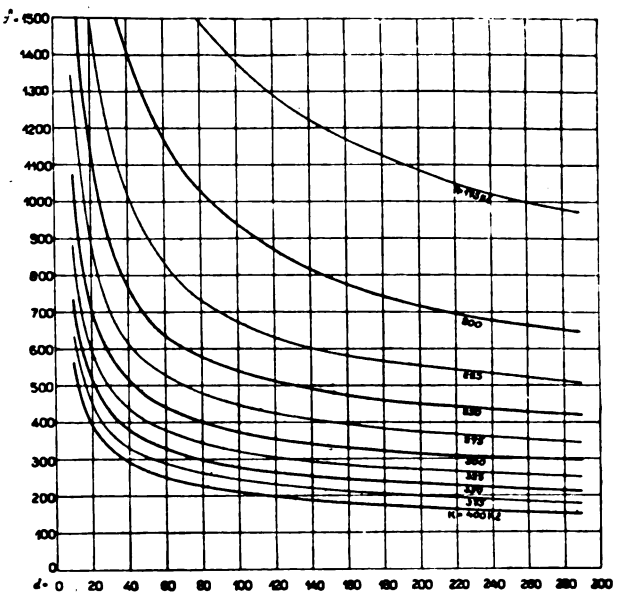


Abb. 10.

Kopf der Bevölkerung als Funktionen von d und δ entwickelt.

Eine andere Möglichkeit der Darstellung (Abb. 11) dieser Beziehungen besteht darin, in dem

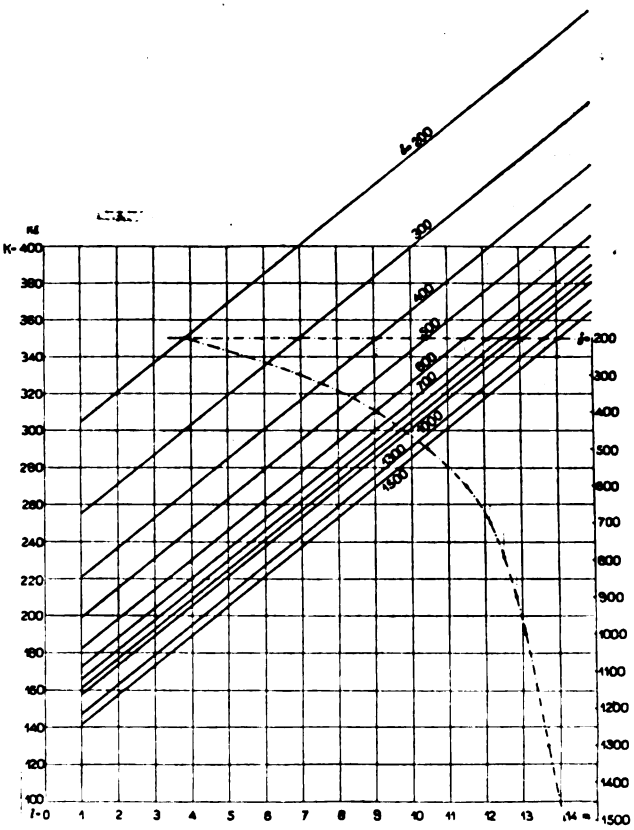


Abb. 11.

Koordinatensystem der spezfischen Länge und der Gesamtkosten pro Kopf der Bevölkerung die Linienzüge konstanter Agglomeration oder mitt-

Digitized by Google

leren Einwohnerzahl festzulegen. Dieses Diagramm ist wegen leichterer Interpolation bei Zwischenwerten von δ für den praktischen Gebrauch günstiger als das in Abb. 10 dargestellte.

b) Die Größe des in den landwirtschaftlichen Netzen zu gewärtigenden Konsums ist eines der schwierigsten Probleme in der Behandlung der aufgeworfenen Frage. Die widersprechendsten Resultate statistischer Beobachtungen, die ganz bedeutenden Unterschiede in den Ergebnissen der einzelnen Unternehmungen, schienen darauf hinzuweisen, daß es a priori unmöglich sein dürfte, die zu gewärtigenden Verbrauchsziffern so verläßlich zu schätzen, daß die angenommenen Ziffern eine feste Grundlage für die Rentabilitätsrechnung bilden könnten. Auch die Mißerfolge, die durch kritiklose Anwendung von Ergebnissen eines Gebietes auf ein anderes, agrarwirtschaftlich völlig verschiedenes, aufgetreten sind, haben das Mißtrauen gegen alle auf statistischer Basis beruhenden Aussagen und Schätzungen so sehr bestärkt, daß für die Behandlung dieses Gegenstandes — bis in die allerletzte Zeit — keine auch nur halbwegs zuverlässige Handhabe zur Verfügung stand. Man suchte die Ursache dieser Mißerfolge in der unrichtigen Wahl des Maßstabes und glaubte behaupten zu sollen, der Energieverbrauch solle nicht auf den Kopf der Bevölkerung, er müsse vielmehr — wie es in Deutschland jetzt üblich ist — auf die Ackerfläche, den Morgen oder ha unter dem Pfluge bezogen werden. Die Engländer und Amerikaner wieder berechnen den Konsum auf den km Fernleitung und nehmen für die Schätzung der voraussichtlichen Stromabgabe pro km Fernleitung 1 Landwirtschafts- und 2 Kleinkonsumenten an.

In einem aber ist sich die Literatur in diesen Fragen heute schon einig, und zwar darin, daß der Energieverbrauch in landwirtschaftlichen Netzen hauptsächlich von der Art der Agrarwirtschaft in dem betreffenden Gebiete, von der Fruchtbarkeit des Bodens und von seiner Gütequalität abhängt, die natürlich ihrerseits wieder den Wohlstand der Bevölkerung und ihre kulturellen Bedürfnisse bedingen. Nach den statistisch gefundenen Beziehungen zwischen der spezifischen Leitungslänge und der Agrarwirtschaft in dem betreffenden Gebiete, lag natürlich der Gedanke nahe, Beziehungen zwischen dieser Funktion und der Größe des Stromkonsumes zu suchen. Etwa 30 landwirtschaftliche Distrikte aus Deutschland, Frankreich, der Schweiz und Tschechoslowakei, die seit einer Reihe von Jahren bereits elektrifiziert sind, sodaß ein gewisser Sättigungsgrad eingetreten ist, und deren Erfolge aus der Statistik bekannt sind, wurden in dieser Hinsicht untersucht. Die Vermutung eines engen Zusammenhanges der entwickelten Funktion der spezifischen Leitungslänge des Gebietes mit den erzielten Konsumziffern hat sich vollkommen bestätigt gefunden. Der Rahmen der vorliegenden Abhandlung bietet nicht den Platz, die Einzelheiten dieser statistischen Untersuchung zu unterbreiten, als Ergebnis derselben möge aber erwähnt sein, daß für unsere mitteleuropäischen Verhältnisse (unter Ausschaltung der für elektrisches Ackern und Heizzwecke verwendeten größeren Energiemengen) pro Kopf der landwirtschaftlichen Bevölkerung eine Konsumziffer auftritt, die sich den Werten der empirischen Gleichung (4) nahezu vollständig deckt.

$$E = 34 \,.\, e^{-0{\cdot}18 \,.\, l} \quad \ldots\ldots \quad (4),$$

worin e die Basis der natürlichen Logarithmen, l die spezifische Länge ist. Zur Vereinfachung der rechnerischen Operationen in den folgenden Entwicklungen wurde an Stelle dieser transzendenten Gleichung (4), die sich ihren Werten namentlich in der Gegend der zumeist vorkommenden spezifischen Leitungslängen eng anschließende algebraische Gleichung (5) verwendet,

$$E = 30 - 2{\cdot}5 \,.\, l \quad \ldots\ldots \quad (5),$$

in welcher wieder l die spezifische Leitungslänge darstellt. Die sich für die verschiedenen Werte von l, also für die Gebiete der einzelnen spezifischen Leitungslängen aus den Gleichungen (4) und (5) ergebenden Konsumziffern E und deren Abweichungen sind aus der Tabelle XII ersichtlich.

Tabelle XII.

Spezifische Leitungslänge l =		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zu gewärtigende Konsumziffer pro Kopf der Bevölkerung in kW-Stunden aus Gleichung	Nr. 4	29·2	25·2	21·7	18·7	16	13·8	11·9	10·2	8·8	7·6
	Nr. 5	27·5	25·0	22·5	20·0	17·5	15	12·5	10·0	7·5	5

Die Rentabilitätsgleichung (3) werde nun in folgender Weise dargestellt:

$$K = \frac{100\,E(\alpha\gamma + 1 - \alpha)}{(Z + a + r) - (Z + a)\frac{x}{100}} \cdot \left[c_p - E\,c_v - \frac{100}{(Z + a + r) - (Z + a)\frac{x}{100}} \right] \quad \ldots\ldots \quad (6).$$

Im rechtwinkeligen Koordinatensystem mit K als Ordinaten und c_p als Abszissen, ist (6) die Gleichung einer Geradenschar, welche die Abszissenachse im Punkte $K = 0$ schneidet, für welchen die Abszisse den Wert annimmt:

$$c_{p0} = \frac{c_v}{\alpha\gamma + 1 - \alpha} \quad \ldots\ldots \quad (7).$$

Die Richtungstangenten der Geradenschar sind bestimmt durch die Beziehung:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{100\,(\alpha\gamma + 1 - \alpha)\,.\,E}{(Z + a + r) - (Z + a)\frac{x}{100}} \quad . \quad (8).$$

Für ein konstantes x, das heißt sonach für eine Subvention von gegebener prozentueller Höhe, variiert die Richtung mit der Größe E, also dem zu erzielenden Konsum, beziehungsweise nach den vorhergehenden Ableitungen mit der spezifischen Länge des Gebietes.

Für die im Folgenden verwendete praktische Darstellung müssen noch folgende Beziehungen

Digitized by Google

festgelegt werden. Angenommen, wir hätten es mit zwei Gebieten zu tun, deren charakteristische Größen durch (l_φ, E_φ) beziehungsweise (l_ψ, E_ψ) gegeben wären und man würde einmal mit einer prozentuellen Subvention $x = c_1$, ein andermal mit $x = c_2$ rechnen. Abb. 12 läßt dann folgende Beziehungen erkennen:

Bei Wahl eines beliebigen Abschnittes A auf der Ordinatenachse, ergibt sich für das Gebiet (l_φ, E_φ) bei der Subvention $x = c_1$ aus Gleichung (8)

$$\operatorname{tg}\varphi = E_\varphi \,.\, \text{Konstante} = \frac{A}{b} \quad \ldots \quad (9);$$

für das Gebiet (l_ψ, E_ψ) ebenso

$$\operatorname{tg}\varphi = E_\psi \,.\, \text{Konstante} = \frac{A}{b+m} \quad . \quad (10).$$

Unter Annahme einer Subvention $x = c_2$ für beide Gebiete erhält man analog für das Gebiet (l_φ, E_φ) aus Gleichung (8):

$$\operatorname{tg}\varphi = E_\varphi \,.\, \text{Konstante} = \frac{B}{b} \quad \ldots \quad (11)$$

und für das Gebiet (l_ψ, E_ψ) ebenso

$$\operatorname{tg}\varphi = E_\psi \,.\, \text{Konstante} = \frac{B}{b+n} \quad . \quad (12).$$

Aus (9) und (10) folgt dann durch Division

$$\frac{E_\varphi}{E_\psi} = \frac{b+m}{b} \quad \ldots \quad (13),$$

aus (11) und (12) ebenso

$$\frac{E_\varphi}{E_\psi} = \frac{b+n}{b} \quad \ldots \quad (14)$$

und durch Gleichsetzung dieser Werte (13) und (14) ergibt sich sodann die Beziehung:

$$\underline{m = n} \quad \ldots \quad (15);$$

das aber bedeutet gemäß Abb. 12, daß die Verbindungslinie FG eine zur K-Achse parallele Gerade darstellt, was für das Folgende von Wichtigkeit ist. Ebenso läßt sich noch aus den entwickelten Gleichungen herleiten:

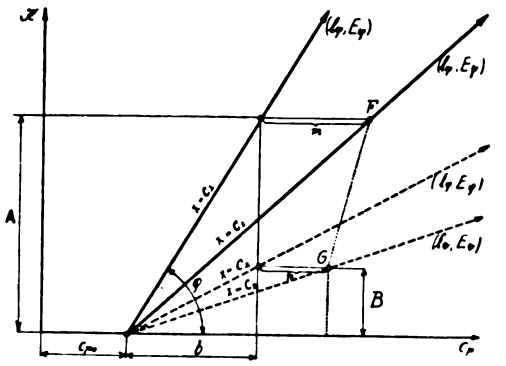


Abb. 12.

$$b\,E_\varphi = (b+m)\,E_\psi$$

oder

$$b\,(E_\varphi - E_\psi) = m\,E_\psi \quad \ldots \quad (16),$$

woraus sich ergibt

$$m = b \,.\, \frac{E_\varphi - E_\psi}{E_\psi} \quad \ldots \quad (17).$$

Die Bedeutung dieser Beziehungen für die graphische Darstellung ist aus Abb. 13 ersichtlich.

Hat man im Koordinatensystem (K, c_p) nach Feststellung des Wertes c_{p0} und willkürlicher Wahl des b auf der zur K-Achse parallelen Geraden (l_1, E_1) für ein bestimmtes Konsumgebiet mit dem Werte (l_1, E_1) die für verschiedene Subventionen x, also für $c = 10, 20, 30, 40$ vH die entspechenden Winkel φ bzw. die korrespondierenden Abschnitte auf der Geraden (l_1, E_1) festgestellt, dann können die erforderlichen Subventionswerte x für beliebige andere Gebiete auf einer Schar zur K-Achse paralleler Geraden gefunden werden, deren horizontaler Einzelabstände von (l_1, E_1) aus der Beziehung (17) resultieren.

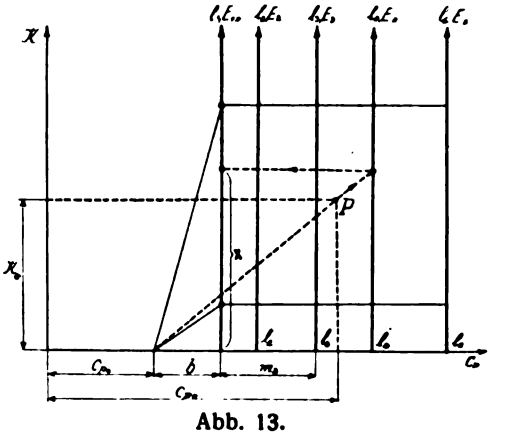


Abb. 13.

Ist zum Beispiel in einem vorliegenden Gebiet mit bekanntem l_4 (spezifische Länge), demnach also nach dem Vorhergehenden auch bekannten Investitionskosten K_4 bei dem in dem Gebiete vorgeschriebenen Preise c_{p4} der Punkt P in dem Diagramm Abb. 13 festgelegt, wäre die Frage zu beantworten, mit welcher prozentuellen Subvention x die Rentabilität aufrechterhalten werden kann. Durch Verbindung des Punktes P mit dem Punkte c_{p0} auf der Abszissenachse und Verlängerung dieses Strahles zur Gebietslinie (l_4, E_4) erhält man durch Ablesung auf (l_1, E_1) die gesuchte Höhe der Subvention oder des Baukostenbeitrages à fond perdu in Prozenten der Kosten K. Diese allgemeinen Beziehungen seien nun an einem der Praxis entnommenen Falle als Beispiel durchgeführt, für welches auch die Diagramme entworfen wurden.

Es seien folgende Werte angenommen:

Z 7 vH — Verzinsung des investierten Kapitales,
a 4 vH — Amortisationsquote der Netze,
r 4 vH — Unterhaltungs- und Reparaturquote,
c_s 3·30 Kč Verkaufspreis für Licht pro kWh,
c_p 2·— Kč Verkaufspreis für Kraft pro kWh,
c_v 1·13 K Selbstkosten pro kWh (Niederspannungsseite),

$$\alpha = \frac{E_s}{E} = \frac{2}{3},$$

$$\beta = \frac{E_p}{E} = \frac{1}{3}.$$

Anhanden dieser Annahmen ergibt sich durch entsprechende Auswertung der vorstehend entwickelten Gleichungen (7) und (17) und in Analogie

Digitized by Google

zur Abb. 13 das den angenommenen Werten entsprechende Subventionsdiagramm, Abb. 14, aus welchem bei den in Überlandwerken angegebenen Verhältnissen die Höhe der Subvention für jedes Teilgebiet sofort ermittelt werden kann.

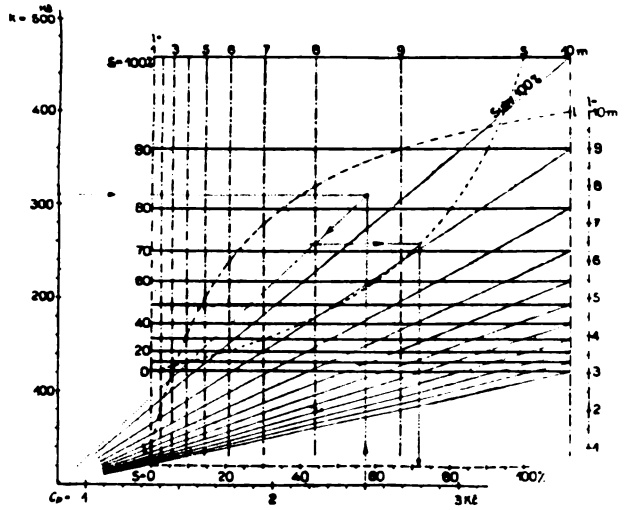


Abb. 14.

Für den Gebrauch in der Praxis wäre es zu zeitraubend, die einzelnen graphischen Erhebungen, welche zur Ermittlung der für ein gegebenes Gebiet erforderlichen Subvention notwendig sind, auf verschiedenen Diagrammen zu bewerkstelligen, weshalb in Abb. 15 jenes endgültige und in der Praxis verwendete Diagramm entworfen ist, welches gestattet, nach Berechnung der Dichte und Agglomeration des zu behandelnden Gebietes alle anderen Operationen auf einem Blatte durchzuführen. Auf der linken Seite des Achsensystems ergeben sich aus den Kurven gleicher Bevölkerungsdichte d und Agglomeration δ für das betreffende Gebiet die spezifische Länge l und die Kosten K, auf der rechten Seite aus den letzteren und dem Kraftstrompreis c_p die Subvention x in Prozenten der Kosten K.

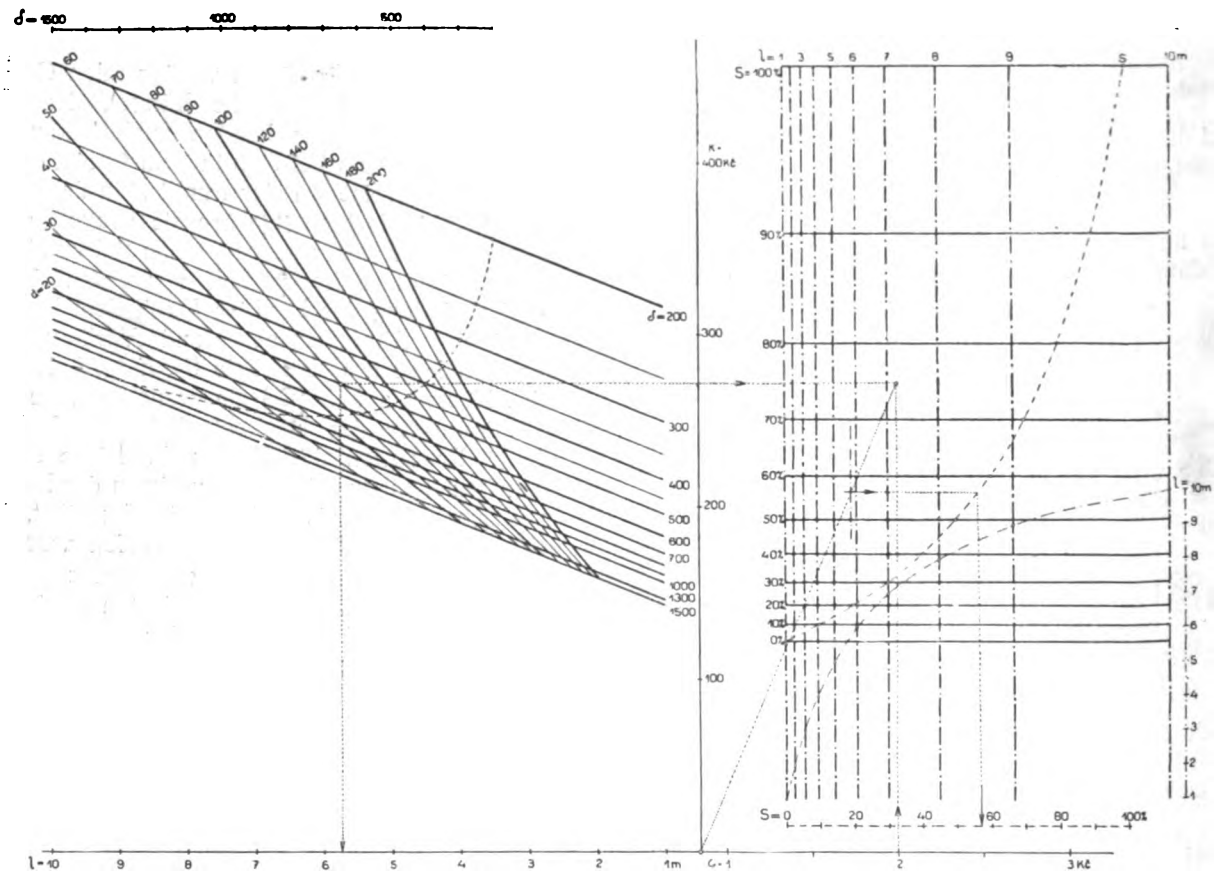


Abb. 15.

IV. Die finanzielle Organisation der Elektrifizierung landwirtschaftlicher Gebiete.

Die finanzielle Organisation der Elektrifizierung landwirtschaftlicher Gebiete ist eine vielumstrittene Frage, die aber selbstverständlich das ganze Problem dominiert.

Die wirtschaftliche Not der Nachkriegszeit hat durch die Erkenntnis des besonderen Wertes elektrischer Energie für die allgemeine Volkswirtschaft der Elektrifizierungsarbeit einen mächtigen Impuls gegeben. Landwirtschaftliche und schwer zugängliche Gebiete drängten auf Verwirklichung ihrer diesbezüglichen Ideen und man wurde sich allerorten dessen bewußt, daß die systematische Elektrifizierung eine der wichtigsten Aufgaben darstelle, zu deren Lösung die Wirtschaft nach dem Kriege berufen war.

Die Wege, die eingeschlagen wurden, lassen

Digitized by Google

aber erkennen, daß die Anschauungen auch heute noch weit davon entfernt sind, geklärt zu sein. Man beobachtet in den europäischen Ländern, daß fast alle Regierungen sich mit der Frage intensiv beschäftigen, vom politischen oder vom Standpunkte der Vereinheitlichung, wenige nur aus rein volkswirtschaftlichen Gründen. Systemlos reihen sich deshalb die getroffenen Maßnahmen aneinander. In Deutschland fand eine Abkehr von früher verfochtenen Prinzipien statt. Die Detailwirtschaft liegt auch heute noch vielfach in Händen der Gemeinden, welche die Ortsnetze auf eigene Kosten errichten, die Abzweigleitung zur Gänze oder zum Teile bezahlen, während die Mittelspannungsleitung von den Überlandwerken, Kreisen oder Gemeindeverbänden erstellt werden. Kreise, Genossenschaften oder auch Gemeinden beziehen den Strom „engros" zum Weiterverschleiß. So günstig und einfach diese Art der Elektrifizierung für die Kraftwerke von rein privatwirtschaftlichem Gesichtspunkte ist, so wenig bedeutet sie eine günstige Lösung der Frage, weil hiedurch einfach nur ein Großteil der Schwierigkeiten des Problemes von der privaten Hand den öffentlichen Körperschaften in der Erwartung zugeschoben wird, daß sie durch die ihnen zustehenden autoritativen Mittel die Hindernisse bewältigen würden. Das Resultat ist demzufolge auch ein wenig erfreuliches, denn mangelnde Erhaltung der Ortsnetze, unsachgemäße Bewirtschaftung und Tarifgestaltung seitens der Gemeinden haben dazu geführt, daß an vielen Orten die Kreise gezwungen waren, den Gemeinden den Betrieb der Netze und die Tarifhoheit wieder abzunehmen. An manchen Orten haben wieder die die Elektrifizierung finanzierenden Geldorganisationen zur Sicherung ihres Eigentumsvorbehaltes an den Netzen der ursprünglichen Gemeindeautonomie auf elektrizitätswirtschaftlichem Gebiete ein Ende bereiten müssen, indem sie ihren Zentralverbänden Elektrizitätsämter angliederten, welchen die Aufgabe zufällt, die frühere Dezentralisierung abzubauen. Es hat sich gezeigt, daß Gemeinden und Genossenschaften der Schwierigkeit der hier auftretenden finanziellen Probleme nur selten gewachsen sind.

Man war sich anfangs der finanziellen Tragweite der Unternehmungen kaum bewußt und glaubte zumeist, mit Systemisierung allein das Auslangen finden zu können. Die Folgen der Überinvestierung werden wohl in erschreckender Weise zum Vorschein kommen, wenn durch Verbilligung von Kohle und anderen Betriebsmitteln der Kapitaldienst solcher Unternehmungen das Übergewicht gewinnen und der scharfe Konkurrenzkampf auf dem Weltmarkte das Preisniveau elektrischer Energie noch weiter herabdrücken wird. Das Gesetz von Angebot und Nachfrage wird bei elektrischer Energie gewiß keinen Halt machen und zwingt eine vorsichtige Elektrizitätswirtschaftspolitik, schon heute jene Vordringungen zu schaffen, welche es den Werken dann gestatten können, sich den eintretenden Verhältnissen anzupassen, ohne unabsehbare Verluste in Form erzwungener Abschreibungen erleiden zu müssen.

Natürlich führt auch dieser Gedanke wieder im Zusammenhang mit den Bevölkerungsverhältnissen und charakteristischen Eigenschaften jedes Versorgungsgebietes zu Erwägungen, die ohne Zuhilfenahme statistischen Materiales und sorgfältiger Prüfung der wirtschaftlichen Dispositionen immer wieder zu Mißerfolgen führen werden. Daß eine Lösung des Problemes ohne finanzielle Opfer unmöglich ist, würde bereits erkannt und die vorstehenden Erörterungen hatten deshalb die Aufgabe, die Höhe dieser Opfer festzustellen. Nun handelt es sich darum, eine Modalität für die Aufbringung derselben zu finden und festzustellen, ob und inwieweit der Staat, die Gemeinden und deren Insassen die Lasten zu tragen haben und auf welche Weise eine gerechte Verteilung unter eventueller Mitinanspruchnahme der Kraftwerke gefunden werden kann. Von Wichtigkeit ist hiebei die Untersuchung der Belastung des Volksvermögens durch die für die Elektrifizierung erforderlichen bedeutenden Geldmittel, sowie die Prüfung steuerstatistischer Grundlagen bei Überwälzung eines Teiles der Kosten auf Steuern oder Umlagen in den Gemeinden.

Der erste und naheliegendste Gedanke wäre wohl der, die Überteuerung der Netze auf die Konsumenten zu überwälzen und die auf jeden von ihnen entfallende Quote à fond perdu einzuheben oder sie in Form von Strompreiszuschlägen in relativ kurzer Zeit, etwa fünf bis sechs Jahren zu amortisieren.

Bedenkt man aber, daß dem Anschlußwerber durch die Installation in seinem Haus und Hofe, durch Bezahlung des Hausanschlusses und eventueller Überprüfungs- und Anschlußgebühren nicht unbeträchtliche Kosten erwachsen, so erscheint es unbillig, gerade ihn auch mit den Kosten der Elektrifizierung zu belasten, wo möglicherweise der Nachbar ruhig zuwartet und sich erst anschließt, bis die vorhandenen Konsumenten durch ihre Beiträge die Netzkosten bezahlt haben.

Auch die zweite Modalität der Überwälzung auf die Strompreise ist unvorteilhaft, denn abgesehen davon, daß sie in vielen Fällen zu prohibitiven Preissätzen führt und die Entwicklung des Konsumes behindert, trifft sie auch wieder nur den Abnehmer, während jeder andere Gemeindeinsasse die Vorteile der öffentlichen elektrischen Beleuchtung unbelastet mitgenießt.

Bestechend erscheint nach diesen Erwägungen der Vorschlag, den für die Rentabilität eines Gebietes erforderlichen Zuschuß aus werksfremden Mitteln gleichmäßig auf den Kopf der Bevölkerung zu verteilen. Wie demokratisch diese Idee auch auf den ersten Blick aussehen mag, einer schärferen Kritik vom volkswirtschaftlichen Gesichtspunkt kann sie nicht standhalten, ob nun die Aufteilung pro Kopf oder pro ha Grundbesitz erfolgt, denn sie läßt die wirtschaftliche Kraft des Einzelnen, die größere oder geringere Leistungsfähigkeit der verschiedenen Bevölkerungsschichten, die verschiedene Ergiebigkeit des Bodens ganz außer Acht und ist deshalb in höchstem Grade ungerecht. Schon mit Rücksicht darauf, daß es sich

Digitized by Google

hier auch um die Frage handelt, kommenden Geschlechtern die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, verlangt eine gerechte Verteilung, daß zu dieser Aufgabe jeder Einzelne entsprechend seiner wirtschaftlichen Stärke herangezogen werde.

Würde man demnach eine solchermaßen gerechte Verteilung anstreben, so hätte dieselbe dem Verluste Rechnung zu tragen, den der Einzelne durch seine Beitragsleistung zur Elektrifizierung tatsächlich erleidet. Der Beitrag oder Verlust von zum Beispiel 100 Kč bedeutet für den wohlhabenden Grundbesitzer unvergleichlich weniger als für den Taglöhner oder Lohnarbeiter, weil der Vermögensverlust nicht von der absoluten Höhe der Beitragsleistung, vielmehr von ihrem Verhältnis zu derjenigen Summe abhängt, deren entsprechenden Bruchteil sie bildet. Die auf solchen Grundsätzen aufgebaute Lösung liegt auf gleichem Gebiete, wie beispielsweise die Deckung der Kosten des Volksschulunterrichtes oder aller anderen staatlichen Ausgaben, zu denen der Einzelne in steigender Progression mit den Einkünften beiträgt. Die rationelle Elektrizitätswirtschaft bedingt durch solche Momente auch ein intensives Eingehen auf wirtschafts- und steuerstatistische Fragen, soll eine volkswirtschaftlich gerechte Deckung der Kosten der Elektrifizierung bewerkstelligt werden.

Nun könnte noch der Einwand erhoben werden, daß ja schließlich in gewissen Grenzen ein Ausgleich der Lasten bzw. Mehrlasten bewirkt würde, wenn für die guten und schlechten Gebiete eines großen Versorgungskomplexes eine einheitliche Methode der Finanzierung zur Anwendung käme, wodurch das wirtschaftlich stärkere Gebiet einen Teil der Lasten des schwächeren mittragen würde. Theoretisch ist dieser Vorschlag wohl richtig, praktisch aber undurchführbar und jeder in dieser Richtung unternommene Versuch scheiterte am Widerstand der landwirtschaftlichen Bevölkerung.

Teure Netze und billige Energiepreise sind Widersprüche, deren Lösung nur durch verständnisvolle Zusammenarbeit aller Beteiligten zu finden ist, in erster Linie der öffentlichen Faktoren, des Staates, der Länder, Bezirke und Gemeinden weiterhin auch der Konsumenten und Kraftwerke.

In Ostpreußen wurde zum Beispiel in den letzten Jahren ein Mittelweg einzuschlagen versucht, indem die Bevölkerung im Ausmaße ihres Grundbesitzes zur Beitragsleistung herangezogen wurde und die Kosten auf die Einheit des „Elektrischen Morgen" oder rund $^1/_4$ ha bezogen sind. 1 Elektrischer Morgen = 1 Morgen Ackerland = 2 Morgen Wiese oder Weide. Wald, Wasser, Unland, Hofstellen und Wege werden in den Grundbesitz nicht eingerechnet, wobei noch festgesetzt ist, daß jene Wiesen und Weiden, welche das Ausmaß von 30 vH des Gesamtgrundbesitzes übersteigen, in die Bemessung des Elektrischen Morgen mit ihrem vollen Flächeninhalt einbezogen werden.

Für Nichtlandwirte, also alle anderen Abnehmer werden pro 1 Brennstelle = 2 Elektrische Morgen = zirka $^1/_2$ ha, 1 Motoranschluß = 4 Elektrische Morgen = zirka 1 ha, für die Beitragsleistung zur Grundlage genommen. Auch die Tarifmaßnahmen erfolgen auf Basis des Grundbesitzes mit Leistungspreis und Stromgebühr.

Das Ostpreußenwerk[2]) erzielt durch seine Forderung einer Beitragsleistung von 6 Mk. pro Morgen oder 23·50 pro ha bei einem Besitz von 750 Morgen = zirka 191 ha und für jeden ha über 191 ha Mk. 4·— eine Reduktion der Mittelspannungsleitungskosten um 40 bis 50 vH. Die Transformatorenstationen und Niederspannungsnetze werden auf Kosten der Abnehmer errichtet und unterhalten.

Wenn auch in diesen Bestimmungen ein Ansatz zur Berücksichtigung der Besitzverhältnisse enthalten ist, so ist doch nicht zu leugnen, daß einerseits die Überteuerung der Netze der Mittelspannung als auch die ganzen Niederspannungsnetze ausschließlich zu Lasten der Abnehmer gehen, welchen jährlich überdies ein Minimalbetrag pro ha in Form des Leistungspreises vorgeschrieben ist. Rechnet man hiezu noch die Kosten der eigenen Installation, so ist zu ersehen, daß dem einzelnen Abnehmer Belastungen erwachsen, die trotz aller Beschönigungsmaßnahmen den Gebrauch der elektrischen Energie außerordentlich erschweren.

Solche Finanzierungen sind volkswirtschaftlich sicherlich unvollkommen und vom Standpunkt der Landwirtschaft auch ungerechnet, weil sie auf verschiedene Qualität des Ackerbodens keine Rücksicht nehmen können. Eine Erleichterung wird dem Abnehmer dadurch eingeräumt, daß er zwei Drittel der auf ihn entfallenden Kosten in Raten innerhalb dreier Jahre abtragen darf.

Man muß angesichts der in der Agrarwirtschaft heute herrschenden Arbeitsverhältnisse den Mut zum Bekenntnis aufbringen, daß vorläufig, insolange der elektrische Drusch im großen Maßstabe nicht platzgreifen kann, mit dem jetzt zu erzielenden Stromverbrauch eine Rentabilität nur auf Kosten der Abnehmer durch direkt oder indirekt erhöhte Strompreise zu erzielen ist, wenn nicht die öffentlichen Faktoren einen Teil der finanziellen Opfer übernehmen und auf diese Weise der Anschauung zum Durchbruch verhelfen, daß sämtliche Bürger des Staates ein Interesse an der Verbilligung und Sicherstellung der Agrarproduktion haben und infolgedessen in einer oder der anderen Form hiezu allgemein beitragen müssen.

Hiedurch gelangte auch das Problem in allen Staaten, die sich gesetzgeberisch mit der Frage befaßt haben, auf das Gebiet der agrarischen Ameliorationen und Subventionen, die in dem landwirtschaftlichen Genossenschaftswesen ihren vorläufigen gesetzlichen Rahmen fanden.

Der Staat, die Länder, Provinzen und Bezirke können die Elektrifizierungsaktion durch Gewährung billiger Kredite und Subventionen à fond perdu unterstützen, abgesehen von der Einräumung administrativer Erleichterungen und Ermäßigungen an Steuern und Gebühren. In dieser Hinsicht ist in großzügigster Weise die französische Regie-

[2]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 551.

Digitized by Google

rung vorangegangen, indem sie durch das einleitend erwähnte Gesetz vom 2. August 1923, die „Loi Chéron", für Zwecke der Elekrifizierung rein landwirtschaftlicher Gebiete den Betrag von 600 Mill. Francs zu maximal 3 vH auf die Dauer von 40 Jahren zur Verfügung stellte. Jede Gemeinde oder Genossenschaft kann aus diesem Kredite 70 bis 100 vH jenes Betrages als Anleihe für sich in Anspruch nehmen, den sie selbst im Wege eigener Kreditoperationen bei ihren Insassen aufzubringen vermochte. Eine andere ministerielle Verordnung vom 5. Jänner 1924, die im Rahmen des Gesetzes über landwirtschaftliche Amelio-rationen erflossen ist, setzt ziffernmäßig die Höhe der Subventionen fest, welche der Staat unter dem Titel agrarischer Amelioration der landwirtschaftlichen Elektrifizierung zuwendet. Die Höhe der Subvention wird nach den sich pro Kopf der Bevölkerung ergebenden Kosten der Netze abgestuft und gesondert für Mittel- und Niederspannungsanlagen angeführt. Die der Verordnung beigefügten Tabellen sind in Tab. XIII und XIV abgedruckt.

Tabelle XIII.

Hoch- und Mittelspannungsnetze.

Kosten pro Kopf der Bevölkerung Frs.	Höhe der Subvention in vH der Baukosten
0 — 20	25
20 — 40	28
40 — 60	31
60 — 80	34
80 — 100	38
100 — 120	42
120 — 140	46
140 — 160	50
160 —	55

Tabelle XIV.

Niederspannungsnetze.

Kosten pro Kopf der Bevölkerung Frs.	Höhe der Subvention in vH der Baukosten
0 — 60	10
60 — 80	12
80 — 100	14
100 — 120	16
120 — 140	18
140 — 160	20
160 —	22

Der Höchstsatz der Gesamtsubvention kann 30 vH betragen und eventuell auf 35 vH dann erhöht werden, wenn abgesehen von allfälligen Subventionen der Départements der Restbetrag der Bausumme von örtlichen Interessenten zu einem Zinsfuß unter 4 vH geliehen wurde. Überdies sind die Départements gesetzlich befugt, ungeachtet der staatlichen Beihilfe weitere Subventionen in der Höhe von 20 bis 25 vH der Baukosten à fond perdu zu gewähren.

Auch die tschechoslowakische Regierung hat für Zwecke der Subventionierung landwirtschaftlicher Netze einen Betrag von 50 Mill. Kč zur Verfügung gestellt und bereitet ein Gesetz vor, durch welches die Subventionierung landwirtschaftlicher Netze auf breitester Basis geregelt werden soll.

Hinsichtlich der Ortnetze scheint es logisch und auch gerecht, die Kosten inklusive der Transformatorenstation den Gemeinden anzulasten, wenn nicht wie in Frankreich und in der Tschechoslowakei bei Verleihung von Konzessionsverträgen die Kraftwerke selbst zur Teilnahme an denselben herangezogen werden. In Frankreich haben sich Konzessionäre von Netzen gemäß der Verordnung vom 28. Juni 1921 an den Kosten der Errichtung mit einem Betrage zu beteiligen, der zumindest ein Fünftel der Baukosten beträgt.

In den gemeinnützigen Werken Mährens, bei welchen die Gemeinden am Gesellschaftskapital beteiligt sind, haben dieselben denjenigen Emissionsbetrag an Aktien zu erwerben, der dem Friedenswert des Netzes samt Transformatorenstation entspricht und welcher mit 30 Kč pro Kopf der Bevölkerung fixiert worden ist. Der Restbetrag der Ortsnetzkosten nach Abzug der staatlichen Subvention wird seitens der Gemeinden à fond perdu bezahlt und die Verzinsung und Amortisation der zu diesem Zwecke getätigten Anleihe durch Gemeindeumlagen bewirkt.

Den Mittelspannungsnetzen kommt sicherlich Kollektivinteresse zu und es würde zweifellos zu einer ungerechten Verteilung der Kosten führen, wollte man jeder Gemeinde etwa nur ihre eigene Anschlußleitung anlasten, weil auf diese Weise die zufällige geographische Lage zur Hauptleitung, das entscheidende Moment für die Festlegung der Kosten bilden würde. Genau so wie zum Beispiel Bezirksstraßen zu gemeinsamen Lasten errichtet und unterhalten werden, so ist auch hier ein Schlüsseel der Verteilung erforderlich, der die Kosten möglichst gerecht auf die Bevölkerung überwälzt.

In Lothringen hat Ing. Préaud einer Form dieser Verteilung Geltung verschafft, welche Beachtung verdient und in Frankreich unter dem Namen der „Méthode des trois tiers" sehr verbreitet ist. Die für ein größeres Gebiet ermittelten Mittelspannungsnetzkosten werden den einzelnen Siedlungen wie folgt angelastet:

Ein Drittel der Kosten zu gleichen Teilen unter alle Gemeinden; ein Drittel entsprechend der Einwohnerzahl der Gemeinden; ein Drittel in umgekehrtem Verhältnis zur Höhe der Gemeindeumlagen.

Eine etwas modifizierte Form dieser Art der Verteilung hat im Département Eure-et-Loire auf etwa 300 Gemeinden Verwendung gefunden, und zwar zahlen dort:

Ein Drittel der Staat, ein Drittel die Abnehmer, ein Drittel wurde auf die Steuerträger in den 300 Gemeinden in Form von Umlagen verteilt.

Auch eine vier Viertel-Methode ist an manchen Stellen üblich, wo ein Viertel der Staat, ein Viertel das Département, ein Viertel die Konsumenten, ein Viertel die Steuerträger übernehmen.

Nicht alle Staaten konnten in der wirtschaftlichen Not der Nachkriegszeit in so freigebiger Weise der landwirtschaftlichen Elektrifizierung auch materielle Hilfe angedeihen lassen. Da aber müßten im Interesse der Volkswirtschaft die

Digitized by Google

Kreditorganisationen der Gemeinden, Sparkassen und ähnliche Institute helfend eingreifen und den Werken für die Errichtung der Hochspannungsleitungen wenigstens billige Kredite zur Verfügung stellen. Von diesem Gesichtspunkte verlangen die Westmährischen Elektrizitätswerke, wie auch die übrigen mährischen gemeinnützigen Werke, daß jede Gemeinde für Zwecke des Ausbaues der Hochspannungsleitungen einen Betrag von 120 Kč pro Kopf der Bevölkerung in fünfprozentigen Obligationen des betreffenden Elektrizitätswerkes zum Kurse von 95 zeichnen, welche innerhalb 40 Jahren verlost werden. Bei subventionierten Hochspannungsnetzen — die Subvention ist in der Tschechoslowakei mit der Höchstgrenze von 70 vH festgesetzt — wird seitens der Gemeinden der Restbetrag in diesen Obligationen gezeichnet.

Die demnach für die Hochspannungsleitungen seitens der Werke zu investierenden Beträge werden denselben seitens der Bevölkerung durch Unterlegung eines hypothekarisch sichergestellten und durch verschiedene Steuererleichterungen begünstigten Papieres inklusive Amortisation zu rung 6·1 vH zur Verfügung gestellt.

Rundschau.

Wasserkräfte und Wasserbauten.

Geschiebebewegung in Flüssen und an Stauwerken.[1]) Zur Charakterisierung des Geschiebes genügen die Bezeichnungen Gerölle, Schotter, Kies, Sand usw. nicht. Es ist empfehlenswerter, eine Geschiebecharakteristik zu verwenden, in welcher der Siebdurchlaß p als Funktion der Maschenweite m des Siebes dargestellt wird. Das Flächenverhältnis

$$K = \left(m_1 . 1 - \int_0^{m_1} p\,dm \right) : \int_0^{m_1} p\,dm,$$

worin die Maschenweite m_1 dem Siebdurchlaß $p = 1$ zugeordnet ist, ergibt dann die Geschiebecharakteristik als einzige Zahl. Die Abnützung des Geschiebes ist nach Sternberg durch

$$P = P_0 e^{-cs}$$

gegeben, wenn P_0 das ursprüngliche Geschiebegewicht, s die zurückgelegte Wegstrecke ist. Für $P/P_0 = 0{\cdot}5$ bestimmte Heim die Werte:

Mergelkalk	$s = 30\,000\,m$	$c = 0{\cdot}0000167\,m^{-1}$
Kalk	$s = 50\,000\,m$	$c = 0{\cdot}0000100\,m^{-1}$
Dolomit	$s = 60\,000\,m$	$c = 0{\cdot}0000083\,m^{-1}$
Gneis und Granit . .	$s = 100\,000\,m$	$c = 0{\cdot}0000050\,m^{-1}$
Quarz	$s = 150\,000\,m$	$c = 0{\cdot}0000033\,m^{-1}$

Setzt man die Abreibarbeit des mesozoischen Kalkes = 1, so erhält man nach Fugger und Kastner bei Silurkalk und mesozoischem Dolomit den Wert 2·5, bei Urkalk 1·2, bei Neocomsandstein, Flysch und Quarz 0·8, bei Werfener Schiefer 0·7, bei Werfener Quarzsandstein 0·5, bei mesozoischen Horngesteinen 0·4. Infolge dieser verschiedenen Abnützung wird das Flußbett stromabwärts immer reicher an härteren Materialien. So fand Darcel für die Seine, daß ihr Geschiebe in Paris, bezw. bei Rouen 53·81, bezw. 71·45 vH Quarz, dafür aber 34·48, bezw. 24·66 vH Kalk enthält.[2]) Der Abschliff, den Bauholz durch darüber wanderndes Geschiebe erleidet beträgt nach Stiny etwa 2 cm in 20 Jahren. Änderungen der Strömungsrichtung des Wassers rufen infolge der auftretenden Wirbel Entmischungen und Sortierungen hervor. Bei jeder Sandbank lagert sich am Grunde das größte, in den oberen Schichten das feinste Geschiebe. Die Geschiebecharakteristik, die an der Sohle zum Beispiel 0·14 beträgt, stellt sich in den oberen Schichten auf etwa 0·05. Die Geschiebe- und Sinkstoffbewegung hängt in Flußläufen davon ab, ob es sich um Geschiebe handelt, das gleitend oder kollernd an der Sohle weiter geschleppt wird, oder um Sinkstoffe, die im fließenden Wasser schwebend mitgenommen werden. Ist G der Geschiebetrieb, Q die Durchflußmenge eines Flußlaufes, Q_0 jene Grenzdurchflußmenge, bei der das Geschiebe noch ruht, so ist

$$G = C(Q - Q_0).$$

Für die Mur ist bei Frohnleiten $G = 130\,000$ m³/Jahr, $Q - Q_0 = 688$ Mill. m³/Jahr, daher $C = 0{\cdot}00019$. Der Sinkstoffgehalt nimmt mit zunehmender Wassertiefe zu, ist zum Beispiel nach Humphreys und Abbot im Mississippi an der Sohle um 6 vH größer, als an der Oberfläche. Die kritische Geschwindigkeit, bei der weder Schlamm abgelagert noch aufgewirbelt wird, stellt sich nach Kennedy auf $C = mH^n$ mit H als Tiefe des Wasserlaufes. Für den Punjabfluß in Indien erhielt er $m = 1{\cdot}8$, $n = 0{\cdot}64$. Der größte Sinkstoffbetrieb stellt sich bei steigendem Wasser ein, wodurch die Geschiebecharakteristik bei steigendem und fallendem Wasser Veränderungen erleidet. Geschiebe- und Sinkstoffbetrieb drücken die Wassergeschwindigkeit um 25, ja sogar 44 vH herab. Bei jedem Wasserbau tritt sofort nach der Einstauung eine Änderung der Sohlenlage im Staubereich auf, die aber nicht überall gleich groß ist. So betrug die Stärke der Ablagerung im Lakelifeflusse bei Bombay in den Jahren 1878 und 1879 an der Staumauer 46 und 15, am Einlauf 236 und 81 mm. Der Staubeginn muß hierdurch immer weiter flußaufwärts rücken. Während der Periode der Anlandung des Staubereiches fließt andererseits das Wasser über das Wehr geschiebefrei ab, es reichert sich erst in der Entnahmestrecke wieder an, wodurch hier Eintiefungen, sogenannte Auskolkungen entstehen können. Eine Bedachtnahme auf all diese Erscheinungen führt zu vollständig neuen, oft grundlegend ändernden Anschauungen über die richtige Anlage der Wasserbauten von Wasserkraftwerken, so daß zum Beispiel die in der Literatur zu findende Regel, daß der Einlaufquerschnitt für Geschwindigkeiten zwischen 0·5 und 1·5 m/s zu wählen ist, höchstens als erster Ansatz zu werten ist. Der Verfasser behandelt noch die Wahl der Entnahmestelle eines Wasserkraftwerkes, die Festlegung der Höhenlage der Einlaufschwelle, die Bemessung des Einlaufquerschnittes, der Einfluß von Tauchwand, Vorpritsche und Grobrechen, die Wahl der Grundrißform des Einlaufwerkes, die Sohlenausbildung unterhalb der Stauwerke usw. unter Bedachtnahme auf die Geschiebebewegung, wobei sowohl Studien an der Mur zwischen Bruck und Graz, als auch Modellversuche die Unterlagen boten. Bei einem Modellmaßstabe $1 : n$ waren hierbei nach den bekannten Modellregeln[1]) die Geschwindigkeiten wie $1 : \sqrt{n}$, die Wassermengen wie $1 : \sqrt{n^5}$ zu wählen. Dr. Baudisch.

[1]) Nach dem gleichnamigen Werke von Dr. A. Schoklitsch, o. ö. Professor des Wasserbaues an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn, 108 Seiten, 16 × 24 cm, mit 124 Abb. im Text, Wien 1926, Verlag von J. Springer, Preis brosch S 14·80, geb. S 17·35.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 158.

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 279; 1925, Seite 337.

Digitized by Google

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Feldverteilung in Gleichstrommaschinen und ihre Anwendung auf das Studium der Kommutierung. R. Mayeur. An dem Beispiel einer genau definierten Maschinentype wird die Feldverteilung längs des Ankerumfanges bestimmt und zwar mit Hilfe der graphischen Methode von Lehmann[1]), die bekanntlich darin besteht, ein Netz von Äquipotentiallinien und Kraftlinien derart über den Maschinenquerschnitt zu verteilen, daß bei den dadurch gebildeten Vierecken die Abschnitte der einen Kurvenschar im gleichen Verhältnis zu denen der anderen Schar stehen. Diese Methode wird — unter vorläufiger Vernachlässigung der Eisenwege — getrennt für Anker-, Hilfs- und Hauptfeld und zwar jeweils für zwei Stellungen des Ankers (Zahnmitte, bezw. Nutmitte in Koinzidenz mit der Hilfspolachse) angewendet und durch Summation der einzelnen Feldkurven die Verteilung des resultierenden Feldes gefunden. In anderem Maßstabe bedeutet letztere Kurve die Änderung der Lamellenspannung längs des Umfanges im Falle einer Durchmesserwicklung. Bei Annahme einer Sehnenwicklung sind die der Lage der beiden Spulenseiten entsprechenden Ordinaten zu summieren, um die jeweilige Potentialdifferenz zwischen benachbarten Lamellen zu finden. Untersucht wird nun der Einfluß verschiedener Hilfsfelderregungen, Veränderung der Größe Z, das ist das Verhältnis der reinen Kommutierungs-Amperewindungen (Differenz der Hilfspol- und Anker-AW) zu den Amperewindungen des Ankers, weiters der Einfluß der Last, sowie der Hauptfelderregung auf die Größe der Lamellenspannung an einzelnen Stellen der neutralen Zone — denn das ist ja nur von Interesse — und festgestellt, daß bei Vorhandensein mehrerer Spulen je Nut die induzierten Spannungen während der einzelnen Kommutierungen nicht für alle identisch sind, da sie ja nicht an der gleichen Stelle des Ankers befindlich sind, wenn sie zur Kommutierung gelangen. Um das Hilfsfeld-Kupfer richtig auszunützen und günstige Kommutierungsbedingungen für alle Spulen zu erhalten, erscheint es nötig, daß die induzierten Spannungen der Spulen einer Nut gleich hoch sind. Durch Veränderung obiger Größen, sowie durch Formgebung von Wendepolen und Hauptpolen läßt sich dies erzielen. Nachträglich wird mit Rücksicht auf die Sättigung das Ergebnis korrigiert, die davon herrührende Erschwerung der Stromwendung bei Überlast erörtert, andererseits aber vermerkt, daß die Lamellenspannung infolge der Sättigung in gewissen Grenzen gehalten wird, was hinsichtlich der Gefahr von Überschlägen zwischen den Lamellen und von Rundfeuer von Vorteil ist.

Für die Auslegung der Hilfspolwicklung wird die bekannte Beziehung

$$e_2 - e_1 = r\,i + l\frac{di}{dt} + \varepsilon$$

herangezogen, wobei die Bürstenüberdeckung nur eine Lamelle betragen soll. Unter e_1, e_2 sind die Potentialdifferenzen zwischen Bürste und ablaufendem, bezw. auflaufendem Segment, unter i der Strom, r der Widerstand und unter ε die EMK der kommutierenden Windung zu verstehen. Der totale Induktionskoeffizient l, der gleichfalls nach der Methode von Lehmann berechnet wird, ist als Summe von Selbst- und gegenseitigem Induktionskoeffizienten der zwei gleichzeitig kurzgeschlossenen Spulen aufgefaßt. Schließlich wird noch der Wert ε der induzierten EMK mit Rücksicht auf das Eigenfeld der kommutierenden Windung und unter dem Einfluß des Feldes der Wickelköpfe korrigiert. Um die Verwendung obiger Differentialgleichung zu ermöglichen, müssen die charakteristischen Kurven der verwendeten Bürste unter den vorliegenden Verhältnissen bekannt sein, das heißt die Beziehungen: Abreißstromstärke λ in Abhängigkeit der induzierten EMK bei verschiedenen Ankerströmen. Diese Kurven können nach einer früheren Arbeit des gleichen Verfassers[2]) nach der dort angegebenen Methode ohne Schwierigkeit gefunden werden. Es ist hiebei nicht nötig, die erforderlichen EMKe für den betreffenden Strom und $\lambda = o$ zu wählen, da je nach der Qualität der Bürste auch bei einer Abreißstromstärke von 1 bis 6 A je cm Bürstenbreite die Stromwendung praktisch noch funkenfrei verläuft. Aus der noch zugelassenen Abreißstromstärke wird für den gewünschten Ankerstrom die zu induzierende Spannung ε bestimmt, die von den Kommutierungs-Amperewindungen aufzubringen ist. Ist eine hinsichtlich der Abreißstromstärke λ nötige Verbreiterung der Bürste in der Achsrichtung aus ökonomischen oder mechanischen Gründen nicht möglich, so ist eine größere Lamellenüberdeckung zu wählen, was wieder wegen der längeren Kommutierungsdauer und der Wirkung der gegenseitigen Induktion begünstigend auf die Stromwendung wirkt. St. Schw.

(Rév. gén. Electr., Bd. 20, Heft 1, 2, 1926.)

Schutz elektrischer Maschinen gegen Verbrennung. F. Liebscher. Bei Maschinen mit Ringlaufkühlung empfiehlt sich als Schutz gegen Generatorbrände die Einführung eines unwirksamen Gases, Kohlensäure[1]) oder Stickstoffes. Die Gase selbst als Kühlmittel zu verwenden, wurde noch nicht versucht, da Undichtheiten schwer zu vermeiden sind und Kohlensäure nur eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzt. Verbrennungsversuche an verschiedenen Isolierstoffen in strömender Luft wurden von den SSW ausgeführt und der minimale Sauerstoffgehalt für selbständige Verbrennung zu 14 bis 15 vH (statt 21 vH in Luft) festgestellt, das heißt nach Verbrennung von ein Drittel des Sauerstoffvolumens konnte nur mehr ein bestehender Lichtbogen Verbrennung weiter erhalten. Die Ergebnisse waren für alle verwendeten Isolierstoffe ziemlich gleich, was ja aus ihrer chemisch gleichen Beschaffenheit verständlich ist. In 1 m³ Luft verbrannten etwa 90 bis 120 g. Eine Anreicherung der Luft durch ein unwirksames Gas, um den Sauerstoff-Gehalt auf den gewünschten Wert herabzudrücken, ergibt bei Verwendung von Kohlensäure wie von Stickstoff dasselbe Resultat. Zur Unterbindung selbständiger Verbrennung ist ein Gasgehalt von 33·33 vH im Gas-Luftgemisch nötig oder, wie sich leicht zeigen läßt, die Einführung eines Gasvolumens von der Hälfte des dem Luftkreislauf zur Verfügung stehenden Raumes. Die Strömungsgeschwindigkeit war hiebei geringer als im Betriebsfall, was insofern eine härtere Probe darstellt, als die kühlende Wirkung der unverbrennbaren Teile verringert ist. Eine Vergrößerung der Geschwindigkeit vermindert die nötige Gasmenge. Die Versuche wurden in einem Verbrennungsgefäß mit elektrischer Lichtbogenzündung durchgeführt, wobei mit diesem ein Zusatzgefäß in Verbindung stand, in welchem ein Lüfter das Gasgemisch in Umlauf hielt. An einer bestehenden Brandschutzanlage, wo eine Verbrennung von Isolierstoffen unstatthaft ist, kann zum Vergleich eine Azetylenflamme für die Löschversuche verwendet werden, da diese erst bei 10 vH O_2 kein selbständiges Brennen mehr unterhält und daher das Verlöschen des Azetylens sichere Gewähr für die Güte der Löscheinrichtung bietet. Im Betrieb muß die Verminderung des Sauerstoffgehaltes so rasch vor sich gehen, daß keine nennenswerte Verbrennung vorher eintritt. Kohlensäure, in flüssigem Zustand in den Generator eingespritzt, erfüllt diese Bedingung und besitzt außerdem kräftige Kühlwirkung durch Entziehung der Verdampfungswärme, doch besteht die Gefahr des Einfrierens infolge der starken Volumsvergrößerung. Man ist heute in der Lage, durch Verwendung gleichbleibender Querschnitte in der Zuleitung und besonderer Ausbildung der Ventile (Reißventile) das zu verhindern. Für 100 m³ Raum benötigt man 50 m³ CO_2, das bei 15° und 75 at Druck 90 kg Gewicht repräsentiert und etwa in fünf Stahlflaschen zu je 20 kg aufbewahrt werden kann. Stickstoff dagegen ist wegen seines niedereren kritischen Punktes in gasförmigem Zustand aufzubewahren und nimmt daher bei 75 at den 6 fachen Raum gegenüber Kohlensäure ein. Um die nötige Gasmenge möglichst klein zu halten, verringert man den Luftraum durch automatisch

[1]) Vgl. Lumière él. vom 23. Oktober 1909; E. u. M. 1909, S. 1082.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 669.

[1]) Vgl. E u. M. 1922, S. 484; 1926, TWN, S. 172.

Digitized by Google

gleichzeitig mit der Kurzschluß- und Brandschutzeinrichtung betätigte Klappen, durch die die Maschine gegen die übrige Kühlanlage abgeschlossen wird. Bleibt bei Kurzschluß infolge verspäteter Aberregung der Lichtbogen einige Zeit bestehen, so wird die Brandstelle derart erwärmt, daß trotz der kühlenden Wirkung des Luft-Gasgemisches ein Nachglimmen (ohne selbständige Verbrennung) eintreten kann, was bei Undichtheiten und Nachströmen von Luftsauerstoff eine Neuzündung bewirkt. Aus diesem Grunde ist es notwendig, den Sauerstoffgehalt durch 10 bis 20 min auf 15 vH zu halten. Eine weitere Bedingung ist Unschädlichkeit der Gase, was bei Kohlensäure und Stickstoff erfüllt ist, da eine Bildung von Salpetersäure aus Luftstickstoff im Lichtbogen höhere Spannung und größere Elektrodenentfernung voraussetzt, als es bei einem Kurzschlußlichtbogen der Fall ist. Dagegen ist CO_2 aus oberwähnten Gründen gegen Stickstoff zu bevorzugen, ferner auch wegen des geringeren Preises und der leichteren Beschaffungsmöglichkeit. St. Schw.

(Siemens-Zeitschrift, 6. Jahrg., Heft 9.)

Elektrische Meßkunde.

Beiträge zur Transformatorenprüfung. Lindley Thompson und H. Walmsley. Die Sicherheit, daß Transformatoren die verlangten Eigenschaften auch wirklich besitzen, läßt sich nur durch eingehende Kontrollmessungen nach Fertigstellung erreichen. Hierbei wird heute in steigendem Maße die Forderung nach Genauigkeit erhoben. Diese findet in den Besprechungen verschiedener, praktisch erprobter Meßmethoden durch die Autoren eine besondere Berücksichtigung.

Für die Messung des Übersetzungsverhältnisses, mit der nach der Austrocknung des Transformators zweckmäßig begonnen wird, da hier ein abweichender Wert am schwersten ins Gewicht fällt, wird folgende Methode vorgeschlagen. Parallel zur Oberspannungswicklung liegt ein Wirkwiderstand R, der auf Grund der angelegten Wechselspannung den Strom I führe. Die Unterspannungswicklung liegt an einem Teil r des Widerstandes R und wird durch entsprechende Wahl von r stromlos gemacht. Dann ist Ir die in dieser Wicklung induzierte Spannung und R/r das Übersetzungsverhältnis des Transformators. Die Stromlosigkeit kann hier sehr genau mittels Wattmeters eingestellt werden, dessen feste Spule am Widerstand R und dessen bewegliche Spule in Serie mit der Unterspannungswicklung und dem Widerstande r liegt. Da sonst nur noch die Kenntnis zweier Widerstände erforderlich ist, ergibt diese Methode bei aller Einfachheit offenbar genauere Werte, als die der Spannungsmessung mittels zweier Voltmeter oder die mittels Vergleiches mit einem Prüftransformator.

Bei der Messung der Eisenverluste wird auf die Wichtigkeit der Verwendung von Wattmetern für kleinen Leistungsfaktor hingewiesen, da sich sonst bei den hier in Betracht kommenden Werten zwischen 0·06 und 0·2 leicht Ungenauigkeiten ergeben können; insbesondere bei der Dreiwattmetermethode ist dies der Fall. Große Bedeutung kommt der Berücksichtigung des Formfaktors zu. Die Abhängigkeit des Hysteresisverlustes von diesem wird durch folgende Tabelle angezeigt:

Formfaktor	1·0	1·05	1·11	1·15	1·2	1·3	1·4
Relativer Hysteresis-Verlust	118	109	100	94·5	88·2	77·6	69·3

Die Messung des Formfaktors ist daher bei größerer Genauigkeit unerläßlich. Hierfür wird eine einfache Methode angegeben. Die Effektivspannung wird mittels Voltmeters gemessen, außerdem werden mittels zwei oder vier Glühkathodenröhren die negativen Teile der Wechselspannungskurve durch Gleichrichtung formgetreu (geradlinige Charakteristik der Röhren ist hierzu erforderlich) positiv gemacht und nunmehr der lineare Mittelwert mittels Milliamperemeters gemessen, (ein Weg, auf dem sich auch ein den Formfaktor direkt anzeigendes Instrument ausführen ließe). Die Genauigkeit dieser Methode wird auf 0·5 vH geschätzt. Für die Trennung der Eisenverluste in Hysteresis- und Wirbelstromverluste gibt es mehrere Verfahren, von denen als bestes dasjenige bezeichnet wird, in welchem die Werte $\frac{\text{Verlust}}{\text{Frequenz}}$ ermittelt und als Ordinate gegenüber der Frequenz als Abszisse aufgetragen werden. Diese Funktion muß in guter Annäherung eine Gerade sein, die auf der Ordinatenachse eine bestimmte Strecke abschneidet. Das Verhältnis dieser Strecke zur Ordinate bei einer bestimmten Frequenz gibt das Verhältnis des Hysteresisverlustes zum Gesamtverlust im Eisen an. Wird der Hysteresisverlust bei einem Formfaktor f ermittelt, so ist zur Reduktion auf die reine Sinusspannung der gemessene Hysteresisverlust mit dem Faktor $(f/1{\cdot}11)^{1{\cdot}6}$ zu multiplizieren. Der Exponent 1·6 ist nicht ganz sicher; es werden auch abweichende Werte 1·68 oder auch 2, angegeben. Zwei Beispiele korrekter Eisenverlust-Ermittlung werden gegeben:

Transformatorentype . . .	7500 kVA, Einphasen-Mantel-type, 33 000/5500 V	7833 kVA, Einphasen-Mantel-type, 136 000/6600 V
Per/s	25	50
Formfaktor der Prüfspannung	1·4	1·25
Berechneter Eisenverlust in Watt	24000 ($f=1{\cdot}11$)	32 000
Gemessener Eisenverlust in Watt	17850 ($f=1{\cdot}4$)	27 750
Die Verlusttrennung ergibt Hysteresisverlust-Anteil, vH	80·9	76·1
Wirbelstromverlust-Anteil, vH	19·1	23·9
Hysteresisverlust-Anteil, reduziert auf $f=1{\cdot}11$, vH	116·31	92
Gesamter reduzierter Verlust in Watt	24 200	32 150
Hysteresisverlust-Anteil, reduziert, vH	86	79·4
Wirbelstromverlust-Anteil, reduziert, vH	14	20·6

Eine andere bequemere Methode zur Berücksichtigung des Formfaktors besteht in der Verwendung eines Eisenverlust-Voltmeters, eines Instrumentes, daß eine dem betreffenden Formfaktor in seiner Wirkung äquivalente Voltzahl anzeigt. Dieses bei der American Westinghouse Co. und General Electric Co. in Verwendung stehende Meßgerät besteht aus einem Wattmeter, das dauernd den Verlust in einem dem Instrument beigegebenen Transformator mißt und diesen mit den zu messenden Wattverlusten bei verschiedenen Spannungen in Vergleich bringt; die Skala ist in Volt geeicht und für reine Sinuswellen abgestimmt. Der Wirbelstromverlust vermindert sich bei Erwärmung des Eisens entsprechend einem Widerstandstemperatur-Koeffizienten von 0·00077 zwischen 20° und 100° C. Die Kupferverluste werden bei Kurzschluß, wie die Eisenverluste mittels für geringen Leistungsfaktor geeigneten Wattmeters gemessen. Die Teilung des gesamten Kupferverlustes in den Ohmschen Verlust und den Verlust durch Kupferwirbelströme kann durch rechnerische Ermittlung des ersteren oder durch Auftragen der Kurve Kupfer-Verlust als Ordinate gegen das Quadrat der Frequenz als Abszisse erfolgen; im letzteren Falle gibt die Strecke, die die Gerade auf der Ordinatenachse abschneidet den Ohmschen Kupferverlust an. Mit zunehmender Temperatur steigt der Ohmsche Verlust und fällt der Wirbelstromverlust. Die Korrektionsformeln, durch welche die auf die $T°$ bezogenen Verluste erhalten werden, lauten, wenn $T_p°$ die Prüftemperatur bedeutet.

$$\frac{\text{Ohmscher Verlust bei } T°}{\text{Ohmscher Verlust bei } T_p°} = \frac{234{\cdot}5 + T°}{234{\cdot}5 + T_p°},$$

$$\frac{\text{Wirbelstromverlust bei } T°}{\text{Wirbelstromverlust bei } T_p°} = \frac{234{\cdot}5 + T_p°}{234{\cdot}5 + T°}.$$

Zur Ermittlung des Wirkwiderstandes der Wicklungen wird als geeignetste die indirekte Methode

Digitized by Google

der Messung der angelegten Gleichspannung und des Gleichstromes mit Präzisionsinstrumenten angegeben, die im vorliegenden Falle den Brückenmethoden überlegen ist.

Die Öltrocknung durch Zentrifugieren ist jeder anderen Methode überlegen. Die Durchschlagsprobe soll bei 50 Per/s erfolgen; bei höheren Frequenzen fällt die Durchschlagsfestigkeit etwas. Die Öltemperatur hat nur geringen Einfluß. Die mitabgedruckte umfangreiche Diskussion über die Besprechung gibt einen guten Einblick in den heutigen Stand der Transformatorenprüfung.

K.-M.

(Journ. Inst. Electr. Eng., London, Bd. 64, Nr. 353, 1926.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. t

Das Problem des Kugelkondensators behandelt A. Russel. Sind a und b die Radien zweier konzentrischer Kugelflächen, so ist die Kapazität des Systems gleich $k \cdot a\,b/(a-b)$ (k = Dielektrizitätskonstante). Der Kugelkondensator kann also mit Vorteil zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten, oder auch der nach derselben Formel zu berechnenden Wärmeleitfähigkeit verwendet werden. Die Formel setzt aber vollkommen konzentrische Kugeln voraus; eine Forderung, die nicht immer genau erfüllt werden kann. Andererseits verwendet die Hochspannungstechnik zu Meßzwecken häufig Kugelfunkenstrecken, deren Kapazität, Höchstfeldstärke usw. auf die entsprechenden Größen eines hohlen Kugelkondensators zurückgeführt werden können[1]). Formeln für exzentrische Kugelkondensatoren bilden daher ein Bedürfnis der Technik, insbesonders, wenn sie, wie die des Verfassers, zu ihrer Berechnung und Ableitung bis zu beliebiger Genauigkeit nur der Elementarmathematik bedürfen. Sind b_0 und b_1 die Radien zweier Kugelflächen und c ihr Mittelpunktsabstand, so soll $K(b_0, b_1, c)$, ihre gegenseitige Kapazität bezeichnen. Bei einem konzentrischen Kondensator ist $c = 0$. Es werden nun konzentrische Kugelflächen mit den Radien b_0, b_1, $b_2 = b_1^2/b_0$, $b_3 = b_2^2/b_1 = b_1^3/b_0^2$ usw. angenommen. Der Verfasser nennt die Kugel b_2 invers zu b_0 und b_3 invers zu b_1 usw. Dann ist mit Luftleere als Dielektrikum:

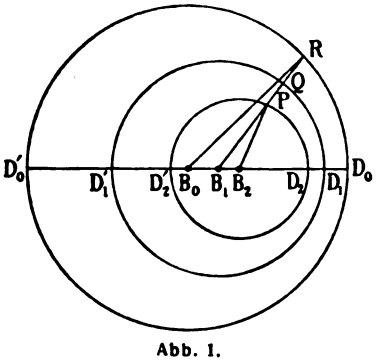


Abb. 1.

$$K(b_0, b_1, c) = b_0 b_1/(b_0 - b_1) = b_1 + b_1^2/b_0 + b_1^3/b_0^2 + \ldots = b_1 + b_2 + b_3 + \ldots \quad (1)$$

und allgemein:

$$K(b_{n-1}, b_n, 0) = b_n + K(b_n, b_{n+1}, 0) \quad (2)$$

wobei die Radien $b_1, b_2, b_3 \ldots$ eine geometrische Reihe mit dem Quotienten b_1/b_0 bilden, von der nur wenige Glieder zu berechnen sind, wenn dieser Quotient klein ist. Mit den Radien in cm erhält man die Kapazität in elektrostatischen Einheiten. Die höchste Feldstärke ist, wenn V die Spannung zwischen b_0 und b_1 bezeichnet: $E_{max} = V \cdot K(b_0, b_1, c)/b_1^2 = V/b_1 + b_2 V/b_1^2 + b_3 V/b_1^3 + \ldots$ (3). Ist V in Volt und $b_1, b_2, b_3 \ldots$ in cm gegeben, so erhält man E_{max} in V/cm.

Nimmt man zwei sich exzentrisch einschließende Kugeln mit den Radien b_0 und b_1 und den Mittelpunkten B_0 und B_1, zieht von B_1 aus einen beliebigen Strahl $B_1 QR$ (Abb. 1) und wählt auf diesem den Punkt P so, daß $B_1 P \cdot B_1 R = (B_1 Q)^2$ ist, so ist der geometrische Ort aller Punkte P eine Kugel vom Radius $b_2 = b_0 b_1^2/(b_0^2 - c_1^2)$, worin $c_1 = B_0 B_1$ ist. Es ist dann:

$$B_1 B_2 = c_2 = c_1 b_1^2/(b_0^2 - c_1^2) \quad (8)$$

und:

$$b_1^2 = (b_0 - c_1)(b_2 + c_2) = (b_0 + c_1)(b_2 - c_2) \quad (9),$$

wodurch Mittelpunkt und Radius der zu b_0 inversen Kugel bestimmt sind. Durch analoge Wiederholung, wie im konzentrischen Fall, erhält man:

$$b_{n-1}^2 = (b_{n-2} - c_{n-1})(b_n + c_n) = (b_{n-2} + c_{n-1})(b_n - c_n) \quad (10)$$

und durch Ausführung der Multiplikation und weitere Umformungen mit $\lambda = (b_0^2 + b_1^2 - c_1^2)/b_0 b_1$:

$$c_n = b_n c_{n-1}/b_{n-2} = b_n b_{n-1} \cdot c_1/b_1 b_0 \quad (11) \text{ und } (12),$$

$$1/b_n + \lambda/b_{n-1} = 1/b_{n-2} \quad (13),$$

womit man b_3, b_4 usw. nacheinander leicht berechnen kann. Der Verfasser beweist zunächst, daß das ganze System der inversen Kugeln durch eine Kugel, deren Mittelpunkt außerhalb liegt, unter rechten Winkeln geschnitten wird, berechnet Radius und Mittelpunkt dieser Kugel und ferner die Formeln:

$$x_n/b_n = \lambda \cdot x_{n-1}/b_{n-1} - x_{n-2}/b_{n-2}$$

und

$$b_{n-1}/b_n = b_0 b_1/(b_0^2 - c_1 x_n) \quad (17) \text{ und } (18),$$

worin $x_n = B_0 B_n = c_1 + c_2 + c_3 + \ldots + c_n$ ist. Schließlich wird auf ziemlich elementarem Wege mit Hilfe der elektrischen Bilder nach Kelvin und der Potentialbeziehung von Poisson für den Fall, daß auf der äußeren Kugel das Potential 0 und auf der inneren Kugel das Potential V herrscht, das Potential in B_1:

$$q/b_1 = V \cdot (b_1 + b_2 + b_3 + \ldots)/b_1,$$

(q = Ladung der inneren Kugel)

und hieraus die Kapazitätsformel:

$$K(b_0, b_1, c_1) = b_1 + b_2 + b_3 + \ldots \quad (26)$$

abgeleitet. Bei großem λ führt die Berechnung der b rasch zum Ziele, ist jedoch mühsamer, wenn λ klein ist. Man macht dann Gebrauch von der Gleichung:

$$K(b_0, b_1, c_1) = b_1 + b_2 + \ldots b_n + K(b_n, b_{n+1}, c_{n+1}) \quad (29),$$

worin c_{n+1} sich aus Gl. (12) ergibt, und benützt die Beziehung

$$K(m\,a, m\,b, m\,c) = m \cdot K(a, b, c)$$

indem man schreibt:

$$K(b_n, b_{n-1}, c_{n-1}) = (b_0 b_1/b_n b_{n-1}) \cdot K(b_0 b_1/b_{n-1}, b_0 b_1/b_n, c_1).$$

Ist der Kondensator auf der rechten Seite der Gleichung nur mehr geringfügig exzentrisch, so kann man seine Kapazität einfach nach der Formel für zentrische Kondensatoren berechnen. $K(b_0, b_1, c)$ liegt ferner zwischen der oberen Grenze:

$$b_1 + b_2 + \ldots + b_{n-1} + 1/2\, b_n \cdot [1 + \sqrt{(\lambda+2)/(\lambda-2)}] \quad (30)$$

und der unteren Grenze:

$$b_1 + b_2 + \ldots + b_{n-1} + b_n b_{n-1}/(b_{n-1} - b_n) \quad (31).$$

Die Kraftwirkung auf die innere Kugel. Die potentielle Energie des Systems ist

$$W = q^2/2\, K(b_0, b_1, c_1).$$

Wird q konstant gehalten und c_1 um dc_1 vergrößert, so ist die Kraftwirkung F:

$$F = -dW/dc_1 = \{q^2/2\,[K(b_0, b_1, c_1)]^2\} \cdot d[K(b_0, b_1, c_1)]/dc_1 = 1/2\, V^2 \cdot K'(b_0, b_1, c_1);$$

und annähernd nach (31):

$$K'(b_0, b_1, c_1) = b_2' + b_3' + \ldots + b_{n-1}' + (b_n'/b_n^2 - b_{n-1}'/b_{n-1}^2)/(1/b_n - 1/b_{n-1}) \quad (36),$$

worin $b_1'/b_1^2 = 0$; $b_2'/b_2^2 = 2c_1/b_0 b_1^2$ und

$$b_n'/b_n^2 = \lambda \cdot b_{n-1}'/b_{n-1}^2 + 2c_1/b_0 b_1 b_{n-1} - b_{n-2}'/b_{n-2}^2 \text{ ist.}$$

Sind q und V in elektrostatischen Einheiten gegeben und die Längen in cm, so erhält man F in Dyn. Ist V in Volt gegeben, so muß man durch Division mit 300 auf elektrostatisches Maß reduzieren. Ist q in Coulomb gegeben, so muß man seinen Betrag mit $3 \cdot 10^9$ multiplizieren. Der

[1]) A. Russel, „The Capacity Coefficients of spherical Conductors", Proc. Roy. Soc. A. 1920, 97, 160 und Journ. of the I. E. E., 1912, 48, 257.

Digitized by Google

Höchstwert der Feldstärke an der inneren Kugel tritt an der Stelle auf, wo die Kugeln den kleinsten Abstand besitzen; der **Mindestwert** an der entgegengesetzten Stelle. Er wird nach der bekannten Methode der elektrischen Bilder nach **Kelvin** berechnet. Man erhält:

$$E_{max} = (V/b_1)\{1 + b_2(b_1 + d_2)/(b_1 - d_2) + + b_3(b_1 + d_3)(b_1 - d_3) + \ldots\} \quad (44),$$

$$E_{min} = (V/b_1)\cdot\{1 + b_2(b_1 - d_2)/(b_1 + d_2) + + b_3(b_1 - d_3)/(b_1 + d_3) + \ldots\} \quad (45),$$

worin $d_n = c_2 + c_3 + \ldots c_n$ ist. Sehr rasch konvergieren die Formeln:

$$E_{max} = (V/b_1)\cdot\{1 + b_0 b_1 [b_0^2 - c_1(c_1 - b_1)]/[b_0^2 - c_1(c_1 + b_1)]^2 + e^{\omega}[(1 + e^{-\beta})^2/(1 - e^{-\beta})][e^{-\omega}/(1 - e^{-\omega}) - - 3e^{-3\omega}e^{-(\beta+2\omega)}/(1 - e^{-3\omega}) + + 5e^{-5\omega}e^{-2(\beta+2\omega)}/(1 - e^{-5\omega}) - \ldots]\} \quad (57),$$

$$E_{min} = (V/b_1)\{1 + b_0 b_1 [b_1^2 - c_1(c_1 + b_1)]/[b_0^2 - c_1(c_1 - b_1)]^2 + e^{-\omega}[(1 - e^{-\beta})^2/(1 + e^{-\beta})]\cdot[e^{-\omega}/(1 - e^{-\omega}) + + 3e^{-3\omega}e^{-(\beta+2\omega)}/(1 - e^{-3\omega}) + + 5e^{-5\omega}e^{-2(\beta+2\omega)}/(1 - e^{-5\omega}) + \ldots]\} \quad (58),$$

worin β und ω durch $\cosh\beta = (b_0^2 - b_1^2 - c_1^2)/2b_1c_1$ und $\cosh\omega = {}^1/_2\lambda$ gegeben sind. R. H.

(Journ. of the I. E. E., London, 1926, 64, 727.)

Der Einfluß der Achsendrehung der Erde auf die Flüsse wird von Prof. A. **Ludin**, Berlin, in der Schrägstellung des Spiegels in einem in meridionaler Richtung fließenden Strome gefunden. Der Neigungswinkel ψ dieser Schrägstellung ist durch

$$\operatorname{tg}\psi = 2\frac{w}{g}v\sin\varphi$$

gegeben, soferne $w = \frac{1}{13750}$ die Winkelgeschwindigkeit der Erde, bezogen auf den Sterntag, v die Strömungsgeschwindigkeit im Flußlaufe und φ die geographische Breite der Meßstelle ist. Diese Schrägstellung träte nur bei durchwegs gleicher Strömungsgeschwindigkeit im Meßprofil auf. In Wirklichkeit führt der Einfluß der Achsendrehung der Erde zu einer Schraubenbewegung des Wassers im Flusse. Als Vergleichsmaßstab ergibt sich vorteilhaft jener Krümmungsradius ϱ des Flußlaufes, welcher dieselbe Schrägstellung bei ruhend gedachter Kreisbahn hervorrufen würde. Es ist

$$\varrho = \frac{v\cdot R}{2u\sin\varphi},$$

wobei $u = 463$ m/s die Umfangsgeschwindigkeit der Erde am Äquator, R der Erdhalbmesser ist. Die Werte ϱ stellen sich, wie folgt, in m:

φ	0°	30°	60°	90°
$v = 0{\cdot}5$ m/s	∞	6875	5950	3438
$v = 1$ m/s	∞	13750	11900	6875
$v = 1{\cdot}5$ m/s	∞	20625	17850	10313

β.

(Die Wasserkraft, 21. Jahrg., Heft 18, 1926.)

Patentbericht.

Sicherungseinrichtungen für Maschinen, Apparate und Leitungsnetze.

(Fortsetzung aus Heft 6, Seite 118.)

Beim Ansprechen von Überspannungsschutzvorrichtungen kommt es vor, daß auch nach Beseitigung der Störung dauernd Strom aus dem Netz zur Erde fließt. Da solche Schutzvorrichtungen ihrer festen Bauart wegen oft äußerlich ganz unversehrt bleiben, machen sie den Eindruck voller Betriebsfähigkeit, obwohl der durch sie zu schützende Apparat ohne jeden Schutz ist. Die Auffindung derartiger unbrauchbarer Schutzvorrichtungen ist sehr mühevoll und kostspielig. Gemäß einer Erfindung der S S W in Berlin werden diese Nachteile dadurch beseitigt, daß die Schutzvorrichtung in einem Isolator angebracht ist und auf dessen Boden ruht, der mit dem Hauptkörper durch eine dünne Wand verbunden ist, die bei Erwärmung der Schutzvorrichtung infolge ungleicher Wärmeaufnahme des Bodens gegenüber dem Hauptteil abbricht. Die Erdleitung ist mit dem Boden des Isolators verbunden und fällt bei Unbrauchbarkeit der Schutzvorrichtung mit dem Boden vom Isolator ab, wodurch die Fehlerhaftigkeit der Schutzvorrichtung leicht zu erkennen ist.

(D. R. P. Nr. 431173.)

Um die nutzlos ausgestrahlte und abgeleitete Energie an als Überspannungsschutz verwendeten Glimmentladungsstrecken nutzbringend zu verwerten, werden nach einer Erfindung der Firma **Metallbank und Metallurgische Gesellschaft A.-G.** in Frankfurt a. M. die mit Hochspannung geladenen Sprüh- und Ausströmelektroden der bekannten elektrischen Gasreiniger als Glimmenladungsstrecke zum Zweck des Überspannungsschutzes benutzt. Die Ausströmelektroden, die bisher durch besondere Zuleitungen mit hochgespanntem Gleich-, Wechsel- oder Drehstrom gespeist wurden, sind nunmehr unmittelbar in den zu schützenden Stromkreis, zum Beispiel zwischen Kraftwerk und Kabel- oder Freileitungsnetz gelegt. Man kann bei mehreren Phasen in jede Phase einen Gasreiniger mit als Glimmstrecke wirkenden Ausströmelektroden einschalten. Handelt es sich um einen Gasreiniger, der mit Drehstrom nach dem Prinzip des elektrostatischen Drehfeldes betrieben wird, so werden erfindungsgemäß die an den drei Phasen liegenden Ausströmelektroden in das Dreiphasennetz eingeschaltet.

(D. R. P. Nr. 429790.)

Durch eine Erfindung der Firma **Dr. Paul Meyer Akt.-Ges.** in Berlin wird die Wirkung des bekannten **Glimmschutzes**[1]) mit zwei durch eine Luftstrecke und einen festen Isolator getrennten Elektroden dadurch ganz wesentlich verbessert, daß in das Feld zwischen den beiden Elektroden eine leitende Schicht angebracht wird. Die Wirkung der leitenden Zwischenschicht (Zwischenelektrode) kann dadurch erhöht werden, daß man für sie ein Material mit hohen Jouleschen, Hysteresis- und Wirbelstromverlusten wählt, so daß beim Auftreffen der Stromfäden große Energieverluste durch Umsetzung in Wärme entstehen. Zweckmäßigerweise wird die Zwischenelektrode als Schirm ausgebildet, dem ein anderer Schirmkörper jenseits des Isolierkörpers gegenübersteht, wodurch eine Beschädigung des letzteren durch Randüberschläge verhindert werden soll. Erhalten diese Schirme genügenden Widerstand, so vermögen sie beim Überschlagen eines Lichtbogens den nachfolgenden Maschinenstrom zu drosseln. Durch Verbindung der oberen und unteren Randelektrode mit Isolierstäben, welche durch die Zwischenelektrode hindurchgeführt werden und die beiden Rechen in festem Abstand halten, kann der ganze Apparat als Hänge-, Stütz- oder Durchführungsisolator ausgeführt werden. (D. R. P. Nr. 431133.)

Man hat Funkenstrecken mit einer selbsttätigen Unterbrechung des Erdstromkreises ausgerüstet. Nachteilig ist, daß solange der Schalter im Erdstromkreis unterbrochen ist, die Überspannungsschutzvorrichtung außer Betrieb bleibt. Nach Unterbrechung des Lichtbogens durch den Erdleitungsschalter ist ein Maschinenstrom nicht mehr vorhanden, doch können durch die Wellen im Netz Energiemengen an den Ableiter herangebracht werden, deren Ableitung sofort notwendig ist. Dies wird nach einer Erfindung der Firma **Dr. Paul Meyer Akt.-Ges.** in Berlin dadurch erreicht, daß in den Erdleitungskreis ein Kondensator eingebaut ist, der während der Unterbrechung des Erdkreises am Schalter für den Maschinenstrom, den aus den Überspannungswellen herrührenden hochfrequenten Strom ableitet. Der Erdleitungsschalter wird erfindungsgemäß unter Öl angebracht und mit einer in der Schließrichtung wirkenden Verzögerungseinrichtung versehen. Der Kondensator kann auch als Glimmschutz ausgebildet werden, der nicht nur einen Verschiebungsstrom durchläßt, sondern den Wellen auch Energie entzieht und ihre Stirn abschleift. Besonders vorteilhaft, weil den

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1924, S. 205, 575.

Digitized by Google

Aufbau wesentlich vereinfachend, ist es, den Glimmschutz parallel zu Funkenstrecke, Erdungswiderstand und Erdunterbrecher zwischen Leitung und Erde zu legen. (D. R. P. Nr. 427603 und Nr. 428546.)

Tritt in einem Wechselstromnetz eine Trennung von Netzteilen auf, so laufen beide Teile selbständig mit eigenem Blindleistungs- und Wirkleistungsausgleich weiter. Wenn der Schalter im Augenblick des Ausschaltens irgendeinen Strom, das heißt irgend einen Blind- oder Wirkleistungsübergang unterbrochen hat, wird die Wirk- und Blindleistungsbilanz in beiden Netzteilen gestört. Da erfahrungsgemäß immer eine, wenn auch noch so kleine Wirkleistung unterbrochen wird, entsteht in dem einen Netz ein Überschuß im anderen ein Fehlbetrag an Energie, die im günstigsten Fall von den Reglern der in beiden Netzteilen arbeitenden Kraftmaschinen wieder ausgeglichen werden. Vorbedingung für einen solchen Regelvorgang ist deshalb stets eine Veränderung der Winkelgeschwindigkeit der Kraftmaschine und damit der des Spannungsvektors. Unmittelbar nach dem Ausschaltvorgang eilt also der Spannungsvektor des einen Netzteiles vor, der andere nach. Nach einer Erfindung der SSW soll nun ein Ausschaltvorgang in Wechselstromnetzen dadurch angezeigt werden, daß die nach dem Schaltvorgang auftretende Winkelverschiebung zwischen den Spannungsvektoren der voneinander abgeschalteten Netzteile in an sich bekannter Weise, zum Beispiel durch Drehspuleninstrumente nach Art der Leistungsfaktormesser, festgestellt wird. Erfindungsgemäß können auch Relais mit zwei Spannungsspulen verwendet werden, deren jede an einem Netzteil hängt und die so geschaltet sind, daß sich ihre Wirkung bei verbundenen Netzteilen aufhebt. Die feststellenden Vorrichtungen können natürlich auch zur Auslösung von Signal-, Schalt- oder Regelvorrichtungen benutzt werden. (Ö. P. Nr. 104311.)

Gegenstand einer Erfindung der SSW in Berlin ist eine Einrichtung zum Abschalten fehlerhafter Leitungen in elektrischen Verteilungsnetzen, bei der nur die Energierichtungsrelais arbeiten, die in gestörten Teilstrecken liegen. Erfindungsgemäß wird von den beiden Spulensystemen (Strom- und Spannungsspulensystem) der Energierichtungsrelais eines oder auch beide solange unwirksam gehalten, als die Netzleitung sich im gesunden Zustand befindet; sie werden erst im Fehlerfalle durch den Spannungszusammenbruch zwischen der fehlerhaften Leitung zur Wirkung gebracht. Bei normalem Betriebszustand der Leitung (vgl. Abb. 2) sprechen die Energierichtungsrelais R_1,

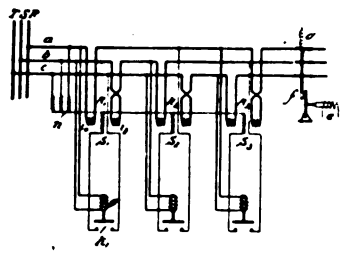


Abb. 2.

R_2, R_3, deren Spannungsspulen nicht abgeschaltet sind, nicht an. Tritt aber ein Kurzschluß zwischen den Phasen *a* und *b* ein, so läßt die Spule *g* infolge des Spannungszusammenbruches zwischen diesen Leitern ihren Kern fallen und schließt die Kontakte k_1, wodurch die Spannungsspule zwischen den Nullpunkt *n* und die Phase *c* geschaltet wird. Das Richtungsrelais R_1 schlägt nun aus und schließt den Stromkreis der Auslösespule *e*, wodurch der Schalter *d* geöffnet wird. (Ö. P. Nr. 103799.)

Eine Erfindung der Österr. SSW bezieht sich auf Wechselstromverteilungsanlagen, bei denen zwei Stationen durch zwei parallele Leitungen verbunden sind, welche also von zwei Seiten her gespeist werden. Um in solchen Anlagen beim Auftreten eines Fehlers nur die kranke Leitung abzuschalten, wird erfindungsgemäß am Anfang und am Ende der Leitungen je ein Wattrelais angeordnet, von dessen Ausschlag die Abschaltung des einen oder anderen Schalters in den Leitungen abhängig gemacht ist. Die Stromspule des Relais wird von einem dem zufließenden Gesamtstrom proportionalen Strom durchflossen. Die Spannungsspule ist in den Stromkreis der Sekundärwicklungen von Stromwandlern in den beiden Leitungen geschaltet. Die Spannungsspule kann erfindungsgemäß von einer Drosselspule abgezweigt werden, die in den Stromkreis der Sekundärwicklungen der Wandler geschaltet ist. (Ö. P. Nr. 102449.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3459 **Die Asynchronmotoren und ihre Berechnung.** Von Erich Rummel. 108 Seiten mit 39 Textabb. und 2 Tafeln. Verlag von Julius Springer, Berlin 1926. Preis geh. Mk. 5·10, geb. Mk. 6·30.

Die vorliegende Schrift gibt an Hand mehrerer durchgerechneter Beispiele eine Anleitung zur Berechnung von Asynchronmotoren, einschließlich der Ein- und Zweiphasenmotoren, sowie solcher gekapselter Bauart und für intermittierenden Betrieb. Zu diesem Zweck werden im Textteil die für den Entwurf wichtigsten Formeln und Erfahrungswerte mitgeteilt, wobei meist auf eine Ableitung verzichtet ist. Begrüßenswert ist, daß auch die durch die DIN-Normalien festgelegten Werte Berücksichtigung finden. Neuartig sind Dimensionierungskurven, die für gegebene Leistung und ein gewähltes Verhältnis Länge : Bohrung die Ablesung von Rotordurchmesser und Paketlänge gestatten. Die Kurvenscharen sind für Motoren von 1 bis 10 kW bei 1500 U/min und für 10 bis 250 kW bei 1000 U/min entwickelt und erleichtern einerseits die Kontrolle der Rechnung, andererseits ermöglichen sie auch den schnellen Entwurf ganzer Typenreihen. Die sonst gute Ableitung des Wickelfaktors auf Seite 8 enthält keinen Hinweis auf die Beschränkung, daß diese Formel streng genommen für die verteilte Wicklung und nur für bestimmte, allerdings gebräuchlichste Nutenzahlen angenähert gilt. An dieser Stelle sei auch als Irrtum vermerkt, daß Gleichung (23) auf Seite 17 (Läuferspannung) $\pi/2$ statt $\pi/\sqrt{2}$ enthält und daß bei Ermittlung des Magnetisierungsstromes (Seite 23) der Wickelfaktor im Laufe der Rechnung weggelassen wurde.

Jedenfalls ist das dem Verfasser vorschwebende Ziel als erreicht zu betrachten, da demjenigen, der nicht Zeit und Gelegenheit hat, umfangreichere und gründlichere Abhandlungen durchzuarbeiten, die vorliegende Schrift von Nutzen sein wird.

St. Schwarz.

1990 **Die Förderung von Massengütern.** Von Dipl. Ing. Georg von Hanffstengel, a. o. Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Zweiter Band, 1. Teil, Bahnen. (Wagen für Massengüter, Wagenkipper, zweischienige Bahnen, Hängebahnen.) Dritte vollständig umgearbeitete Auflage, 347 Seiten mit 555 Textabb. Verlag von Julius Springer, Berlin 1926.

Mit Rücksicht auf die gewaltige Entwicklung der Fördertechnik im letzten Jahrzehnt war eine vollkommene Neubearbeitung und Teilung des zweiten Bandes notwendig geworden. In dem vorliegenden ersten Teil wurden nur die Fördereinrichtungen aufgenommen, welche unter den Begriff „Bahnen" fallen. Die in der zweiten Auflage enthaltenen Kapitel „Aufzüge und Krane" sollen nunmehr in einem eigenen Band zusammengefaßt werden. Der Verfasser hat sich in richtiger Erkenntnis der bestehenden Verhältnisse dazu entschlossen, die Abfassung jedes einzelnen Kapitels einem besonderen Fachmann auf diesem Gebiete zu übertragen.

Die einzelnen Kapitel sind: Wagen für Massengüter, Wagenkipper, zweischienige Bahnen mit Zugmittelantrieb, Hängebahnen. Einigermaßen stiefmütterlich behandelt sind die elektrischen Ausrüstungen.

Digitized by Google

Das Werk muß als vorzüglich bezeichnet werden und ist im Stande, sowohl dem projektierenden Ingenieur, als auch dem Konstrukteur wertvolle Anregungen zu geben. Ellmann.

3465 **Blöcke und Kokillen.** Von A. W. und H. Brearley. Deutsche Bearbeitung von Dr. Ing. F. Rapatz, Berlin, Verlag von Julius Springer, 1926. 134 Seiten, mit 63 Abbildungen. Preis geb. Mk. 13·50.

Jede auf diesem noch wenig durchforschten Gebiete erscheinende Veröffentlichung kann des Interesses der Fachwelt sicher sein, umsomehr das vorliegende Buch, in welchem die Verfasser zusammenfassende theoretische und praktische Betrachtungen niedergelegt haben, die nicht nur belehrend, sondern auch anregend wirken. Vor allem heben sie den Einfluß der Transkristallisation und der Gießtemperatur hervor. Der von ihnen vorgenommene Versuch, an Wachsblöcken die Erstarrungsvorgänge in Formen zu studieren, kann als Vorlesungsexperiment bestens empfohlen werden. Leitner.

3119 **Die Gewinde.** Von Dr. G. Berndt. Erster Nachtrag. 180 Seiten mit 102 Abb. und 79 Tabellen. Verlag Julius Springer, Berlin 1926. Preis geb. Mk. 15·75.

In dem Nachtrag sind alle jene Neuerungen zusammengestellt, die sich seit dem Erscheinen des Hauptwerkes[1]) auf dem Gebiete der Entwicklung der Gewindesysteme, der Gewindemessungen, der Gewindetoleranzen und ihrer Prüfung ergeben haben. Der Nachtrag weist in der Behandlung des Stoffes alle Vorzüge des Hauptwerkes auf, einer besonderen Empfehlung bedarf er nicht. Der Vorgang des Verlages Springer, Standardwerke durch Nachträge auf der Höhe zu halten, ist sehr zu begrüßen und verdient Nachahmung. Es wird sicher die Erwerbung solcher Werke fördern, wenn man nicht damit rechnen muß, daß sie schon in kurzer Zeit durch eine kostspielige Neuauflage ersetzt werden müssen. Jellinek.

3474 **Schnitte und Stanzen.** Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Studium und Praxis. Von Ernst Göhre. I. Band: Schnitte. 192 Seiten mit 183 Abb. Verlag Otto Spamer, Leipzig 1927. Preis Mk. 13·50, geb. Mk. 16·—.

Das Buch behandelt die verschiedenartigsten Formen und die Arbeitsweise der Schnitte an Hand von vielen Beispielen und bringt den Betrieben der Feinmechanik und der Elektrotechnik, die viel Stanzarbeit verwenden, sehr wertvolles Material. Erfreulicherweise sind die auch sehr gut ausgeführten Abbildungen der verschiedenen Werkzeuge zum größten Teil mit Maßzahlen versehen, als Mangel des Buches ist neben der auf diesem Gebiete schon allgemein üblich gewordenen zu breiten und daher ermüdenden Schreibweise nur das fast vollständige Fehlen von Literaturangaben anzusehen. Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

3485 Die Automobiltreibmittel des In- und Auslandes. Eine Übersicht über die vorgeschlagenen Mischungs- und Herstellungsverfahren an Hand der Patentliteratur. Von Dr. Erwin Sedlaczek. 247 Seiten. Berlin 1927. Verlag Julius Springer. Preis Mk. 14·40.

Es werden die bisher gemachten Vorschläge zur Herstellung von Treibmitteln für Explosionsmotoren, also im weitesten Sinne die Ersatzmittel für Benzin, nach ihren Hauptbestandteilen geordnet, besprochen, wobei über 1000 deutsche, österreichische, schweizer, französische, englische und amerikanische Patentschriften bearbeitet wurden. Es ist unter Benutzung des sehr ausführlichen Inhaltsverzeichnisses dadurch sehr leicht, sich über irgend eine Kraftstoffe betreffende Frage zu informieren. Zweckmäßig wären Nachträge in kleinen Zeiträumen, um auch neu auftauchende Vorschläge berücksichtigen zu können. J.

Der ein- und mehrphasige Wechselstrom. Einführung in das Studium der Transformatoren und Wechselstrommaschinen. Von Prof. Dr. R. Wotruba. 86 Seiten mit 97 Abb. München und Berlin 1927. Verlag R. Oldenbourg. Preis Mk. 4·—.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 433.

Der neuzeitliche Aufzug mit Treibscheibenantrieb. Charakterisierung, Theorie, Normung. Von Dipl. Ing. F. Hymans und Dipl. Ing. A. V. Hellborn. 155 Seiten mit 107 Textabb. Berlin 1927. Verlag Julius Springer. Preis Mk. 15·90.

Probleme der Elektro-Pathologie. Von Dr. med. Fritz Schwyzer. Sonderabdruck aus dem Bulletin des Schweizer Elektrotechnischen Vereines, Jahrgang 1926, Heft Nr. 11. 20 Seiten. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G., Zürich 1926.

2900 Anleitungen zum Arbeiten im Elektrotechnischen Laboratorium. Von E. Orlich. Erster Teil mit 74 Textabb. Zweite Auflage. Verlag Jul. Springer.

Eine im wesentlichen unveränderte Wiederholung der ersten Auflage, über die in E. u. M. 1923, S. 428, bereits berichtet wurde. Einige neue Hinweise und Ergänzungen beziehen sich auf seither veröffentlichte VDE-Bestimmungen. Hingegen wurden fast sämtliche Abbildungen unter Verwendung der jetzt gebräuchlichen Symbole gewissenhaft umgezeichnet. Z.

Der Werksleiter. Halbmonatsschrift für neuzeitliche Fabriksanlage, Betriebsführung, Organisation. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart. — Die neue, von den bekannten Fachleuten auf dem Gebiete der wirtschaftlichen Betriebsführung und Organisation Dr. Ing. Koch und Dr. Ing. Kienzle, herausgegebene Zeitschrift will den beteiligten Kreisen einen Überblick über alle Neuerungen und Fortschritte auf den erwähnten Gebieten geben. Das vorliegende, sehr gut ausgestattete Heft 1 enthält unter anderem auch einen Aufsatz über Werkstättenbeleuchtung und einen Aufsatz über Elektrokleinfahrzeuge.

Eingegangene Preislisten.

„Kontakt" A.-G., Spezialfabrik elektrischer Starkstrom-Apparate, Wien XVI.

Liste B 1927, Kleinmaterial. *Signallampen* zu versenktem Einbau in Schalttafeln samt Deckglas, Type SK (Mignongewinde), SG (Normalgewinde); *Dosenschalter*, Type DV, und *Druckknöpfe*, Type DR, zu versenktem Einbau; *Kontaktbolzen* zum Leitungsanschluß von hinten bei Montage auf Schalttafeln bis 30 mm Stärke; *Kabelschuhe*, gerade und winkelig, aus Kupferblech, galvanisiert, und Messingguß; *Befestigungsbolzen* für Apparate auf Schalttafeln bis 30 mm Stärke; *Befestigungsschrauben* für 20 bis 30 mm starke Schalttafelplatten; *Mauerschrauben* für Schalttafelrahmen; *Distanzbolzen* für Schalttafeln ohne Rahmen.

Chronik.

Technisches Museum für Industrie und Gewerbe in Wien. Bei der am 15. Jänner 1927 abgehaltenen Versammlung des neuernannten Kuratoriums der Anstalt warf der Präsident des Kuratoriums Dr. Ing. Arthur Krupp in seiner Begrüßungsansprache einen Rückblick auf den Werdegang des Technischen Museums und hob darin hervor, daß seinerzeit die beteiligten Industriekreise auf eine Anregung des Elektrotechnischen Vereines hin die Errichtung des Museums beschlossen[1]). Er berichtete ferner, daß schon Ende 1925 der millionste Besucher gezählt wurde. Dagegen gestaltete sich die finanzielle Lage der Anstalt immer schwieriger und nur die am 1. Jänner 1922 erfolgte Verstaatlichung bewahrte das Museum vor dem Untergange. Das Museum ist nunmehr eine bundesstaatliche Anstalt und untersteht dem Bundesministerium für Handel und Verkehr. Die Organisation ist durch ein Statut festgelegt, wonach die Leitung des Museums dem Kuratorium, dem Vorstandsrat und der Museumsdirektion übertragen ist. Neuerdings wurde im Jahre 1924 ein Betriebsfonds gegründet, dem die eigenen Einnahmen des Museums und die Spenden aus Industrie- und Ge-

[1]) Vgl. „Das Technische Museum für Industrie und Gewerbe in Wien", E. u. M. 1923, S. 389.

Digitized by Google

werbekreisen zufallen. Außerdem besteht bekanntlich der „Verein zur Förderung des Technischen Museums“[1]). Zum Schluß richtete der Präsident an die Staatsverwaltung, die Gemeinde Wien, die industriellen, gewerblichen und sozialen Körperschaften und sämtliche beteiligten Kreise die Bitte, für den weiteren Ausbau dieses Kulturwerkes Sorge zu tragen, um allen Schichten der Bevölkerung den Nutzen und den inneren Reichtum der technischen Arbeit zu erschließen.

Bundesminister Dr. H. Schürff hob in seiner Rede hervor, daß das Technische Museum, das sich die organische Verbindung zwischen der Technik einerseits und Industrie und Gewerbe andererseits zum Ziele gesetzt hat, allen am Wirtschaftsleben und an technischen Fragen Interessierten einen lebendigen Anschauungsunterricht und einen tiefen Einblick in die Entwicklungsgeschichte der Wunder der Technik bietet. Es werde eine Ehrenpflicht des Bundesministeriums für Handel und Verkehr bleiben, der Tätigkeit des Museums die vollste Unterstützung angedeihen zu lassen.

Aus dem Berichte des Museumsdirektors Hofrat Ing. L. Erhard geht hervor, daß das Technische Museum mit seiner jährlichen Besucherzahl von rund 100 000 Personen zu den stärkst besuchten wissenschaftlichen Sammlungen Wiens gehört. Die an allen Werktagen stattfindenden Führungen, die sonntäglichen Lichtbilder- und Filmvorträge, die Inbetriebsetzung der aufgestellten Maschinen und Apparate, sowie eine technische Bücherei mit Lesezimmer erleichtern hierbei auch den Laienkreisen den Einblick in die vielgestaltige Welt der Technik. Auch ein Filmarchiv wurde im Technischen Museum angelegt, das jetzt schon über zahlreiche technische Filme aus österreichischen Werken verfügt und das im Interesse der Industrieförderung noch weiter ausgebaut werden soll. In der letzten Zeit erfuhren die Schausammlungen des Museums wertvolle Bereicherungen namentlich auf dem Gebiete der Bodenkultur, des Berg- und Hüttenwesens, des Maschinenbaues, der Elektrotechnik und des Bauwesens; überdies wurden die Gruppen für Kraftfahrzeuge, für chemische Industrie und für Klavierbau im Vorjahre fertiggestellt. Anläßlich der Kuratoriumssitzung gelangte auch die Gruppe „Luftfahrt“ zur Eröffnung und es wurde durch den Präsidenten der Österr. Bundesbahnen Dr. G. Günther als Widmung der österreichischen Bundesbahnen das Schaustück der letzt vorhandenen Schnellzugslokomotive ältester Bauart in aufgeschnittenem Zustande in das Eigentum des Bundes übergeben.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Gewinnung und Verbrauch der technisch wichtigsten Metalle im Jahre 1925. Nach einem Bericht im „Glückauf“, Heft 51 und 52 von 1926, der auch Gold und Silber umfaßt, ist die Weltgewinnung an Platin von 267 237 Unzen (= 31·1 g) i. J. 1913 auf 63 993 Unzen i. J. 1923 gefallen. Rußland lieferte hiezu nur 20 000 Unzen gegen 25 000 i. J. 1913, der Rest stammt zum größten Teil aus Kolumbien. Von den i. J. 1925 gewonnenen 3300 t Quecksilber im Werte von 8·1 Mill. Doll. (gegen 3000 i. J. 1924 im Werte von 6·2 Mill. und 4000 t i. J. 1913 im Werte von 4·6 Mill. Doll.) entfällt der größte Teil wie schon im Frieden auf Spanien und Italien. Der im Kriege stark gestiegene, dann überaus stark gesunkene Preis ist seit 1922 wieder ständig im Steigen begriffen. Über die Gewinnung von Blei, Kupfer, Zink, Zinn und Aluminium gibt die Zahlentafel 1 Aufschluß. Bemerkenswert ist dabei neben der Steigerung der Gewinnung auch die Zunahme der Wertziffern. Haupterzeuger waren i. J. 1925 für Blei: Deutschland (70 500 t), Belgien (50 000 t), Spanien (136 500 t), die Vereinigten Staaten (665 400 t) und Mexiko (157 900 t); für Kupfer: Deutschland (39 100 t) und die Vereinigten Staaten (833 000 t); für Zink: Deutschland (58 600 t), Frankreich (67 100 t), Belgien (171 900 t), Polen (114 300 t) und die Vereinigten Staaten (518 900 t); für Zinn: Großbritannien (42 000 t). In Österreich wurden 5400 t Blei und 3800 t Kupfer gewonnen. Die Statistik umfaßt nur die wichtigsten europäischen Staaten, die Vereinigten Staaten und Mexiko, der Anteil der übrigen nicht einzeln gegenannten Länder ist bei allen vier Metallen recht beträchtlich (siehe auch Zahlentafel 2).

Zahlentafel 1.

Welt-Hüttengewinnung und Wert der wichtigsten Metalle.

Jahr	Blei		Kupfer		Zink		Zinn		Aluminium	
	1000 t	Mill. Dollar	1000 t	Mill. Dollar	1000 t	Mill. Dollar	1000 t	Mill. Dollar	1000 t	Mill. Dollar
1913	1209	115·6	1025	345	1001	124·6	133	129·3	63	32·9
1924	1291	230·5	1350	387·5	1006	140·7	136	149·4	172	102·3
1925	1499	298	1412	437·1	1129	189·7	146	182·4	180	107·8

Zahlentafel 2.

Anteil Europas und der Ver. Staaten an der Weltmetallgewinnung.

	1913		1924		1925	
	1000 t	v. H.	1000 t	v. H.	1000 t	v. H.
Aluminium						
Europa	36·4	58	95·4	56	110	61
Ver. Staaten .	20·9	33	68·3	40	62	34
Kanada	5·9	9	8	4	8	5
Blei						
Europa	576·6	48	292·9	23	344·6	23
Ver. Staaten .	407·9	34	570·1	44	665·4	44
Australien . .	115·6	9	127·6	10	150·3	10
übrige Länder	108·9	9	300·5	23	338·4	23
Kupfer						
Europa	193·6	19	101·6	7	112·9	8
Ver. Staaten .	600·6	59	808·4	60	833	59
Asien	66·5	6	62·9	5	65·7	5
übrige Länder .	164·3	16	376·6	28	400·4	28
Zink						
Europa	680·4	68	449·1	45	512·7	45
Ver. Staaten .	314·5	31	469·3	47	518·9	46
Australien . .	4·4	1	47·4	4	46·5	4
übrige Länder .	1·5		39·9	4	50·9	5
Zinn						
Europa	35·2	27	37·8	28	43·6	30
Ver. Staaten .	—	—	0·4	—	—	—
Asien	92·2	70	95·1	70	99·2	68
übrige Länder .	5·1	3	3·1	2	2·9	2

Im Vergleich zur Vorkriegszeit ist im allgemeinen in Europa eine Verminderung der gewonnenen Mengen (beträchtlich ist nur die Steigerung der Zinkerzeugung in Spanien auf über das Doppelte und die Zinnerzeugung in England auf fast das Doppelte), in den Vereinigten Staaten aber eine starke Steigerung der Gewinnung festzustellen. Der Anteil Europas und der Vereinigten Staaten ist aus der Zahlentafel 2 zu entnehmen. Über die Weltgewinnung von Aluminium werden noch folgende genauere Angaben für 1925 gemacht: Deutschland 26 200 t, Schweiz 22 000 t, Österreich 3000 t, Frankreich 20 000 t, Großbritannien 15 000 t, Norwegen 22 000 t, Italien 1800 t, Vereinigte Staaten 62 000 t, Kanada 8000 t. Einen weiteren Überblick über die Bergwerksgewinnung und Hüttenerzeugung, den Rohmetallverbrauch, die Ein- und Ausfuhr und den Eigenverbrauch gibt die Zahlentafel 3. Österreich (bezw. i. J. 1913 Österreich-Ungarn) hat i. J. 1925 5894 t Blei ein- und 1891 t ausgeführt (12 456 und 1059 t i. J. 1913), für Zink sind die entsprechenden Zahlen 4838 und 1642 t (31 841 und 13 174 i. J. 1913), für Kupfer und Zinn fehlen Angaben. Die Zinneinfuhr nach Deutschland belief sich 1913 und 1925 auf 14 261 und 2944 t, nach Großbritannien auf 46 413 und

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 400.

Digitized by Google

Zahlentafel 3. Bergwerksgewinnung, Hüttenerzeugung und Rohmetallverbrauch, Einfuhr und Eigenverbrauch in 1000 t.

	Bergwerksgewinnung, Metallinhalt		Hüttenerzeugung		Rohmetallverbrauch ohne Berücksichtigung der Vorräte		Einfuhr		Ausfuhr		Eigenverbrauch	
	1913	1925	1913	1925	1913	1925	1913	1925	1913	1925	1913	1925
	Blei											
Deutschland	79	35	188	70·5	230·4	192·9	83·8	137·7	41·4	15·3	176·4	169·1
Großbritannien	18·4	12	30·4	4·8	191·3	263·6	207·4	279·9	46·5	21·2	173	258·4
Frankreich	6	6·2	28	20	107·6	88·5	85·2	69·8	5·6	1·3	105	88
Belgien	—	—	50·8	50	37 8	32·9	57	11·3	80	28·4	37·3	23·9
Spanien	178·8	130·1	213	136·5	10	20	0·1	0·2	203·4	105	9 8	19·3
Italien	26·8	20	21·7	16·3	32·6	42·9	—	--	—	—	31·9	34·1
Japan	3·8	3	3·8	3	18·7	42·9	14·9	39·9	—	—	—	--
Vereinigt. Staaten	453·8	622·7	407·9	665·4	401·4	636·3	—	5·8	40·4	93 9	—	—
Australien	254·8	180	115·6	150·3	9·6	20	—	—	104·3	120	—	—
	Kupfer											
Deutschland	26·9	22	41·5	39·1	259·7	232·2	222·4	211	7·2	17·9	201·1	181·3
Großbritannien	0·4	0·1	52·2	17·2	140·4	134·2	106·4	146·4	34·7	11·5	117	—
Frankreich	—	0·2	11·9	3	104·5	117·7	95·8	110·8	4·4	0·3	84·1	95·4
Spanien	44·9	48·1	30·5	21·3	7·7	12·3	0·8	4·2	23·6	13·2	13·5	14·8
Japan	66·5	6 7	66·5	65·7	24·5	73·6	0·1	3·2	42·1	0·3	—	—
Vereinigt. Staaten	555·4	759·7	600·6	833	322·9	670·6	136·1	217·3	420·1	439·1	—	—
Australien	47·2	12·5	43·8	10·6	14	7·9	—	—	43	2·7	—	—
	Zink											
Deutschland	250·3	42	284·1	58·6	232	141·7	55·9	105·5	105·1	22·3	170·1	134·5
Großbritannien	5·9	1	59·1	42·3	194·6	169	147·3	138	11·8	11·4	215·5	—
Frankreich	13	4·3	64·1	67·1	84	100·9	35·2	44·2	18·3	10·4	76·2	100·3
Belgien	0·4	—	204·2	171·9	82·6	97·6	20·3	8	141·9	82·4	49·9	48·3
Spanien	66·5	48·8	6·9	15·1	6	10·4	0·1	0·9	1	5·6	6·2	10·6
Japan	15·8	10	1·5	16	7·4	40·3	5·9	24·3	—	—	—	—
Vereinigt. Staaten	368·7	645·6	314·5	518·9	279·6	460·4	5·5	—	7·6	69·3	—	—

16·189 t, nach den Vereinigten Staaten auf 47 301 und 77 873 t, die entsprechenden Zahlen für die Ausfuhr dieser Länder sind 6437 und 2769 t, 42 384 und 35 802 t, 1100 und 900 t.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I, Eschenbachgasse 9, statt.

Donnerstag, den 3. März d. J., um 1/27 Uhr abends, Vortrag des Herrn Oberbaurat Dr. rer. pol. und Ing. Rudolf Czeija über: **„Die neueren Erkenntnisse in der Elektrizitätswirtschaft und ihre Verwertung für Österreich".**

Inhaltsangabe: 1. Ziele und Mittel der Elektrizitätswirtschaft. 2. Rückblick auf den Werdegang unserer Starkstromversorgung. 3. Technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte für die Organisation der Elektrizitätserzeugung und -Verteilung. 4. Beziehungen der Stromkosten zur Zentralengröße und Betriebskraft. 5. Gegenüberstellung von hydraulischen und kalorischen Anlagen. 6. Bedeutung der Verbundwirtschaft. 7. Schlußfolgerungen: *a*) Anregung zur Schaffung einer umfassenden Elektrizitätsstatistik und *b*) eines Elektrizitätswirtschaftsrates, behufs Aufstellung und Durchführung eines einheitlichen Versorgungsplanes.

Mittwoch, den 9. März d. J., um 1/27 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ing. Emil Fischer über: **„Fernsprecheinrichtungen und Schutz bei Hochspannung".** (Mit Lichtbildern.)

Österr. Verband des Vereins deutscher Ingenieure.

Donnerstag, den 3. März, 3/46 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dr. Ing. Wilfried Herold, Wien, über **„Die Ermüdung der Baustähle durch Wechselbeanspruchung"** (mit Lichtbildern), im kleinen Saal des Industriehauses, III, Schwarzenbergplatz 4.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	14. II. 1927	16. II. 1927	18. II. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	124 1/4	125 1/2	125 1/2

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	55 1/2–57 1/2	56 1/2–57 1/2	56—57
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	125—130	125—130	115—120

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 18. Februar 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)		Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:							
Electrolytic		60	15	0	61	5	0
Wire bars		61	5	0	—	—	—
Standard	Kassa	53	17	6	54	0	0
	3 Monate	54	8	9	54	11	3
Zinn:							
Engl. ingots		306	10	0	307	0	0
Standard	Kassa	308	0	0	308	5	0
	3 Monate	297	0	0	297	5	0
Blei:							
Engl. pig common		29	0	0	—	—	—
Zink:							
Ordinary brands		30	2	6	30	5	0
Remelted		29	10	0	—	—	—
English Swansea		30	12	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 22 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 6. März 1927 | Heft 10

INHALT: Kippgrenze und Stoßgrenze bei der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen. Von Dr. A. Mandl, Berlin, AEG-Großmaschinenfabrik. S. 181. / Über Schwingungserscheinungen auf Freileitungen. Von Dr. Ing. K. Draeger, Selb. S. 185.
RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 190. Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 190. Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 190. Elektrische Meßkunde. S. 192. / Leitungen und Leitungsbau. S. 192. / Installationstechnik. S. 193. / Stoffe für die Elektrotechnik. S. 194.
PATENTBERICHT. S. 195.
LITERATURBERICHTE. S. 197.
CHRONIK. S. 198.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 199.
VEREINSNACHRICHTEN. S. 200.

Kippgrenze und Stoßgrenze bei der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen.

Von Dr. A. **Mandl**, Berlin, AEG-Großmaschinenfabrik.

Inhaltsübersicht:

Bei der Maschine mit ausgeprägten Polen wird die Kippgrenze abhängig von der Erregung festgestellt und mit der der Volltrommelmaschine verglichen[1]). In gleicher Weise wird die Stoßgrenze untersucht und der größt zulässige untererregte Blindstrom bei gegebener Wattbelastung und Stoßbelastung festgestellt. Bei der normal gesättigten Maschine mit normaler Poldeckung verhält sich die Maschine mit ausgeprägten Polen bei kleinen Belastungen wesentlich günstiger als die Volltrommelmaschine. Die abgeleiteten Beziehungen werden an einem 37 kVA-Drehstromgenerator experimentell nachgeprüft.

Da die Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen infolge der verschiedenen magnetischen Leitfähigkeit in der Polachse und im Polzwischenraum im unerregten Zustand am Netz hängend ein Drehmoment zu entwickeln vermag, so ist anzunehmen, daß das Kippmoment bei gegebener Erregung bei einem anderen Statorstrom auftreten wird als bei der Volltrommelmaschine. Das Kippmoment, welches den stabilen vom labilen Bereich trennt, wird bekanntlich bei Untererregung erreicht, also in einem Betriebszustand, in welchem die Synchronmaschine wie eine Drosselspule am Netz hängt und geeignet ist, kapazitiven Ladestrom zu liefern. Ein solcher Betrieb kommt in Betracht, wenn der Generator auf eine lange und schwach belastete Leitung arbeitet und interessiert daher besonders für kleine Wattbelastungen. Gerade für diese ist, wie wir noch sehen werden, die Abweichung des Kippmomentes von dem der Volltrommelmaschine sehr erheblich. Aus dem gleichen Grunde spielt diese Abweichung nur bei schwach belastetem Synchronmotor eine Rolle.

Um unserer Untersuchung allgemeine Bedeutung zu geben, wählen wir die Leerlauf-AW zur Erregung des vollen Feldes mit 100. Alle anderen Größen des AW-Diagrammes werden im Verhältnis dazu ausgedrückt. Dies gilt auch für die Wattkomponente und wattlose Komponente des Statorstromes. Die Wattkomponente ist ein Maß für das Drehmoment. Der Spannungsverbrauch an der Streuinduktivität und am Ohm'schen Widerstand des Stators sollen in einem gegebenen Fall erst nachträglich berücksichtigt werden, indem zur Klemmenspannung entsprechend d m ermittelten Strom die EMK aufgesucht und für diese der Betrag der Leerlauf-AW der Leerlaufcharakteristik entnommen und das Diagramm damit korrigiert wird. Die Berücksichtigung der Eisenverluste kann so erfolgen, daß man die ihnen entsprechende Strom-Wattkomponente zum Statorstrom in richtigem Sinn addiert. Die Polschenkelstreuung beeinflußt die erhaltenen Resultate wenig, solange es sich um Betriebszustände handelt, für welche die Erregung kleiner oder nur wenig größer als die

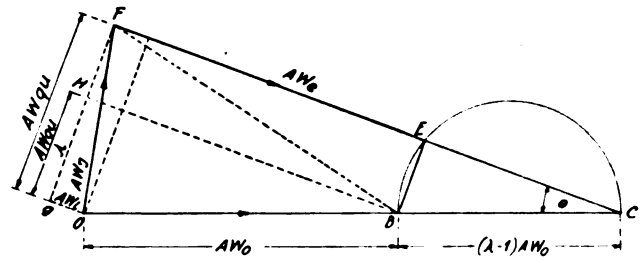


Abb. 1. Ermittlung der Erregung für $\lambda = 1{\cdot}7$.

normale Leerlauferregung ist. Dies ist aber gerade der Bereich, der uns besonders interessiert, da in ihm die Abweichung im Verhalten der Volltrommelmaschine gegenüber der Maschine mit ausgeprägten Polen eine Rolle spielt.

Das maßgebende Verhältnis λ zwischen der magnetischen Längs- und Querfeldleitfähigkeit ist vom Sättigungszustand der Maschine abhängig. Es ist aus der Leerlaufcharakteristik und aus dem Wert, den es für den ungesättigten, geradlinigen Teil der Leerlaufcharakteristik hat, leicht abzuleiten[2]). Wir wollen unsere Unter-

[1]) S.a. „Kippleistung und Stromdiagramm der Synchronmaschine" von E. Siegel, E. u. M. 1927, Seite 1 und die dort angegebene Literatur.

[2]) ETZ 1925, S. 484 „Beitrag zur Theorie der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen". Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 516.

Digitized by Google

suchung für den Wert $\lambda = 1{\cdot}7$ durchführen, der einer ungesättigten Maschine mit einer ideellen Polbedeckung $\alpha_i = 0{\cdot}72$ entspricht.

Die einfache Konstruktion des AW-Diagrammes, welches den Einfluß der verschiedenen magnetischen Leitfähigkeit in der Längs- und Querachse berücksichtigt, zeigt Abb. 1. OB sind

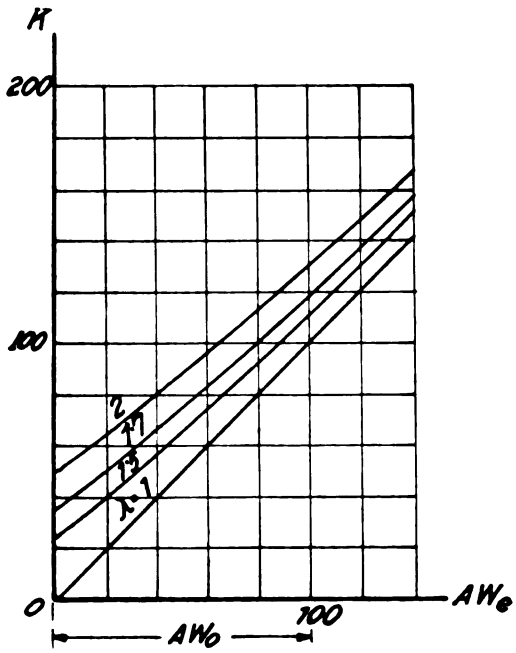


Abb. 2. Kippmoment K abhängig von der Erregung AW_e für $\lambda = 1$, 1·5, 1·7 und 2.

die Leerlauf-Amperewindungen AW_0. Die Strecke $OC = \lambda . AW_0$ und $BC = (\lambda - 1) AW_0$. In unserem Fall: $AW_0 = 100$, $(\lambda - 1) . AW_0 = 70$.

Irgendeinem Belastungsstrom entsprechen die Amperewindungen AW_J, Strecke OF in Abb. 1. Wir schlagen über BC einen Halbkreis und ver-

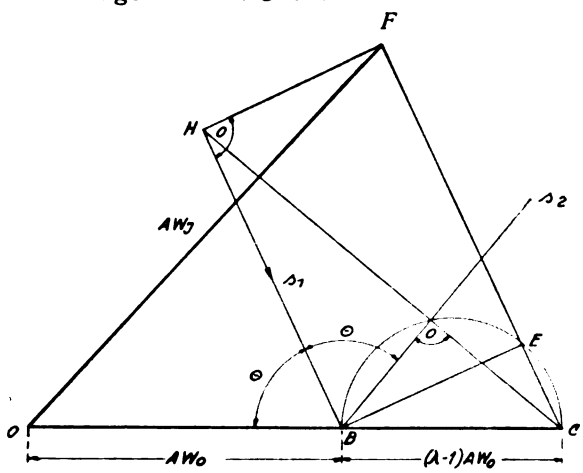


Abb. 3. Zeichnerische Ermittlung des Kippunktes F für gegebenes Θ.

binden C mit F. Die Strecke EF stellt die Erreger-Amperewindungen AW_e dar (statt BF für $\lambda = 1$ bei der Volltrommelmaschine). Die Erklärung der Konstruktion ergibt sich aus der gestrichelt eingezeichneten Zerlegung von AW_J in $OG = AW_l$, die Längs-AW in Richtung der Polachse und $GF = AW_{qu}$, die Quer-AW senkrecht dazu. Die letzteren sind nur mit der Größe $GH = \frac{AW_{qu}}{\lambda}$ wirksam.

Dem Punkt F entspricht ein Drehmoment, das, abgesehen von einem konstanten Faktor, dargestellt werden kann durch

$$D = AW_e \sin\Theta + AW_0 (\lambda - 1) \sin\Theta . \cos\Theta \quad (1).$$

Für $AW_e = 0$ für den unerregten Generator ist das Drehmoment nicht Null, sondern gleich dem 2. Ausdruck dieser Summe, der das sogenannte Reaktionsmoment darstellt.

Uns interessiert in erster Linie das Kippmoment K. Es wird erreicht, wenn $\frac{dD}{d\Theta} = 0$, das heißt

$$AW_e \cos\Theta + AW_0 (\lambda - 1) \cos 2\Theta = 0 \quad . (2)$$

Gleichungen (1) und (2) bestimmen gemeinsam Kippmoment K und Winkel Θ abhängig von AW_e und λ. Für $AW_e = 0$ ergibt sich $\Theta = 45^0$. Mit zunehmender Erregung AW_e steigt Θ an,

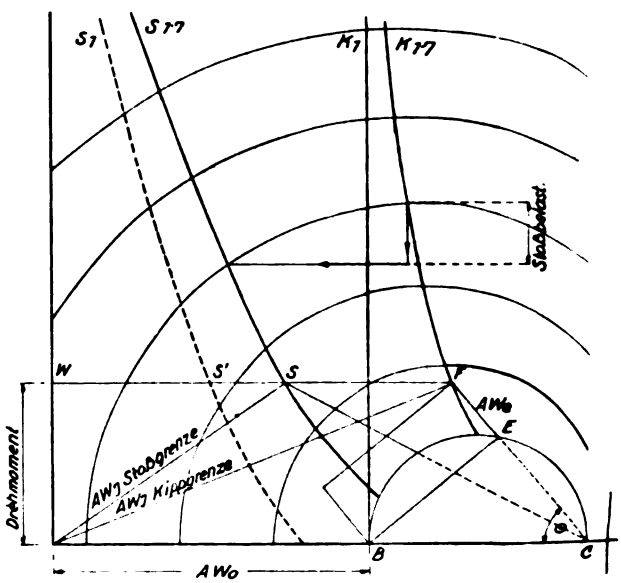


Abb. 4. Für $\lambda = 1$ und 1·7 Kippgrenze K und Stoßgrenze S für Stoßbelastung entsprechend einem Wattstrom von $0{\cdot}2\,AW_0$. O Pol von AWJ für Kurven K und S, B Pol von AW_e für Kurven K_1 und S_1, C Pol von AW_e für Kurven $K_{1\cdot7}$ und $S_{1\cdot7}$ vom äußeren Kreisumfang BC ab.

um bei $AW_e = \infty$ den für die Volltrommelmaschine geltenden Wert von $\Theta = 90^0$ zu erreichen. Abb. 2 zeigt den aus den Gleichungen (1) und (2) berechneten Verlauf von K abhängig von AW_e für die Werte $\lambda = 1$, 1·5, 1·7 und 2. Wir sehen, daß der Unterschied des Kippmomentes K gegenüber dem für die Volltrommelmaschine geltenden ($\lambda = 1$, auf der Geraden) für kleine Erregung sehr beträchtlich sein kann. Wir finden die Überschreitung des für $\lambda = 1$ geltenden Kippmomentes bei $\lambda = 1{\cdot}7$ und

$AW_e = 50$ 100 200 vH von AW_0
mit 48 18 5 „

Wir können den Kippunkt nach Gleichung (2) auch graphisch leicht ermitteln. Wir ziehen in Abb. 3 durch B 2 Strahlen s_1 und s_2 unter

Digitized by Google

den Winkeln Θ bezw. 2Θ gegen die Richtung der Abszissenachse BO und fällen von C eine Normale auf s_2, die wir mit s_1 im Punkt H zum Schnitt bringen. BH ist die zum Winkel Θ gehörige Erregung. Wir machen HF gleich und parallel BE und erhalten mit OF die Stator-AW der Größe und Phasenlage nach. F ist ein Kippunkt.

In Abb. 4 ist die Ermittlung der Kippunkte F für $\lambda = 1{\cdot}7$ für verschiedene Werte von Θ durchgeführt. Der geometrische Ort der Kippunkte F ist die Kurve $K_{1{\cdot}7}$, die für kleine Erregungen von der durch B gehenden vertikalen Geraden K_1 (Kippgrenze für $\lambda = 1$) stark abweicht. Zu irgendeinem Punkt F der Kurve K sind OF die Stator-Amperewindungen AW_J und EF die Rotor-Amperewindungen AW_e. Abb. 5 enthält die zu den Erreger-Amperewindungen AW_e gehörigen Watt- und Blindströme.

Eine zweite Frage, die wir uns stellen wollen, lautet: Wie weit darf der Generator bei einer

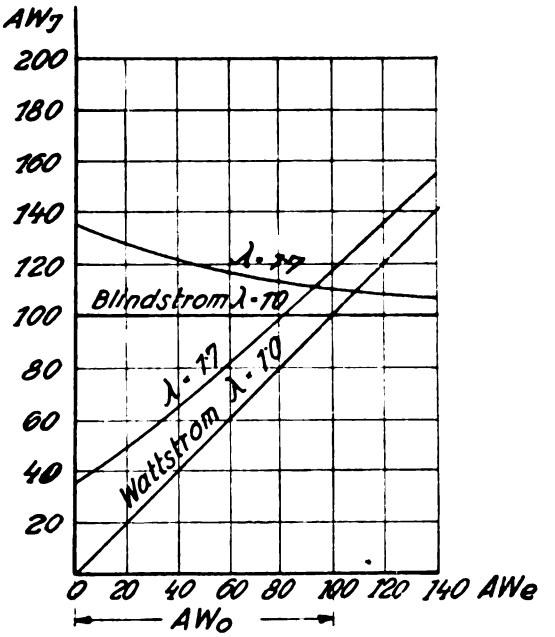


Abb. 5. Watt- und Blindstrom für Kippgrenze, abhängig von der Erregung AW_e für $\lambda = 1{\cdot}7$ und 1.

gegebenen Wattbelastung untererregt werden, damit er um eine gewisse konstante Stoßbelastung vom Kippunkt entfernt bleibt[3])? Zur Beantwortung dieser Frage sind in Abb. 4 eine Reihe von Kurven für konstante Erregung AW_e gezeichnet, auf welchen der Endpunkt des Statorstromvektors AW_J sich bei änderndem Winkel Θ bewegt. Diese Kurven werden nach Abb. 1 erhalten, indem wir durch C Strahlen ziehen und vom Kreisumfang weg $EF = AW_e$ abtragen. Die höchsten Punkte dieser Kurven, die Kippunkte, liegen im Schnitt mit der Kippgrenze $K_{1{\cdot}7}$. Von diesem Schnittpunkt haben wir nun um die gegebene Stoßbelastung (im Maßstab des Wattstromes gemessen) auf der Kurve $AW_e = \text{const.}$ nach abwärts zu gehen. In Abb. 4 ist auf solche Art punktweise die Kurve $S_{1{\cdot}7}$ als Stoßgrenze bei einer Stoßbelastung von $0{\cdot}2\,AW_0$ (Wattstrom)

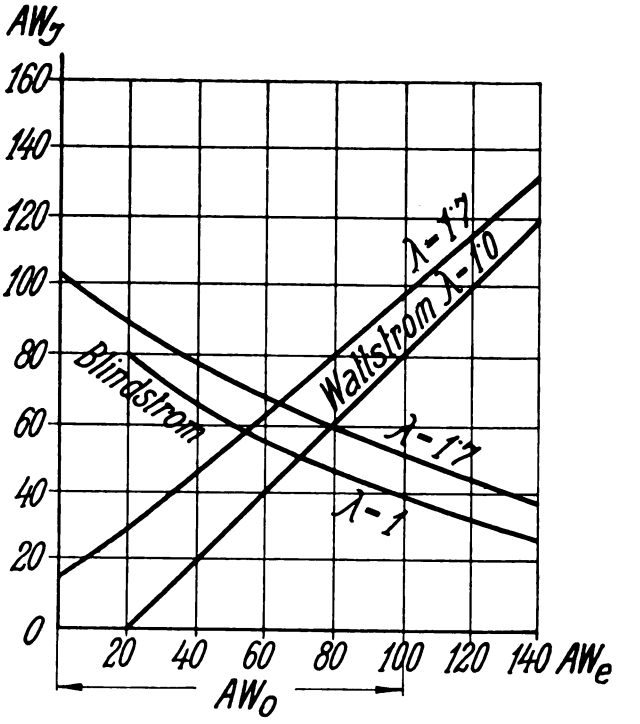


Abb. 6. Watt- und Blindstrom für Stoßgrenze abhängig von der Erregung AW_e für $\lambda = 1{\cdot}7$ und 1; Stoßbelastung entspricht einem Wattstrom von $0{\cdot}2\,AW_0$.

ermittelt. Für $\lambda = 1$, für die Volltrommelmaschine, würde die Kurve S_1 gelten. Für den gegebenen Wattstrom OW ergibt sich der größte Blindstrom mit WS, wenn die Stoßgrenze nicht überschritten

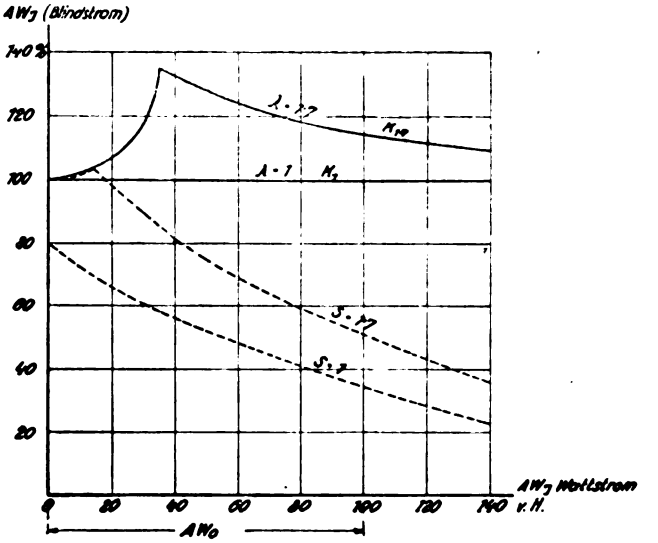


Abb. 7. Maximaler Blindstrom abhängig vom Wattstrom für Kippgrenze und Stoßgrenze (Stoßbelastung = $0{\cdot}2\,AW_0$) für $\lambda = 1{\cdot}7$ und 1.

werden soll. Für $\lambda = 1$ würde sich WS' ergeben. Abb. 6 zeigt die maximalen Watt- und Blind-

[3]) Wir betrachten hier nur den neuen Endzustand nach dem Belastungsstoß, ohne auf die vorhergehende Schwingung einzugehen. Über die „Schwingungsstabilität parallelarbeitender Synchronmaschinen" siehe F. Ollendorf und W. Peters, Wissenschaftliche Veröffentlichung aus dem Siemens-Konzern Bd. IV, 1. Heft, Juni 1926.

Digitized by Google

ströme für die Stoßgrenze abhängig von der Erregung, für eine Stoßbelastung entsprechend einem Wattstrom $0{\cdot}2\,AW_0$. Die maximalen Blindströme für die Kippgrenze und Stoßgrenze (Belastungsstoß entspricht einem Wattstrom von $0{\cdot}2\,AW_0$) sind abhängig vom Wattstrom in Abb. 7 für $\lambda = 1$ und 1·7 aufgetragen. Der Einfluß der ausgeprägten Pole auf die größtzulässige Blindstromaufnahme, wenn nur bis zur Stoßgrenze gegangen werden soll, ist noch größer. Wenn wir an eine Maschine denken, deren Vollast Stator-Amperewindungen $AW_J - AW_0$, gleich den

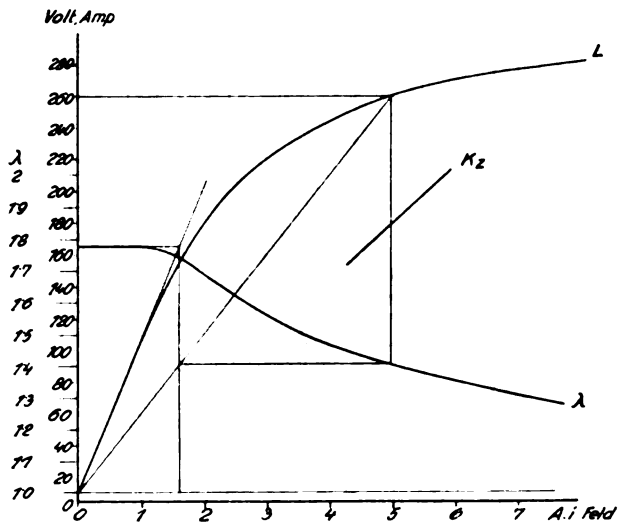


Abb. 8. Leerlaufcharakteristik L, Kurzschlußcharakteristik K_z und Verlauf der Kurve λ des 37 kVA-Drehstromgenerators.

Leerlauf-Amperewindungen, so wäre bei einem Betrieb mit 80 vH der Normallast und einer Stoßbelastung von 20 vH die Stoßgrenze an der Volltrommelmaschine ($\lambda = 1$) bei einer Untererregung bis zu einem Blindstrom von $0{\cdot}41\,AW_0$ gegeben. An der Maschine mit ausgeprägten Polen und $\lambda = 1{\cdot}7$ darf bis zu einer Blindstromabgabe von $0{\cdot}59\,AW_0$ untererregt werden.

Zur Prüfung der abgeleiteten Beziehungen wurde eine Drehstrom-Synchronmaschine für 1000 U. p. min., 37 kVA, 220 V, 50 Per/s mit einem Gleichstromgenerator gekuppelt. Bei den konstanten Drehstromspannungen von 126 bis 220 und 260 V und bei konstant gehaltener Gleichstromspannung von 455 V wurde der Gleichstromgenerator auf Widerstände belastet und die Belastung allmählich so gesteigert, bis der Drehstrommotor außer Tritt fiel. Zur abgegebenen Gleichstromleistung wurden die Reibungsverluste des ganzen Aggregates und die Kupfer- und Eisenverluste der Gleichstrommaschine hinzuaddiert. Abb. 8 zeigt die Leerlaufcharakteristik L des Drehstromgenerators, die Gerade Kz ist die Kurzschlußcharakteristik. Die Kurve λ stellt das über dem Erregerstrom aufgetragene Verhältnis der Längs- zur Querfeldleitfähigkeit dar. Die ideelle Polbedeckung des Generators beträgt genau 0·7. Damit ergibt sich für die vollständig ungesättigte Maschine ein Wert von $\lambda = 1{\cdot}775$. Die einfache graphische Ermittlung von λ für den Punkt 260 V — 4·9 A Erregerstrom ist in Abb. 8 eingetragen.

Abb. 9 zeigt mit den ausgezogenen Kurven die bei den angeschriebenen Spannungen gemessenen Kippmomente I_{Gs}, ausgedrückt in A der Gleichstrommaschine. ($I_{Gs} \times 455\,V$ = synchrone Watt). Nach der in Abb. 3 angegebenen Konstruktion wurden nun die Kippmomente graphisch ermittelt, indem die Leerlaufströme (AW_0) und die Werte von λ der Abb. 8 entnommen wurden. Der Spannungsabfall an der Statorwicklung des Drehstrommotors wurde dabei nur so berücksichtigt, daß der dem jeweiligen Leerlaufstrom entsprechende Streuabfall von der zugeführten Spannung abgezogen wurde. Tatsächlich ist ja — wie wir jetzt wissen — die wattlose Komponente des Statorstromes im Kippunkt größer als den Leerlauf-AW entspricht. Dieser Abzug betrug bei den drei Spannungen von 126, 220 und 260 V 5, 10 bezw. 16 V. Die auf solche Art ermittelten Kippmomente sind in Abb. 9 gestrichelt eingetragen. Die Übereinstimmung mit der Messung ist eine sehr gute. Die konstruierten Punkte liegen durchweg etwas höher als die gemessenen, was sich daraus erklärt, daß der wattlose Strom und der ihm ent-

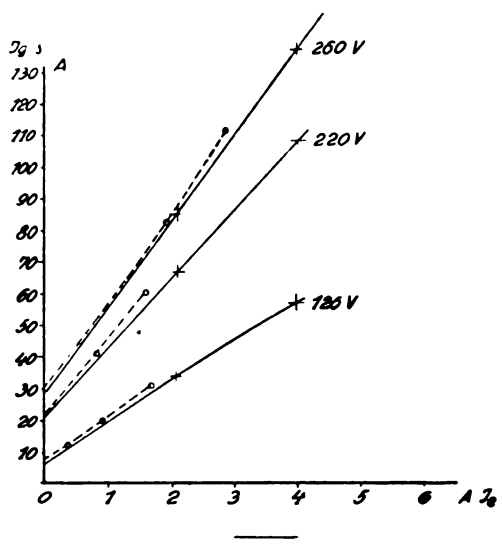


Abb. 9. Gemessenes Kippmoment ——
Nach Abb. 3 ermitteltes Kippmoment - - - - - -

sprechende Spannungsabfall zu wenig und der Ohm'sche Abfall an der Statorwicklung gar nicht berücksichtigt wurden.

Die hier festgestellten Unterschiede zwischen der Maschine mit ausgeprägten Polen und der Volltrommelmaschine verschwinden allmählich mit abnehmendem λ, das heißt mit zunehmender Sättigung. Bei normalen Maschinen mit einer ideellen Polbedeckung von etwa $\alpha_i = 0{\cdot}72$ sind sie jedoch nicht zu vernachlässigen.

Digitized by Google

Über Schwingungserscheinungen auf Freileitungen.

Von Dr. Ing. K. **Draeger**, Selb.

Inhaltsübersicht: Zusammenfassend wird über Beobachtungen über die Schwingungserscheinungen auf Leitungen berichtet. Die Entstehungsursache des Schwingens, die Meßmethoden zur Bestimmung von Frequenz und Amplitude und die Abhilfemaßnahmen werden mitgeteilt. Schließlich wird die Bauart und Wirkungsweise einer „Schwingungsmaschine" beschrieben, mit der die Erscheinungen auf den Freileitungen künstlich im Prüffeld erzeugt werden.

Auf das mehr oder weniger starke Schwingen der Leitungsdrähte werden heute eine Anzahl Zerstörungen zurückgeführt, deren Ursache zunächst rätselhaft erschien. So sind Leitungsdrähte an Abspannklemmen abgerissen, obwohl die errechnete Maximallast beträchtlich unter der Bruchlast lag. Dasselbe fand bei Erdseilen statt; eine Nachkontrolle des Erdseiles einer amerikanischen Anlage ergab sogar, daß dieses an allen Befestigungspunkten beschädigt war. Ferner ist beobachtet worden, daß die Seilschlingen an Hewlett-Isolatoren-Ketten häufig zu Bruch gingen. In einer Leitung in Süddeutschland zeigte es sich, daß ein großer Teil der Schlingen in den Kanälen beschädigt war, und zwar gerade da, wo die Schlingen infolge des Seilgewichtes fest auf dem Porzellan auflagen. Letztere Erscheinung wurde anfangs so erklärt, daß die Kanäle sich infolge von Glimmerscheinungen mit salpetrigen Säuren ausfüllten, die das Kupfer allmählich zerfressen. Nach den neuesten Wahrnehmungen ist es aber nicht zweifelhaft, daß diese Beschädigung auch auf das Schwingen der Leitung, das sich auf die Isolatorenkette fortpflanzt, zurückzuführen ist. Bei einem Werk in Westdeutschland ist dies auch bei Hewlettketten einwandfrei beobachtet worden. Hier brachen in der Hauptsache die Seilschlingen der untersten Glieder, und zwar beim Austritt der Einzeldrähte aus der Befestigungshülse.

Charakteristisch bei allen diesen Brüchen ist die Erscheinung, daß bei Seilen die meisten Einzeldrähte glatte Brüche o h n e F l i e ß k e g e l zeigen, während nur ein geringer Teil einen ausgesprochenen Fließkegel besitzt. Bei Stahlseilen ist ferner eine Änderung des Gefüges beobachtet worden, derart, daß die Bruchstellen grobkristallinisches Aussehen hatten. Die Erscheinung ist so zu erklären, daß bei Seilen mit hoher Dehnung, beispielsweise Kupfer, die durch das Schwingen am meisten beanspruchten Drähte hart und spröde werden und abbrechen, bis schließlich die übrigbleibenden Drähte die Zuglast des Seiles nicht mehr aushalten können und dann nach Überschreitung der Fließgrenze unter Bildung eines Fließkegels wie bei einem Zerreißversuch auf der Zerreißmaschine zerrissen werden.[1])

D i e E n t s t e h u n g s u r s a c h e d e r S c h w i n g u n g e n ist noch nicht ganz geklärt. Obwohl die Schwingungszahl von derselben Größenordnung wie die Frequenz des technischen Wechselstromes ist, müssen elektrische Ursachen ausscheiden. Bei den praktisch in Frage kommenden Abständen der Leiter von einander und von Erde, ergibt selbst bei sehr hohen Strömen und Spannungen die Rechnung, daß die von den elektrischen und magnetischen Feldern ausgeübten Kräfte ganz verschwindend gering sind. Es können daher nur m e c h a n i s c h e U r s a c h e n in Betracht kommen. Zweifellos werden starke Beanspruchungen durch das Abfallen von Eis und Schneelasten verursacht, besonders wenn die Last eines ganzen Spannfeldes abfällt. Dauernde Schwingungen können aber dadurch nicht entstehen, da die Wellen bei einem nur einmaligen Anstoß sich bald totlaufen. Vor allen Dingen werden aber hierbei im allgemeinen die Erscheinungen der Resonanz fehlen. Es entstehen stark gedämpfte Schwingungen, die sich allerdings unter Umständen durch mehrere Spannfelder fortpflanzen.

Weit gefährlicher erscheinen die Schwingungen, die durch dauernde Windstöße quer zur Leitungsrichtung erzeugt werden, obwohl die Amplitude dieser Schwingungen geringer sein wird als die Amplitude der durch Abfallen der Zusatzlasten erzeugten Schwingungen. Dadurch, daß aber die Leitungen bei regelmäßigem Wind dauernd angestoßen werden, entstehen eine Art ungedämpfte Schwingungen, wobei unter Umständen noch Resonanzerscheinungen hinzukommen. Übereinstimmend wird daher auch der W i n d q u e r z u r L e i t u n g s r i c h t u n g als Ursache des Schwingens der Leitungen angegeben. Dabei treten eigenartige Erscheinungen auf: Nach dem geringen bisher vorliegenden Beobachtungsmaterial, in der Hauptsache aus amerikanischen Anlagen, scheint eine ganz bestimmte Windstärke notwendig zu sein, und zwar bilden sich bei geringer Windstärke lange Wellen von 7 bis 10 m, bei großer Windstärke kurze Wellen von der Hälfte oder dem dritten Teil dieser Wellenlänge. Bei sehr starkem Wind entsteht keine Resonanz, sondern die Leitung pendelt hin und her. Dabei läßt sich durchaus nicht sagen, daß unter denselben Bedingungen stets wieder die Schwingung der Leitung einsetzen muß. Ferner ist beobachtet worden, daß in einem Spannfeld die Leitung stark schwingt, in dem nächsten dagegen nicht, obwohl beide Felder dieselben Spannungs- und Windverhältnisse haben. Bei großen Spannweiten wandern die Schwingungsknoten bei Änderung der Windstärke auf der Leitung hin und her.

Interessant sind Modellversuche, die Theodor V a r n e y,[2]) von dem auch das erste zahlenmäßige Beobachtungsmaterial stammt, angestellt hat. Er befestigte Seilstücke von verschiedener Länge, die der jeweils beobachteten Wellenlänge entsprachen, starr an der Wand eines Ventilatorschachtes. Obwohl er Länge und Durchmesser der Seile, sowie

[1]) J. M. C a y l o r d, J. A. I. E. E. 1924, Heft 11.

[2]) Th. V a r n e y, J. A. I. E. E. 1926, Seite 953.

Digitized by Google

die Windstärke in weiten Grenzen änderte, erhielt er keine Resonanzschwingungen, sondern nur schnelle Schwingungen mit sehr kleiner Amplitude. Varney glaubt, daß die Windstärke nicht gleichmäßig genug über den ganzen Drahtquerschnitt gewesen wäre. Nach der unten folgenden Erörterung dürfte jedoch noch ein anderer Grund wesentlich mitsprechen.

Varney gibt auch eine nähere überzeugende Erklärung für die Art und Weise an, wie die Schwingung infolge der Windströmung entsteht. Darnach sind die Erscheinungen im Grunde genommen dieselben wie bei dem Flettnerschen Rotorschiff: Die Luft fließt auf beiden Seiten an dem Leiter vorbei (Abb. 1), wobei aber die Reibung im allgemeinen auf beiden Seiten nicht genau gleich ist. Beispielsweise wird auf der oberen Leiterseite mit zufällig geringerer Reibung die Bewegung schneller als auf der unteren Seite sein. Dadurch entsteht hinter dem Leiter auf der oberen Seite ein geringer Unterdruck. Die unter dem Leiter vorbeiströmende Luft versucht diesen Raum mit geringerer Dichte auszufüllen. Es entsteht ein Wirbel. Auf die Leitung werden daher Kräfte ausgeübt, die in einer Ebene senkrecht zur Windrichtung wirken; die Leitung wird in diesem Falle

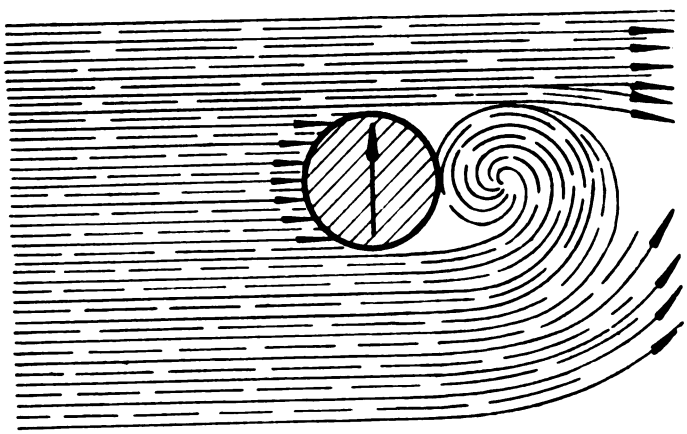


Abb. 1. Entstehung der Schwingungen des Leiters in einer Ebene senkrecht zur Windrichtung.

nach oben bewegt. Ist der luftverdünnte Raum durch die von der unteren Drahtseite her eingeströmte Luft ausgefüllt, so verlangsamt sich die Luftgeschwindigkeit auf der oberen Seite, während die Geschwindigkeit auf der unteren Seite infolge des Unterdrucks stärker geworden ist. Der Wirbel entsteht infolgedessen jetzt auf der unteren Seite und so fort, sodaß die Leitung periodisch nach oben und unten bewegt wird.

Tatsächlich schwingen auch die Leitungen stets in einer vertikalen, niemals in einer horizontalen Ebene. Für die Frequenz dieser Wirbel fand Varney experimentell die Beziehung:

$$f = \frac{v}{d} \cdot f\left(\frac{v\,d}{e}\right),$$

wobei v Relativgeschwindigkeit von Wind bzw. Wasser zum Leiter, d Drahtdurchmesser, e einen Koeffizienten bedeuten.

Die experimentelle Bestimmung von Amplitude und Frequenz der Leitungsschwingungen ist mit einfachen Mitteln möglich. An einer Schnur, die möglichst in einem Schwingungsbrauch an der Leitung befestigt wird, hängt unten ein leichter Holzstab, der in vertikaler Rich-

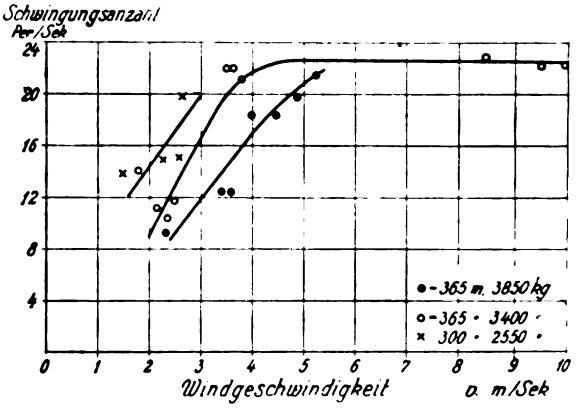


Abb. 2. Schwingungszahl und Windgeschwindigkeit bei verschiedenen Spannweiten und Seilzügen.

tung in der Nut eines Brettes beweglich ist. An dem Stab befindet sich ein Stift als Schreibvorrichtung. Der Stift zeichnet auf ein dagegen gehaltenes Papier die Amplitude der Schwingung im natürlichen Maßstab auf. Bewegt man nun das Papier mit konstanter Geschwindigkeit in horizontaler Richtung vorbei, so erhält man auch die Frequenz der Schwingung. Mit Hilfe eines Uhrwerks und einer Schreibtrommel lassen sich die Schwingungen in dieser Weise mit genügender Genauigkeit registrieren. Damit der Faden bei der Schwingung straff gespannt bleibt, wird der Holzstab unten mit einer Feder am Boden befestigt. Damit die Meßvorrichtung die Schwingung nicht beeinflußt, müssen die Massen klein gehalten werden; für genaue Messungen muß das Schreibzeug direkt am Draht befestigt sein.

Genaues Beobachtungsmaterial liegt bisher nur wenig vor, zahlenmäßig nur von

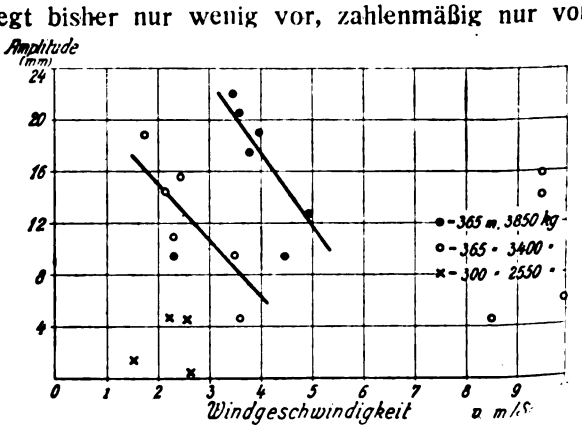


Abb. 3. Schwingungsamplitude und Windgeschwindigkeit bei verschiedenen Spannweiten nud Seilzügen.

Varney. Allgemein ist festgestellt worden, daß die Schwingungen unabhängig von der Temperatur und von der elektrischen Spannung sind. Ebenso ist die Lage des Leiters zum Mast, ob obere, mittlere oder untere Phase, anscheinend ohne Ein-

Digitized by Google

fluß. In Abb. 2 bis 6 sind verschiedene Kurven aufgezeichnet, die nach Umrechnung in das metrische Maßsystem aus dem Zahlenmaterial von Varney herausgezogen sind. Die Zahlen sind ermittelt an

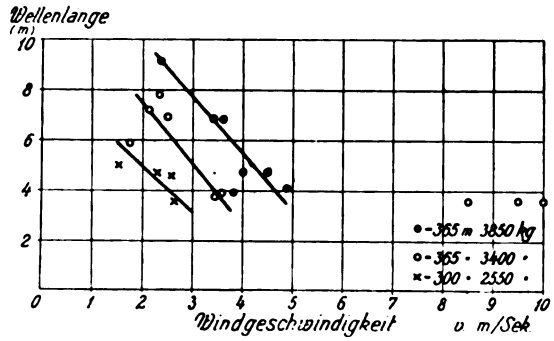


Abb. 4. Wellenlänge und Windgeschwindigkeit bei verschiedenen Spannweiten und Seilzügen.

einem Aluminiumseil von 25·4 mm Durchmesser, bei einem Gewicht von 1·27 kg/m. Aus den Kurven läßt sich folgendes herauslesen:

1. In einem gewissen Bereich der Windstärke, schätzungsweise 1 bis 4 m/sec ist die Schwin-

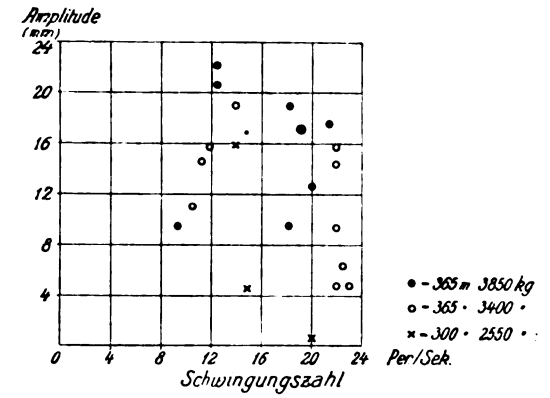


Abb. 5. Amplitude und Schwingungszahl.

gungszahl annähernd proportional der Windstärke, während bei größeren Windstärken von etwa 8 bis 10 m/sec die Schwingungszahl sich nicht wesentlich ändert.

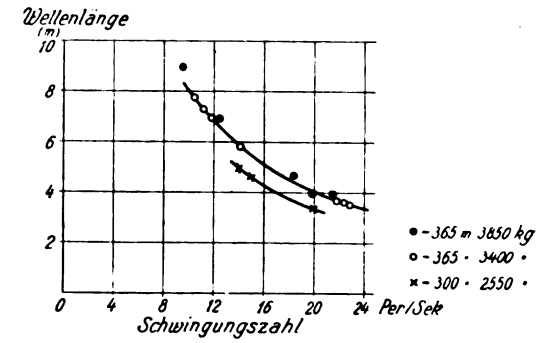


Abb. 6. Wellenlänge und Schwingungszahl bei verschiedenen Spannweiten.

2. Die Schwingungszahl ist umsogrößer, je kleiner der Seilzug und je kleiner die Spannweite.

3. Schwingungsamplitude und Wellenlänge nehmen in einem gewissen Bereich etwa linear mit steigender Windgeschwindigkeit ab und sind umso größer, je größer Seilzug und Spannweite.

4. Amplitude und Wellenlänge nehmen mit steigender Schwingungszahl ab.

Zahlenmäßig erreichten die Schwingungszahlen bei einem Seil von den oben angegebenen Ab-

Abb. 7. Charakteristische Schwingungskurve eines Seiles.

messungen und einer Windstärke von 1 bis 4 m/sec Werte von 10 bis 12 Per/s, die Amplituden Werte von 10 bis 20 mm und die Wellenlänge Werte von 3 bis 10 m.

Abb. 7 zeigt eine der typischen Schwingungskurven eines Seiles. Es fällt sofort die Ähnlichkeit mit einer elektrischen Schwingungskurve auf, und zwar der Schwingung in dem einen System eines Resonanzkreises, die als Schwebungen bezeichnet werden. Man muß daraus schließen, daß

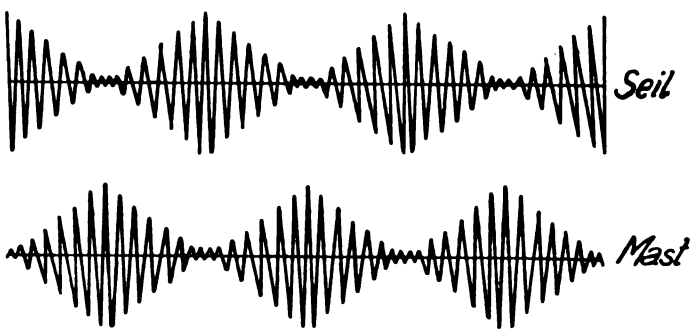


Abb. 8. Schwebungen in dem von Seil und Mast (eventuell Fundament und Erdreich) gebildeten Schwingungskreis.

die Betrachtung nur des schwingenden Seiles allein einseitig ist und nur einen Teil des ganzen Schwingungskreises erfaßt.

Als zweites mindestens ebenso wichtiges Glied kommt der Mast in Frage, der infolge seiner Elastizität ebenfalls Schwingungen ausübt, wie man jederzeit durch Berühren des Mastes feststellen kann. Die Schwingungen von Seil und Mast werden daher im Resonanzfalle etwa einen Kurvenlauf nach Abb. 8 zeigen: Die Schwingungsenergie

Abb. 9. Seilschwingungen bei fehlender Resonanz.

des Seiles geht allmählich in den durch die Isolatorenkette gekoppelten Mast über, pendelt wieder zurück, usw. Ein Abklingen infolge der stets vorhandenen Dämpfung findet solange nicht statt, als durch die Windströmung genügend neue Energie zugeführt wird. Ist keine Resonanz vorhanden, so ergeben sich nur Schwingungen am Seil von gleichbleibender aber kleiner Amplitude. (Abb. 9.) Aus

Digitized by Google

diesem Grunde konnte auch Varney bei seinen Modellversuchen keine Resonanz bekommen, da er das Seil starr an der Schachtwand befestigte, die infolge ihrer im Vergleich zum Seil großen Masse nicht in Schwingungen geraten konnte. Von großen Einfluß für die Resonanz wird daher mit anderen Werten das Verhältnis Leitungsgewicht zum Mastgewicht sein. Darüber hinaus muß sogar das Erdreich, in dem der Mast steht, von Einfluß sein, ob felsiger oder weicher Untergrund usw. Das Schwingungsproblem der Leitungen wird dadurch allerdings sehr unübersichtlich und der Einfluß von Mast und Fundament dürfte der Hauptgrund sein, warum ein Spannfeld schwingt und ein benachbartes mit gleicher Spannweite und Seilspannung ruhig ist. Aus diesen Betrachtungen der Kopplung von Seil und Mast erklärt sich ferner auch die Tatsache, daß Brüche an Hängeketten weit seltener sind als an Abspannketten. Die Kopplung ist bei Hängeketten im allgemeinen so lose, daß keine Schwebungen eintreten können. Ein Teil der Energie wandert in das nächste Feld.

Aus den bisherigen Beobachtungen scheint zwar einwandfrei hervorzugehen, daß das Schwingen von dem Seil ausgeht. Es besteht aber auch

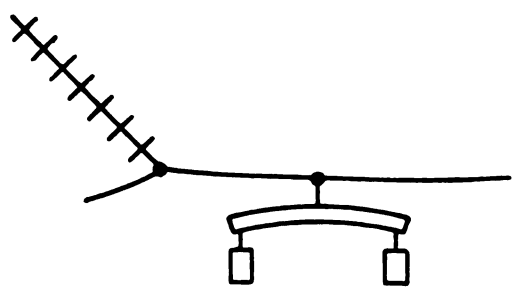


Abb. 10. Anbringung von Dämpfungsgewichten an dem Leiterseil.

die Möglichkeit, daß die Maste zuerst schwingen und die Seile anstoßen.

Um Leitungen und Isolatoren gegen die Schwingungen zu schützen, ergeben sich zwei Möglichkeiten: Entweder sucht man die Schwingung überhaupt zu vermeiden oder man läßt sie im gewissen Grade zu, sorgt aber dafür, daß das Seil nicht in Resonanz mit dem Mast gerät, sodaß die Schwingungen sich auf der Leitung totlaufen können.[3])

Zur Vermeidung von Schwingungen haben sich nach amerikanischen Berichten Dämpfunggewichte (Abb. 10) gut bewährt, wobei diese Gewichte elastisch an den Seilen befestigt werden, und zwar in jedem Feld zwei in einer Entfernung von etwa 1·5 bis 2 m von der Traverse. Obwohl diese Dämpfungsgewichte jede sichtbare Resonanzschwingungen beseitigten, so ist es doch natürlich, daß sie nur die Schwingungen in einem gewissen Bereich der Schwingungszahl unterdrücken können. Außerdem besteht die Gefahr, daß bei Wahl zu großer Gewichte Reflexionspunkte geschaffen werden.

[3]) Vgl. a. E. u. M. 1926, Seite 254, G. H. Stockbridge.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, daß man die Schwingungen unschädlich macht. Zu diesem Zweck sind in Amerika besondere Hänge- und Abspannklemmen konstruiert worden, die einmal ein sehr geringes Gewicht besitzen, außerdem aber auch noch beweglich sind und in der vertikalen Ebene mit der Leitung mitschwingen können.

Noch weiter ist man in der Schweiz gegangen, wo man überhaupt jede feste Abspannung vermeidet und besondere Abspannkonstruktionen ähnlich Abb. 11 geschaffen hat. Dadurch wandern die Schwingungen auf der Leitung weiter, ohne an den Abspannklemmen zurückgeworfen zu werden und den Mast anzustoßen. Diese Ausführung ist zwar kostspielig, dürfte aber die einwandfreieste sein.

Bisher sind nur die Schäden besprochen worden, die sich an der Leitung infolge der Schwingungen gezeigt haben. Es besteht aber kein Zweifel, daß auch die Isolatoren durch die Schwingungen schärfer beansprucht werden als durch die

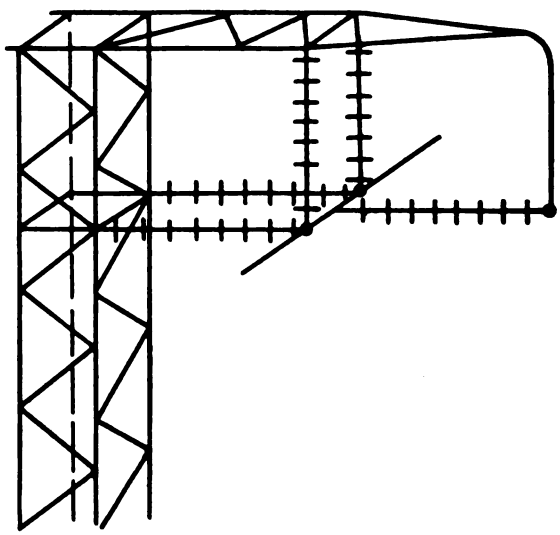


Abb. 11. Besondere Ausbildung der Abspannmaste, um Reflexionspunkte zu vermeiden.

statischen Belastungen. Obwohl die Beanspruchungen zunächst rein mechanischer Natur sind, können sie auch elektrische Durchschläge an den Isolatoren zur Folge haben, da bekanntlich bei hohen mechanischen Belastungen Risse im Porzellan entstehen, die einen vorzeitigen Durchschlag herbeiführen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß das beobachtete häufigere Versagen des obersten Gliedes bei Hängeketten auf diese Schwingungserscheinungen zurückzuführen ist. Es kommt nun dabei nicht allein auf die Frequenz und die Amplitude der Schwingung an, sondern vor allen Dingen auch werden die zusätzlichen mechanischen Belastungen, die in der Richtung des Leitungsseiles wirken, eine Hauptrolle spielen. Leider sind diese mechanischen Zusatzbelastungen noch nicht gemessen worden, sodaß man auf Schätzungen angewiesen ist.

Um die Schwingungsbeanspruchung künstlich erzeugen zu können, ist im Prüffeld der Por-

Digitized by Google

zellanfabrik Rosenthal eine „Schwingungsmaschine“ gebaut worden, deren äußere Anordnung aus Abb. 12 hervorgeht.

Die Maschine besteht aus einem starken Rahmen aus Doppel-T-Trägern. An der einen Stirnseite ist eine Spindel angebracht, die mittels eines Handrades während der Belastungsprüfung

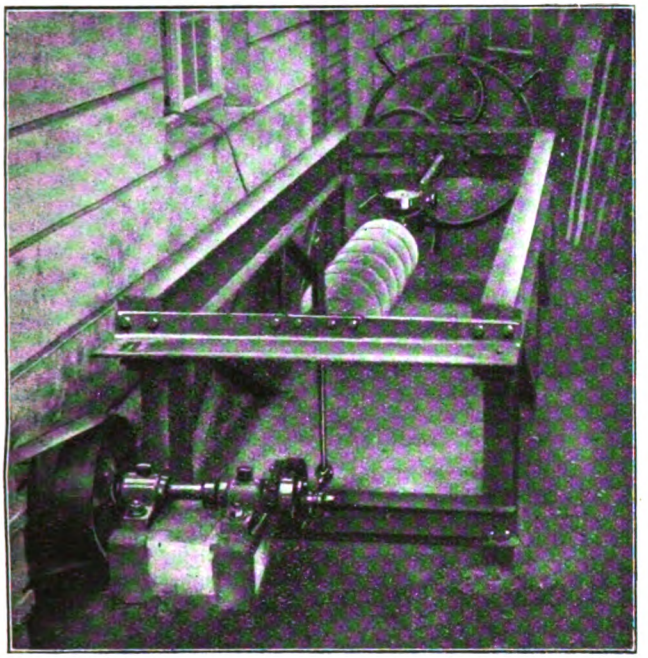


Abb. 12. „Schwingungs“-Maschine aus dem Prüffeld der Porzellanfabrik Rosenthal, Selb.

bewegt werden kann und an der die Isolatorenkette unter Zwischenschaltung eines Dynamometers eingehängt wird. Die andere Seite der Isolatorenkette wird an einem Hebel befestigt, der beweglich an der zweiten Stirnseite des Rahmens angeordnet ist. Die Bewegung des Hebels wird

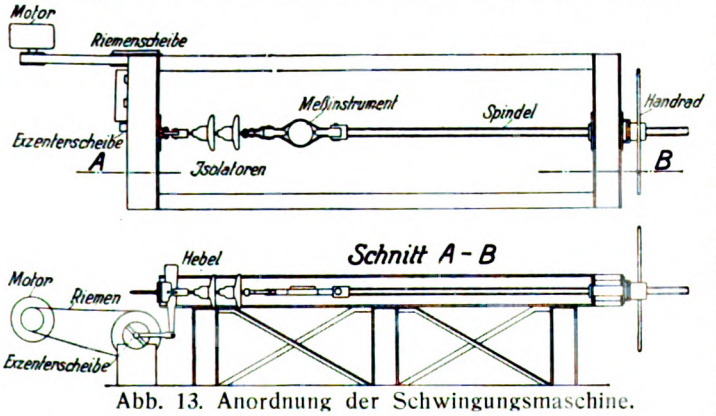


Abb. 13. Anordnung der Schwingungsmaschine.

durch eine Exzenterscheibe bewirkt, die durch einen Motor mit Riemenantrieb bewegt wird. Durch die Zwischenschaltung des Riemens wird vermieden, daß die Stöße sich auf den Motor übertragen. Die Bewegung des Hebels äußert sich in der Weise, daß die Isolatorenkette wechselnden Zugbelastungen unterworfen wird. Die Exzentrizität kann in einfacher Weise geändert werden, sodaß man dadurch in weiten Grenzen Belastungsschwankungen erzeugen kann. Die Umdrehungszahl der Exzenterscheibe ist gleich der Zahl der Belastungsschwankungen an der Isolatorenkette, damit also gleich der Schwingungszahl. Durch Verwendung von Stufenscheiben läßt sich die Schwingungszahl in gewissen Grenzen ändern.

Die Wirkungsweise der Maschine geht aus Abb. 13 hervor. Die Schwingungszahl kann bei der jetzigen Ausführung zu 300 bzw. 400 in der Min. gewählt werden, was also einer Periodenzahl von 5 bis 7 Sekunden entspricht. Es ist dies etwa der Wert, wie er aus den ersten Veröffentlichungen über die Schwingungsvorgänge entnommen wurde. Die Amplitude kann zwischen 2 und 3 mm geändert werden, was einer Belastungsänderung um etwa 100 vH entspricht. Um die Vorgänge genauer übersehen zu können, wurde die Maschine so gebaut, daß Resonanzerscheinungen möglichst vermieden sind. Dagegen schwingt die Kette wegen der besonderen Hebelanordnung nicht nur in der achsialen, sondern auch in der radialen Richtung, während diese Belastungsarten auf der Leitung anscheinend nur getrennt vorkommen.

Über die Versuche, die mit der Schwingungsmaschine an Isolatoren ausgeführt worden sind, soll später ausführlich berichtet werden.

Zusammenfassend kann man sagen, daß zwar eine geringe Herabsetzung der Festigkeit stattfindet, daß aber selbst bei langdauernden Schwingungsbelastungen mit der garantierten mechanischen Bruchfestigkeit keinerlei Schäden bei dieser Belastung auftreten. Es scheint, als ob durch die Schwingungen an sich die Festigkeit nicht herabgesetzt wird, daß also keine Ermüdung des Materials eintritt, wie Zerreißversuche auf der gewöhnlichen Zerreißmaschine zeigten, die nach der Schwingungsbelastung vorgenommen wurden. Dagegen ist die Zerreißfestigkeit bei Schwingungsbelastungen selbst geringer. Zurückzuführen ist dies wahrscheinlich darauf, daß vereinzelt infolge Resonanzerscheinungen Belastungsstöße von einer Höhe vorkommen, die die normale Bruchlast übersteigen. Tatsächlich sind schwingende Spannfelder beobachtet worden, auf denen in einem Zeitraum von vielen Jahren keine Zerstörung an Leitung und Isolatoren vorgekommen ist; dagegen wird selbstverständlich stets dann eine Störung eintreten, wenn die Dauerbelastung mit der übergelagerten Schwingungsbelastung die Bruchlast annähernd erreicht, was unter ungünstigen Resonanzbedingungen eintreten kann.

Auf Grund der bisher vorliegenden Beobachtungen ist es wahrscheinlich, daß die beschriebene Maschine die Schwingungen auf der Leitung annähernd wiedergibt, wobei aber nicht verschwiegen werden soll, daß das Beobachtungsmaterial noch ergänzt werden muß, um ein abschließendes Urteil fällen zu können.

Digitized by Google

Rundschau.

Elektrizitätswerke. Anlagen.

160 000 kW Turbogenerator für die Hellgate Power Station der United Electric Light & Power Co., New-York. Diese außerordentliche Leistung wurde in einem Aggregat vereinigt, um sie auf beschränktem Raum in der Hellgate Station (New-York)[1]), wo unerschwingliche Grundpreise eine Erweiterung ausschließen, unterzubringen. Die Maschine wurde der amerikanischen Brown-Boveri-Gesellschaft in Auftrag gegeben. Eine Hochdruckturbine treibt mit 1800 U/min einen Dreiphasengenerator von 75 000 kW und eine Niederdruckturbine mit 1200 U/min einen solchen von 85 000 kW. Der Dampfdruck ist 19·6 kg/cm², abs. Dampftemperatur 322° C, das Vakuum 96·55 vH, die Generatoren sind bestimmt zur Abgabe von 88 200 und 100 000 kVA bei 13 800 V und 60 Per/s bei $\cos\varphi = 0{\cdot}85$. Der Raumbedarf beträgt $20{\cdot}5 \times 12$ m. Der Hochdruckteil erhält Druckausgleich mit Dampfkolben, da der Verlust desselben bei dem großen Dampfverbrauch nicht mehr ins Gewicht fällt, zwecks Raumersparnis werden die Lüftungseinrichtungen der Generatoren samt ihren Antriebsmotoren über den Generator selbst angeordnet werden. Nachstehend eine Übersicht über die Gewichte:

Turbine	Hochdruckteil 75000 kW 1800 U/min.	Niederdruckteil 85000 kW 1200 U/min
Gehäuse	48 t	335 t
Rotor	23 t	87 t
Turbine samt Rahmen und Lagern	rund 705 t	
Generatoren		
Stator	130 t	150 t
Rotor	60 t	100 t
Generator	190 t	250 t

Ein großer Fortschritt in der Konstruktion ist daraus zu erkennen, daß die Leistung von 88 200 kVA mit vier Polen erreicht wurde, während die bisher größten Generatoren mit 60 000 kVA sechspolig sind; der andere Generator von 100 000 kVA ist wohl sechspolig, übersteigt jedoch die bisherige Leistungsgrenze um 40 vH. Gn.

(Bulletin technique de la Suisse Romande, Nr. 10, 11. September 1925.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Ein neuer Betriebsstoff für Dampfmaschinen. Der wiederholt unternommene und wieder aufgegebene Versuch der Mehrstoffdampfmaschine ist bekanntlich in der letzten Zeit durch die Quecksilberturbine von Emmet[2]) in ein Stadium getreten, in dem an die industrielle Verwertung dieses Gedankens gedacht werden kann, doch haben sich bei der Verwendung von Quecksilber verschiedene Nachteile ergeben. Wie nun Prätorius in Dinglers Pol. Journal (Heft 19 v. 1926) nach einem Aufsatze von Dow in Mech. Engg. (Aug. 1926) berichtet, scheint es gelungen zu sein, einen Ersatzstoff für Quecksilber in Diphenyl-Oxyd zu finden. Dieses ist bei gewöhnlicher Temperatur ein fester, weißer Körper, der bei 27° C schmilzt und bei Atmosphärendruck bei 258° siedet. Der kritische Punkt liegt bei 530° und 325 ata. Arbeitet die mit Diphenyl-Oxyd und Wasserdampf betriebene Zweistoffdampfmaschine mit 450° Anfangstemperatur (entsprechend etwa 16 ata Dampfdruck) und 32·5° Kondensatortemperatur, so erhält man bei Annahme des idealen Kreisprozesses nach Carnot einen Wirkungsgrad von $\frac{450-32{\cdot}5}{450+273} = 0{\cdot}58$, während zum Beispiel bei Verwendung von Quecksilber mit 400° Anfangstemperatur (wie bei den Maschinen von Emmet) und einer Entspannung des Wasserdampfes bis auf 0·05 ata (entsprechend 32·5° wie oben) $\eta = \frac{400-32{\cdot}5}{400+273} = 0{\cdot}546$ wird. Wichtig für die Verwendung des neuen Betriebsstoffes ist dessen geringerer Preis (2·8 Mk./kg gegen 9·3 Mk./kg für Quecksilber) und die Möglichkeit, den Stoff in großen Mengen zu erzeugen (bei Quecksilber würde die derzeitige Weltgewinnung nicht ausreichen, um den Bedarf zu decken, wenn große Quecksilberdampfkraftwerke errichtet würden). Ferner ist Diphenyl-Oxyd nach den bisherigen Versuchen weder in flüssiger noch in Dampfform gesundheitsschädlich. Sein spezifisches Gewicht ist 1·083, sodaß also im Kessel keine wesentliche Temperaturunterschiede zwischen oben und unten auftreten, wie bei Quecksilber. Man kann daher die gewöhnlichen Kesselbauarten verwenden. Die Dampfdichte von Diphenyl-Oxyd ist das 9·4fache der Wasserdampfdichte, der Wärmeinhalt des Dampfes je nach der Verdampfungstemperatur aber nur $^1/_6$ bis $^1/_7$ des Wärmeinhaltes von Wasserdampf. Auf gleiche Arbeitsleistung bezogen, kann die mit Diphenyl-Oxyd arbeitende Maschine daher jedenfalls kleiner sein als die Wasserdampfmaschine. Die Zersetzung bei hohen Temperaturen ist praktisch belanglos, da auch das Zersetzungsprodukt (Phenol) fast ebenso günstige thermische Eigenschaften aufweist. Ein Vergleich einer mit zweifacher Überhitzung (Zwischenüberhitzung) arbeitenden Wasserdampfmaschine mit Frischdampf von 50 ata und 400° C und 0·05 ata Kondensatorspannung (32·5 C) und einer Zweistoffmaschine mit Diphenyl-Oxyd und Wasserdampf mit 10 ata und 400° C Anfangszustand des neuen Betriebsstoffes und dem gleichen Kondensatordruck für den Wasserdampf wie bei der anderen Maschine ergibt für die erste Anlage eine gesamte Wärmeausnützung (auf die Leistung an den Klemmen des angetriebenen Stromerzeugers bezogen) von 0·2491, für die zweite hingegen von 0·302, also eine Wärmeersparnis von 21·3 vH. Über die Wirtschaftlichkeit einer mit Diphenyl-Oxyd arbeitenden Anlage können mit Rücksicht auf den gegenüber Wasserdampf noch immer recht hohen Preis des Betriebsstoffes und die höheren Anlagekosten keine Angaben gemacht werden. Wünschenswert wäre aber, wenn auch eine derartige Versuchsanlage gebaut würde.

(In einer späteren Veröffentlichung in der ZVDI, Nr. 6 von 1927, „Wirkungsgrad und Leistungssteigerung von Gegendruckmaschinen" hat Prätorius auch auf die Zweckmäßigkeit der Verwendung des im Kondensator der Diphenyl-Oxydmaschine erzeugten Dampfes als Heizdampf oder dergleichen verwiesen. Der Ber.) J.

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Hochleistungssicherungen. L. C. Grant hat eingehende Untersuchungen über das Verhalten von Sicherungen bei hohen Abschaltleistungen vorgenommen, wo dieselben für praktische Zwecke sich bisher meist als unbrauchbar erwiesen haben. In Ergänzung des kurzen Berichtes in Heft 34 v. J., Seite 619, soll hier noch das folgende angegeben werden:

Eine Einteilung in drei Gruppen ist möglich: Mittlere oder starke Ströme bei hohen Spannungen, starke Ströme bei mittlerer oder niedriger Spannung und kleine Ströme bei hoher Spannung. Die letzte Gruppe hat von den ersten abweichende Bedingungen zu erfüllen. Die ersten beiden Gruppen sind nicht scharf zu trennen und entsprechen Unterstationen für industrielle Betriebe, Hilfsbetrieben für Kraftwerke, Verteilnetzen. Für das Ansprechen, welches ohne Verzögerung erfolgen soll, ist der momentane Höchstwert des Kurzschlußstromes in Rechnung zu ziehen. Die Stromverteilung erfolgt vielfach mit Transformatoren bis 1000 kVA an praktisch auch bei sekundärseitigem Kurzschluß unveränderlicher Spannung. Gute Sicherungen, die geeignet wären, das 20 und mehrfache des Nennstromes sicher abzuschalten, würden hier gegenüber Ölschaltern eine große Ersparnis bedeuten. Die Sicherungen bieten, da auf Wärmewirkung beruhend, in gewissen Grenzen eine Anpassung an die Erfordernisse des Betriebes durch ihre Zeitstrom-Charakteristik. Vorhandene Typen wurden untersucht,

[1]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1924, Seite 88.

[2]) Vgl. E. u. M. 1914, S. 271; 1922, S. 79; 1925, S. 836.

Digitized by Google

Verbesserungen durchgeführt und neue Typen für bestimmte Zwecke entwickelt. Ein Hauptnachteil der gewöhnlichen Schmelzsicherung rührt davon her, daß der normale Betrieb bei hoher, mit der Belastung wechselnder Temperatur erfolgt, was Strukturveränderungen im Schmelzdraht und oft vorzeitiges Abschmelzen zur Folge hat. Auch Erschütterungen und Schwingungen unter Einfluß magnetischer Felder sind schädlich. Die Abschaltleistung ist jene, welche ohne die Sicherung oder die Umgebung gefährdende Lichtbogenerscheinungen abgeschaltet werden kann. Vielfach wird magnetische Blaswirkung angewendet; sie kürzt die Dauer des Lichtbogens, kann aber auch durch Hervorrufen von Schwingungen schädlich wirken und die Abschaltung erschweren. Einfachste Form der magnetischen Blasanordnung ist vorzuziehen. Bisweilen bleiben bei Blasmagnetanordnungen Teile des Sicherungsdrahtes in festem Zustand und werden beim Abschmelzen bis zu 80 m weit weggeschleudert. Bei 75 vH der Schmelztemperatur wird Kupfer rotglühend; der Vollaststrom muß zwischen $^1/_8$ und $^1/_2$ des Abschmelzstromes gewählt werden, um Strukturveränderungen zu verhüten. Bei gewissen Metallen tritt Oxydation auch bei niedrigeren Temperaturen und unter dem bloßen Einfluß der Atmosphäre ein. Gewisse Oxyde sind hitzebeständiger als ihre Metalle und können so die Abschaltung unter Umständen sogar verzögern. Meist werden Sicherungen nicht offen verwendet, sondern in mit pulverförmigem Material gefüllten Patronen. Diese Füllung sucht, wenn sie fest gelagert ist, die Oxydschicht zu erhalten. Lockere Füllung dagegen kann durch den Sauerstoffgehalt der Zwischenräume Anlaß zu Explosionen geben, was bei dichter Füllung nicht möglich ist. Feines Pulver ist daher zweckmäßig, backt aber oft fest und wirkt dadurch verzögernd. Gut eignet sich Kalziumkarbonat, dessen CO_2-Gehalt löschend und kühlend wirkt, auch indifferente Füllung, zum Beispiel Sand, gibt gute Wirkung. Für die gute Abschaltung kommt es in erster Linie auf die Größe des Kurzschlußstromes im Augenblick des Abschmelzens an. Eine schnell wirkende Sicherung kann in Funktion treten, noch ehe der Kurzschlußstrom seine volle Höhe erreicht hat, daher ist Verringerung der Metallmasse zweckmäßig. Das Verhältnis Vollaststrom zu niedrigster Abschmelzstromstärke ist möglichst klein zu halten, dadurch wird die Abschaltleistung verringert. Das Verhältnis kann, während es gewöhnlich 1 : 2·5 beträgt, durch geeignete Ausführungsformen bis auf 1 : 1·2 herabgesetzt werden. Hiezu dient ein eigener kalibrierter Heizdraht, welcher den eigentlichen Schmelzdraht erhitzt. Mehrfache Elemente in Parallelschaltung wirken günstig durch ihre große mit der Füllmasse in Berührung stehende Oberfläche. Die Schmelzdrähte sollen in widerstandsfähigen Gehäusen untergebracht sein; Porzellan und Glas sind im allgemeinen zu schwach. Geerdete Metallgehäuse sind bedenklich wegen Lichtbogenbildung. Zweckmäßig sind Patronen aus Isoliermaterial, andererseits Ölsicherungen. Außer den genannten, Glas und Porzellan, sind noch Fiber und Bakelit verwendbar. Fiber ist zwar fest aber hygroskopisch, wodurch sein Bestand und die Füllmasse leidet, am besten hat sich bei den Versuchen bakelisiertes Fiber bewährt. Die Armierung mit Metallkappen ist nicht immer zufriedenstellend gelöst. Am besten bewährt sich ein eingeschraubtes und ein übergeschraubtes Rohr, über welch letzteres außen die Verschlußkappe geschraubt wird. Metallbehälter sind wegen Lichtbogenbildung nur mit Endkappen verwendbar, wobei wegen der Ölfüllung erhöhte Drücke auftreten, in einem Falle wurden 50 mm vom Lichtbogen 100 at an der Metallwand 33 at gemessen.

Die Wirkung aller größeren Schmelzsicherungen einfachster Bauart bei Kurzschluß ist von Lichtbogen mit explosionsartigen Vorgängen begleitet, daher den heutigen betriebstechnischen Anforderungen nicht mehr entsprechend. Abschaltung kann, wie Versuche zeigen, auch mit Sicherungen der einfachsten Bauart bei 6000 V und großer Kurzschlußleistung erzielt werden, wenn nur die Unterbrechungsstrecke lang genug ist: 30 cm genügen nicht, wohl aber 60. Der dabei auftretende Lichtbogen mit Explosionswirkung läßt jedoch solche Einrichtungen praktisch unbrauchbar erscheinen. Anzustreben ist eine Verringerung der beim Abschmelzen auftretenden Wärmeenergie und völliger Abschluß des Vorganges im Innern eines widerstandsfähigen Gehäuses. Versuche an einer dreipoligen Sicherung für 200 A mit in Porzellan eingeschlossenen Schmelzdrähten, Gewicht der Sicherung 45 kg, ergaben schwere Unzukömmlichkeiten, als die 180 V Sekundärseite zweier parallel geschalteter 1200 kVA Transformatoren, gespeist von einem 6000 kVA Turbogenerator mit einer Kurzschlußleistung von 70 000 kVA, angeschlossen wurde. Der maximale momentane Kurzschlußstrom war 100 000 A, beobachtet wurden beim Versuch infolge früheren Abschmelzens 8446 A. Austreten großer Gaswolken, Inbrandsetzen von Holzspänen durch ausgeschleudertes, geschmolzenes Material, Rauchwolken traten 4 bis 5 m weit aus; die Untersuchung ergab Phasenüberschlag infolge der heißen Metalldämpfe, etwa ein Kubikzoll (0·15 kg) Material von den Anschlußklemmen war verbrannt. Unter sechs Versuchen mit verschiedenen Spannungen von 150 bis 440 V versagte die Sicherung zweimal durch Überschlag und gab in allen Fällen heftige Feuererscheinungen. Ähnliche Versuche wurden angestellt mit Röhrensicherungen mit verschiedenen Füllstoffen und ergaben durchwegs unbefriedigende Resultate und häufig völliges Versagen, wofür zahlreiche Beispiele angegeben werden.

Ganz anders verhält sich eine mit Kalziumkarbonat gefüllte Röhrensicherung besonderer Konstruktion des Verfassers, die zur Entlastung vom Innendruck eine Art Ventil (verklebte Öffnung) besitzt, bei Niederspannung sowohl wie bei 6000 V. In neuerer Zeit wurden Sicherungen unter Öl in Eisengehäuse ausgebildet, dabei waren Schwierigkeiten zu überwinden, weil das Öl unter dem normalen Energieverbrauch des Schmelzdrahtes bei Belastung heiß wurde. Dies führte auf die Verwendung kurzer Schmelzdrähte bei Niederspannung (440 und 600 V), bei Hochspannung (bis 6600 V) müssen gleichzeitig mit dem Schmelzen des Drahtes von 38 mm Länge die Kontaktklemmen durch Federkraft auseinandergezogen werden. Dies geschieht mit wesentlich höherer als der (vom Verfasser etwas niedrig angegebenen) Schaltgeschwindigkeit von Ölschaltern von 3 bis 4 m/sec; nämlich mit 10 m/sec. Höhere Geschwindigkeiten sind dagegen wieder durch Erzeugung von Überspannungen von Nachteil. In Öl liegende Schmelzdrähte unterliegen einem Oxydationsvorgang, der zur Schwächung und vorzeitigem Abbrennen führt, wenn nicht das Verhältnis Vollaststrom/Abschaltstrom wesentlich kleiner als 1 : 3 gewählt wird. Dann ergibt sich allerdings bei 1 : 6 eine sehr verminderte Schutzwirkung der Sicherung. Mit Kupferdrähten mit Zinnüberzug konnte das Verhältnis 1 : 3 gewählt werden. Die Zeit-Strom-Charakteristik solcher Sicherungen unter Öl ist gegenüber gewöhnlichen in Luft arbeitenden Sicherungen wesentlich verflacht, demnach die Schutzwirkung eine entsprechendere. Steigend mit der Abschaltleistung in kVA tritt im Eisengehäuse ein beträchtlicher Innendruck auf, bei 10 000 kVA im Mittel 1·5 kg/cm², bei 20 000 kVA 2·25 kg/cm² und bei 50 000 kVA zwischen 6 und 12 kg/cm². Eine solche Type für 2200 bis 3300 V wurde entwickelt und genügt für Abschaltleistungen bis 60 000 kVA: 300 000 kVA scheinen erreichbar zu sein. Eine neue Type des Verfassers unterbrach 3673 A bei 4666 V anstandslos. Für kleine Ströme hoher Spannung, zum Beispiel bei Spannungswandlern, Anschlüssen für leitungsgerichtete Telegraphie wurden Versuche mit den beschriebenen Typen ähnlichen Sicherungen mit Widerständen zur Strombegrenzung in Serie vorgenommen, die eine Begrenzung der Abschaltleistung auf 1000 kVA bewirken. Die Unterbringung des heißen Widerstandes hinter Schalttafeln ist allerdings oft ohne Gefährdung der Betriebssicherheit kaum möglich. Es gelang, denselben in Form einer federnden Spirale zur Öffnung der Kontakte in eine Röhrensicherung unter Öl einzubauen. Wichtig ist, daß das Abschmelzen noch im ersten ansteigenden Ast des Kurzschlußstromes erfolgt. Für folgende Zwecke sind gegenwärtig Schmelzsicherungen mit zufriedenstellender Wirkungsweise

Digitized by Google

ausgebildet: 1. Für Abschaltleistungen von 70 000 bis 100 000 kVA bei Spannungen bis zu 600 V (die Sicherung unter Öl in Eisengehäuse, Niederspannungstype), für Abschaltleistungen bis 60 000 bei hohen, mittleren und niederen Spannungen, (die neuen Röhrensicherungen). 2. Für Abschaltung einiger 100 000 kVA (die Sicherung unter Öl in Eisengehäuse, Hochspannungstype). 3. Für kleine Ströme bei hoher Spannung (mit einem Schutzwiderstand kombinierte Sicherungen). Gn.

(Journal of the Institution of Electrical Engineers, Bd. 64, Nr. 357, September 1926.)

Der Übergangswiderstand von Erdleitungen. Von E. Bachmann, Zürich. Zur Erdung verschiedener Teile von Telegraphen-, Telephon- und Radioanlagen läßt sich nicht immer der Anschluß an Wasserleitungen durchführen; die dann erforderliche Legung von Erdelektroden soll mit möglicht geringen Mitteln vorgenommen werden. Der Übergangswiderstand einer Erdleitung ist abhängig vom spezifischen Widerstand des Erdbodens, von der Form der Elektrode, ihren Abmessungen und ihrer Tiefenlage. Der Verfasser untersucht, welche Form und Größe von Erdleitungen sich wirtschaftlich als am vorteilhaftesten erweisen. Zu Vergleichszwecken können die einschlägigen Formeln benützt werden. Ist a die Seite einer quadratischen Erdplatte und wird der spezifische Widerstand des Bodens mit 10 000 Ω angenommen, so folgt für den Übergangswiderstand der quadratischen Erdleitung $W = \frac{3680}{a}$. Ist $a = 50$ cm, so ist $W = 73{\cdot}6$ Ω, für $a = 100$ cm wird W nur halb so groß, das heißt der Übergangswiderstand ist der Seitenlänge umgekehrt proportional nicht aber der Fläche. Nimmt man eine rechteckige Erdleitung, deren Seitenlängen sich wie 10 : 1 verhalten und beträgt die Plattenlänge 100 cm, die Breite der Platte 10 cm, so ergibt sich der berechnete Wert für W zu 92 Ω. Diese bandförmige Elektrode hat daher nur einen etwa 2·5 mal so großen Widerstand wie eine quadratische Platte von 100 × 100 cm. Die Widerstände quadratischer und rechteckiger Platten gleicher Fläche weichen nicht stark voneinander ab, die rechteckige Form ist wohl etwas günstiger, namentlich beim Seitenverhältnis 5 : 1, doch wird man in der Praxis die quadratische Form zumeist beibehalten. Zur Verbesserung wird im Bedarfsfalle eine zweite Platte unweit der ersten verlegt und durch eine metallische Leitung unter dem Erdboden verbunden, deren verbessernder Einfluß nicht zu unterschätzen ist. Ein ausgestreckt verlegter Erdleitungsdraht von 5 m Länge und 5 mm Durchmesser hat einen berechneten Übergangswiderstand von 24·2 Ω, ein 3 mm starker Draht gleicher Länge hat einen nur unwesentlich größeren Widerstand, nämlich 25·8 Ω. Beträgt seine Länge 10 m, so verändert sich W auf 14 Ω. Eine quadratische Platte von 100 × 100 cm und ein Draht von 5 mm Durchmesser und 3 m Länge haben etwa den gleichen Widerstand. Der Erdleitungsdraht, der in feuchtem Boden liegt, wirkt daher sehr günstig auf die Herabminderung des Übergangswiderstandes. Now.

(Techn. Mitt. d. schweiz. Telegr.- u. Telephon-Verw., Jahrg. 4, Nr. 4, 1926.)

Elektrische Meßkunde.

Ein Dynamometer zum Messen der Umfangskräfte von Zählerankerscheiben beschreibt F. Bergtold. Das Instrument besteht aus einer um eine horizontale Achse drehbaren Scheibe, 30 g schwer und 100 mm im Durchmesser, deren Schwerpunkt exzentrisch liegt. Ein mit einem Ende am Umfang der Scheibe befestigter Faden ist ein Stück um den Umfang gelegt, am anderen tangential wegführenden Ende des Fadens zieht die Umfangskraft P der Zählerscheibe. Es ist $P \cdot r = G \cdot a \sin \alpha$ (a die Exzentrität des Schwerpunktes der Scheibe, α deren Verdrehungswinkel unter dem Einfluß der Tangentialkraft). Ein Zeiger an der Scheibe zeigt an einer Sinusteilung den Sinus des Winkels α an. Die Eichung des Instrumentes erfolgt in der Weise, daß ein bestimmtes Gewicht in gemessenem Abstand von der Achsenmitte drehbar an die Scheibe gehängt und die Scheibe der gleichen Tangentialkraft wie ohne dieses Gewicht ausgesetzt wird. Es wird beide Male der Sinus des Anschlagswinkels beobachtet. Durch Elimination von P wird die Proportionalitätskonstante $\frac{G\,a}{r}$ berechnet. Die Scheibendrehung wird mittelst eines Dauermagneten gedämpft. Der Meßbereich reicht bis 0·3, 1·5 und 3·0 g. Beim ersten Meßbereich wird ein Zusatzgewicht auf der dem Schwerpunkt der Scheibe bezüglich der Achse gegenüberliegenden Seite angehängt, bei Meßbereich 1·5 ist kein Zusatzgewicht, bei dem von 3·0 ist das Zusatzgewicht auf der Seite des Schwerpunktes. Btz.

(Z. f. Instrumentenkunde, Bd. 46, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Konservative Kontrolle von Drahtseilen durch Prüfung der magnetischen Eigenschaften. Von R. L. Sanford. Die wichtige, heute noch ungelöste Frage einer zuverlässigen, betriebsmäßigen Kontrolle von Drahtseilen hat das Bureau of Standards zu einer Untersuchung veranlaßt, ob der zweifellos bestehende Zusammenhang zwischen den mechanischen und magnetischen Eigenschaften eine praktische Verwertung bei Stahlseilen zuließe. Magnetische Messungen würden sich zur laufenden Kontrolle besonders eignen, da sie auch am eingebauten Seil unschwer durchführbar sind. Das Ergebnis ist jedoch, wie vorweggenommen sei, kein positives. Der Zusammenhang zwischen den mechanischen und magnetischen Eigenschaften erweist sich als viel zu kompliziert, als daß dieser Weg ohne eingehende weitere Vorarbeiten gangbar wäre. Die Hauptschwierigkeit besteht hierbei darin, daß aus einer Veränderung der magnetischen Eigenschaften nicht eindeutig auf die Ursache geschlossen werden kann. Bei der großen Zahl von einwirkenden Faktoren — mechanische Beanspruchungen, Struktur- und chemische Veränderungen-Korrosion usw. — scheint es zweifelhaft, ob hier ein praktischer Erfolg möglich ist. K.-M.

(Technologic papers of the bureau of standards, Nr. 315.)

Die Erdbohrmaschine von Sporwart mit eingeschlossenem Zahnradbetrieb. H. P. Miller beschreibt die Erdbohrmaschine von Sporwart, die für das Bohren von Mastlöchern von 20 bis 75 cm Durchmesser und bis zu einer Tiefe von 2 m geeignet ist.[1]) Der hiezu verwendete Wagen kann leicht als Lastauto verwendet werden und ist überdies zur Aufnahme von Montage- und Grabwerkzeugen geeignet. Hinter dem Führerstand ist eine vom Antriebsmotor zu betätigende Aufzugswinde angebracht. Die Erdbohrmaschine mit eingeschlossenem Antrieb wird ebenfalls vom Antriebsmotor aus angetrieben. Der Bohrkopf ist mit dem Getriebe an der Wagenplattform befestigt, er selbst ragt über den hinteren Wagenrand hinaus und kann seitlich bis 45° nach rechts und links verschwenkt werden, so daß auch bei unebenem Gelände und schief stehendem Wagen das Bohren lotrechter Bohrlöcher ermöglicht ist. Im Bohrkopf läuft eine 4 m lange Bohrstange, an der der Sporwartsche Erdbohrer in verschiedenen Durchmessern befestigt werden kann. Für Felsboden lassen sich Steinbrecher verwenden. In unmittelbarer Nähe des Bohrers sind am Wagen zwei Hebel für die Regelung der Bohrgeschwindigkeit und des Vorschubes angebracht. Über 10 m lange Maste werden über eine Laderolle, die am Ende der Bohrstange befestigt ist, über 25 m lange Maste durch einen, an den Wagenwänden anbringbaren leichten Kran aufgezogen und in das Bohrloch eingebracht. Zur Bedienung des Wagens, der Bohrvorrichtung und beim Aufstellen des Mastes sind zwei, höchstens drei Mann erforderlich. Es lassen sich bei achtstündiger Arbeitszeit täglich 75 bis 100 und mehr Maste aufstellen. Die Ersparnis gegenüber dem Graben von Hand aus stellt sich nach amerikanischen Betriebsergebnissen, wobei allerdings die außerordentlich hohen Arbeitslöhne zu berücksichtigen sind, auf 50 vH und mehr, so daß für Gesellschaften, insbesonders Tele-

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 181, 873; Das El.-Werk, S. 176.

Digitized by Google

graphenverwaltungen, wenn sie jährlich mehr als 1000 Maste zu versetzen haben, der Wagen eine sehr lohnende Anschaffung darstellt. V. H.
(Electrical Communication der Intern. Standard El. Corporation, Bd. 5, Heft 1, 1926.)

Installationstechnik.

Anlagen und Apparate für Niederspannung. Dr. H. Passavant, Berlin. Nach einer etwa fünfzigjährigen Entwicklung der Starkstromtechnik ist eine Untersuchung nötig, ob die konstruktive Entwicklung in der Stromverteilung mit dem sonstigen Stand der Elektrotechnik gleichen Schritt gehalten hat. Die unaufhörliche Verbreiterung der Netze hatte die fortgesetzte Erhöhung der Spannung und den Übergang auf Mehrleiteranlagen zur Folge, wobei an die Grenze gestoßen wurde, welche die Herstellbarkeit der Glühlampe, 220 V, setzt. Diese Spannung muß bei neuen und alten Netzen angestrebt werden, sei es bei Gleichstrom mit Mehrleiteranlagen, sei es bei Drehstrom mit Vierleiteranlagen 220/380 V. Es ist dies umso notwendiger, als durch die stetig wachsende Abnahme von Wärme und Kraft die Belastung der Netze stark anwächst, so daß der Lichtstrom meist nur 5 vH der Gesamtlast beträgt. Dem Drehstrom gebührt wegen seiner Einfachheit und wegen der Möglichkeit, für die Hauptzuleitungen Hochspannung zu verwenden, zweifellos der Vorzug. Daher werden in vielen Städten, darunter Berlin, bestehende Gleichstromnetze auf Drehstrom umgebaut. Sollte sich der Gleichrichter soweit entwickeln, daß er wie der Transformator aufsichtslos arbeiten kann, dann wären freilich Gleichstromverteilungen mit Hochspannungs-Drehstromzuführungen denkbar. Auch in diesem Falle wären für die Verteilung 220 V anzuwenden. Die Gefahren höherer Spannungen sind Brandgefahr und physiologische Wirkungen. Die Wege, ihnen zu begegnen, müssen ermittelt werden, wenn auch keine Energieform in großem Ausmaß gefahrlos beherrscht werden kann. Während man in den Anfangsjahren der Elektrotechnik an keine Feuersgefahr dachte, zeigte sich bald die zerstörende Wirkung der Elektrizität auf die Isolation, besonders bei Feuchtigkeit. Als Schutzmittel erfand Edison die Schmelzsicherung, die heute so vervollkommnet ist, daß eine moderne Anlage als feuersicher angesehen werden kann. Schwieriger ist der Schutz gegen physiologische Schädigungen, weil die Grenze der gefährlichen Stromstärke sehr tief liegt, etwa bei 0·01 A, so daß Schmelzsicherungen nicht verwendbar sind. Der Schutz kann nur in der Sorgfalt der Installation und dem zuverlässigen Bau der Apparate bestehen. Man weiß heute, daß bereits sehr kleine Spannungen für Mensch und Tier gefährlich sein können. Der VDE setzt diese Grenze mit 40 V an[1]) und verlangt bei höheren Spannungen Schutz gegen zufällige Berührung. Diese Forderungen werden heute wohl bei den Leitungen erfüllt, nicht aber bei den Apparaten. Die falsche Ansicht der Kinderjahre der Elektrotechnik, die elektrischen Apparate könnten kleiner und viel billiger werden als jene der Gas- und Wasserleitungen, besteht leider auch heute. Aber die Ansicht, daß es im Wesen der Elektrotechnik liege, daß ihre Anlagen viel häufiger repariert werden müssen als jene für Gas und Wasser, ist grundfalsch. Die Apparate müssen eben mechanisch viel stärker als bisher und unbedingt berührungssicher gebaut werden. Einen wichtigen Schutz bildet die Erdung, der Anschluß der Metallteile mit einer Erdleitung oder mit dem Nulleiter (Nullung). Die Erdung muß aber geringen Widerstand haben, sonst können Metallteile trotz Erdung gefährlich werden. Desgleichen wird durch Unterbrechung des Nulleiters die Nullung wirkungslos. Gute Erdung ist in Städten mit ihren Rohrnetzen leicht, schwer aber auf dem flachen Land, wo besondere Vorrichtungen nötig werden, um den Netzteil bei Versagen der Erdung abzutrennen. Die Forderung guter Isolierung weist darauf hin, daß alle der Berührung zugänglichen Teile nicht aus leitendem Metall, sondern aus Isolierstoff hergestellt sein sollen. Beim heutigen Stand der Fabrikation von Isoliermaterial kann diese Forderung hinreichend erfüllt werden. Wie groß die mechanische Festigkeit derselben sein kann, beweist die Verwendung im Maschinenbau (Maschinenkolben, Propeller aus Bakelit, Zahnräder aus Redmanol). Besonders bei transportablen Apparaten sollte alles Metall durch Isoliermaterial ersetzt werden. Die Vorschrift des VDE, daß jeder Lichtstromkreis mit 6 A gesichert sein muß, beschränkt die Leistung eines Lichtkreises auf etwa 600 W bei 110 V, auf 1200 W bei 220 V. Dies reicht bei der erwünschten reichlichen Verwendung der Elektrizität im Haushalt nicht aus. Im Ausland wurde deshalb die Leistung eines Stromkreises hinaufgesetzt, zum Beispiel in Holland auf 3 bis 5 kW. Im VDE ist eine Erhöhung des Querschnittes der von den Sicherungen ausgehenden Leitungen auf 2·5 mm², der Abzweige zu den Verbrauchern auf 1·5 mm² in Aussicht genommen. Weiters wird die Ausnutzungsfähigkeit der Leitungen untersucht, wobei sich zeigte, daß die bisherigen Werte bis 4 mm² zutreffen, daß aber eine praktische Ausnutzung bis zur Höchstgrenze daran scheitert, daß die Schmelzsicherung sich anders erwärmt als die Drähte, so daß diese schon bedenklich warm sein können, ohne daß die Sicherung schmilzt, daß sie aber bei plötzlichem direkten Kurzschluß abschaltet, ohne daß die Leitung warm wird. Versuche mit Selbstschaltern scheinen in dieser Richtung besseres Verhalten zu beweisen, doch sind Selbstschalter gegen Kurzschluß empfindlicher. Vielleicht wird eine Reihenschaltung mit einer Schmelzsicherung eine Lösung bringen. Die Grundbedingungen für den Apparatebau können so zusammengefaßt werden:

1. Die Apparate sind bedeutend solider zu bauen als bisher.
2. Der Berührungsschutz muß vollkommen sein.
3. Der elektrische Sicherheitsgrad der Apparate ist zu steigern (Bau von Heizapparaten).
4. Die Kontaktflächen sind reichlich zu bemessen.
5. Die Leistungsgrenze der Apparate soll nicht zu knapp sein. Apparate für kleine Stromstärken sind tunlichst einzuschränken.
6. Auf bequeme Montage ist zu achten (Anschlüsse von vorne, Entlastung).
7. Die wichtigsten Abmessungen sind zu normen.
8. Bei den Schaltapparaten soll kein Unterschied für den Verwendungszweck gemacht werden (Licht, Kraft, Wärme).
9. Metall soll tunlichst durch Isoliermaterial ersetzt werden.

Jedes Verteilungssystem sollte einen geerdeten Pol haben. Die Erdung muß an konstruktiv bestgeeigneten Stellen erfolgen, der Erdleiter soll eher stärker als der Außenleiter und wegen der chemischen Einflüsse isoliert sein. Alle gemachten Vorschläge bewirken zwar eine Verteuerung der Anlagen, doch sollten dieselben trotz der gegenwärtig ungünstigen Lage der deutschen Nation fest verfolgt werden, weil dieser Weg zum Vorteil der Elektrizitätswirtschaft und damit der ganzen Industrie gereicht. Ho.
(Elektrizitätswirtschaft, Nr. 418, 1926.)

Installation - Selbstschalter in Patronenform. Das seit längerer Zeit bestehende Bestreben der Installationstechnik, in den Hausanlagen die unbequeme und nicht immer verläßliche Schmelzpatrone durch eine bessere Einrichtung zu ersetzen, fand seine Schwierigkeit darin, einen sicher wirkenden Automat ohne Änderung der bestehenden Verteilungstafel in dem kleinen Raum einer Sicherungspatrone unterzubringen. Eine Lösung in dieser Richtung bildet der „Una"-Automat der Hans Trinkl G. m. b. H. in Augsburg, welcher auf dem Hitzdrahtprinzip beruht. *e* (Abb. 1) ist der Hitzdraht, der um einen Konus *f* gewickelt ist und in kaltem Zustand den Klotz *m* gegen die Feder *l* drückt. Letztere verhindert durch eine Nase, welche sich auf die Platte *n* stützt, den Bolzen *c* unter dem Druck der Spirale *o* nach aufwärts zu schnellen. Dehnt sich der Widerstandsdraht *e* bei Überstrom aus, so gibt die Nase den Bolzen *c* frei, so daß der Strom, welcher durch Bolzen *b* eintritt, unterbrochen wird. Das Ende des Hitzdrahtes ist an dem Gleitstück *g* befestigt, so daß

[1]) Bei den in kurzer Zeit herauskommenden neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" des EVW ist der Geltungsbereich ebenfalls für Spannungen über 40 V festgelegt.

Digitized by Google

durch die Schraube *i* die Ausschaltezeit einjustiert werden kann. Das Auslösen des Bolzens *c* wird durch eine Öffnung in der Oberkuppe *k* als Knöpfchen sichtbar. Durch Eindrücken desselben mit einem Stäbchen wird der Automat wiedereingeschaltet. Die Verwendung des Hitzdrahtes bewirkt, daß der Automat bei kurzzeitigen mäßigen Überlastungen nicht auslöst und daß sonst die Auslösezeit mit der Höhe des Kurzschlußstromes in gewissem Grade wächst. Der Lichtbogen wird in der Kammer im unteren Teil der Patrone unterbrochen. Die Löschung wird durch den Luftzug unterstützt, welchen der zurückschnellende Bolzen *c* erzeugt, ferner durch einen Löscher, welcher aus einem ungenannten Material besteht, welches angeblich durch Ausscheidung von Wasserstoffatomen in erhitztem Zustand das Löschen unterstützt. Bei Anbringung des Automaten an ungeeigneter Stelle und daraus folgendem schweren Kurzschluß schmilzt auch der Widerstandsdraht *e*, so daß der Strom gleichzeitig an zwei Stellen unterbrochen wird. — Der Una-Automat wird für 6, 10 und 15 A bei 250 V erzeugt und trägt das VDE-Prüfzeichen. Ho.

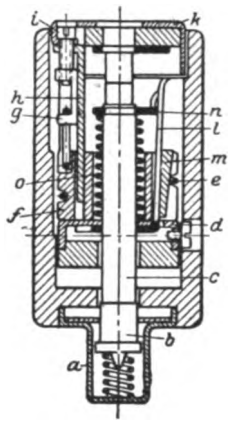


Abb. 1.

(ETZ, Bd. 47, Heft 42, 1926.)

Stoffe für die Elektrotechnik.

Aufbereitung von Transformatoren und Schalterölen auf kaltem Wege mittels Schleuderung. Wenn man auch die Eigenschaften eines Mineralöls zur Transformator- oder Schalterfüllung bei der Anlieferung als vorgeschrieben kennt (VDE-Vorschriften 1926, Absatz 16), so ist damit noch nicht festgehalten, in welcher Weise und in welchem Zustand die Öle zur eigentlichen Füllung gebracht und in weiterer Folge in Betrieb gehalten werden sollen. Der Möglichkeit, den Anlieferungszustand noch zu verändern, ist weiter Spielraum gelassen. Um den Anlieferungszustand des Öles tunlichst zu bewahren, sind die geeignetsten Mittel zur Entfernung und Fernhaltung aller ölfremden Substanzen zu ergreifen.

Als ölfremde Substanzen können betrachtet werden: 1. Verunreinigungen beliebiger Art, die sich bis zur Füllung angesammelt haben, also von Behältern, Schläuchen usw. stammen; vom natürlichen Absetzigwerden minderer Öle durch Lagerung sei völlig abgesehen. 2. Verunreinigungen, die durch Abschwemmen von den Transformatorenkasten und in erheblichem Maße vom Transformator selbst schon unmittelbar bei der Füllung in die Flüssigkeit geraten. 3. Veränderungsprodukte des eingetauchten Transformators, die besonders bei den Erwärmungen des Betriebes entstehen. 4. Zersetzungsprodukte aus dem Ölgefüge, gleichfalls eine Folge der Erwärmungen, mehr oder minder begünstigt durch die Anwesenheit ölfremder Stoffe. Es muß also sowohl zur peinlichsten Reinhaltung des Öles bis zur Füllung, als auch zur tunlichsten Wahrung dieses Zustandes während des ganzen Betriebes die zweckdienlichste Aufbereitungsart gewählt werden, und zwar:

a) Die Entfernung fester Substanzen, schlechtweg „Reinigung" genannt, hat vor der Füllung als vollkommene Reinigung und während der Benützungsdauer des Öles als periodische Reinigung zu erfolgen.

b) Aber auch die Beseitigung fremder Flüssigkeiten (Wasser!) ist zur vollsten Ausnutzung der höchsten Isolierfähigkeit des Öles unbedingt erforderlich. Sie wird wieder erreicht vor der Füllung durch vollkommene Entfeuchtung, während des Betriebes durch periodische Entfeuchtungen.

Als Reinigungsmittel standen bis vor einiger Zeit nur die Filtermethoden zur Verfügung. Dieselben hatten aber den Nachteil, daß aus dem Öl die fremden Stoffe nicht restlos herausgenommen wurden, ja noch mehr, daß sehr gefährliche neue Teilchen, Fäserchen von den Filterelementen, ins Öl gelangten. Die mehrfach hervorgehobene Möglichkeit, Öle durch Filtern auch zu entfeuchten, kann bei kritischer Festhaltung an der Forderung sich nur mit vollkommener Entfeuchtung zufrieden zugeben, bestimmt nicht aufrechterhalten werden. Als anderes Reinigungsverfahren kommt die Schleuderung in Betracht, die sich je nach dem Fabrikat als vollkommen oder unvollkommen erwiesen hat. Dabei entfällt die Gefahr des Mitreißens von Partikelchen der Filter.

Für die Entfeuchtung hatte man bisher nur die Erhitzung zur Verfügung, die Vertreibung der Feuchtigkeit durch Temperaturen, die über der Verdampfungstemperatur des Wasser lagen. Diese Methode birgt aber eine ganz unermeßliche Gefahr, nämlich die, daß es gerade bei den Temperaturen, zu denen gelangt werden muß, um das Öl vollkommen zu entfeuchten, kritisch wurde für den Gefügebestand des Öles, selbst bei der sogenannten Vakuumtrocknung. Erfahrungsgemäß durfte man daher auch bei der Vakuumbehandlung nur auf einem Mittelweg zwischen Vollauftrocknung und Gefahrgrenze des Gefügebestandes verbleiben. Es war daher seit langem der brennende Wunsch, ein Mittel zu haben, die Entfeuchtung des Öles ohne Erhitzung zu erzielen. Dies wird durch die Ölzentrifuge erreicht, welche die Aufbereitung der Öle, das ist die Reinigung und Entfeuchtung in einem und dazu noch auf kaltem Wege ermöglicht[1]).

Im nachstehenden werden neuere Versuchsresultate einer praktischen Erprobung, also unter ganz betriebsmäßigen Verhältnissen, bekanntgegeben, für welche von der Bergedorfer Eisenwerke A.-G., Wien, XII., Wienerbergstraße 31, eine Ölzentrifuge System „De Laval" zur Verfügung gestellt wurde, die Versuche selbst erfolgten in den Fabriksanlagen der Oberösterr. Elektrobau A.-G., Linz.

Das Versuchsmaterial bestand in 6 Barrels zu 200 l Transformatorenöl und zwar:

Nr. A. B. C. D. E. Hochwertiges neues Transformatorenöl, praktisch genommen rein, aber mehr oder minder satzig geworden durch Umfüllung und unreine Barrels, außerdem waren die Öle untrocken bezw. in zwei Fällen künstlich angewässert worden. Die Zentrifugierung hatte demnach die Aufgabe, die Feinreinigung und Entfeuchtung der Öle zu bewirken. Das Öl der Probe F war altes Öl arg verschmutzt und auch angewässert, also gänzlich unbrauchbar als Füllöl für Transformatoren. Hier hatte die Zentrifugierung demnach die Aufgabe, die Regenereirung und Entfeuchtung des Öles zu bewirken.

Um nun Vergleiche zwischen Filterung und Zentrifugierung zu erhalten, wurden auch zwei Barrels mit einer Filterpresse vorgefiltert, und zwar Barrel D zweimal und Barrel E dreimal, und dann erst geschleudert. Die Zentrifugierung erfolgte durch Purifikation (Grobreinigung mit besonderem Wasserablauf) und Klarifikation (Feinreinigung) mit je einmaliger Passage bei jedem Prozeß.

Das Ergebnis war:

1. Hinsichtlich der Manipulation. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Zentrifuge betrug bei allen Ölproben und mit unerheblichem Unterschied bei der Purifikation und Klarifikation zirka 280 l pro Stunde, also für ein Barrel mit zirka 200 l Inhalt exklusive Manipulationszeit zirka $^3/_4$ Stunden pro Durchgang durch die Zentrifuge. Da, wie schon erwähnt, mit einmaliger Passage durchgekommen wurde, benötigte man für die komplette Zentrifugierung, das ist ab angelieferten Zustand bis zur vollendeten Klärung, pro Barrel zirka $1^1/_2$ Stunden. (Bedienung mit einem Mann.) Das Arbeiten mit der Zentrifuge war angenehm und erforderte nicht einmal ununterbrochene Aufmerksamkeit auf den Prozeß. Als Bedienungsmann konnte ein verläßlicher Hilfsmonteur verwendet werden, dem

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 816.

Digitized by Google

man die Manipulation zu der Bedienung vorgeführt hatte.

2. Die weiteren Ergebnisse können aus nachfolgender Tabelle entnommen werden.

	Barrels:	A	B	C	D 2 mal gefiltert	E 3 mal gefiltert	F
In angeliefertem Zustande	Farbe:	hell und klar	hell und klar	hell und klar	dunkel u. klar	hell und klar	dunkel u. trüb
	Verschmutzung:	nichts zu bemerken	nichts zu bemerken	nichts zu bemerken	nichts zu bemerken	nichts zu bemerken	Sichtbarlich verschmutzt
	Wasserhältigkeit:	künstlicher Zusatz 1/2 l Wasser	künstlicher Zusatz 1/2 l Wasser	normal unfeststellbar	normal unfeststellbar	normal unfeststellbar	1000 cm³ Wasser zugesetzt
	Viskosität bei 36° C:	2·4	3·0	2·21	2·55	2·15	3·8
	Spez. Gew. b. 20° C:	0·89	0·88	0·9	0·89	0·9	0·89
	Durchschlagsfestigkeit n. VDE kV/cm:	35—40	15—30	135—180	85—155	175—190	10—15
Nach der Grobreinigung (Purifikation)	Aussehen:	unverändert	unverändert	unverändert	unverändert	unverändert	unverändert
	Absonderung:	Schlamm und Wasser	Schlamm und Wasser	Schlamm und Wasser	Fasern Schlamm und Wasser	Spuren von Schlamm	Viel Schlamm und 1200 cm³ Wasser
	Viskosität bei 36° C:	2·4	2·8	2·2	2·6	2·33	3·44
	Spez. Gew. b. 20° C:	0·89	0·88	0·9	0·89	0·9	0·89
	Durchschlagsfestigkeit n. VDE kV/cm:	105—130	145—155	200—215	200—240	195—200	85—145
Nach der Feinreinigung (Klarifikation)	Aussehen:	unverändert	unverändert	unverändert	unverändert	unverändert	dunkel u. klar
	Absonderung:	wässeriger Schlamm	wässeriger Schlamm	Spuren von Schlamm und Wassertropfen	Schleier von Schlamm und Wassertropfen	Spuren von Schlamm und Wassertropfen	Schlamm
	Viskosität bei 36° C:	2·33	3·0	2·18	2·53	2·36	3·5
	Spez. Gew. b. 20° C:	0·89	0·88	0·9	0·89	0·9	0·89
	Durchschlagsfestigkeit n. VDE kV/cm:	200—205	200—210	200—240	195—210	210—230	135—190

Bemerkung: Der Versuch an Ölmenge Pos. *F* hat ergeben, daß mehr Wasser herauszentrifugiert worden ist; also ist die Entfeuchtung eine vollkommene gewesen.

Daran anschließend wurde der Versuch gemacht, zwei Öltransformatoren ohne Wärmebehandlung aufzubereiten. Für dieselben war also vorgesehen: Auftrocknung des Transformators selbst in einem Trockenschrank, Separatbehandlung des Öles (Neuöl) auf kaltem Wege mittels der Ölzentrifuge, nachfolgend Eintauchen des Transformators in sein Ölbad, ohne jegliche Nacherwärmungsbehandlung. Diese Transformatoren wurden nach den verschärften Prüfvorschriften RET 23 geprüft und haben die Erprobung einwandfrei überstanden.

Bemerkenswerte Resultate dieses Versuches, also die Erprobung der Schleuder als Aufbereitungsmittel eines Transformators im Gesamten, waren folgende:

1. Aus dem Neuöl wurde vor der Füllung Schlamm extrahiert (wenn auch in geringfügigen Mengen) der bei der normalen Behandlung, das ist Auftrocknung unter Vakuum dem Öl nicht entzogen worden wäre.

2. Der Isolationszustand des Transformators im eingetauchten Ölbad kalt gemessen betrug bei zirka 1000 V Versuchsspannung ∞ Megohm, und zwar sowohl der Widerstand gegeneinander als auch gegen Eisen.

3. Die Durchschlagsfestigkeit des Öles betrug: vor der Zentrifugierung zirka 30, nach derselben 200 kV/cm, nach dem Eintauchen des Transformators und 5 Tage nachher auch wieder ungefähr 200 kV/cm.

Die Versuche haben demnach ergeben, daß eine Ölaufbereitung, das ist Reinigung und Entfeuchtung von Mineralöl auf kaltem Wege möglich ist und durch Zentrifugierung erzielt wurde.

Es wären schließlich noch folgende Vorteile bei der Verwendung einer zweckentsprechenden Ölzentrifuge anzuführen: 1. Entbehrlichkeit einer stationären oder mobilen Vakuumkochanlage. 2. Vereinfachte und verbilligte Ölaufbereitung. 3. Möglichkeit der Regenerierung und Entfeuchtung des Öles auch während des Transformatorbetriebes. 4. Beliebige Enweiterung der Aufbereitung (Forcierung, Wiederholung) ohne das Öl zu gefährden. Ing. J. Müller, Linz.

Patentbericht.

Sicherungseinrichtungen für Maschinen, Apparate und Leitungsnetze.

(Fortsetzung aus Heft 9, Seite 177.)

Auf eine Schutzschaltung für mehr als zwei parallele Leitungen mittels nach dem Wattmeterprinzip gebauter Relais bezieht sich eine Erfindung der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien. In der einen Wicklung der wattmetrischen Relais fließt die Differenz der in der zugehörigen Leitung und in einer anderen Leitung fließenden Ströme, in der anderen Wicklung die Differenz der in der zugehörigen Leitung und in einer dritten Leitung fließenden Ströme. Eine einfache Schaltung ergibt sich dadurch, daß die einen Wicklungen des Relais mit den anderen des jeweils zyklisch folgenden Relais in Reihe geschaltet sind. Die freien Enden werden an die Eckpunkte desjenigen Vielecks angeschlossen, das aus den in gleicher zyklischer Reihenfolge hintereinander geschalteten Stromwandlern gebildet ist, während die anderen freien Enden zu einem gemeinsamen Sternpunkt zusammengeschaltet werden. Gemäß Abb. 3 liegen in gleichen Phasen dreier parallel arbeitender Leitungssysteme 1, 2 und 3 die Stromwandler a_1 a_2 a_3, deren Übersetzungsverhältnisse bei verschiedenem

Digitized by Google

Leitungsquerschnitt der Systeme derart verschieden sein müssen, daß in den Sekundärwicklungen betriebsmäßig gleiche Ströme induziert werden. Zu jeder Leitung gehört ein wattmetrisches Relais *b*, dessen nicht gezeichneter Kontakt den zur betreffenden Phase gehörigen Ölschalter auslöst. Die beiden Wicklungen *c*, *d* sind in Verbindung mit den Stromwandler-Sekundärwicklungen so geschaltet, daß in ihnen die Differenz der Ströme der zugehörigen und der anderen Leitungen fließt. (In c_1 und d_1, zum Beispiel $J_1 - J_3$ bezw. $J_3 - J_1$.) Die Relais müssen immer richtig ansprechen. Wenn eine Leitung fehlerhaft ist, so wird sich ihr Strom von denen

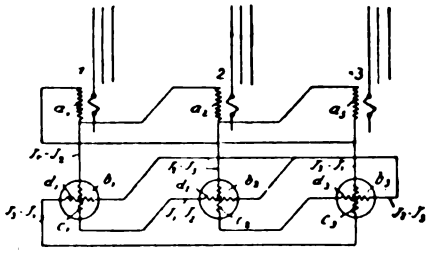


Abb. 3.

der gesunden Leitungen unterscheiden, die aber gleich sind. Die Drehmomente der Relais sind:

$$D_1 = k_1 (J_1 - J_2)(J_3 - J_1)$$
$$D_2 = k_2 (J_2 - J_3)(J_1 - J_2)$$
$$D_3 = k_3 (J_3 - J_1)(J_2 - J_3)$$

Das Drehmoment verschwindet, wenn einer der Klammerausdrücke Null wird. Bei fehlerhafter Leitung 1 wird $(J_2 - J_3) = 0$, da in den beiden gesunden Leitungen gleiche Ströme fließen. Dieser Wert kommt in den Gleichungen für D_2 und D_3 vor. Es spricht also bloß das Relais der kranken Leitung 1 an.

(Ö. P. Nr. 102215.)

Ein ganz einfaches nur vom Widerstand der Leitungsstrecke abhängiges Relais zum selektiven Abschalten fehlerhafter Leitungsteile, läßt sich gemäß einer Erfindung der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien unter Verwendung von Relais, deren Antriebsdrehmoment proportional der in den abzuschaltenden Netzteil hineinfließenden Wirk- oder Blindleistung ist, dadurch erhalten, daß das die Ablaufgeschwindigkeit regelnde dämpfende Drehmoment $E.J.\cos\varphi$ proportional der am Relaisort herrschenden Netzspannung E und proportional der Winkelgeschwindigkeit ω des drehbaren Teiles gewählt wird, denn dann ist

$$\omega = k_1 . \frac{E.J\cos\varphi}{E^2} = k_1 . \frac{J.\cos\varphi}{E} = k_1 . \frac{1}{R} \text{ oder}$$

$$\omega = k_2 . \frac{E.J\sin\varphi}{E^2} = k_2 \frac{J\sin\varphi}{E} = k_2 \frac{1}{\omega L},$$

wobei R den ohmschen Widerstand und ωL die induktive Reaktanz der Leitung zwischen Relaisort und Kurzschlußstelle bedeutet. Wird das Relais als Ferrarisrelais ausgebildet, kann man durch entsprechende Wahl der magnetischen Verhältnisse den sonst nötigen Dämpfungsmagneten ersparen. Das Drehmoment eines Ferrarisrelais ist proportional dem Produkt der beiden auf die Scheibe wirkenden Flüsse und dem Cosinus des von ihnen eingeschlossenen Winkels. Ein dämpfendes Moment wird schon von einem einzigen Flusse ausgeübt, dessen Quadrat mal der Winkelgeschwindigkeit es proportional ist. Wirken auf die Scheibe zwei von Strom und Spannung herrührende Flüsse, dann ist das dämpfende Moment proportional der Größe $(C_1 J^2 + C_2 E^2)\,\omega$. Da nun die Dämpfung des Relais gemäß der Erfindung dem Quadrat der Spannung proportional sein soll, so wird weiters erfindungsgemäß unter Fortlassung des sonst üblichen Dämpfungsmagneten der vom Strom herrührende Kraftfluß so gering gemacht, daß er gegenüber dem Spannungsfluß als dämpfend nicht in Betracht kommt. Man führt daher die Spannungskerne mit so hoher Sättigung aus, daß eine Änderung der Spannung innerhalb der Normalwerte keine nennenswerte Änderung des zugehörigen Flusses bewirkt und die Stromkerne mit so geringer Sättigung, daß sich innerhalb der zu erwartenden Stromgrenzen der Fluß proportional dem Strom ändert.

(Ö. P. Nr. 100922.)

Die genannte Firma schlägt auch ein demselben Zwecke dienendes Relais vor, das auch bei völlig verschwindender Spannung noch durchaus sicher anspricht und bei welchem der Energieverbrauch des Spannungskreises so gering ist, daß es sich an eine von der Hochspannung mittels kapazitiver Spannungsteilung abgezweigte Spannung anschließen läßt. Macht man entgegen dem vorher Besprochenen den von der Spannung herrührenden Kraftfluß klein, den vom Strom herrührenden dagegen groß, so ist die Winkelgeschwindigkeit

$$\omega = C_1 . \frac{e.\cos\alpha}{i} \text{ oder} = C_2 . \frac{e.\sin\alpha}{i}.$$

Soll nun die Auslösezeit proportional dem Widerstand der zu schützenden Leitung, also den Werten $\frac{e.\cos\alpha}{i}$ bezw. $\frac{e.\sin\alpha}{i}$ sein, so muß man sie im Gegensatz zu den üblichen Relais proportional der Winkelgeschwindigkeit machen. Die Ferrarisscheibe *a* (Abb. 4) drehe

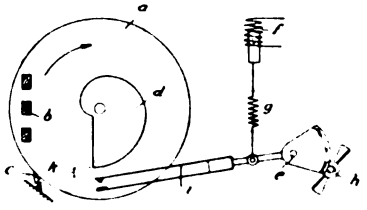


Abb. 4.

sich unter dem Einfluß des von Strom und Spannung erregten dreischenkeligen Trieb- und Dämpfungsmagneten *b* in der Pfeilrichtung von einem die Ruhelage bestimmenden Anschlag *c* weg. Auf dieser Scheibe ist eine nach einer Spirale ausgebildete zweite Scheibe *d* befestigt. Um einen Drehpunkt *e* drehe sich unter dem Einfluß einer von einem vom Überstrom erregten Magneten *f* gespannten Feder *g* mit durch das Zeitwerk *h* bestimmter konstanter Geschwindigkeit das Kontaktpaar *i*. Seine beiden Kontakte berühren sich, sobald sie gegen den Umfang der Kurvenscheibe stoßen. Durch gegenseitige Sperrung ist dafür gesorgt, daß die Scheibe *d* und das Kontaktpaar *i* ihre Bewegung gleichzeitig, und zwar im Augenblick des Auftretens eines Überstromes, beginnen. Da sich das Kontaktpaar *i* mit einer festgelegten, konstanten Geschwindigkeit bewegt, hängt die Zeit bis zur Kontaktberührung nur von der bis zum Anstoßen an die Scheibe *d* zu durchlaufenden Bahn *k* ab. Bei großer Winkelgeschwindigkeit der Scheibe *d* bezw. *a* ist die Auslösezeit lang, bei kleiner Geschwindigkeit ist sie kurz. Durch Änderung der Umrißform der Scheibe *d* kann man die Abhängigkeit der Auslösezeit von der Winkelgeschwindigkeit beliebig beeinflussen. (Ö. P. Nr. 104069.)

Eine andere Erfindung der genannten Firma betrifft die Schaltung von Überstromrelais mit Strom- und Spannungswicklung in Mehrphasen-Wechselstromnetzen. Da die Ursachen für die in einem Netz auftretenden Fehler sehr verschieden sein können, so ist eine Schaltung der

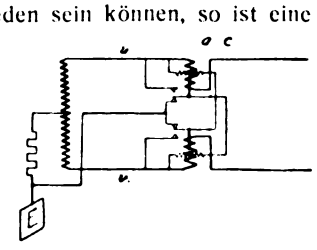


Abb. 5.

Relais, die zum Beispiel bei Kurzschlüssen richtig anspricht, bei Erdschlüssen nahezu wirkungslos. In einem sterngeschalteten Drehstromnetz mit nicht geerdetem Nullpunkt spricht bei zweiphasigem Kurzschluß min-

Digitized by Google

destens ein Relais richtig an, wenn in jeder Phase ein Relais mit an die verkettete Spannung angeschlossener Spannungswicklung liegt. Anders bei Erdschluß, denn hier wird die verkettete Spannung nicht geändert, sondern die Spannungen der einzelnen Phasen gegen Erde. Um diesem Übelstand zu begegnen, versieht man die Relais selbst mit Kontakten, die unter dem Einfluß des bei Störung des Gleichgewichtes der in sämtlichen Phasen fließenden Ströme auftretenden Asymmetriestromes die Spannungsspulen in der gewünschten Weise umschalten, nämlich so, daß sie beim einphasigen Kurzschluß an der Spannung der betreffenden Phase gegen Erde, bei mehrphasigem an der verketteten Spannung liegen. Abb. 5 zeigt ein Zweiphasennnetz, bei dem von dem mit geerdetem Mittelpunkt versehenen Transformator zwei Leitungen *u*, *v* ausgehen, in welchen die Stromspulen *a* der Relais liegen. Die Spannungspulen *c* liegen an Umschaltkontakten. Werden nun beide Phasen rechts von den Relais kurzgeschlossen, sprechen beide Relais an und die Stromspulen schalten die Spannungsspulen an die durch den Kurzschluß beeinflußte Spannung $u - v$. Bei einphasigem Kurzschluß, wenn zum Beispiel *u* an Erde gelegt wird, spricht das Relais dieser Phase an und schaltet die Spannungsspule des Relais der Phase v um. Das ist aber ohne Einfluß auf die Auslösung, da dieses Relais selbst gar nicht anspricht. Das Wesentliche ist, daß infolge des Nichtansprechens des in *v* liegenden Relais die Spannungsspule des ansprechenden Relais *u* an der Spannung $u - 0$ liegen bleibt, denn das ist die von dem Erdschluß in Mitleidenschaft gezogene Phase. (Ö. P. Nr. 103178.)

(Schluß folgt.)

Literaturberichte.

3290 **Die elektrischen Maschinen.** Einführung in ihre Theorie und Praxis. Von Dr. Ing. M. Liwschitz. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1926. VIII und 337 Seiten mit 284 Abb. und 13 Tafeln. Preis Mk. 14·—.

Dieses Buch, das als Band 24 von „Teubners technischen Leitfäden" erschienen ist, hat nach Angabe des Verfassers den Zweck, insbesonders dem Anfänger das Fundament für das tiefere Eindringen in die Theorie der elektrischen Maschinen zu geben. Es muß festgestellt werden, daß der Autor diese Aufgabe in ausgezeichneter Weise gelöst hat. Die Gliederung des Stoffes ist systematisch und bringt nach den Grundgesetzen der Wechselstromtheorie vom theoretischen Standpunkt immer kompliziertere Maschinen. Das Buch beginnt daher mit dem Transformator; darauf folgt nach einer Einführung in die Wicklungen und die Wicklungstheorie zuerst die Asynchronmaschine und dann die Synchronmaschine. Nach diesen kommen erst die Gleichstrommaschinen sowie die Einankerumformer und zum Schluß die Wechselstromkollektormaschinen. Die Behandlung dieses umfangreichen Stoffes ist sehr gut gelungen; denn es ist einerseits immer eine verhältnismäßig kurze, dabei klare und übersichtliche Darstellung gewählt, wie sie für den Zweck des Buches sehr geeignet ist. Andererseits wird eigentlich wirklich alles Wichtige über elektrische Maschinen in dem knappen Rahmen eines kleinen Bandes gebracht, wobei nur an den (wenigen) Stellen, wo dies beim Umfang des Buches unvermeidlich war, auf die genaue Ableitung verzichtet wird. Das Buch besitzt daher für den Anfänger und weniger mit dem Gegenstand Vertrauten großen pädagogischen Wert, und zwar sicherlich mehr als die ganz ausführlichen und umfassenden, meist aus einer Anzahl von Bänden bestehenden Bücher über diesen Gegenstand.

Von den durchaus gut ausgearbeiteten einzelnen Kapiteln verdient vor allem dasjenige über die Asynchronmaschine hervorgehoben zu werden. Im Gegensatz zu den meisten anderen Darstellungen, in deren Formelmengen sich der Anfänger nur mühsam fortbewegt und dabei leicht die Übersicht verliert, bringt der Autor die Theorie dieser Maschine in durchaus systematisch aufbauender und dadurch das Verständnis wesentlich fördernder Darstellung. Dabei sind zum Schluß alle wichtigen Beziehungen abgeleitet und auch die Formeln zumindestens im Ansatz entwickelt. Auch die Abschnitte über die Wicklungen elektrischer Maschinen, die dem Anfänger in vielen Fällen Schwierigkeiten bereiten, sowie über die Wechselstromkollektormaschinen müssen als sehr gelungen bezeichnet werden.

Ohne daß dies den Wert des Buches im geringsten beeinträchtigen könnte, muß jedoch angegeben werden, daß der Autor mit seiner mit zwei Ausnahmen (Potier und Blondel) durchgeführten Absicht, Personennamen nicht in das Buch hineinzunehmen, zu weit gegangen ist. So ist in der Praxis für den Winter-Eichberg-Motor die Bezeichnung kompensierter Repulsionsmotor fast ungebräuchlich. Auch der Repulsionsmotor mit doppeltem Bürstensatz wird meistens als Derimotor bezeichnet. Speziell zur Aufklärung des Anfängers wäre ein solcher Hinweis in einer Neuauflage sehr erwünscht. B. Gerstmann.

3491 **Bahnbrechende Erfindungen in Amerika und Europa.** Von Waldemar Kaempffert, übertragen und ergänzt von Dr. Ing. Hans Klopstock. 430 Seiten, 230 Abb., 1927, Rudolf Mosse, Berlin.

Das Buch verfolgt den Zweck, dem Laienpublikum die großen technischen Erfindungen und deren Schöpfer näher zu bringen und auch uns Europäern die Gedankenwelt Amerikas und seine eigenartige, durch die Technik so stark beeinflußte Kultur verständlich zu machen. Diese Absichten sind an sich und durch die wirksame Art ihrer Durchführung sehr zu begrüßen, weil sie durch Beispiele wohl am besten die Wege zeigen, wie auch in Europa die noch etwas zurückgebliebene Erkenntnis der kulturellen Bedeutung der Technik gefördert und der für den Eingeweihten allerdings etwas seltsam anmutende Kampf gegen ihre volle Anerkennung rascher beendet werden kann.

Das Buch ist im Wesentlichen eine Übertragung des englischen Textes und hält so die Ursprünglichkeit der Darstellung aufrecht, die insbesondere bei der gelegentlichen Schilderung der Erfinderpersönlichkeiten und ihrer Erlebnisse in ihrer Kürze oft ganz dramatisch wirkt. Sie zeigt, mit welchen Schwierigkeiten sie oft zu kämpfen hatten, wie Neid und Angst der Konkurrenz oft den Fortschritt gehindert, aber auch, wie unerwartet rasch besonders bei den großartigen amerikanischen Verhältnissen sich die Neuerungen durchgesetzt haben.

Den mannigfaltigen Inhalt des Buches hier im einzelnen zu besprechen, erlaubt naturgemäß der verfügbare Raum nicht, es mögen also nur einzelne Bemerkungen angeführt werden. Das erste Kapitel mit dem Titel „Die Kraft" handelt vom Dampf, von der Elektrizität und dem Beleuchtungswesen. Man bedauert fast die Kürze dieses Abschnittes, weil man dabei manchmal die Erklärung des Wesens der einzelnen Erfindungen vermissen muß. Auch mag gelegentlich begreiflicherweise eine kleine Bevorzugung der amerikanischen Ideen und eine zu wenig eindringliche Hervorhebung der theoretischen Vorbereitung derselben bemerkt werden.

Ein zweiter Abschnitt „Stoff" handelt von Eisen und Stahl, Kupfer, Erdöl, Kohle, Holz, Textilien und vom Erdboden. Auch hier erscheint dem gefesselten Leser mancher Teil, wie etwa der über den Bergbau, fast zu kurz.

Im dritten Abschnitt wird der „Verkehr" behandelt, die Geschichte der Eisenbahnen, der Schiffahrt, des Kraftwagens und die Eroberung der Luft. Beim vierten Kapitel über „Nachrichtenübermittlung" ist es besonders interessant, die Entwicklung in den verschiedenen Ländern mit dem Volkscharakter beurteilen zu können. Die Geschichte des gedruckten Wortes, der Maschinenschrift, der Nachrichtenübertragung durch den Draht und das Radio, der Photographie, der Kinematographie und des Phonographen wird hier in oft packender Weise dargestellt. Ein weiterer Abschnitt spricht von „Automatischen Werkzeugmaschinen", der

Digitized by Google

„Verwendung von Preßluft" und der maschinellen „Herstellung von Kleidungsstücken".

Besonderes Interesse beansprucht das letzte Kapitel „Neueste Erfindungen", das insbesondere von solchen deutscher Herkunft handelt und dem ursprünglichen Inhalt gewissermaßen gegenübergestellt ist, so daß dadurch die Vollständigkeit in räumlicher und zeitlicher Beziehung geschaffen wurde. Allerdings sind es oft nicht gerade Erfindungen, sondern besondere Ausführungen und Verbesserungen, die hier besprochen werden. Die einzelnen Absätze handeln vom Film, von Motoren, Radio, Optik und Akustik, Maschinen, Textilwesen, Telephonie und Telegraphie u. a.

Zusammenfassend muß man sagen, daß das außerordentlich schön ausgestattete Buch wirklich eine ganz reizende Unterhaltung und Belehrung bietet, so daß kleine Vernachlässigungen europäischer Erfindungen und unbedeutende Fehler in Text und Übersetzung gar nicht erwähnenswert sind. Körner.

Eingelaufene Bücher.

Handbuch der Physik. Von H. Geiger und Karl Scheel. Band XIV. Elektrizitätsbewegung in Gasen. 444 Seiten mit 189 Abb. Preis Mk. 36·—. Band XV: Magnetismus, elektromagnetisches Feld. 532 Seiten mit 291 Abb. Preis Mk. 43·50. Verlag Julius Springer, Berlin 1927.

Die Stromversorgung von Fernmelde-Anlagen. Ein Handbuch von G. Harms. 137 Seiten mit 190 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 10·20, geb. Mk. 11·40.

Zur Sicherheit des Dampfkesselbetriebes. Berichte aus den Arbeiten der Vereinigung der Großkesselbesitzer E. V. Verhandlungen der technischen Tagung in Cassel 1926 und Forschungen des Arbeitsausschusses für Speisewasserpflege. Herausgegeben von der Vereinigung der Großkesselbesitzer E. V. 189 Seiten mit 311 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 28·50.

Eingelaufene Druckschriften und Preislisten.

Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H., Berlin-Siemensstadt.

H 4, Oktober 1926. Aufzugsapparate. (Umschalter, Wendeselbstanlasser, Kabinenschalter, Paternosteranlasser, Bremslüfter, Kopierwerke, Schütze, Relaistafeln, Notausschalter, Endschalter usw.)

J 1, Dezember 1926. N-Diazed-Sicherungen bis 25 A, 500 V.

Z 1, Nachtrag I, Oktober 1926. Gleichstrom-Ampere-Stundenzähler. (Elektrolytzähler bis 10 A und 500 V.)

Z 4, Jänner 1927. Gleichstrom-Wattstundenzähler (G 7) mit astatischem Doppelanker und getrennt angeordnetem Nebenwiderstand. 12 Seiten. (Technische Bemerkungen und Angaben, Preise, Gewichte und Maße, Nebenwiderstände, Verbindungskabel, besondere Ausführungen, Schaltbilder.)

Z 9, Nachtrag I, Jänner 1927. Wattstundenzähler (D 8) mit drei Triebsystemen. 12 Seiten. (Technische Bemerkungen und Angaben, Preise, Gewichte und Maße, besondere Ausführungen, Anschlußarten, Schaltbilder.)

Z 11, Jänner 1927. Maximumzähler mit getrennt angeordneter oder eingebauter Uhr, Doppeltarif-Maximumzähler mit getrennt angeordneter Uhr, schreibende Höchstverbrauchszähler mit eingebauter Uhr (Handaufzug). 20 Seiten. (Technische Bemerkungen und Angaben, Preise, Gewichte und Maße, Schaltbilder.)

Nr. 2945. Einphasen-Wechselstromzähler (W 6) für Stromstärken bis 200 A. 4 Seiten.

Nr. 2984. N-Diazed-Sicherungssystem bis 25 A, 500 V. 2 Seiten.

Nr. 3028, Protosbohner; Nr. 2986, Überstrom- und Rückstromschalter für Fernbetätigung.

Chronik.

Die 9. Hauptversammlung der Brennkrafttechnischen Gesellschaft in Dresden am 3. und 4. Dezember 1926. Die diesjährige Hauptversammlung der Gesellschaft wurde am 3. und 4. Dezember 1926 in Dresden abgehalten.

Nach einer Begrüßungsansprache des Vorsitzenden, Generaldirektor Henrich, hielt Dipl. Ing. M. Biener der Sächsischen Maschinenfabrik vorm. Rich. Hartmann, Chemnitz, den ersten Vortrag: Neuzeitliche Kraft- und Wärmeanlagen in Textil- und Papierfabriken. Es kommt heute viel mehr als früher darauf an, mit möglichst wenig Brennstoff möglichst viele Güter zu erzeugen. Um den Wirkungsgrad der Gütererzeugung zu verbessern, ist zunächst die Aufstellung einer genauen Wärmebilanz erforderlich. Es sind Kohlenkonten zu führen, die über Art, Herkunft, Preis, Verbrauch usw. an Kohle Aufschluß geben. Die Produktion ergibt die Rohbilanz, die eine ständige Kontrolle des Kohlenverbrauches im Verhältnis zum Fertigfabrikat nötig macht. In dieser Bilanz sind zu unterscheiden: Die Kessel (Kohlenverbrauchsanlage), die Kraftübertragung (Kraftverbrauchsanlage), die Dampf- bezw. Wärmeübertragung und die Abdampfverwertungsanlage. Bei jedem dieser Teile der Gesamtanlage erörterte der Vortragende die in Betracht kommenden Einzelheiten.

Dr. Ing. Dolch, Direktor des Universitätsinstitutes für technische Chemie in Halle, sprach über die Verschwelung der Kohlen als wirtschaftliches Problem. Insbesondere hob der Vortragende hervor. Bei der weiteren Entwicklung der Verschwelung sind folgende Fälle zu unterscheiden: 1. Die Verschwelung als Fortsetzung der technisch und wirtschaftlich wohl befriedigenden, aber bis zu einem gewissen Grade überholten Verschwelung der mitteldeutschen Braunkohle im Rolle-Ofen. 2. Die Verschwelung von Lignitkohle, deren Teergehalt beträchtlich geringer als derjenige der deutschen Braunkohlen ist. 3. Die Verschwelung der Steinkohlen. Wie man aus der folgenden Zusammenstellung sieht, steht bei Lignit- und Steinkohle der Koks weit mehr im Vordergrunde als bei mitteldeutscher Braunkohle.

	Mitteldeutsche Braunkohle	Lignitkohle vH	Steinkohle vH
Verwertbarer Teer	33 vH des Wärmeinhalts der Kohle	19	12
Verwertbarer Koks	52 vH des Wärmeinhalts der Kohle	65	74—75

Für mitteldeutsche Braunkohlen bietet die Verschwelung vorläufig noch bessere Aussichten als die Kohlenverflüssigung. In wirtschaftlicher Beziehung zeigt sich auch, daß bei den Lignit- und den Steinkohlen die Kokserzeugung durchaus in den Vordergrund tritt. Der Vergleich der Kosten und der Einnahmen des Verschwelungsverfahrens führt zu der Feststellung, daß für die zur Zeit vorliegenden Verhältnisse für Schwelkohlen ein Gehalt von mindestens 7 vH Teer in der Rohkohle gefordert werden muß und daß die Verschwelung lignitischer Braunkohlen nur dann Aussicht auf wirtschaftlichen Erfolg hat, wenn die Wärme im Schwelkoks um etwa 50 vH höher bewertet werden kann als in der Rohkohle. Aus den Überlegungen wirtschaftlicher Art ergibt sich für die Weiterentwicklung der Verschwelung, daß neben dem Versuch, die Kosten des Verfahrens durch Erhöhung der Durchsatzleistung bei Braunkohle und durch Eingliederung der Steinkohlenverschwelung in bereits bestehende Unternehmungen abzusenken, die Steinkohlenverschwelung hauptsächlich die Verbesserung der Schwelkoksbeschaffenheit wird anstreben müssen, während die Braunkohlenverschwelung, insoweit es sich um Schwelkohle als Ausgangsmaterial handelt, Steigerung der Durchsatzleistung und gleichzeitig Verbesserung der Teerausbeute und der Teergüte, soweit lignitische Braunkohle in Frage kommt, systematisch durchgeführte Überhitzungen der Teersubstanz zu erreichen suchen muß.

Digitized by Google

Prof. Dipl. Ing. F. Seidenschnur, Direktor des Braunkohlen-Forschungsinstutes zu Freiberg in Sachsen, ergänzte diesen Vortrag durch einen weiteren: Der Stand der Schweltechnik nach den neuesten Forschungen und besprach hauptsächlich die neueren Arbeiten und Versuche über Spülgasschwelung.

Dr. Ing. W. Anderhub von der A.-G. Escher, Wyß & Co., Zürich, sprach über: „Neuzeitliche Dampfturbinenanlagen für hohe und höchste Drücke für vereinigte Heiz- und Kraftbetriebe, mit besonderer Berücksichtigung der Textil- und Papierindustrie. Der Vortragende zeigte in Kurvendarstellungen für die verlustlose Turbine die Zusammenhänge zwischen Druck, Leistung und Heizfähigkeit und legte dar, daß der thermische Wirkungsgrad des Gegendruckbetriebes bei geschlossener Speisung 100 vH ist, während er bei gesondertem Heizbetrieb und Krafterzeugung im Kondensationsbetriebe stets kleiner als 100 vH, und um so kleiner ausfällt, je größer die Leistung wird. Er behandelte sodann den Einfluß des Turbinenwirkungsgrades auf die Zusammenhänge von Heizfähigkeit, Leistung und Dampfdruck und wies nach, daß durch schlechten Turbinenwirkungsgrad bei gleichbleibender Heizfähigkeit des Abdampfes die Dampfmenge nur sehr wenig, dagegen die Leistung stark beeinflußt wird. Im allgemeinen ist der thermische Wirkungsgrad um so besser, je größer der Dampfdurchsatz durch die Turbine ist. Größere Höhe des Dampfdruckes beeinflußt ihn ungünstig, Temperatursteigerung dagegen günstig. Je kleiner die Spiele zwischen Schaufelumfang und Gehäuse sind, desto besser ist der Wirkungsgrad der Turbine; jedoch ist Spielverkleinerung praktisch begrenzt. Die Betriebssicherheit verlangt kleine Turbinenabmessungen, also hohe Drehzahl; deshalb sind Getriebeturbinen besonders wichtig. Am Schlusse führte der Vortragende im Lichtbilde Zoelly-Turbinen von Escher, Wyß & Co. (Zürich und Ravensburg) vor, und zwar eine bei den SSW in Berlin bereits im Betrieb befindliche 1000 pferdige Turbine für 100 ata Betriebsdruck, 15 ata Gegendruck, 400° C Dampftemperatur, $n = 10\,000$/min, untersetzt auf $= 3000$/min, ferner eine in der Werkstatt fertiggestellte, in Hoch- und Niederdruck unterteilte Turbine für 3700 PSe Leistung, 180 ata Betriebsdruck und 420° C Dampftemperatur; bei dieser Anlage beträgt das Druckgefälle des Hochdruckteiles (180 — 34) at, das des Niederdruckteiles (34 — 6·5) at.

Oberingenieur H. Schultz der SSW, Berlin-Siemensstadt behandelte die elektrischen Kraftanlagen in Textilfabriken. Nach einer allgemeinen Besprechung der Vorzüge des elektrischen Einzelantriebes erläuterte er von den Antrieben für die Spinnerei die regelbaren Drehstrom-Spinnmotoren und ihre Arbeitsweise. Neuerdings werden an Stelle der Reihenschlußmotoren, die ziemlich drehzahlempfindlich sind, Nebenschlußmotoren verwendet, die dieselben Eigenschaften wie Gleichstromnebenschlußmotoren besitzen. Das ist besonders wichtig beim Anschluß an Überlandzentralen, in denen größere Stromschwankungen vorkommen.

Die elektrischen Kraftanlagen in Papierfabriken besprach Ing. O. Keßler der SSW. Der Vortragende erläuterte die Ausführung des elektrischen Einzelantriebes in der Holzschleiferei, bei den Holländern und Kegelstoffmühlen sowie beim Antrieb des konstanten und variablen Teiles der Papiermaschine, ferner bei den Fertigkalandern, den Umroll-, Rollenschneid- und Querschneidmaschinen. Am schwierigsten war die Lösung des Problems, den variablen Teil der Papiermaschinen elektrisch anzutreiben. Man verwendet jetzt allgemein hierfür die Leonardschaltung. Für große, schnellaufende Papiermaschinen zur Massenherstellung von Zeitungspapier wird das System der elektrischen Zugregelung Siemens-Harland bei Mehrmotorenantrieb, auch mit Differentialgetriebe (Hilfskegelgetriebe), benutzt. Auch der Einzelantrieb von Feinpapiermaschinen wurde gezeigt.

Zum Schlusse hielt Direktor Lest von der Muskauer Papierfabrik Graf Arnim, Muskau, einen Vortrag über Wärme- und Kraftwirtschaft im Rahmen der Gesamtwirtschaft. Billige Kraft und Wärme sind die Grundlagen billiger Wärmeerzeugung. Kraft und Wärme aber sind in Deutschland, wie überhaupt in Mitteleuropa, noch viel zu teuer gegenüber den mit Wasserkraft arbeitenden Ländern Skandinavien und Kanada. Deshalb muß angestrebt werden, durch bessere Ausnutzung unserer Kohlenschätze mittels Nebenproduktengewinnung — Hochdruckkraftwerk — Abwärmeverwertung sowie mittels Wärme-, Kraft- und Lichtfernleitung den Preis dieser Massenkonsumartikel soweit herabzudrücken, daß für alles, was mit Wärme, Kraft, Licht und Heizung zu tun hat, wesentlich niedrigere Sätze erreicht werden. J.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Entwurf, Transport und Verpackung im technischen Außenhandel. Diese Beziehungen bildeten den Gegenstand eines Vortrages von Dr. Ing. K. Lubowsky (AEG, Übersee-Abteilung) am Außeninstitut der Charlottenburger Technischen Hochschule. Die amerikanische Statistik ergab, daß jährlich von den Versicherungsgesellschaften 20 Mill. Dollar für Frachtschäden ausgegeben werden, die allein auf Unkenntnis und Nachlässigkeit der Verpackung zurückzuführen sind. Vor nicht langer Zeit mußten allein in der Übersee-Abteilung großer exportierender Konzerne pro Jahr je 300 bis 400 Transportschäden reklamiert werden. Dazu kommt noch die viele Mühe an Werbearbeit und Projektierung, um einen technischen Übersee-Kunden zu gewinnen; diesen indirekten Verlust macht keine Versicherung wieder gut und man erkannte es daher als eine Lebensfrage für den Export, dem Versand höhere Beachtung zuzuwenden. Die neueren amerikanischen Methoden und Ergebnisse wurden vom VDI und deutschen Industrien zum Teil aufgegriffen und erweitert. Mit Spezialprüfmaschinen wurden die Beanspruchungen des Transportgutes auf Druck, Beschleunigung, Verzögerung, Stoß, Fall, Feuchtigkeit, Wärme usw. künstlich erzeugt und auf Grund von 0·5 Mill. Einzelproben übersichtliche Tabellen und Diagramme herausgegeben, aus welchen die empfehlenswerte Holzart, Brettstärke, Versteifung, Zahl, Stärke und Abstand der Bandagen, Länge und Beschaffenheit der Nägel, Schrauben, Verschlüsse usw. ersichtlich sind. Der Vortragende wies auf die primitiven Ladeverhältnisse mittel- und südamerikanischer Häfen hin, auf die ebenso primitiven Transportmittel in überseeischen Ländern, die auf den Werdegang des Erzeugnisses stark zurückwirken. Unterteilte Maschinen und Fundamente, schwierige Konstruktionen und Wicklungen, sowie entsprechender sachkundiger Zusammenbau, Trocknung usw. am Bestimmungsort, besondere Einrichtungen für Transformatoren und Generatoren werden dann erforderlich. Neuere Typen von Maschinen, die bei gleicher Leistungsfähigkeit mit erheblich reduziertem Gewicht ausgeführt werden konnten, verdanken diese Vorzüge dem Ersatz des Gußeisens durch Schmiedeeisen. Die verschiedenen Erfahrungen des Schweißens mit Autogen oder elektrischen Einrichtungen finden in Deutschland neuerdings mehr Freunde. Gewichtsersparnisse von 20 vH und mehr sind keine Seltenheit. Die Lieferzeiten werden kürzer, die schwierigen Gußmodelle überflüssig, Ausschuß kommt nicht mehr in Frage, Mühen für äußere Herrichtung sind durch den Fortfall des Spachtelns nicht im alten Maße notwendig, die Modellböden werden leerer und teilweise kostet ein fertiges Werkstück in geschweißtem Schmiedeeisen heute ebensoviel wie vordem allein das hölzerne Gußmodell. Der Fertigpreis von 1 kg Guß zu 1 kg Schmiedeeisen verhält sich wie 5 : 3. Allerdings wirkt sich dies im Elektromaschinenbau nicht in diesem Maße aus, da die Technik des Schweißens und des Schmiedeeisens nicht für das aktive Material Kupfer und Eisen, sondern nur für den konstruktiven Aufbau in Frage kommt. Trotz aller technischen Vervollkommnung können aber prohibitive Einfuhrzölle des Auslandes und hohe Frachtsätze nur teilweise kompensiert werden. Aus der elektrotechnischen Ausfuhr

Digitized by Google

Deutschlands wird eine jährliche Ausgabe von 40 bis 50 Mill. Mk. für Verpackung und Fracht allein berechnet, so daß immerhin durch Reduzierung der Einheitsgewichte und zweckmäßigere Verpackung erhebliche Beträge erspart und der Wettbewerb mit dem Ausland unterstützt werden kann.

Zum Schlusse wies der Vortragende darauf hin, daß ein wirklich brauchbarer Weltwirtschaftsatlas mit zuverlässigen Angaben über Wasser- und Landtransportverhältnisse, das heißt Ladeverhältnisse der Häfen, Bahnprofile, Umschlagplätze und dergleichen noch Aufgabe der Zukunft ist, denn im besten Falle behandeln die bestehenden Ausgaben ihr jeweiliges Inland und die dem betreffenden Lande zurzeit nächstliegende einseitige Interessensphäre.

Zusammenschluß in der deutschen elektrotechnischen Industrie. Die Maffei-Schwartzkopff G. m. b. H., München-Berlin; die Pöge, Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft, Chemnitz (AK 3·506 Mill. Mk.); Voigt & Haeffner A.-G., Frankfurt a. M. (AK 7·7 Mill. Mk.); Dr. Paul Meyer A.-G., Berlin (AK 3 Mill. Mk.); Sachsenwerk Licht- und Kraft A.-G., Dresden (AK 8·75 Mill. Mk.); Dr. M. Levy, Fabrik elektrischer Maschinen und Apparate, Berlin; die Lloyd Dynamowerke A.-G., Bremen (AK 1·805 Mill. Mk.), sowie eine Reihe anderer Firmen schließen sich in der Verkaufsgesellschaft Elektrotechnischer Spezialfabriken zusammen, deren Aufgabe es ist, die gemeinsamen Interessen bei allen Wiedergutmachungslieferungen, bei allen Sachlieferungen deutscherseits nach Belgien und Frankreich, sowie beim Verkauf der Erzeugnisse der Gesellschafter zu vertreten.

Die Siemens & Halske A.-G., Berlin, und die Elektro-Osmose A.-G., Berlin, haben gemeinsam die Siemens-Elektro-Osmose G. m. b. H. gegründet[1]).

Der Aubau des belgischen Telephonnetzes. Zu den Meldungen über große Finanzierungsprojekte in der Elektrizitätsindustrie berichtet die „Frankfurter Zeitung", daß einerseits der Ausbau des belgischen Telephons Sache der staatlichen Telephonverwaltung oder der zu gründenden Telephonregie ist, während die Gründung und Finanzierung von Elektrizität erzeugenden Werken Sache der Privatinitiative ist, die in Belgien unter die Oberaufsicht des Staates fällt, aber von ihm nicht finanziell beeinflußt wird. Im Moment scheint auf diesem privatwirtschaftlichen Gebiete noch keine industriell oder finanziell konstruktive Idee zur unmittelbaren Verwirklichung ausgereift zu sein. Für den Ausbau des Telephons in Belgien besteht aber ein fester technischer Plan, der nur noch einer bestimmten finanziellen Basis ermangelt. Es handelt sich um das Legen von Kabeln vom Zentralpunkt Brüssel aus nach den Nachbarländern Frankreich, Holland und Deutschland, sowie um Verbindungen zwischen belgischen Städten. Der automatische Betrieb wird zuerst in Brüssel durchgeführt, wo heute schon ungefähr ein Drittel der Apparate mit automatischer Schaltung versehen ist; dann kommt Antwerpen an die Reihe usw. Als Lieferanten dürften wohl nur die beiden Antwerpener Firmen Bell Telefon und Antwerp Telefon in Betracht kommen. Für die neuen Kabel erhielten die Ateliers de constructions électriques de Charleroi vorerst einen Auftrag im Werte von Fr. 130 Mill. Die zunächst in Belgien zur Ausführung gelangenden Kabelaufträge sollen den Wert von Fr. 150 Mill. nicht überschreiten. Für die Automatisierung sind für die nächste Zeit etwa Fr. 100 Mill. in Anschlag gebracht. Insgesamt soll der Ausbau des belgischen Telephons ungefähr Fr. 1200 Mill. kosten, die bis 1937 investiert werden würden. Auch Siemens & Halske ist mit einem über Reparationskonto zu verrechnenden Kabelauftrag versehen worden.

[1]) Nach einer Notiz der Direktion der Disconto-Ges., Berlin, vom 1. Februar d. J.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 9. März d. J., um ½7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Obering. Emil Fischer (Berlin) über: **„Fernsprecheinrichtungen mit Schutz gegen Hochspannung".** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: 1. Die Bedeutung des Nachrichtenwesens für Überlandwerke. 2. Der Betriebsfernsprecher. 3. Beeinflussung durch die Hochspannungsleitung. 4. Mittel zur Erfüllung der an eine zuverlässig arbeitende und gefahrlos zu bedienende Betriebsfernsprechanlage gestellten Forderungen. 5. Die Sprech- und Höreinrichtungen. 6. Die Rufeinrichtungen. 7. Die Schaltvorrichtungen. 8. Vermittlungseinrichtungen und Apparate für die Strecke. 9. Die Fernsprechfreileitung. 10. Wartung und Unterhaltung einer Betriebsfernsprechanlage. 11. Richtlinien für die Errichtung von Betriebsfernsprechanlagen mit Schutz gegen Hochspannung.

Berichtigung.

Elektrifizierung und Agrarwirtschaft von Dr. Ing. A. Weiner, E. u. M. 1927, Heft 9.

In der Formel (6) auf Seite 166 haben die eckigen Klammern zu entfallen. D. S.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	21. II. 1927	23. II. 1927	25. II. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125¼	126¼	127

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	56—57	56—57	57—58
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	115—120	115—120	115—120

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 25. Februar 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	5	0	62	15	0
Wire bars	62	15	0	—	—	—
Standard Kassa . .	56	7	6	56	10	0
Standard 3 Monate .	56	17	6	57	0	0
Zinn:						
Engl. ingots	313	10	0	314	0	0
Standard Kassa . .	314	15	0	315	0	0
Standard 3 Monate .	304	10	0	304	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	29	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	30	15	0	31	0	0
Remelted	31	7	6	—	—	—
English Swansea . .	31	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 22 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 13. März 1927 | Heft 11

INHALT: *Aufnahme der Bürstenpotentialkurve mit einem neuen Meßgerät. Von Prof. F. Punga und A. Schliephake, Darmstadt. S. 201. Kurzschlußversuche an Hochspannungs-Kettenisolatoren der Type „Motor". Von Oberingenieur W. Stoermer, Berlin. S. 206. / Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) im Jahre 1925. S. 208.*

RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 209. Wasserkräfte und Wasserbauten. S. 210. / Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 210. / Verbrennungskraftmaschinen. S. 211. / Maschinenelemente. S. 212. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 212. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 213. Röntgentechnik. S. 214. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 215. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 216.

LITERATURBERICHTE. S. 217.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 218.

VEREINSNACHRICHTEN. S. 220.

Aufnahme der Bürstenpotentialkurve mit einem neuen Meßgerät.

Von Prof. F. **Punga** und A. **Schliephake**, Darmstadt.

Für die Beurteilung der Kommutation einer Gleichstrommaschine bildet die sogenannte Bürstenpotentialkurve ein wichtiges Mittel.

Sie wird mittels eines Gleichstromvoltmeters aufgenommen, und zwar zwischen entsprechenden Punkten des Kollektors und den nächsten Punkten der Bürstenoberfläche. Sehr oft ist es bequemer, wenn man anstatt der Messung an der Bürste selbst vom Bürstenstift aus mißt und bei einiger Übung kann aus diesen Kurven genau das Gleiche abgelesen werden, wie bei der zuerst erwähnten Methode.

Die meisten mit Wendepolen arbeitenden Maschinen werden bekanntlich so eingestellt, daß die Spannung auf der ablaufenden Kante etwas kleiner ist, als auf der anlaufenden Kante und wenn die dazwischen liegenden Punkte eine gleichmäßig abfallende Linie ergeben, so ist der Prüffeldingenieur von der Maschine befriedigt. Nun kann man aber eine Reihe von Fällen finden, bei denen die Methode versagt, bei denen also Maschinen mit einer guten Kurve trotzdem zu Funken Veranlassung geben. Die Ursachen können mannigfaltig sein, aber immer wird es darauf hinauskommen, daß über die durch Gleichstromvoltmeter gemessene Kurve eine Wechselspannung superponiert ist, die einfach durch das Gleichstromvoltmeter nicht mit berücksichtigt werden konnte. Wir wollen einige öfters wiederkehrende Möglichkeiten für das Auftreten der Wechselspannungen angeben:

1. Wenn mit den verschiedenen Stellungen der Ankerzähne zu einem Polschuh eine Variation des magnetischen Widerstandes auftritt, so erhält man kleine Oszillationen des Kraftlinienflusses, welche in der kommutierenden Spule eine Transformatorspannung erzeugen. Bei größeren Maschinen genügt schon eine Variation von einem Bruchteil eines Prozentes, um eine merkliche Transformatorspannung unter den Bürsten zu erzeugen.

2. Ein ähnlicher Fall wie 1. tritt bei Einankerumformern ein, wenn sie mit einer beträchtlichen Phasenverschiebung arbeiten, denn es besteht im letzteren Falle ein Einfluß des Ankerfeldes auf die Erregung und da das Ankerfeld selbst nicht konstant ist, sondern kleinen Oszillationen von der sechsfachen Periodenzahl unterworfen ist, so werden diese Oszillationen auch eine periodische Veränderung des Kraftlinienflusses der Hauptpole bewirken und damit eine Transformatorspannung unter den Bürsten erzeugen.

3. Ebenso treten Wechselspannungen auf, wenn der Anker irgend eine Unregelmäßigkeit der Wicklung oder des Kollektors besitzt. Sind zum Beispiel die Dicken der einzelnen Isolationen zwischen den Lamellen nicht genau gleich oder ist ein Fehler vorgekommen bei der Lieferung der Kollektorlamellen, so wird sich dieses genau so bemerkbar machen, als ob dem normalen Lauf der Maschine ein Pendeln des Kollektors überlagert wäre. Bestimmte Lamellen, die gleichzeitig unter den Bürsten erscheinen sollten, erscheinen dann zu verschiedenen Zeiten und es entstehen dementsprechend Ausgleichströme. Es ist wohl bekannt, mit welcher Sorgfalt deshalb auf die haarscharfe Einteilung des Kollektors geachtet werden muß, und zwar deshalb, weil solche Fehler durch eine Justierung der Wendepolwicklung nicht beseitigt werden können. Auch eine unsymmetrische Reihenwicklung wird im allgemeinen zu einer kleinen Wechselspannung Veranlassung geben.

4. Die Variationen der Stromdichte an der ablaufenden Kante, hervorgerufen durch die verschiedenen Stellungen des Kollektors, sowie die Spannungen bei einer plötzlichen Unterbrechung des Kommutierungsstromes werden sich ebenfalls durch entsprechende übergelagerte Wechselspannungen anzeigen.

Es muß aus diesen Gründen außerordentlich auffallen, daß der Prüffeldingenieur bis jetzt noch

Digitized by Google

nicht versucht hat, außer der Gleichstromkomponente auch die Wechselstromkomponente der Bürstenkurve aufzunehmen. Die Schwierigkeiten liegen darin, ein handliches Instrument zu bekommen, das durch den Kontaktwiderstand des messenden Stifts wenig beeinflußt wird und das auch mit Rücksicht auf die Messungen an Maschinen entfernter Zentralen transportabel sein muß.

Im folgenden soll ein Instrument beschrieben werden, das zu diesem Zwecke entwickelt worden ist:

Von dem Gedanken ausgehend, daß für das Funken einer Bürste besonders die größte unter ihr auftretende Spannung maßgebend ist, wurde das Gerät als Scheitelwertmesser ausgebildet. Hierbei wurde die bekannte Tatsache ausgenutzt, daß ein idealer Kondensator, der unter Zwischenschaltung einer Elektronenröhre, deren Gitter mit der Anode verbunden ist, bis zum Scheitelwert einer angelegten Wechselspannung aufgeladen wird. Entlädt man den Kondensator über ein ballistisches Galvanometer, so ist dessen Ausschlag ein Maß für die Scheitelspannung.

Bei den hier in Frage kommenden Spannungen bis ungefähr 15 V wird die Messung aus folgenden

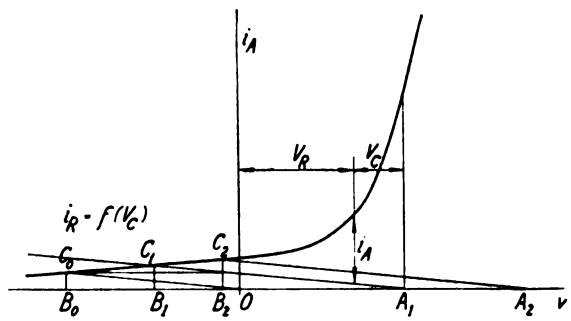


Abb. 1. Einfluß der Röhrenkennlinie für die Kondensatorspannung.

Gründen ungenau. Um ein tragbares in Spitzen gelagertes ballistisches Gerät verwenden zu können, muß die Kapazität des Kondensators groß sein. Damit wird der Isolationswiderstand desselben klein. Die hierin liegende Fehlerquelle läßt sich leicht an Hand der Röhrenkennlinie (siehe Abb. 1) erläutern. Zuerst soll der Fehler bei Gleichstrom betrachtet werden. Die Ladung setzt mit einem Strom ein, der für die angelegte Spannung $V = OA_1$ aus der Kennlinie entnommen werden kann. Ist in einem beliebigen Augenblick die Kondensatorspannung auf den Wert V_C gewachsen, so kann man den Ladestrom zu der an der Röhre liegenden Spannung $V_R = V - Vc$ zwischen der Röhrenkennlinie und der Geraden des Isolationsstromes $i_R = f(V_C)$ entnehmen. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der Kennlinie stellt den Ruhezustand vor. Nehmen wir an, der Anodenstrom ändere sich für kleine Anodenspannung geradlinig mit ihr, so gilt, wie man Abb. 1 entnehmen kann:

$$\frac{OA_1}{OA_2} = \frac{C_0 C_1}{C_0 C_2} = \frac{B_1 C_1 - B_0 C_0}{B_2 C_2 - B_0 C_0} = \frac{B_1 A_1 - B_0 O}{B_2 A_2 - B_0 O},$$

das heißt, zieht man von dem erhaltenen Ausschlag $\alpha = B_1 A_1$ den Ausschlag $\alpha_0 = B_0 O$ ab, so ist $\alpha - \alpha_0$ proportional der angelegten Spannung. Die Proportionalitätskonstante ist jedoch nicht mehr gleich der, die man bei der Eichung des ballistischen Galvanometers und Kondensatoren allein findet, sondern sie wird durch die Röhrenkennlinie etwas vergrößert. Man sieht jedoch, daß durch Eichung der Anordnung für einen einzigen Skalenpunkt dieser Fehler beseitigt werden kann, solange der Punkt C auf dem geradlinigen Teil der Röhrenkennlinie bleibt. Kommt er in den gekrümmten Teil, so muß die Eichung über die ganze Skala erfolgen.

Der bei weitem unangenehmere Fehler tritt bei der Messung des Scheitelwertes von Wechselspannungen auf. Nimmt man einen sinusförmigen Verlauf der zu messenden Spannungskurve a (Abb. 2)

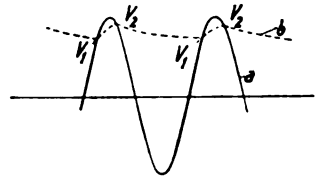


Abb. 2. Verlauf der Kondensatorspannung bei Wechselstrom.

an, so wird innerhalb der Ladezeit infolge des großen Röhrenwiderstandes der Kondensator nur bis zu einer Spannung V_2 aufgeladen werden. Solange die Spannung b des Kondensators höher als die Augenblicksspannung ist, also während des größten Teils der Periode entlädt er sich über seinen Isolationswiderstand bis zur Spannung V_1 und so weiter.

Wie man sieht, wird das Messergebnis auch von dem Augenblick der Entladung abhängen. Diese zwei Fehler sind es, die die schon längere Zeit bekannte Methode für feinere Messungen nicht anzuwenden erlaubt.

Man erkennt aus dieser Überlegung, daß das Meßergebnis von der Kurvenform abhängt und bei einer spitzeren ein größerer Minusfehler als bei einer flacheren entsteht.

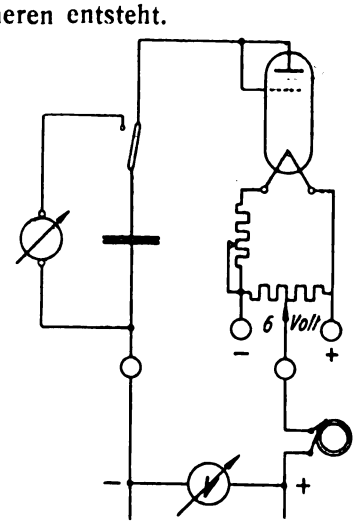


Abb. 3. Schaltung zur Bestimmung des Einflusses der Einschaltedauer.

Digitized by Google

Diese Fehler lassen sich nur durch Verwendung höher isolierter Kondensatoren und eines empfindlicheren ballistischen Gerätes herabsetzen, denn dann können die Kondensatoren kleiner gewählt werden. Je höher die zu messende Spannung ist, umso günstiger werden die Verhältnisse.

Es mußte daher festgestellt werden, ob die auftretenden Fehler in den für den beabsichtigten Zweck zulässigen Grenzen bleiben. Hierzu wurde Schaltung Abb. 3 verwendet. Als Ventil wurde eine Wolframröhre T/H 3, als Kondensator ein Papierkondensator der Hydrawerke von 2 und 4 μF und als ballistisches Galvanometer ein hochempfindliches Drehspulengalvanometer der Deutawerke mit $6 \cdot 10^{-8}$ A Vollausschlag und 350 Ω Widerstand benützt.

Aus Abb. 4 und 5 geht das Ergebnis der Messungen hervor. Der Ausschlag für die Spannung Null wurde mit Hilfe des Spannungsteilers auf

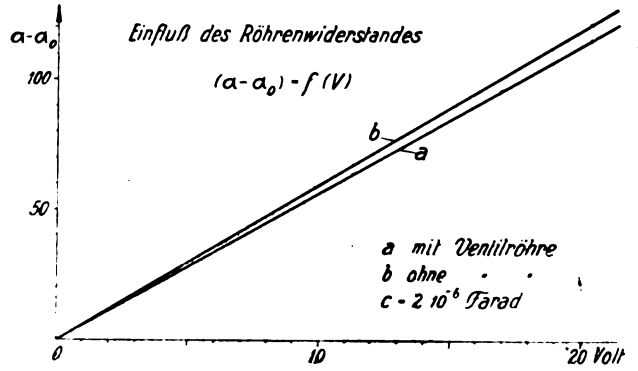


Abb. 4. Einfluß des Röhrenwiderstandes bei Gleichstrom.

$a_0 = 5$ Teile eingestellt. Beim Laden des Kondensators mit Gleichspannung über die Ventilröhre ergab sich für $(a - a_0) = f(V)$ die Gerade a (Abb. 4). beim unmittelbaren Laden die Gerade b. Man er-

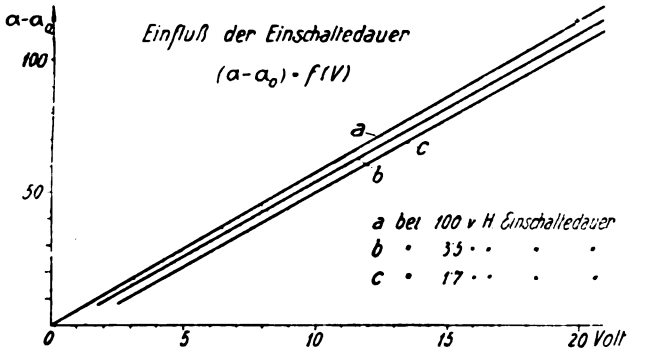


Abb. 5.

kennt, daß beide Geraden verschiedene Neigung besitzen. Dies rührt von der unvollständigen Aufladung infolge des Röhrenwiderstandes und der unvollkommenen Isolation des Kondensators her. Bei einem Ausschlag von 100 Teilen ergibt sich ein Minusfehler von ungefähr 5 Teilen, der proportional mit der Spannung zunimmt, das heißt der prozentuale Fehler bleibt konstant. Dieser Fehler läßt sich durch Eichung der ganzen Anordnung bei einer gewissen Heizspannung beseitigen.

Der Einfluß der Einschaltedauer geht aus Abb. 5 hervor. Mit Hilfe des Franke schen Apparates zur punktförmigen Aufnahme der Spannungskurve wurde durch entsprechende Einstellung der Kontaktbürsten eine Einschaltdauer von 100 vH, 3·5 vH und 1·7 vH bei einer Periodendauer von 0·02 Sekunden hergestellt. $(a - a_0) = f(V)$ ergab für diese drei Fälle die Geraden a, b und c. Wie

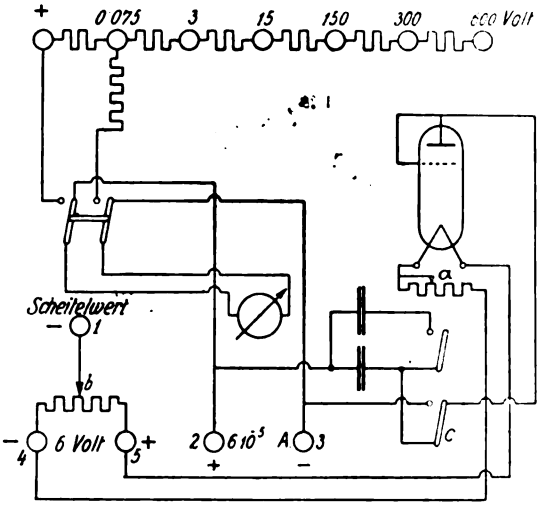


Abb. 6. Schaltbild des Meßgerätes.

man aus Abb. 5 erkennt, beträgt bei 1·7 vH Einschaltedauer der Fehler gleichbleibend etwa 8 Teile, das heißt, bei einem Ausschlag von 100 Teilen = 16·7 V 8 vH und geht bei 3·5 vH Einschaltedauer auf etwa 3 Teile zurück. Wie sich hieraus ergibt, ist die Meßgenauigkeit bei Spannungen unter 3 V sehr gering; sie genügt jedoch, um festzustellen, ob höhere Spannungen unter der Bürste auftreten.

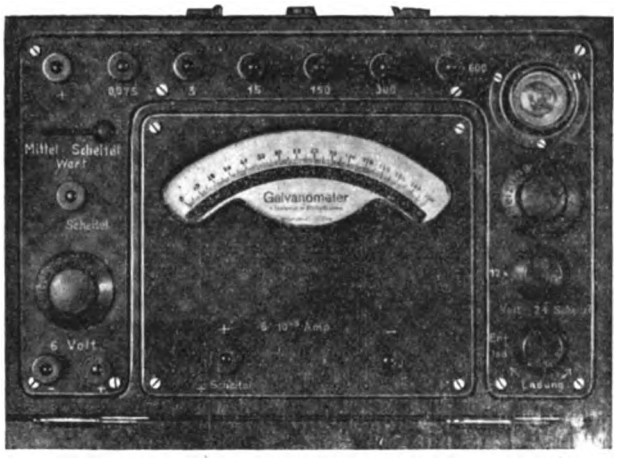


Abb. 7.

Auf Grund dieser Überlegungen wurde ein Meßgerät entworfen, welches sowohl den Mittelwert als auch den Scheitelwert einfach zu messen erlaubt. Da das Instrument leicht zu bedienen und transportabel sein soll, wurde als ballistisches Galvanometer das oben erwähnte empfindliche in Spitzen gelagerte „Nadir"-Gerät von den Deutawerken mit einem Vollausschlag $6 \cdot 10^{-8}$ A und

Digitized by Google

350 Ω Widerstand gewählt. Um die Anordnung nicht unhandlich zu machen und da bei der Aufnahme der Bürstenpotentialkurve keine große Genauigkeit verlangt wird, wird dasselbe Instrument durch Abgleichen mit Vorschalt- und Nebenschlußwiderständen auch zur Spannungsmessung verwendet. Aus Abb. 6 ist die Schaltung zu erkennen. Abb. 7 gibt die äußere Ansicht des in der Werkstatt des Elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule Darmstadt zusammengebauten Gerätes wieder. Ist der doppelpolige Umschalter nach links geschaltet, so kann das Instrument als gewöhnliches Voltmeter für 0·075; 3; 15; 150; 300 und 600 V benützt werden. Für die Aufnahme der Bürstenpotentialkurve wird man im allgemeinen nur das 3 V Meßbereich benötigen. Da durch die große Empfindlichkeit des Meßinstrumentes der Reibungsfehler relativ hoch ist, ist die Meßgenauigkeit selbstverständlich niedriger wie bei normalen Geräten.

Liegt der doppelpolige Umschalter nach rechts, so kann das Instrument sowohl als empfindliches Galvanometer, als auch zur Scheitelspannungsmessung verwendet werden. Das Galvanometer liegt dann an den Klemmen 2 und 3. Zur Scheitelspannungsmessung schließt man an den Klemmen 1 und 2 an. Vorher stellt man in einem Vorversuch mit kurzgeschlossenen Klemmen den ballistischen Ausschlag α_0, den man beim Umlegen des Schalters c erhält, mittels der Hilfsspannung so ein, daß er ungefähr 5 Teile beträgt.

In der ersten Ausführung waren zwei Kondensatoren von je 2 μF eingebaut worden, in einer neuen würde man nur einen, und zwar besonders hoch isolierten verwenden. Den notwendigen Heizstrom, der durch den Widerstand a eingestellt wird und die mit dem Spannungsteiler b regelbare Hilfsspannung liefert eine dreizellige Akkumulatorenbatterie, die an die Klemmen 4 und 5 anzuschließen ist. Bei den Messungen selbst braucht man, um die Scheitelspannung zu erhalten, nur von dem Ausschlag α_0 abzuziehen und die Differenz mit der Konstanten der Meßanordnung zu multiplizieren. Also $V_{\text{Scheitel}} = (\alpha - \alpha_0) K$. Für das beschriebene Gerät ist $K = 1{\cdot}67 \cdot 10^{-1}$, sodaß der Meßbereich mit einem Kondensator bis ungefähr 24 V reicht.

An einigen Beispielen soll nun die Benutzung des Apparates gezeigt werden.

1. Erstens wurde eine alte zweipolige Gleichstrommaschine ohne Wendepole für 50 A, 120 V und $n = 1250$ U/min bei 19 A, 138 V und $n = 1720$ U/min als Motor untersucht. Es wurden an dem negativen Bürstenstift folgende Werte gemessen:

	Anlauf K	Mitte	Ablauf K
Mittelwert, V	0·94	1·1	2·7
Scheitelwert, V . .	8·9	12·2	21·7

Die mittlere Bürstenpotentialkurve ist noch nicht sehr ungünstig; die Aufnahme der Scheitelwerte zeigt jedoch deutlich, daß Funken unter der Bürste auftreten müssen. Äußerlich war dies kaum zu erkennen. Die Bürsten von Gebr. Siemens mit einer Auflagefläche von 17 × 40 mm zeigten aber bis 5 mm von ablaufender Kante Graufärbung.

2. Als zweite Messung sei die an einem vierpoligen Gleichstromreguliermotor mit Wendepolen von 8·8 kW, 135 V, 75 A $n = 450/1350$ U/min durchgeführte angegeben. Die Maschine wurde als Generator untersucht, und zwar zuerst bei 144 V, 30 A und $n = 1250$ U/min. Hierbei feuerten die Bürsten und an einem negativen Bürstenstift ergaben sich folgende Werte:

	Anlauf K	Mitte	Ablauf K
Mittelwert, V	1·44	0·9	2·0
Scheitelwert, V . .	13	12·6	17·4

Ein ungefähr 2 mm breiter Streifen war an der ablaufenden Kante der Bürstenfläche von 12 × 20 mm (Marke S) geschwärzt. Die Kanten der Kollektorlamellen waren abgerundet.

Nachdem der Stromwender sorgfältig unter Verwendung eines passend **ausgedrehten** Holzstückes abgeschmirgelt und hierauf leicht eingefettet war, ergaben sich jetzt bei völliger Funkenfreiheit bei 146 V, 42 A und $n = 1320$ die in Abb. 8 aufgetragenen Bürstenpotentialkurven.

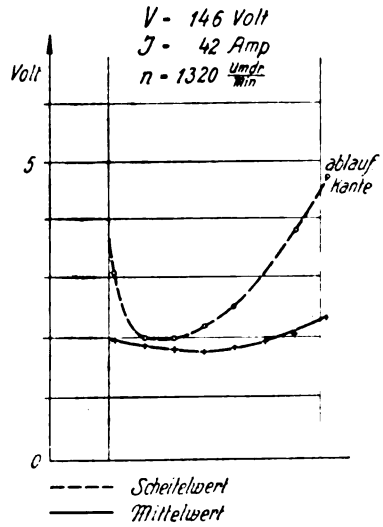


Abb. 8. Bürstenpotentialkurve bei einer Gleichstrommaschine.

3. Die Ergebnisse an einem ganz neuen zweipoligen Motor von 7·4 kW, 110 V und 78 A bei $n = 1180$ U/min, der sehr gute Stromwendung besitzt, waren bei 140 V, 47·6 A und $n = 1370$ U/min folgende:

		Anlauf	Mitte	Ablauf
Am positiven Bürstenstift gemessen	Mittelwert, V	0·96	0·96	1·02
	Scheitelwert, V	1·3	1·6	1·9
Am negativen Bürstenstift gemessen	Mittelwert, V	0·38	0·52	0·58
	Scheitelwert, V	0·8	1·7	1·4

An den 2 Graphitkohlenbürsten 10 × 25 mm je Stift traten keine Funken auf. Bürste und Kollektor waren völlig blank.

4. Die Messungen mit dem neuen Gerät an einem Drehstrom-Reihenschlußmotor von 5·5 kW, 220 V, 18·6 A und $n = 600/1750$ U/min sind besonders bemerkenswert, da es ja für Wechselstrommaschinen bisher keine einfache Methode zur Beurteilung der Stromwendung gab. Der Motor

Digitized by Google

wurde bei 3 Drehzahlen untersucht:

n	I	p	Scheitelwert		
			Anlauf K	Mitte	Ablauf K
U. p. min.	A	kW	V	V	V
790	17·8	5·2	1·0	4·8	10·0
1490	17·3	7·2	5·6	13·0	20
1700	16·7	7·0	9·4	15	16

Bei allen Drehzahlen traten Funken auf. Bei $n = 1600$ U/min waren sie recht lebhaft: es war jedoch nur die Bürstenkante angebrannt, während die übrige Fläche und der Stromwender völlig blank blieben. Die Maschine besitzt zwei harte Bürsten je Stift von 10×30 mm.

5. Als weitere Wechselstrommaschine wurde ein kompensierter Drehstrom-Motor der Sachsenwerke von 3·7 kW Leistung bei 220 V, 11·8 A und 1500 U/min untersucht.

Die zugeführte Leistung war hierbei 5·8 kW, 237 V, 14·5 A. Da der Schlupf sehr klein war, konnte sowohl mit dem Gleichstrom- als auch mit dem Scheitelgerät die Bürstenpotentialkurve aufgenommen werden. Folgende Werte wurden erhalten:

	Anlauf	Mitte	Ablauf
Mittelwert, V	0·7	0·4	0·94
Scheitelwert, V . .	1·75	1·5	2·8

Bei der Ablesung mit dem Gleichstromgerät wurde der größte Ausschlag abgelesen. Bei der Scheitelmessung wurde, um das Maximum wirklich zu erfassen, das Gerät über mehrere Schlupfperioden eingeschaltet gelassen. Auf jedem Bürstenstift saßen zwei harte Graphitkohlebürsten 10×12 E_2PP.

6. Ferner wurden an einer großen Gleichstrommaschine für 240 bis 300 V und 5000 A bei eine Belastung von 4000 A bei 260 V einige Messungen mit dem neuen Geräte vorgenommen. Es wurde gefunden:

		Anl. K	Mitte	Abl. K
An einem negativen Bürstenstift	Mittelwert, V	1·7	0·8	0·2
	Scheitelwert, V	4·3	1·5	0·98
An einem positiven Bürstenstift	Mittelwert, V	1·0	0·4	0·5
	Scheitelwert, V	2·5	1·9	1·?

Die Maschine arbeitet hierbei völlig einwandfrei.

7. Außerordentlich große Unterschiede zwischen Mittel- und Scheitelwert wurden auch bei Messungen an einem Bürstenuntersuchungsapparat, auf den hier nicht näher eingegangen werden soll, gefunden.

Die Kohlenbürsten waren in liebenswürdiger Weise von der Firma Ringsdorff zur Verfügung gestellt worden.

Bei einer Graphitbürste von 15×30 mm, Marke *NRC 2x* und für eine Überdeckung von 2·3 Lamellen ergaben sich bei $I = 27$ A und $n = 440$ U/min die in Abb. 9 aufgetragenen Spannungen. An der ablaufenden Kante zeigten sich kleine Fünkchen und ein 8 mm breiter matter Streifen.

Dagegen traten bei einer Graphitkohlenbürste Marke Ringsdorff *RP* 4 von denselben Abmessungen bei $I = 27$ A schon bei 270 U/min Funken und ein 2·5 mm breiter stark geschwärzter Streifen an der ablaufenden Kante auf.

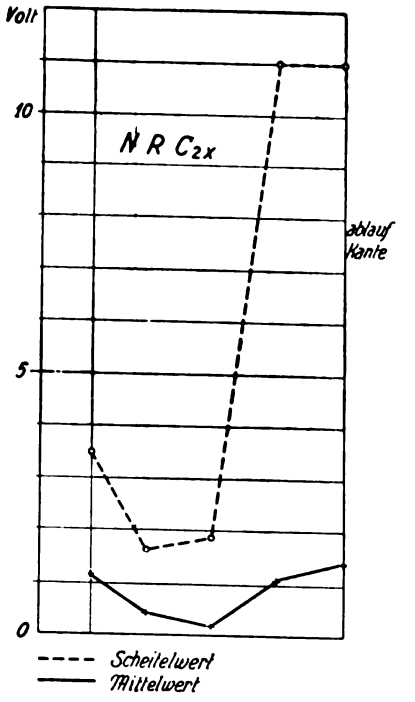


Abb. 9.

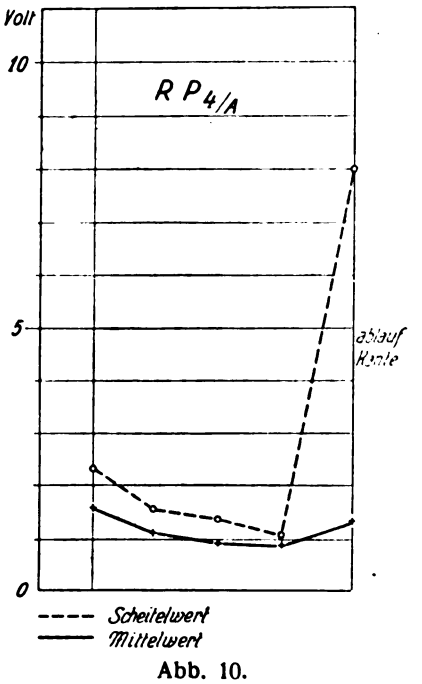


Abb. 10.

Abb. 9 und 10. Bürstenpotenialkurven bei einem Bürstenprüfapparat.

Die hierbei gemessenen Werte sind aus Abb. 10 zu erkennen.

Die angeführten Beispiele dürften den Beweis erbracht haben, daß die Anwendung des neuen Instruments die Beurteilung der Kommutierung von Gleichstrommaschinen wesentlich fördern wird.

Digitized by Google

Kurzschlußversuche an Hochspannungs-Kettenisolatoren der Type „Motor".

Von Oberingenieur W. **Stoermer**, Berlin.

Von verschiedenen Seiten wurden Bedenken dahin geäußert, daß bei Anwendung des Motor-Isolators bei Fahrdrahtleitungen von Vollbahnen Übelstände bestehen. Man war der Meinung, daß die Isolatoren infolge eines Überschlages durch die

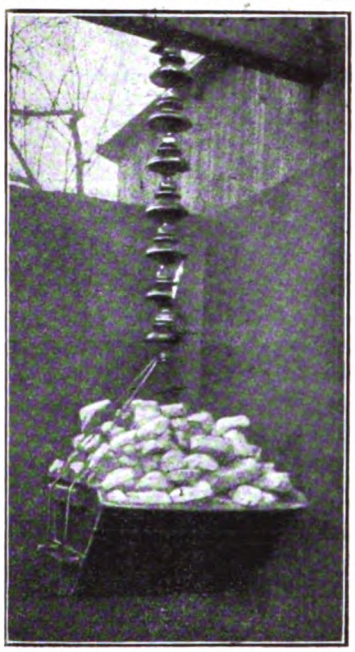


Abb. 1.

außerordentlich große Hitzewirkung zerspringen und der Motorisolator mit der Fahrdrahtleitung herunterfallen könnte.

Daß die aufgetauchten Befürchtungen nicht gerechtfertigt sind, ergeben Versuche an Isolatorenketten, die teilweise im Freien unter mechanischer Belastung und teilweise im geschlossenen Raum im Laboratorium der „Ersten Österr. Porzellanfabrik, Ing. L. Neumann, Ges. m. b. H." in Frauenthal bei Laßnitz (Steiermark) durchgeführt wurden. Zur Untersuchung gelangte die von den Österr. Bundesbahnen angewendete Form des „Motorisolators" mit einer oberen Rippe und einem untenstehenden glockenförmigen Porzellanschirm mit den Hauptabmessungen 175 × 240 mm für 17 000 V Betriebsspannung.

Abb. 2.

Die Dauer eines Kurzschlusses auf der Strecke beträgt bis zum Ansprechen des Maximalautomaten in der Zentrale gewöhnlich den Bruchteil einer Sekunde. Da die zur Verfügung stehende Energie derjenigen auf der Strecke keineswegs entsprechen konnte, wurde der Lichtbogen, sobald sich dieser an einer Stelle des Isolatoren-Schirmes festgesetzt hatte, längere Zeit stehen gelassen. Zunächst wurde der Versuch an einer seit zirka vier Monaten mit einer Dauerlast von 1200 kg beanspruchten Isolatorenkette ausgeführt, wobei sich die Schwierigkeit, den Lichtbogen auch bei verhältnismäßig unbewegter Luft an einer Stelle festzuhalten, zeigte. Vorerst wurde bei einer Belastung von

Abb. 3.

500 kg, die annähernd der Beanspruchung auf der Leitungsstrecke entspricht, der zweitunterste Isolator der Kette unter Spannung gesetzt, nachdem die übrigen Isolatoren durch Leitungsdraht überbrückt worden waren. (Siehe Abb. 1.)

Die dem Isolator durch den Lichtbogen zugeführte Leistung nach vollständigem Kurzschließen des Erregerwiderstandes betrug 30 kW. Der Lichtbogen wanderte etwa eine Minute um den Schirmrand des Isolators herum; nachdem er sich an einer Stelle des Schirmrandes festgesetzt hatte, wurde er drei Minuten lang stehen gelassen. Zunächst erfolgte an der Berührungsstelle des Lichtbogens mit dem Isolatorenschirm nach 30 Sekunden ein Glühendwerden des letzteren, nach weiteren

Digitized by Google

15 Sekunden war eine Zerstörung des Schirmes hörbar. Ein Herunterfallen des Isolators, bzw. der Kette erfolgte nicht, trotz weiterer Lichtbogeneinwirkung.

Die elektrische Nachprüfung des betreffenden Isolators mittels Gleichstromstoßprüfung ergab einen Durchschlag des Porzellanschirmes an der betreffenden Stelle des Sprunges, die mechanische Nachprüfung einen Zerreißwert von 5800 kg. Auch

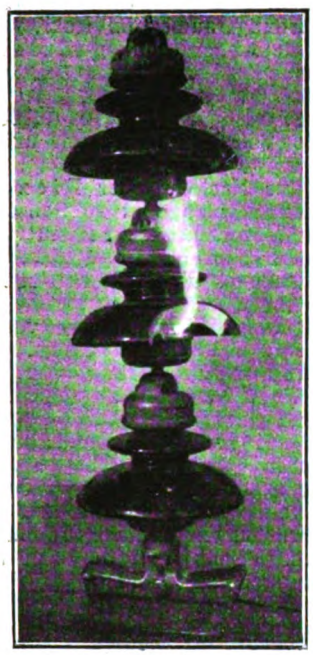


Abb. 4.

bei einer Wiederholung dieses Versuches bei einer Belastung von 1200 kg erfolgte kein Herunterfallen der Isolatorenkette.

Die Abb. 2 bis 4 zeigen den Verlauf des Lichtbogens in verschiedenen Zeitphasen. In Abb. 2 läuft dieser außen um den Schirmrand des Isolators herum, während Abb. 3 die Wirkung des Lichtbogens nach zwei Minuten erkennen läßt; man sieht deutlich, wie sich derselbe in den Porzellanschirm eingeschmolzen hat. In der Abb. 4 hat der Lichtbogen nach Verlauf von 3 Min. 40 Sek. den Isolatorenstrunk angegriffen, nachdem ein Teil des Porzellantellers gesprungen und herabgefallen war. Dieser Isolator wurde, nachdem der Lichtbogenkurzschluß fünf Minuten eingewirkt hatte, in der Zerreißmaschine mit 3000 kg eine halbe Stunde lang beansprucht und darauf bis zum Bruche belastet, der bei 8400 kg eintrat.

Auch bei weiterfolgenden Versuchen von sieben bzw. zehn Minuten blieb der Isolatorenstrunk unbeschädigt. Die Bruchbelastung dieser Isolatoren ergab einen Zerreißwert von 8200 kg bzw. 6900 kg, nachdem beide Isolatoren bis zu 3000 kg während zehn Minuten mechanisch vorgeprüft waren.

Dieser letztere Versuch (Abb. 5), entspricht annähernd dem äußerst ungünstigen Fall auf der Strecke bei Einwirkung von 15 000 kW während der Dauer einer Sekunde. Setzt man eine kW-Stunde gleich 860 kcal. Wärmeeinheiten, so führt die dem Isolator bei einem Kurzschluß auftretende zugeführte Energiemenge während einer Sekunde $\frac{15\,000 \cdot 860}{3600}$ = etwa 3580 kcal. Die bei obigem Versuche während zehn Minuten zugeführte Energiemenge ergibt demgegenüber $\frac{30 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 860}{3600}$ = 4300 kcal, ist also noch um ein Geringes größer. Hiebei erscheint die Wirkung einer kleineren Energie während längerer Zeit bedeutend ungünstiger als bei dem Auftreten größerer Energien in verhältnismäßig kurzer Zeit. Wesentlichen Schutz bietet jedenfalls der bei diesem Typ vorgesehene Porzellanteller dem Angriff des Isolatorenstrunkes durch den Lichtbogen. Stabisolatoren dürften sich hiernach wesentlich ungünstiger verhalten.

Um den Einfluß hoher Temperaturen auf den Porzellanscherben noch auf andere Weise festzustellen, wurde eine Anzahl armierter Isolatoren gleicher Type einer starken Temperaturänderung durch Eintauchen in flüssiges Blei unterzogen. Die Isolatoren wurden zu diesem Zwecke in eine Blei-Antimonlegierung von 320 Grad Celsius horizontal bis zur Hälfte eingetaucht und bei dreimaligem Wiederholen je 15 Sekunden darin belassen. Bei einem Isolator sprang ein Teil des Porzellantellers nach dem dritten Tauchprozesse ab; der Kern blieb unversehrt, was durch nachherige mechanische Prüfung festgestellt wurde. An weiteren vier Isolatoren konnte bei Wiederholung des Tauchversuches keinerlei äußere Beschädigung des Porzellans festgestellt werden. Die nachfolgende mechanische Bruchbelastung zeitigte Werte von 5000, 5100, 6000 und 7600 kg.

Aus den Versuchen geht also hervor, daß der Motorisolator gegenüber der außerordentlich hohen Beanspruchung einseitiger plötzlicher Erwärmung, wie sie auf der Strecke auftreten kann, äußerst

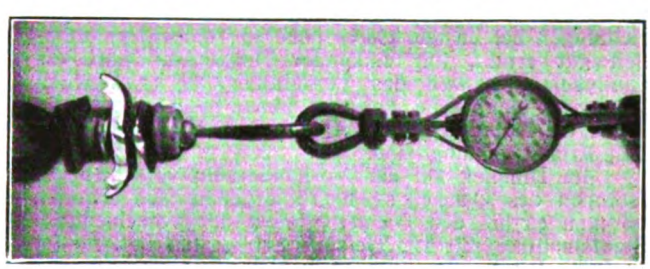


Abb. 5.

widerstandsfähig ist. Berücksichtigt man, daß das Ansprechen des Maximalautomaten in der Zentrale schon im Bruchteil einer Sekunde erfolgt, so ist wohl kaum die Befürchtung aufrecht zu erhalten, daß eine vollständige Zerstörung des Porzellanisolators bei fehlerfreier Materialbeschaffenheit und ein Herabfallen der Leitung erfolgen wird, wobei immerhin noch die Möglichkeit besteht den Porzellanschirm des Isolators durch Lichtbogenhörner zu schützen.

Digitized by Google

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) im Jahre 1925.

Der nachfolgende Bericht erstreckt sich vorzugsweise auf die elektrischen und magnetischen Arbeiten[1]).

Prüfungen. Der Umfang der Prüfungen hat sich gegen das Vorjahr vermehrt, besonders im magnetischen Laboratorium. Das Prüfamt Chemnitz wurde aufgelöst. Es bestehen derzeit in Deutschland die Prüfamter Ilmenau, Hamburg, München, Nürnberg, Frankfurt und Bremen. In Ostpreußen errichtet der Dampfkessel-Überwachungsverein in Königsberg ein elektrisches Prüfamt, ebenso das pfälzische Gewerbemuseum in Kaiserslautern.

Die Messung des Widerstandes von Metallen bei der Temperatur des flüssigen Heliums[2]) soll die Frage der Supraleitfähigkeit klären. Dabei interessiert, ob nur bestimmte Gruppen von Metallen oder ob alle Metalle bei genügender Reinheit oder als Einkristalle supraleitend werden. Die Supraleitfähigkeit wurde an Blei und Zinn festgestellt. Blei ist beim normalen Siedepunkt des He (4·2° abs.) bereits supraleitend. Bei gezogenem, nicht gealtertem Zinn erfolgt der Abfall des Widerstandes zwischen den Dampfdrucken 480 und 430 mm Hg des Heliums, das heißt etwa zwischen 3·77 und 3·67° abs. Dabei sinkt der Wert des Widerstandes von $7{\cdot}8.10^{-4}$ auf unter 2.10^{-8}, wenn sein Wert bei 0° C mit 1 bezeichnet wird. Hingegen hat Konstantan bei der Temperatur des flüssigen Heliums einen Widerstand von gleicher Größenordnung wie bei 0° C und besitzt dabei noch einen deutlich merkbaren Temperaturkoeffizienten, so daß es in den tiefsten Temperaturen noch als Widerstandsthermometer zu benutzen ist. Von reinen Metallen wurden weiters Gold und Zink in der Form von gezogenen Drähten und als Einkristalle untersucht. Bei Gold lag bis herab zu 1·6° abs. keine Andeutung für Supraleitfähigkeit vor. Einzelne Zinkkristalle wiesen zwischen 4·2 und 1·67° abs: noch eine deutliche Widerstandsänderung auf. Die Verflüssigung des Heliums gelang an der PTR und damit in Deutschland zum erstenmale im März 1925. Die Wasserstoff-Verflüssigungsanlage arbeitete im Berichtsjahre einwandfrei.

Die Untersuchungen an Einkristallen betrafen die elastischen Konstanten, die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Leitung. Untersucht wurden Cu, Zn und Cd. Der Unterschied im Wärmeleitvermögen des Einkristalls und Polykristalls tritt erst in sehr tiefer Temperatur deutlich hervor, wird aber dann sehr groß. Bei — 250° C leitet der Cu-Kristall etwa viermal besser als das polykristalline Cu. Das Wiedemann-Franz'sche Gesetz ist für die verschiedenen Kristallrichtungen bei Zn und Cd in höherer Temperatur ziemlich gut erfüllt, mit sinkender Temperatur hört die Gültigkeit auf, weil das Verhältnis $\lambda/\varkappa T$ (λ Wärmeleitung, $\varkappa$ elektrische Leitung) umso rascher sinkt, je höher die Atomschwingungsfrequenzen in der betreffenden Kristallrichtung sind.

Im Hinblick auf das Vorhandensein verschiedener Isotopen des Quecksilbers ergeben sich Zweifel, ob man es bei den Ohmrohren der verschiedenen Staatsinstitute mit Hg gleicher Art zu tun hat. Es ist geplant, daß die Institute Proben des verwendeten Hg untereinander austauschen, um durch Dichtemessungen festzustellen, ob Unterschiede vorhanden sind. Die PTR hat die relative Dichtemessung des Hg sehr vervollkommnet, wobei ein Pyknometer benützt wird, das gestattet, das Hg im Vakuum einzufüllen. Zwei an der PTR untersuchte Hg-Sorten zeigten auf zwei Millionstel übereinstimmende Dichte.

Der lichtelektrische Strom im Diamanten wurde bis herunter zur Temperatur des flüssigen Wasserstoffs bei Bestrahlung mit einer Quarzquecksilberlampe und bei angelegter Spannung bis zu 3000 V gemessen. Seine Größe wurde bei 20° abs. etwa gleich der bei 90° abs. (flüssige Luft) gefunden.

[1]) Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1926, Heft 3 und 4.

[2]) Vgl. E. u. M. 1916, S. 374; 1918, S. 550.

Untersuchungen über die Kathodenzerstäubung ergaben, daß es außer der elektrischen auch eine elektrochemische Kathodenzerstäubung gibt, die charakteristische Unterschiede gegen die gewöhnliche zeigt, insbesondere in Wasserstoff an Kathoden aus C, As, Sb, Bi, Se, Te.

Den theoretischen Wert der Ozonausbeute pro kWh im Siemensrohr bei kleinen Drucken hat Warburg bestimmt mit $3{\cdot}57\ \varepsilon . d/\lambda_a = 8{\cdot}3\ d . p . \varepsilon$. Hier ist d die Dicke des Entladungsraumes im Rohr, λ_a die mittlere Weglänge der Elektronen (mm), p Druck in mm (Q. S.) und ε der Bruchteil (6 — 9 vH) der Elektronenstöße auf Sauerstoffmolekel. Für die Ammoniakbildung im Siemensrohr hat sich die größte Ausbeute an NH_3 bei ungefähr 50 Volum-vH Stickstoff und Wasserstoff ergeben.

Der qualitive Nachweis der Piezoelektrizität von Kristallen gelang bei 20 Substanzen, welche bisher nicht als piezoelektrisch bekannt waren. Es bestätigt sich hieraus mit einiger Wahrscheinlichkeit die theoretische Annahme, daß nur Kristalle mit polaren Achsen piezoelektrisch sind.

Die Einrichtungen zur Eichung von Röntgen-Dosismessern wurden verbessert. Die bisherige Apparatur wurde durch Einbau von Glühkathodenventilen und Kondensatoren zu einem sogenannten Stabilivoltapparat ausgebaut. Es können nunmehr Röntgenröhren mit konstanter Gleichspannung bis zu 200 kV betrieben werden. Eine zweite Röntgenapparatur vom Stabilivolttypus für 140 kV Spannung und 100 mA Strom wurde beschafft und soll für physikalische Untersuchungen dienen. Hiefür stiftete der Elektrotechnische Verein in Berlin 5000 Mk. Die PTR beginnt hiemit auch das Gebiet der Röntgenspektrographie zu bearbeiten.

Zur Bestimmung der Bremskräfte kleiner Magnete wurden die Torsionsschwingungen einer an einem langen Stahldraht aufgehängten Aluminiumscheibe der dämpfenden Wirkung der Magnete ausgesetzt. Die Ergebnisse waren in guter Übereinstimmung mit der älteren Messung mittels Torsionsdynamometer.

Im Bau von Schutzringkondensatoren wurden im Berichtsjahre wesentliche Fortschritte erzielt. Es ist beabsichtigt, diese Kondensatoren zu einer Neubestimmung der Lichtgeschwindigkeit aus dem Verhältnis der aus den Abmessungen berechneten zu der in internationalen Farad absolut gemessenen Kapazität zu benützen. Sie bestehen aus geeignet geformten, mit starker Rückversteifung versehenen Gußstücken aus harter Spezialbronze. Es sind Kreisplatten von 30 cm Durchmesser, die geschützte Elektrode hat 20 cm Durchmesser. Schutzring und Elektrode sind durch auf Druck beanspruchte Quarzsäulen voneinander isoliert und werden gemeinsam abgeschliffen. Der Abstand der Platten eines Kondensators wird durch drei auf den Schutzring gestellte Säulen von kristallinischem Quarz gegeben, die aus einer planparallelen Platte ausgestochen sind. Die Messung der Kapazität geschieht mit unterbrochenem Gleichstrom in der Maxwellbrücke, wobei, da es sich um kleine Kapazitätswerte handelt, nicht der rotierende Unterbrecher nach Giebe wegen dessen zu hoher Schaltkapazität, sondern eine neue Anordnung eines schwingenden Unterbrechers, dessen Schwingungen durch einen Röhrensender aufgedrückt werden, verwendet wird. Es gelang, die Empfindlichkeit der Anordnung so zu steigern, daß einem Skalenteil der Fernrohrablesung eine Kapazitätsänderung von 0·001 cm gleich 0·0011 $\mu\mu$F entsprach. Die Abweichung in Hunderttausendstel vom Mittelwert 111·9471 $\mu\mu$F lagen zwischen + 1·5 und — 1·6 $\mu\mu$F.

Die Kühlung von Normalwiderständen erfolgte bisher durch ein Ölbad. Im allgemeinen gilt eine Belastung mit 1 W für eine Büchse im kräftig gerührten Petroleumbad als zulässig. Wie jedoch an einem Versuchswiderstand gezeigt werden konnte, ist bei dieser

Digitized by Google

Belastung die Temperatur der Wicklung um 1·2° C höher als die Badtemperatur, so daß die Temperaturkorrektion aus der Badtemperatur nicht zuverläßlich berechnet werden kann. Es wurde daher ein Normalwiderstand gebaut, dessen Kühlung durch Kupferbacken erfolgt. Ein mit Cu-Draht unfilar bewickeltes Blech wurde unter Zwischenlage von zwei schellackierten Seidenblättern zwischen zwei Cu-Platten gepreßt. Während der Alterung bei 160° C wurden die Schrauben nochmals angezogen. Bei dieser Ausführung ergab sich eine geringere Differenz zwischen Temperatur des Bades und der Wicklung. Bleibt die Belastung unter 0·6 W, so ist die Anwendung eines Ölbades gänzlich entbehrlich.

Über magnetische Messungen wird berichtet: Die Differential-Meßeinrichtung von Siemens & Halske wurde für laufende Untersuchungen mit gutem Erfolge verwendet. Über Wunsch der Industrie mußten mehrfach magnetische Größen unter ungewöhnlichen Bedingungen gemessen werden, zum Beispiel die wahre Remanenz und die Koerzitivkraft an fertigen Hufeisenmagneten und andere. Die Untersuchungen über Materialien mit hoher Anfangspermeabilität wurden an selbst erschmolzenen Proben fortgesetzt. Unter 120 im Tammannofen geschmolzenen Legierungen befanden sich mehrere mit extrem kleiner Koerzitivkraft (bis herunter zu 0·04 Gauss). Nach diesen Vorversuchen wird die Arbeit mit im Vakuum hergestellten Legierungen fortgesetzt werden.

Über Untersuchungen auf dem Gebiete der Lichttechnik und der Hochfrequenztechnik[3]) wird an anderer Stelle der Zeitschrift berichtet. Conrad.

[3]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Heft 3, S. 30.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Das Kraftwerk Martin Dam. L. G. Warren. Ungefähr 60 km nordöstlich von Montgomery hat die Alabama Power Comp. am Tallapoosa-Flusse ein Speicherwerk errichtet, das zur Ergänzung der Energielieferung der bereits vorhandenen Laufwerke Lock 12, Lock 18 und Mitchell Dam am Coosa Flusse dient. Eine Staumauer von 48 m Höhe staut einen Speicher von 1685 Mill. m³ nutzbarem Inhalt, was bei einer Absenkung von 18 m und einem mittleren Gefälle von rund 40 m einer Arbeit von 150 Mill. kWh entspricht. Die Staumauer hat eine Kronenlänge von 230 m, eine Kronenbreite von 7 m und eine Kubatur von rund 400 000 m³; eine vorgelagerte Hilfsmauer schützt die Hauptmauer vor Unterwaschung des Felsens durch das Unterwasser. Im Krafthaus sind drei 46 000 PS Francisturbinen mit vertikaler Welle angeordnet, die normal unter 40 m, maximal unter 46 m Gefälle arbeiten und Schirmgeneratoren antreiben. Diese sind für 12 000 V und mit herausgeführtem Nullpunkt für den, den Generator umfassenden, Differentialschutz gebaut. Der Nullpunkt jedes Generators ist über Trennschalter und Olschalter an die Erdsammelschiene angeschlossen. Die Generatoren sind über Trennschalter, Olschalter, Trennschalter an die Niederspannungsseite der Transformatoren geschaltet. Diese sind je drei Freiluft-Einphasentransformatoren von je 14 000 kVA, 12/110 kV, Dreieck/Stern. Ein zehnter Transformator gleicher Größe bildet die Reserve. Die Transformatoren sind ebenfalls mit Differentialschutz ausgerüstet und arbeiten über die Hochspannungssammelschiene auf das Netz der Gesellschaft. Um die Ölschalter auch während des Betriebes spannungslos machen zu können, ist jeder Gruppe Trennschalter, Ölschalter, Trennschalter noch ein eigener Umgehungs-Trennschalter zugeordnet. — Von Interesse sind noch die umfassenden sanitären Maßnahmen, die als Malariaschutz getroffen wurden. Das Trinkwasser wurde ständig kontrolliert. Außerdem wurden zur Vernichtung der Moskitobrut alle zehn Tage 1600 hl Öl auf dem Stausee ausgeschüttet. (Entspricht einer Schichte von rund 0·001 mm.) Das Verfahren wurde während der Brutzeit der Moskitos angewendet, hat sich als sehr wirksam erwiesen und soll deshalb alljährlich wiederholt werden. Das Gefälle des Tallapoosa-Flusses wird außer in Martin Dam noch in den bereits bestehenden Werken Upper und Lower Tallasee verwertet. Die beiden letzteren Werke sollen nunmehr von 10 auf 18 bezw. 18 auf 26 m Gefälle umgebaut werden, was eine Erhöhung der Leistung auf 50 000 kW bezw. 70 000 kW bedeutet. f. f.

(El. World, Bd. 88, Nr. 13, 1926.)

Kraftwerk Kearny. R. J. S. Pigott. In New Jersey bei South Kearny ist seit kurzem das größte Werk der Public Service Production Co., dessen endgültige Leistung 400 000 kVA betragen wird, in Betrieb. Es liegt am Hackensackfluß im Industrieschwerpunkt des Distriktes und ist vorläufig zur Hälfte ausgebaut. Die Fundierung in dem sumpfigen Gelände bildet eine schwere Betonplatte, die auf hölzernen Pfählen ruht und als deren Versteifungen die zu Rippen ausgebildeten Kühlwasserkanalwände aus Eisenbeton dienen. Die Kohle (7500 WE Ho) wird aus den Barken oder Waggons mittels Selbstgreifern entnommen und über die Brecher mit Bandförderern entweder zum Kohlenlagerplatz oder in die Kesselhausbunker, die in einem eigenen Gebäude untergebracht sind, gefördert. Am Kohlenlagerplatz wird das Brennmaterial mittels eines Schleppbaggers verteilt, bzw. abgeräumt. Parallel zum Bunkerhaus und damit parallel zum Fluß liegt das Kesselhaus, das vorläufig 12 Kessel in 3 Längsreihen enthält. Den Kesseln (jeder 2200 m² Heizfläche) wird die Kohle aus den Bunkern von 2 fahrbaren als Wage ausgebildeten Behältern zugebracht, und die Asche in gußeisernen Rinnen weggeschwemmt. Diese B.-W.-Kessel haben 48 Sektionen zu 20 Rohren und eine quer zum Rohrbündel liegende Obertrommel. Zwischen der 6. und 7. Rohrreihe liegt der Überhitzer. Es ist weder ein Ekonomiser noch ein Luftvorwärmer vorhanden. Die Kessel werden normal mit rund 21 kg/m² belastet, können aber bis max. rund 42 kg mit Rücksicht auf die höchste Rostgeschwindigkeit leisten. Der Feuerraum ist über 7 m hoch und nur ein Stück über dem Rost mit vollen Korborundumsteinen verblendet: der übrige Teil besteht aus hohlem feuerfesten Mauerwerk, das von Luft gekühlt wird. Die Roste haben große Schlackengeneratoren und werden von Drehstrommotoren mit 2 Wicklungen über ein zweistufiges Getriebe angetrieben. Insgesamt ergeben sich dadurch 8 Rostgeschwindigkeiten. Die Saugzug- und Unterwindmotoren haben ebenfalls 2 Wicklungen. Ein Kessel besitzt Vollautomatik nach dem Baileysystem. Drei elektrisch getriebene Speisewasserpumpen versorgen das ganze Kesselhaus während zwei dampfgetriebene zur Reserve dienen. Der Dampf tritt mit 24 atü und 370° C in die Turbinen ein, von denen 3 je 35 000 kW und 2 je 40 000 kW leisten und mit ihrer Welle normal zum Fluß stehen. Jede Maschine hat eine eigene Ölwirtschaft mit Ölzentrifuge, kann aber auch von jeder anderen Maschine mit Öl versorgt werden. Jede Turbine hat einen 4600 m² Oberflächenkondensator, dessen Wasserkammern so geteilt sind, daß eine Kondensatorhälfte in Betrieb bleiben kann, während die andere gereinigt wird. Die Kondensatoren sind direkt an die Turbinen geschraubt und mit Federn abgestützt. Gummidehnungsstücke verbinden die einzelnen Rohre der Kühlwasser- und Kondensatleitungen. Jede Turbine hat zwei elektrisch betriebene Kühlwasserpumpen, von denen jede entweder eine Hälfte des zugehörigen Kondensators oder die irgend eines anderen versorgen kann. Außerdem ist noch eine große Reservepumpe vorhanden, die beim Vollausbau in der Mitte des Maschinenraumes stehen wird. Die Luft wird aus jedem Kondensator

Digitized by Google

mittels zweier Dampfstrahlluftpumpen abgesaugt. Für jede Maschine ist ein eigener Kühlwasser-Einlaufkanal vorhanden. Da der Hackensackfluß den Gezeiten unterworfen ist, so mußten die Kanäle 0·6 m unter den niedrigsten Wasserspiegel gelegt werden. Jede Einlaufkammer ist mit Rechen und rotierenden Sieben ausgerüstet. Die Überlaufrohre münden in Überlaufkammern und diese in einen gemeinsamen Kanal, der zum Fuß führt. Der Wasserstand in der Einlaufkammer ist unter allen Umständen so hoch, daß die Mündungen der Überlaufrohre stets unter Wasser bleiben. Später soll ein zweiter Kanal gebaut werden, welcher weiter flußaufwärts mündet. Jede Turbine hat 4 Anzapfstellen, aus denen Dampf zur Aufbereitung des Speisewassers entnommen wird. Im Gegensatz zu den drei anderen Vorwärmern ist der zweite ein offener Behälter, der zur Entlüftung des Wassers dient. Da das Speisewasser in diesem immer angenähert 100° haben soll, die Anzapfdampfmengen aber mit der Turbinenlast schwanken, werden zum Konstanthalten der Temperatur Abdämpfe herangezogen. In der Mitte des zukünftigen Ausbaues befindet sich eine Schalttafel, die das Dampfleitungsschema und Druckknöpfe für jedes motorbetätigte Ventil trägt. Außerdem sind Kontroller vorhanden, die in Störungsfällen eine ganze Kesselgruppe abstellen und stillegen können. Die 3 General Electric Generatoren für je 39 000 kVA und die 2 Westinghousemaschinen für je 43 750 kVA machen 1800 U/min und liefern Drehstrom von 13 200 bis 14 200 V, 50 Per/s. Die Erregermaschinen sind direkt gekuppelt. In der Wicklung eines jeden Generators sind 12 Thermoelemente eingebettet. Gegen Kurzschlüsse wurden die Maschinen mit Differentialschutz geschützt. Die Rücklaufkühler haben automatisch betätigte Klappen, welche im Falle eines Rohrbruches Mischluft in den Generator einströmen lassen. Der 13 000 V Schaltraum ist so gebaut, daß in den ersten drei Stockwerken je eine Phase untergebracht ist, im 4. Stock die Schalterantriebe, im 5. Stock Batterien und Maschinenlager sich befinden und im 6. Stock der Kommandoraum eingebaut ist. Jeder Generator arbeitet direkt mit seiner Transformatorgruppe (3 × 15 000 kVA) auf das 132 kV-Netz. 2 Doppelsammelschienen gestatten jeden Generator mit jeder Transformatorgruppe zusammen zu schalten. Zwischen Generator und erster Schiene und erster und zweiter Schiene sind Drosselspulen eingebaut. Die automatische Verriegelung der Trennschalter und Zellentüren in Abhängigkeit vom zugehörigen Ölschalter wurde weitestgehend durchgeführt. Aus Sicherheitsgründen hat man fast nur Ölschalter mit einer max. Schaltleistung von 1 500 000 kVA verwendet. Der Eigenbedarf wird von der zweiten Hilfssammelschiene abgenommen. Ein Summenleistungszeiger, der mittels Fernzeiger seine Angaben dem Kesselhaus, Maschinenhaus und den Büroräumen übermittelt, sowie ein schreibender Spannungsanzeiger, der bei niedriger Spannung und bei hoher Überlast selbsttätig den Papiervorschub auf das 60fache des normalen erhöht, vervollständigen die Instrumentenausrüstung. Stip.

(Power, Bd. 64, Nr. 9, Electr. World, Bd. 88, Nr. 9, 1926.)

Wasserkräfte und Wasserbauten.

Die Spende eines Niederschlagsgebietes[1]), die Wasserabflußmenge pro Flächeneinheit, hängt von der Menge der atmosphärischen Niederschläge, von der Form und Größe des Einzugsgebietes, von der Bodenbeschaffenheit und vom Pflanzenwuchs ab. Ist h die jährliche Niederschlagshöhe in mm, H die Meereshöhe des Niederschlagsgebietes in m, so besteht nach Th. Rehbock[2]) die Beziehung

$$h = 630 + 0{\cdot}81\,H.$$

Das Verhältnis von Abflußmenge zu Niederschlagsmenge wird als Abflußziffer bezeichnet. Hohe Abflußziffern ergeben undurchlässiger Boden, große Meereshöhe, steiles Gelände, geringe Bodenbedeckung, niedrige Temperatur. Starke Versickerung tritt in durchlässigem Boden auf; bei längerem Regen wird aber auch dieser Boden wasserundurchlässig, entsprechend einer Zunahme der Abflußziffer. Die Verdunstung beträgt etwa 0·32 bis 1·16 l/s pro ha, sie wird durch hohe Temperatur, Sonnenbestrahlung (Südhang), Wind und Pflanzenwuchs gefördert. Die Hochwassermenge Q m³/s pro km² eines Einzugsgebietes F stellt sich nach Kresnik auf

$$Q = \frac{30}{0{\cdot}5 + \sqrt{F}}.$$

Die Mittelwassermenge Q_m ist nach Keller mit h als jährlicher Niederschlagshöhe in mm durch

$Q_m = (0{\cdot}884\,h - 460) : 31{\cdot}54$ **Flachland**
$Q_m = (0{\cdot}942\,h - 405) : 31{\cdot}54$ **Hügelland und Mittelgebirge**
$Q_m = (h - 350) : 31{\cdot}54$ **Hochgebirge**

in l/s pro km² gegeben, nach Iskowski durch

$$Q_m = 31{\cdot}71\,h\,c,$$

wobei h die jährliche Niederschlagshöhe in m und $c = 0{\cdot}65$ für das Hochgebirge, $c = 0{\cdot}5$ für das Mittelgebirge, $c = 0{\cdot}35$ für das Hügelland, $c = 0{\cdot}25$ für das Flachland zu setzen ist. Die Niederwassermenge[1]) beträgt nach Franclus in gebirgiger Gegend 2 bis 4 l/s, in hügeliger Gegend 2 l/s, im Flachlande 1·6 l/s pro km². β.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Ein Beitrag zur Frage neuzeitlicher Dampfturbinenfundamente. Obering. Dohme. Man hat bisher die Erschütterungen des Fundamentes dadurch berücksichtigt, daß man zu den lotrecht wirkenden ruhenden Lasten einen Zuschlag von 300 bis 500 vH machte. Da aber die stoßweise angreifenden Kräfte das Fundament bedeutend stärker beanspruchen als die ruhenden Lasten, so scheint eine genauere Berechnung der ersteren gerechtfertigt. Diese dynamischen Kräfte sind dann unter Herabsetzung der für die konstant wirkenden Kräfte zulässigen Werkstoffbeanspruchungen bei der statischen Berechnung in Ansatz zu bringen. Auf die Größe der von der Maschinenfabrik zugelassenen Fliehkraft kann man aus dem Spiel zwischen Leiträdern und Dichtungsringen schließen, das im allgemeinen rund 0·1 mm beträgt und sich bei der stärksten im Dauerbetrieb möglichen Wellendurchbiegung durch Abschleifen der feinen Dichtungsspitzen auf rund 0·5 mm vergrößern kann. Im Maximum entfallen 15 vH des Gesamtgewichtes der Turbine auf die umlaufenden Massen, so daß sich die Fliehkraft bei einer Drehzahl von 3000 U/min zu 75 vH des Gesamtgewichtes errechnet. Ein anderer Weg zur Berechnung der Fliehkraft ergibt sich mit Hilfe des Verhältnisses der Durchbiegung der laufenden zu derjenigen der ruhenden Welle, welches von den Maschinenfabriken mit 2 bis 5 angegeben wird. Darnach wäre die Fliehkraft F gleich dem 2 bis 5fachen des Gewichtes der umlaufenden Teile oder unter Zugrundelegung der Höchstwerte wieder gleich 75 vH des Gesamtgewichtes G. Mit Rücksicht darauf, daß diese Kraft nur vorübergehend auftritt, kann man sich mit 0·5 G begnügen. Die Herabsetzung der zulässigen Werkstoffbeanspruchungen wird durch den dynamischen Faktor berücksichtigt, welcher mit rund 2 angegeben ist, und vom Verhältnis der Eigenfrequenz des Fundamentes zur Maschinendrehzahl abhängt, so daß der rechnungsmäßige Wert der Fliehkraft gleich dem Gesamtgewicht der Turbine wird. Die ungünstigsten Richtungen, in denen die Fliehkraft das Fundament angreift sind die senkrechte nach unten und die wagrechte. Die ruhenden, lotrecht wirkenden Lasten werden mit einem Zuschlag von 200 vH für die statische Berechnung in Ansatz gebracht. Außerdem ist das Fundament gegen die Gefahr des Umkippens zu untersuchen, wofür eine zweifache Sicherheit gefordert

[1]) Nach dem Buche: Elemente der Wirtschaftlichkeitsberechnung von Wasserkraftanlagen von Dr. Ing. v. Gruenewaldt, 113 Seiten, 23 × 16 cm, mit 27 Abb., Karlsruhe und Leipzig, 1926, Verlag von Friedricht Gutsch, Preis brosch. Mk. 6·—, geb. Mk. 8·—.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 477.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 159.

Digitized by Google

ist. Zwecks Vermeidung der Resonanz im ganzen Maschinensatz ist es notwendig, daß die Eigenfrequenz des Fundamentes für lotrechte Kraftwirkung mindestens 30 vH über und für wagrechte Kraftwirkung mindestens 30 vH unter Maschinendrehzahl liegt. Eine Eigenfrequenz von 200 je min setzt eine Schwingungsweite von 0·22 mm voraus, während bei 4000/min die Schwingungsweite nur 0·06 mm beträgt. Die auftretende Wucht verhält sich in beiden Fällen wie $0{\cdot}44^2 : 0{\cdot}12^2$, also wie 13 : 1, während die Arbeitsleistung, da die Wucht im ersten Fall 2000 mal, im zweiten Fall 4000 mal in der Minute angreift, sich wie 7 : 1 verhält. Unberücksichtigt blieb, daß im ersten Fall die größere Wucht auf geringere Massen stößt, da bei niedriger Eigenfrequenz die Trägheitsmomente und damit die Querschnitte kleiner werden. Zur Untersuchung der Resonanzfrage geht man von der festliegenden Eigenfrequenz aus und bestimmt daraus die Trägheitsmomente und damit die Querschnitte des reinen Betonkörpers. In den so ermittelten Querschnitten bringt man dann die statisch notwendige Eisenbewehrung unter und kontrolliert nachher noch einmal die Rechnung.

Zwei in der jüngsten Zeit vorgenommene Betriebsbeispiele lenken die Aufmerksamkeit auch auf die Frage des Baugrundes. Bei dem ersten Fall handelt es sich um einen Turbosatz von 25 000 kVA und 1500 U/min; der Baugrund bestand aus Kies und Sand, wobei die Fundamentgrundplatte ein gutes Stück in das Grundwasser eintauchte. Nachdem der Satz lange Zeit störungslos in Betrieb war, traten Senkungen des Fundamentes auf, welche schließlich dazu zwangen den Satz außer Betrieb zu nehmen. Nach mehreren fehlgeschlagenen Maßnahmen brachten endlich nachträglich eingebaute Pfähle (Wolfsholzsches Preßbetonverfahren) das Fundament zum Stillstand. Man kam zu folgender Erklärung: durch die wagrechten Schwingungsausschläge der Fundamentsäulen, hervorgerufen durch die lotrechten der Tischplatte, geriet auch die Fundamentplatte in vertikale Schwingungen, deren Knoten unter den Säulenfüßen lagen. Durch diese abwechselnd stampfende und saugende Wirkung der Fundamentplatte entstand eine Art Kieswäsche, wobei die löslichen Bestandteile des Baugrundes vom Grundwasser aufgenommen und fortgeschwemmt wurden. Dadurch bildeten sich Unterhöhlungen des Fundamentes, welche schließlich zur Senkung führten. Wenn man sich vorstellt, daß die Fundamentplatte im Laufe eines Jahres ungefähr 1 Milliarde mal bei einer durchschnittlichen Arbeitsleistung von 50 PS mit einer Schwingungsweite von 0·44 mm stampft und saugt, so kann man sich die geschilderten Verwüstungen schon vorstellen. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser Theorie liegt darin, daß es ohne besondere Anstrengung möglich war, einige m³ Betonbrei unter die Fundamentplatte zu pressen. Außerdem erwies sich der Boden im Schwingungsbereich aufgelockert, während er unter den Ruhepunkten sehr fest zusammengepreßt war. Letzteres ist damit zu erklären, daß diese Stellen zeitweise die ganze Last trugen, wodurch eine unzulässige Bodenpressung erzeugt wurde. In einem anderen Falle bei einem Turbosatz von 16 000 kW und 1500 U/min bestand der Baugrund aus Lehm, dessen höchste zulässige Beanspruchung sich aus Probebelastungen mit über 2·5 kg/cm² ergab. Hier wurde die Fundamenplatte zu einer Knetmaschine, welche den Lehm seitlich herausquetschte, wodurch Senkung des Fundamentes und Hebung des Maschinenhausfußbodens in der Umgebung eintrat. Man sollte daher, um solchen Möglichkeiten vorzubeugen, immer Pfahlgründung vorsehen.

Die Frage ob Eisen oder Eisenbeton erledigt sich für europäische Verhältnisse damit, daß Eisenbetonfundamente alles in allem nur halb soviel als die gefälliger wirkenden Eisenfundamente kosten. Die Nachteile der Betonfundamente, das lange Abbinden und die großen Querschnitte, kann man durch Verwendung rasch abbindender Edelzemente und Anwendung von rechteckigen Säulenquerschnitten an Stelle der üblichen quadratischen mildern. Außerdem erreicht man durch Verwendung der starren Verbindung zwischen Maschinen und Kondensator an Stelle des bisher üblichen Dehnungsstückes und elastischer Abstützung des Kondensators an der Fundamentplatte, daß der Vakuumzug, der mit dem Erschütterungszuschlag von 500 · vH in Ansatz zu bringen ist, sich innerhalb der Maschine auswirkt und nicht mehr die Tischplatte angreift, wodurch wieder das Fundament leichter wird. Stip.

(Siemens-Zeitschrift, 6. Jahrg., Heft 9, 1926.)

Über das Parallelarbeiten von Dampfkesseln. W. Matthias, Bremen. Der maschinentechnische Ausschuß der Vereinigung der Elektrizitätswerke in Eisenach weist darauf hin, daß parallelarbeitende Dampfkessel außerordentlich schwankende Dampferzeugung haben können, die wahrscheinlich auf Schwankungen im Speisen oder in der Feuerführung zurückzuführen ist. Es wurden daher an zwei völlig gleichen Hanomag-Steilrohrkesseln mit 290 m² Heizfläche und 12·14 m² Rostfläche, sowie einem gemeinsamen Saugzugventilator Versuche unter möglichst gleichen Betriebsverhältnissen durchgeführt, wobei Differenzzug, Abgastemperatur, Dampftemperatur und Dampfmenge registriert wurden. Differenzzug, Kohlenschichthöhe und Rostgeschwindigkeit waren während der Versuche konstant. Beim ersten Versuch waren die beiden Kessel mit Hannemann-Speise-Reglern „Direct" ausgerüstet, die kontinuierlich speisen. Beim zweiten Versuch wurden Hanomag-Reubold-Regler verwendet, welche das Speiseventil bei niedrigem Wasserstand völlig öffnen und bei erreichtem höchsten Wasserstand solange völlig schließen bis der niedrigste Wasserstand wieder ereicht ist, also aussetzend arbeiten. Die Dampfleistung betrug in beiden Fällen 36 kg je m²/h. Da die Reubold-Regler so eingestellt waren, daß der Wasserspiegel nur um 30 mm schwanken konnte, kam im zweiten Fall die intermittierende Speisung infolge der hohen Leistung gar nicht zur Geltung. Der erste Versuch zeigte, daß unter gleichen Voraussetzungen gleiche Kessel gleiche Leistung aufweisen. Zwar schwankte die Leistung der beiden Kessel bis zu 20 vH über und unter die mittlere, jedoch waren die während der Versuchsdauer erzeugten Gesamtdampfmengen gleich. Beim zweiten Versuch zeigte sich deutlich der Einfluß der Güte der Verbrennung. Schon verhältnismäßig geringe Abweichungen im Differenzzug beeinflußten den CO_2-Gehalt, damit die Verbrennungstemperatur und somit die Dampfleistung des Kessels. Einem um rund 10 vH geringeren Differenzzug entsprach ein um 3·2 vH höherer CO_2-Gehalt und eine um 11·1 vH größere Dampfleistung. Diese Mehrleistung bei gleichen verfeuerten Kohlenmengen bewirkt einerseits eine Verminderung der Speisewassertemperatur hinter dem Rauchgasvorwärmer um 16° andererseits eine Verminderung der Überhitzungstemperatur von 324° auf 305°. Wenn daher bei parallel arbeitenden Dampfkesseln gleicher Bauweise und gleicher Abmessungen sich über einen gewissen Zeitraum hinaus ungleiche Dampfleistungen einstellen, so ist das — gleiche Kohlenmengen und gleiche Rostgeschwindigkeiten vorausgesetzt — lediglich auf Abweichungen in der Verbrennungstemperatur bezw. auf den Gütegrad der Verbrennung zurückzuführen. Stip.

(Elektrizitätswirtschaft Nr. 419, 1926.)

Verbrennungskraftmaschinen.

Versuche an einem kompressorlosen Dieselmotor von 500 PSe von Fried. Krupp, A.-G., Essen. Die luftlose Einspritzung, die vorerst nur für den Klein-Dieselmotor in Betracht kam, wird jetzt auch für größere Maschinen etwa bis 400 bis 500 PS je Zylinder entwickelt. Die vorläufige Grenze liegt dort, wo man den Brennstoff mit einem Brennstoffventil nicht über den Verbrennungsraum verteilen kann, da zwei Ventile nebeneinander nicht ohne weiteres so günstige Ergebnisse liefern werden. Krupp hat für eine Anlage in Irland sieben kompressorlose Vierzylinder-Viertaktmaschinen geliefert, die bei 460 mm Zylinderdurchmesser und 630 mm Hub sowie 214 U/min 520 PSe leisten. Über die Einzelheiten der Bauart und über Ver-

Digitized by Google

suchsergebnisse berichtet Prof. F. Romberg (Charlottenburg) in der ZVDI, Nr. 48 von 1926. Die Maschine ist sehr kräftig bemessen, das Eigengewicht ohne Schwungrad beträgt 122·5 kg/PSe. Die Bauart ist die allgemein übliche, einfachwirkender Viertakt mit Tauchkolben, ohne Kreuzkopf, Kastengehäuse und Grundplatte, Steuerwelle oben. Der Kolben ist von der Kruppbauart mit besonderem Bodeneinsatz, dem Pilz. Das Einlaßventil weist einen Schirm auf, der den Eintrittsquerschnitt teilweise abdeckt und so die Ansaugluft in drehende Bewegung versetzt. Die Zerstäubung ist reine Druck- oder Strahlzerstäubung. Das Brennstoffventil ist ein selbsttätiges unter Federdruck stehendes Nadelventil mit vier Bohrungen von 0·6 mm Durchmesser, die sich aber bei dem hohen Pumpendruck (300 at) bewährt haben. Da die Pumpe nicht wie bei den Motoren mit Verdichter den Brennstoff in ein besonders gesteuertes Brennstoffventil, sondern unmittelbar in den Zylinder drückt, der Beginn der Druckperiode also unverändert bleiben muß, wirkt der Regler auf ein Überstromventil im Druckraum und so auf die Menge der Ladung. Förderbeginn, Förderzeit und Fördermenge der Pumpe bleiben bei allen Belastungen unverandert, nur die Einspritzmenge ändert sich mit der Last. Ein Teil der Fördermenge fließt ungenutzt in den Saugraum der Pumpe zurück. Geändert wird der Zeitpunkt der Eröffnung des Überströmventils. Die Pumpe fördert immer mehr als die erforderliche Ladung für einen Hub (bis 1½ mal soviel), weil sonst bei den geringen in Betracht kommenden Brennstoffmengen die Kegelung überhaupt nicht möglich wäre. Die Versuche an der Maschine wurden unter möglichster Anpassung an den tatsächlichen Betrieb durchgeführt. Bei Belastungen von ¼ (133·6 PSe) bis 1·11 der Vollast (580 PSe und $p_i = 7{\cdot}03$ at) wurde ein Brennstoffverbrauch von 126·3 bis 142·3 g/PSih bezw. 246·5 bis 170·7 g/PSeh erreicht, und zwar mit einem Brennstoff von 10 130 WE/kg unterem Heizwert. Der günstigste Wärmeverbrauch ist 1692 WE/PSeh bei Vollast und 1258 WE/PSih bei Viertellast. Zum Vergleich führt Romberg noch die Ergebnisse mit einer Krupp'schen Kompressor-Dieselmaschine an, die bei 500 mm Zylinderdurchmesser, 700 mm Hub und 155 U/min 485 PSe leistet. Diese hatte bei dem gleichen Brennstoff bei Belastungen von ¼ (124·9 PSe) bis 1·2 der Vollast (588 PSe, $p_i = 7{\cdot}575$) einen Brennstoffverbrauch von 128·9 bis 149·7 g/PSih bezw 250·7 bis 178·2 g/PSeh (die besten Werte sind 176·2 g oder 1762 WE/PSeh bei Vollast und 124·5 g/PSih oder 1245 WE bei Halblast). Bemerkenswert ist, daß der mechanische Wirkungsgrad der verdichterlosen Maschine bei Vollast mit 83·4 vH um 4 vH größer ist als jener der Kompressormaschine. Der Brennstoffverbrauch ist bei Vollast mit 169 g/PSeh jedenfalls günstiger als bei der Kompressormaschine mit 176 g, der indizierte Brennstoffverbrauch ist mit 140 g bei beiden Maschinen gleich, die Verbrennung beider Maschinen ist also gleichwertig. η_i ist für beide Maschinen 45 vH, der wirtschaftliche oder Brennstoffwirkungsgrad ist für Vollast 37·3 vH bei Strahlzerstäubung und 35·8 vH bei Lufteinspritzung. Der Verdichtungsdruck der kompressorlosen Maschine ist 34 at, jener der anderen Maschine 33·5, die Zünddrücke sind 38·5 und 37·5 at, die bei anderen Maschinen ohne Verdichter auftretende Drucksteigerung bei der Verbrennung (die sich stark der Verpuffung nähert) ist beim Krupp-Motor vermieden. Für die günstigen Ergebnisse ist in erster Linie die Art der Gemischbildung (flacher, annähernd ringförmiger Verbrennungsraum und Drehbewegung der Verbrennungsluft) maßgebend, die eben eine ähnlich gute Durchmischung von Luft und Brennstoff und damit die gute Verbrennung wie beim Kompressormotor ergibt. Jk.

Maschinenelemente.

Ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Durchbiegung von mehrfach abgesetzen Wellen auf zwei Lagern. Von O. Eckstein. Die bei großen elektrischen Maschinen erforderliche Bestimmung der größten Wellendurchbiegung δ, die bisher entweder nach einem groben Näherungsverfahren (auf zwei Lagern aufruhender, durch eine Einzellast belasteter, glatter Stab oder Körper gleicher Festigkeit) oder nach dem zeitraubenden graphischen Verfahren nach Mohr geschah, kann mit für die üblichen Belastungsfälle ausreichender Genauigkeit nach folgender Formel bestimmt werden:

$$\delta = \frac{\alpha}{6}\left[2\left\{\frac{U a_1 + V a_2 + W a_3 + X a_4}{2 l_4}\right\} \times \left\{\frac{l_4^3 - l_3^3}{\Theta_4} + \frac{l_3^3 - l_2^3}{\Theta_3} + \frac{l_2^3 - l_1^3}{\Theta_2} + \frac{l_1^3}{\Theta_1}\right\} - \frac{X}{\Theta_4}\{2x^3 + 3x^2(l - x)\}\right].$$

Hiebei ist angenommen, daß auf der einen Wellenhälfte (und zwar der linken), von der Mitte zwischen den Lagern gerechnet, außer dem Auflagerdruck nur eine einzige Belastung X wirkt und es bedeuten hierbei l_1, l_2, l_3 die Abstände von der Mitte des linken Lagers, bis zu welchen die einzelnen Wellenabschnitte mit den Trägheitsmomenten Θ_1, Θ_2, Θ_3 reichen (die Welle ist also dreimal bis zur Mitte abgesetzt), Θ_4 ist das Trägheitsmoment am mittleren stärksten Wellenteil, l_4 ist die Hälfte des Abstandes zwischen den beiden Lagermitten, x ist der Abstand von der Wellenmitte, in welchem X wirkt, U, V, W sind die auf der rechten Wellenhälfte in den Abständen a_1, a_2, a_3 von der rechten Lagermitte angreifenden Belastungen, $a_4 = l_4 + x$, α ist die Dehnungszahl $= 1/2{\cdot}2 \cdot 10^6$ für Stahl. Die immerhin noch komplizierte Formel kann mit Hilfe eines in der Arbeit angegebenen Schemas leicht aufgelöst werden. Zur Begründung der Formel sei auf die unten angeführte Quelle verwiesen, und nur bemerkt, daß Eckstein den Nachweis erbringt, daß für die praktische Rechnung ausreichend genau immer die Stelle der größten Durchbiegung in der Mitte zwischen den beiden Lagern angenommen werden kann. J.

(ETZ, 47. Jahrg., H. 39, 1926.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Verlustbestimmung an elektrischen Maschinen nach der Rückarbeitungsmethode. Für Gleichstrom- und Synchronmaschinen gestattet die Rückarbeitungsmethode eine genaue Verlustbestimmung, wie J. le Monnier zeigt. Zwei gleiche Synchronmaschinen derselben Type sind elektrisch gekuppelt, wobei von einer fremden Gleichstromquelle aus die eine über-, die andere untererregt wird, derart daß in der Kupplungsleitung ein Blindstrom von gewünschter Größe J_b fließt. Die zur Erhaltung des Leerlaufes nötige Energie wird einer auf beide parallel geschalteten Drehstromquelle bei einem Leistungsfaktor gleich 1 entnommen und wattmetrisch gemessen. Von dieser sind die beiden gleich großen mechanischen Verluste, die ebenfalls gleichen Lastwärmeverluste, nämlich Kupfer- und zusätzliche Verluste, zu decken, sowie die Eisenverluste beider, die sich entsprechend den Luftfeldspannungen — bei Vernachlässigung des Ohmschen Spannungsabfalls, der ungefähr in Quadratur zu diesen steht — zu

$f(U + \omega L J_b)$ bei Übererregung und

$f(U - \omega L J_b)$ bei Untererregung

ergeben. Dabei ist mit U die Klemmenspannung und mit ωL die Streureaktanz bezeichnet. Die Summe dieser Verluste kann mit genügender Annäherung — der Fehler betrug bei den angestellten Versuchen nicht mehr als 3 vH — den doppelten Eisenverlusten bei Leerlauf $= 2f(U)$ — gleichgesetzt werden. Trägt man die Leistungen der Hilfsquelle (Gesamtverluste) in Abhängigkeit vom Quadrat des Stromes J_b auf (wobei der Einfluß des Wirkstromes vernachlässigt bleiben kann), so erhält man eine gerade Linie, ausgehend von den Leerlaufsverlusten bei $J_b = 0$. Die für verschiedene Klemmenspannungen aufgenommenen Geraden sind untereinander parallel, desgleichen zur Kurve der zum Vergleich doppelt genommenen Kurzschlußleistung, die mittels geeichten Hilfsmotors bestimmt wurde. Die Verluste bei einem Strom J_b, vermindert um die Leerlaufsleistung bei

Digitized by Google

$J_b = o$, geben die tatsächlichen Lastwärmeverluste. Zwischen ihnen und dem Quadrat des Stromes besteht also Proportionalität, sie sind ferner unabhängig von der Sättigung und in Übereinstimmung mit den Ergebnissen eines Kurzschlußversuches. Die mechanischen Verluste wiederum sind aus der Aufnahme der Leerlaufsverluste in Abhängigkeit von der Klemmenspannung durch Extrapolation bei $U = o$ bekannt. Zur Bestimmung der Eisenverluste in jeder Maschine ist jedoch eine kalorimetrische Methode anzuwenden, da eine Messung der je Maschine verbrauchten Leistung auf wattmetrischem Wege wegen der im Kupplungskreis auftretenden großen Phasenverschiebungen unzulängliche Ergebnisse liefert. Eine Messung der Temperaturdifferenzen zwischen zu- und abströmender Luft bei geschlossenen oder unter Verschalung laufenden Maschinen gestattet bei Annahme von Verhältnisgleichheit zwischen Verlust und Temperaturerhöhung die Bestimmung beider Eisenverluste, wobei jedoch dem verschieden großen Leistungsbedarf in den beiden Erregerkreisen Rechnung zu tragen ist, indem man am vorteilhaftesten durch Gegenschaltung von Induktorwindungen bei gleicher Stromwärme verminderte Erregung erzielt. Doch muß die kalorimetrische Methode bezüglich ihrer im Prüffeld erzielbaren Genauigkeit als ziemlich problematisch gelten.

Sinngemäß ist bei den mechanisch zu kuppelnden Gleichstrommaschinen vorzugehen, die einer parallel geschalteten Hilfsstromquelle den nötigen Differenzstrom entnehmen. Auch hier gelten die gleichen Beziehungen wie oben, — nur besteht hier Proportionalität zwischen den Lastwärmeverlusten und der Summe der Quadrate der in diesem Falle ungleichen Maschinenströme — wenn man die Kommutierungsverluste gegenüber den sonstigen Lastwärmeverlusten vernachlässigen kann und, was ohne nennenswerten Fehler möglich ist, die Summe der Eisenverluste

$$f(E_1) + f(E_2) = 2f(U)$$

setzt.

Die Frage, ob im Falle von Synchronmaschinen bei gleichem Belastungsstrom auch bei Leistungsfaktoren gleich 1 dieselben Lastwärmeverluste wie bei wattloser Belastung auftreten, ist zu bejahen, da bezüglich der Ankerfeldverteilung jener Fall sich mit den Bedingungen bei Gleichstrommaschinen deckt und auch hier Identität zwischen den nach der Rückarbeitungsmethode und aus einem Kurzschlußversuch gewonnenen Maßergebnissen besteht.

St. Schw.

(Rev. gén. Electr., Bd. XX, Heft 5/6, 1926.)

Polbefestigung in Generatoren für große neuzeitliche Wasserkraftwerke. H. de Pistoye gibt eine umfassende Übersicht über die konstruktiven Einzelheiten von Generatoren mit Wasserturbinenantrieb, aus welcher hier nur die nachstehenden angeführt werden sollen. So verwendet beispielsweise Oerlikon und die Société alsacienne de Constructions mécaniques die Polbefestigungsmethode nach Comb (Abb. 1). Stahlplatten *A*, die mit den Blechpaketen des Poles durch einen Rundkeil verbunden sind, ragen mit ihren Fortsetzungen durch Öffnungen des Tragkörpers *B* hindurch und übertragen durch einen durch ihre Ausschnitte gesteckten Keil *C* die Fliehkraft auf den Tragkörper. Diese Konstruktion ist den Ausführungen, bei welchen der Polkörper mit dem Joch verschraubt wird bzw. Keil und Schrauben verwendet werden, überlegen und bis zu größeren Geschwindigkeiten anwendbar.

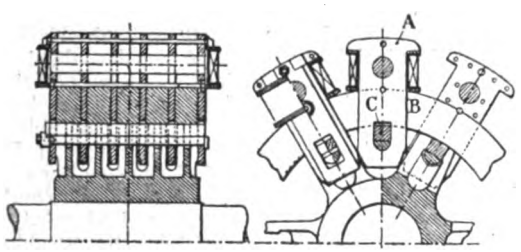
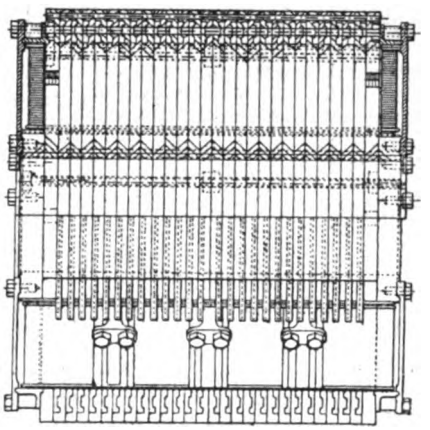


Abb. 1. Schematische Darstellung der Polbefestigung nach Comb.

Bei höheren Drehzahlen (120 bis 150 m/s Umfangsgeschwindigkeit beim Durchgehen) wird der Tragkörper mit Polansätzen ausgebildet, sodaß die Befestigungsorgane nur die Fliehkraft des Polschuhes und der Wicklung aufzunehmen haben. Eine hieher gehörige konstruktive Ausführung der G.E.C. verwendet dünne, geschmiedete Platten zum Aufbau des Polrades (Abb. 2). Durch gefräste Nuten in denselben werden Stäbe *A* gesteckt, durch die die Polhörner gebildet sind. Bemerkenswert an dieser Einrichtung ist noch die Ausbildung der Distanzstücke zwecks Aufnahme der radialen Fliehkraftkomponente der Rotorwicklung. Diese sind mittels Schrauben an den Ansätzen *B* befestigt.



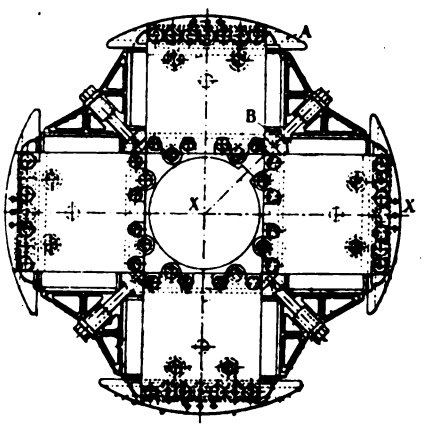


Abb. 2. Polrad für einen Drehstromerzeuger der G. E. C. von 7500 kVA, 750 U/min.

St. Schw.

(La Technique Moderne, Bd. 18, Nr. 21, 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Verbrennungstriebwagen der Krefelder Eisenbahngesellschaft. Betriebsdirektor Straßburger und Obering. Treptow beschreiben die von den Deutschen Werken in Kiel und der AEG gelieferten Triebwagen mit Verbrennungsmotoren sowie die damit gemachten Erfahrungen. Die Einstellung solcher Triebwagen auf der mit Dampfzügen befahrenen 60 km langen Krefelder Eisenbahn wurde im Jahre 1924 beschlossen, als die Erneuerung des Fahrparks unvermeidlich geworden war und man für Züge, für welche etwa 60 Sitzplätze ausreichen, Dampflokomotiven als unwirtschaftlich erkannte. Es wurden daher je 2 Triebwagen bei den genannten Firmen bestellt. Die Wagen der Deutschen Werke haben einen 100 PS Mercedes-Motor, der die beiden innen liegenden Achsen des Drehgestellwagens über Lamellenkupplung, Wende- und Wechselgetriebe antreibt. Motor und Getriebe sind auf einem Rahmen aufgebaut, der an den Drehgestellen hängt. Diese Aufhängung brachte Beschädigungen des Motors infolge von Schienenstößen mit sich. Es wurden daher verstärkte Maschinenrahmen an dem Wagenkasten an 4 Bolzen federnd aufgehängt und durch Sicherheitsketten gehalten. Die ursprünglich eingebaute Achsfederung durch Spiralfedern und die ebenso durch Spiralfedern bewirkte Kastenabfederung geben besonders bei schwach besetztem Wagen unruhigen Lauf. Abhilfe wurde durch Einbau von je einer Ellipsenfeder

Digitized by Google

beiderseits jedes Drehgestellrahmens und durch Vorspannung der Kastenfedern erreicht. Die Wagen sind 13·6 m lang, haben einen Drehgestell-Achsabstand von 1550 mm bei 750 mm Laufraddurchmesser. Sie wiegen 20 t leer und fassen 55 Sitze.

Die beiden AEG-Triebwagen haben 2 NAG-Motoren von je 75 PS. Die Getriebezahnräder bleiben ständig im Eingriff; die Gänge werden durch elektropneumatische Kupplungen geschaltet, die Bedienung ist hier somit viel leichter als bei den anderen Wagen, wo mit dem Fuß die Kupplung ausgetreten und der Gang mittels Handrad eingestellt wird. Bei den AEG-Wagen ist daher der Verschleiß der Zahnräder sehr gering. Der Verschleiß der Kupplungsbeläge tritt beim ersten Gang (Ferrodoasbest) nach 55 000 bis 60 000 km, beim zweiten (Gußeisen) nach 20 000 km und beim dritten (Gußeisen) nach 30 000 km ein. Die Beläge des vierten Ganges waren nach 80 000 km noch gut. Das stoßweise Anfahren auf dem ersten Gang wurde durch verzögerten Lufteintritt in das Schaltventil beseitigt. Die Wagen sind 13·67 m lang, haben 1800 mm Achsabstand in den Drehgestellen bei 850 mm Laufkreisdurchmesser und wiegen leer 24 t bei 54 Sitzplätzen. Die Getriebe sind am Wagenkasten fest angebaut, die Motoren stehen an den Stirnseiten des Kastens, Achsen und Kasten sind durch Blattfedern abgefedert; die Wagen laufen ruhig. Der Fahrbereich der Motoren sollte 40 000 bis 50 000 km ohne Überholung betragen, was der Mercedesmotor nicht ganz leistet, da er als Flugmotor gebaut ist. Die Brennstoffzufuhr erfolgte bei beiden Wagen durch Unterdruckförderer. Dies erwies sich als nicht betriebssicher und wurden die Benzolbehälter der D.W.-Wagen auf das Dach verlegt. Bei den AEG-Wagen, die einen kleinen Fallbehälter für Notzwecke hatten, werden die Hauptbehälter ebenfalls hochgelegt werden. Verbrannt wird reines Zechenbenzol mit 0·88 spez. Gewicht bei 15° C. Billigere Brennstoffe erwiesen sich wegen größeren Verbrauchs als ungeeignet. Das Motoren- und Getriebeöl wird nach 10 000 km erneuert.

Die Wagen sollen 60 t Züge mit 40 km/h in der Ebene fahren, was beide Bauarten auch leisten. Es können somit 2 bis 3 Anhänger mit 50 bis 60 Sitzen gezogen werden. Diese werden durch eigene Niederdruck-Dampfkessel geheizt, welche 3 Wagen beheizen können. Die Beleuchtung ist elektrisch und wird entweder der Bosch-Anlage des Triebwagens oder einer Zugsbeleuchtungsanlage auf den Beiwagen entnommen. Es sind daher getrennte Lichtkreise für 12 V und 24 V vorhanden. Der Verbrauch an Brennstoff und Öl ist bei den zweimotorigen Wagen naturgemäß größer als bei den einmotorigen, dafür ist die Betriebssicherheit größer. Der Verbrauch schwankt sehr, je nach Jahreszeit, Witterung, Geschicklichkeit des Führers und Zustand des Motors. Trotzdem waren die gesamten Betriebskosten der Triebwagen auf Verkehrsleistung bezogen günstiger als bei Dampfzügen. Die Einschulung von Lokomotivführern machte besonders bei älteren Leuten Schwierigkeiten. Die durch die 4 Triebwagen ermöglichte Verdichtung des Verkehrs steigerte die Zahl der beförderten Personen um 41 vH.

Neuerdings ist ein von Krupp, Essen, und Waggonfabrik Uerdingen gebauter Benzoltriebwagen zu Versuchszwecken übergeben worden. Er faßt bei 25 t Leergewicht 66 Sitz- und 20 Stehplätze, ist 15·34 m lang, hat 2·6 m Achsabstand im Drehgestell bei 850 mm Laufdurchmesser. Die beiden 75/100 PS Vierzylinder-Motoren bei 1000/1400 U/min sind in den Drehgestellen eingebaut. Die Stufengetriebe werden mittels Konusgetriebe angetrieben. Die 3 Stufen werden durch elektromagnetische Federbandreibungskupplungen, die Wendegetriebe elektropneumatisch, die Brennstoffregelung, Kupplungsausrückung sowie die Sighale und Bremse pneumatisch betätigt. Die beiden Motoren können zusammen oder jeder für sich arbeiten. Die Wendegetriebe sitzen auf den Antriebsachsen und sind mit den Stufengetrieben durch Kardanwellen verbunden. Die Wendeschaltung erfolgt durch eine Keilbuchse, die abwechselnd eines der beiden leer auf der Achse laufenden Kegelräder feststellt. Mit einem der Stufengetriebe ist ein Knorrkompressor, mit dem anderen eine Lichtmaschine gekuppelt, die zusammen mit einer Speicherbatterie arbeitet. Diese beiden Maschinen laufen immer mit, wenn der Wagen fährt. Wl.

(Verkehrstechnik, Heft 39, 1926.)

Röntgentechnik.

Oszillographische und spektrographische Untersuchungen an Röntgenröhren. R. Glocker und E. Kaupp haben im Röntgenlaboratorium der Technischen Hochschule Stuttgart eingehende Untersuchungen über das Verhalten von Röntgenapparaten im Hinblick auf ihre Eignung zur Erzeugung der für medizinische Zwecke in erster Linie verlangten harten, das heißt kurzwelligen Strahlung angestellt. Die zur Aufnahme der sehr schwierig zu verfolgenden Vorgänge verwendete Gehrckesche Glimmlichtröhre wurde nicht wie sonst in Verbindung mit einem rotierenden Spiegel, der viele hintereinanderfolgende Impulse überlagert und nur einen Durchschnitt des Vorganges zu erkennen gestattet, gebracht, sondern mit einer lichtstarken photographischen Einrichtung zur Aufnahme von Einzelvorgängen auf die mit 5 m/sec frei fallende Platte verwendet. Untersucht wurden fünf verschiedene Apparate, und zwar zwei Induktorapparate, der eine in gewöhnlicher Schaltung mit Nadelschalter, der andere in der sogenannten Symmetrieschaltung, zwei Hochspannungsgleichrichter mit rotierendem Schaltorgan im Hochspannungskreis und eine Anlage zur Erzeugung von hochgespanntem Gleichstrom mit Kondensatoren und Glühventilen. Als Röhren dienten hauptsächlich Glühelektronenröhren wegen ihrer stabileren Verhältnisse. Es wird festgestellt, daß auch bei sinusförmigem Verlauf der Spannung und unmittelbar angeschalteter, also selbst als Gleichrichter wirkenden Röhre, die Stromkurve keineswegs sinusförmig ist; sie ist vielmehr nach kurzem steilen Anstieg am Anfang des Impulses abgeflacht und das Maximum im Sinne einer Phasennacheilung verschoben. Glocker erklärt dies damit, daß die Röhre wie ein Kondensator wirkt, der in der stromlosen (Sperr-)Periode entgegengesetzt aufgeladen wird und erst umgeladen werden muß. Bei Betrieb mit rotierendem Gleichrichter ist die Stromkurve von Schwingungen durchsetzt, diese können aber durch zweckmäßige Ausbildung des Gleichrichters nahezu beseitigt werden. Bei Induktorbetrieb zeigen sich sehr kurzzeitige, spitze Stromstöße, die bei höheren Strombelastungen in einige dicht nebeneinanderliegende zerfallen. Bei Steigerung der Stromstärke wächst bei Gleichrichtern die Stromstärke im Oszillogramm, so lange die Kurvenform sich nicht ändert, so wie die gemessene Stromstärke an einem Drehspulmilliamperemeter. Bei Induktorapparaten wächst die Amplitude langsamer als die Ablesung, es verbreitert sich dagegen der Impuls, was für die Schonung der Röhren günstig ist. Wegen der spitzen Form der Stromkurve benötigen Glühkathodenröhren am Induktor eine größere Heizstromstärke als am Gleichrichter. Aus demselben Grunde ist auch der Spannungsabfall beim Induktor größer. Die Eignung des allgemein verwendeten Drehspulinstrumentes zur Messung des linearen Mittelwertes sehr kurzdauernder aufeinanderfolgender Stromstöße wird auf Grund der Oszillogramme in Zweifel gezogen und gefunden, daß solche kurze Stromstöße bis zu 40 vH zu hoch angegeben werden. Die oszillographische Untersuchung muß stets auf die Stromkurve in der Kathoden- und in der Anodenleitung erstreckt werden, da das Ergebnis oft wesentlich verschieden ist. Beim Einschalten treten Stromstöße bis zum doppelten Wert des bei Dauerbetrieb gemessenen Stromes auf. Zur Schonung der Röhren wird doppelpolige Schaltung im Hochspannungskreis, etwa mit zwei Nadelschaltern oder Nadelschalter mit Vorschaltfunkenstrecke in der anderen Zuleitung empfohlen. Der Spannungsverlauf wird nach einem besonderen Verfahren ermittelt. Die Strahlungsenergie, welche proportional ist der Stromstärke und dem Quadrat der Spannung, und die Stromstärke werden gemessen, und zwar erstere oszillographisch, letztere photographisch auf derselben Platte; daraus kann die Spannung in jedem Augenblick ermittelt wer-

Digitized by Google

den. Die Brauchbarkeit des Verfahrens, die auf den ersten Blick bezweifelt werden könnte, wurde durch verschiedene Kontrollmessungen und eingehende Überlegungen nachgewiesen. Es ergibt sich unter anderem, daß hohe kurzzeitige Strombelastung am Induktor wohl bei Ionenröhren, im allgemeinen aber nicht ohne besondere Vorkehrungen bei Glühkathodenröhren möglich sind. Die Phasenverschiebung zwischen Röhrenstrom und Röhrenspannung wurde ebenfalls mit diesem Verfahren zu $^1/_{20}$ einer ganzen Periode, demnach zu 18° bestimmt. Der Spannungsverlauf an Apparaten verschiedener Systeme ist nicht so verschieden, wie dies nach der allgemein verbreiteten Anschauung der Fall sein sollte.

Die spektrale Energieverteilung von Ionenröhren und von Elektronenröhren ist bei hohen Spannungen (Therapiestrahlung) nicht merkbar verschieden, bei niederen Spannungen (Diagnostik) gibt eine Ionenröhre im photographisch wirksamsten Gebiet (0·3 bis 0·49 Angström) bei gleicher Grenzwellenlänge am kurzwelligen Ende des Spektrums das 1·4 bis 2·5 fache gegenüber einer Elektronenröhre. Eine vergleichende Messung ergibt auch einwandfrei, daß die bisher allgemein behauptete grundsätzliche Verschiedenheit im Spektrum von mit Gleichrichter und mit Induktor betriebenen Röhren nicht besteht. Dagegen zeigt sich bei Betrieb mit konstanter Gleichspannung ein wesentlich anderes Verhalten, indem diese mehr kurzwellige Strahlung enthält: sie gestattet also kürzere Expositionszeiten auch bei der Untersuchung von Metallen. Es wurde auch festgestellt, daß ein Spektralgesetz von der Form

$$I\lambda = \text{const}\ (\nu_0 - \nu),$$

I = Intensität im Spektralbereich $d\lambda$, ν Frequenz, ν_0 Grenzfrequenz, auch im Gebiet sehr kurzer Wellen gilt, während das bisher von Behnken nur bis 70 000 V experimentell ermittelt worden war. Gn.

(Zeitschrift f. technische Physik, 17. Jahrg., Nr. 9, 1926.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Schäden an den Telegraphen- und Telephonanlagen Japans durch das Erdbeben im Jahre 1925. Eine wertvolle Ergänzung zu dem Bericht über die Zerstörungen der Starkstromanlagen in und um Tokio[1]) bildet ein Bändchen, welches vom Verein der Elektroingenieure Japans herausgegeben wurde. In diesem berichtet Sannosuke Inada[2]) über die schweren Havarien, welche das Erdbeben am 1. September 1923 und die dadurch veranlaßten Brände an den Schwachstromanlagen verursachte, welchen Menschenleben, Gebäude und Leitungen zum Opfer fielen.

Von den 23 Telegraphenanlagen Tokios und seiner Vorstädte wurden 13 zerstört, in der Provinz Kanawaga, zwischen Tokio und Yokohama, waren 7 von 8 Anlagen vernichtet. Der ganze innere und internationale Verkehr war unterbrochen. Die 350 im Zentralamt Tokio mündenden Leitungen hatten Kontakt oder Erde, die Batterien waren zerstört, die Beamten waren dem Tod knapp entronnen. Das Kabel nach Yokohama war gerissen, keine Freileitung hatte standgehalten. Das Seekabel nach Amerika war an sechs Stellen gerissen, wovon vier in der Bai von Tokio, etwa 80 km von der Stadt in einer Tiefe von 600 m, die beiden westlichen 113 km entfernt und 1300 bezw. 2000 m tief lagen. In acht Tagen war im Hauptpostamt Tokio eine provisorische Zentrale hergerichtet, welche den Telegraphenverkehr mit sechs wichtigen Punkten Japans ermöglichte. Am 11. November, also sechs Wochen nach dem Erdbeben, war die alte Telegraphenzentrale mit 65 Leitungen wieder hergestellt. In Yokohama stand die Sache schlimmer, da viele der Angestellten getötet oder verletzt waren und weil die Gebäude zu arg beschädigt waren. Man eröffnete jedoch am 12. September in der Bahnstation Kanawaga, nahe Yokohama, eine provisorische Station für beschränkten Verkehr. Der Verkehr in den unbeschädigten Gebieten wuchs ungemein, so belief sich in Osaka die Zahl der Depeschen auf das Doppelte der Zeit vor dem Unglück.

Was die Telephonzentralen betrifft, war Yokohama am ärgsten hergenommen. Die Zentrale Honkyoku war vollkommen zerstört und viele Angestellte waren tot oder verwundet. Alle übrigen Zentralen waren außer Betrieb gesetzt. In Tokio waren bei zwei Zentralen die Gebäude beschädigt, die restlichen 14 waren samt allen Apparaten verbrannt. Im Moment des Bebens verschoben sich die Schaltpulte, die Kabel bogen sich in Wellen, die Relaisgerüste neigten sich, die Batterien stürzten um. Während sofort versucht wurde die Stationen herzurichten, brachen überall Feuersbrünste aus. Die Straßen waren von Flüchtlingen vollgepropft, alle Transportmöglichkeiten waren aufgehoben. Die Schäden in den Zentralen, von welchen das Buch mehrere Lichtbilder enthält, waren dem Grade nach verschieden, zum Teil waren sie leicht, zum Teil war alles zerstört. Von den Glaszellen der in zwei Etagen gestellten Batterien zerbrachen mehrere, die Holzgefäße der größten Batterien blieben unbeschädigt, doch brachen vielfach die Zwischengläser, wodurch Kurzschlüsse zwischen den Platten entstanden. Die Maschinen blieben dank der guten Fundierung durchwegs unversehrt. Im Teilnehmernetz brachen oder verbrannten zahlreiche Apparate, Maste, Isolatoren und Leitungen. In Tokio war mehr als das halbe, in Yokohama nahezu das ganze Netz zerstört. Von den interurbanen Kabeln war die Linie Tokio—Yokohama derart zerstört, daß sie nicht mehr hergestellt werden konnte. Das im Bau befindliche Kabel Tokio—Okayama, 900 km, war verbrannt, die auf der Strecke liegenden Kabeltrommeln blieben erhalten, während die in Tokio lagernden verbrannten. Auf der erwähnten Linie Tokio—Yokohama waren 47 Kabelschächte, 3000 m Betonkabelführungen und 8000 m Stahlrohre zerstört. An zahlreichen Brücken in Tokio sind die Kabel unterhalb, durch Stahlrohr geschützt, überführt. Durch die Verschiebung beider Ufer brachen die Rohre an den Brückenköpfen, die Bleihülle schälte sich ab, so daß nur die Adern im Zusammenhang blieben. Andere Brücken verbrannten und mit ihnen die Kabel. Weitere Kabel verbrannten, weil Schiffe unter den Brücken Schutz gegen Feuer und glühende Asche suchten und schließlich Feuer fingen. Die Mehrzahl der Kabelschächte zeigten im Mauerwerk Sprünge, welche horizontale Erdstöße zur Ursache hatten. Bei anderen verschob sich ein Teil des Schachtes um etwa 30 cm in horizontaler Richtung, wobei sich die Stahlrohre um etwa 1 m ins Schachtinnere schoben.

Von den 20 bestehenden Stationen für drahtlose Telegraphie und Telephonie wurden sechs völlig zerstört, doch waren dies nur Einrichtungen zu Studienzwecken, so daß zunächst die militärischen Stationen und das Institut für Ausbildung der Angestellten den Dienst fortsetzen konnten. Am nächsten Morgen verbrannten auch diese und es blieben nur zwei Stahltürme erhalten. Unmittelbar vor dem Beben waren Messungen für die Verbindung mit Nordchina im Gange, welche plötzlich gestört waren. Unmittelbar darauf wurde das Beben fühlbar. Die Ursache der Störung mag in Erschütterungen der Antenne gelegen sein, doch war bisher beim ärgsten Sturm keine Störung beobachtet worden. Bald nach dem Feuer konnte die Verbindung zwischen Tokio und Nokano und dadurch mit allen Küstenstationen geschaffen werden. Am zweiten Tage kamen Verbindungen zwischen den in Tokio und Yokohama verankerten Kriegsschiffen und den Landstationen zustande, doch störten sie sich gegenseitig, bis die Wellenlängen geregelt wurden. Jedenfalls gelangten die Nachrichten von dem Unglück bereits am gleichen Tag nach Hongkong, Manila, Amerika und Hawai, ferner an viele Schiffe auf hoher See.

Die Untersuchungen ergaben einige wichtige Maßregeln zur Verhütung der argen Folgen eines zukünftigen Erdbebens:

1. Alle öffentlichen Gebäude für Telegraphie und

[1]) E. u. M. 1925. Heft 52, S. 1035.

[2]) A brief description of the damages done by the earthquake to the wired and wireless Telegraph and Telephone Installation of Japan. Von Sannosuke Inada. Veröffentlichung des Institute of Electrical Engineers, Dezember 1925.

Digitized by Google

Telephonie müssen erdbeben- und feuersicher gebaut sein. Diese Sicherheit bieten nur Eisenbetonbauten. In gleicher Weise sollen die Maschinen in getrennten Gebäuden untergebracht werden. Die Fenster, deren Scheiben schmolzen und zersprangen, sollen durchaus doppelte Scheiben und eiserne Läden erhalten.

2. Die gesamten Luftlinien im Bebengebiet sollen durch unterirdische Netze ersetzt werden.

3. Bei den Untergrundlinien muß größte Sorgfalt auf die Herstellung und Fundierung der Schutzkonstruktionen verwendet werden.

4. Zur Überquerung von Bahnen und Gewässern sollen nur Brücken aus Stein oder Eisenbeton benützt werden oder es müssen die Kabel in das Flußbett gelegt werden. Auf Brücken sollen die Kabel in feuerfestes Material gebettet werden.

5. Die Kabelschächte dürfen nicht aus Ziegeln, müssen vielmehr aus Eisenbeton gebaut werden.

6. Für Freileitungen sollen nur Maste aus Eisenbeton oder Stahl verwendet werden.

7. Für den Fall einer Katastrophe müssen an gesicherten Orten Apparate und Material bereitliegen.

8. Das automatische System ist an Stelle des manuellen einzurichten.

9. Moderne öffentliche Radiostationen sind zu errichten. Die Kraftzufuhr muß gegen Beben und Feuer gesichert sein.

10. Die Schaltpulte müssen mit dem Boden und der Wand unverrückbar verankert sein.

11. Die Konstruktion und Installation der Akkumulatoren muß verbessert werden. Die Glasplatten müssen mit Ebonit verkleidet sein. Die Aufstellung in übereinanderstehenden Reihen ist unzulässig.

12. Die Ladeaggregate sind in feuerfesten Räumen sorgfältig zu fundieren. Ein selbständiges Ladeaggregat mit Verbrennungsmotor ist vorzusehen.

13. Die Materialmagazine müssen beben- und feuersicher und dezentralisiert sein. Ho.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Der permanente Magnet. der ursprüngliche Ausgangspunkt der Lehre vom Magnetismus, ist bis heute ein verhältnismäßig wenig erforschtes Gebilde geblieben, über das erst die moderne Physik Aufklärung zu bringen beginnt[1]). Daß auch die formale Darstellung des permanenten magnetischen Feldes noch nicht als abgeschlossen gelten kann, liegt wohl hauptsächlich an dessen experimenteller Unzugänglichkeit, in welcher Beziehung es an das Gravitationsfeld erinnert. Meßbar ist nur das magnetische Feld in der Luft, das durch Veränderung des äußeren magnetischen Widerstandes auch nur in geringem Ausmaße variierbar ist. Aus diesen Angaben muß nun auf das Magnetinnere geschlossen werden. Es liegt, gemäß der übrigen elektromagnetischen Theorie, nahe, die wirbelfreie Fortsetzung der magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H}$ und die quellenfreie Fortsetzung der magnetischen Induktion $\mathfrak{B}$ aus der Luft in das Magnetinnere anzunehmen. Als einfachster Ansatz für die elektromagnetische „Zustandsgleichung" des permanenten Magneten ergibt sich dann der bekannte Ausdruck

$$\mathfrak{B} = \mu(\mathfrak{H}_e + \mathfrak{H}) \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

in welchem $\mathfrak{H}_e$ die eingeprägte magnetische Feldstärke bedeutet. Mehrere Autoren, ursprünglich wohl Heaviside und Cohn, haben diese Annahme als möglich und plausibel diskutiert. Ihrer neuerlichen Prüfung auf experimenteller Grundlage sind zwei Untersuchungen von O. Löbl und E. Kurz gewidmet, denen sich die Untersuchung von H. Laub anschließt.

Allen drei Untersuchungen gemeinsam ist die experimentelle Anordnung. Zwei halbringförmige permanente Magnete werden zu einem vollen Ring aneinander gefügt, der dann durch Auseinanderziehen der beiden Halbringe zwei Unterbrechungen durch zwei Luftspalte variierbarer Größe erhält. Eine, den Magnetkörper umfassende Spule wird nun von der neutralen Zone eines Halbringes schrittweise bis zum Luftspalt verschoben und die Differenz des umfaßten Induktionsflusses jeweils ballistisch bestimmt; durch Herausziehen der Spule durch den Luftspalt ergeben sich dann die absoluten Flußwerte.

O. Löbl ermittelt auf diesem Wege für verschiedene Luftspaltweiten und unter Zuhilfenahme der Simpsonschen Regel die mittlere magnetische Induktion im Stahl

$$\bar{B} = \frac{1}{l}\int_0^l B\,ds$$

und mittels einer kleinen Prüfspule in gleicher Weise die mittlere magnetische Induktion im Luftspalt

$$\bar{B}_a = \frac{1}{\delta}\int_0^\delta B_a\,ds$$

(l Schenkellänge eines Halbringmagneten, δ Luftspaltweite.) Das Feld der magnetischen Feldstärke ist wirbelfrei und dessen Umlauf über den ganzen Kreis daher Null. Da ferner im Luftspalt magnetische Feldstärke und Induktion einander praktisch gleich sind, wird die mittlere magnetische Feldstärke im Eisen

$$\bar{H} = \bar{H}_a\frac{\delta}{l},$$

wenn $\bar{H}_a$ die mittlere magnetische Feldstärke im Luftspalt bedeutet. Auf Grund dieser Messungen ist es also möglich, die Mittelwerte $\bar{B}$ und $\bar{H}$ im Stahl zu finden. Ihre Abhängigkeit voneinander erweist sich als linear, was im Einklang mit Gleichung (1) steht und als Beweis für ihre Richtigkeit aufgefaßt wird. Aus den Beziehungen

$$\bar{B}_a\,\delta = \bar{H}\,l, \quad \bar{B} = \mu(H_e - \bar{H})$$

folgt, wenn noch die Größe $\nu = \bar{B}/\bar{B}_a$ eingeführt wird,

$$l = \frac{\bar{B}_a\,\mu\,\delta}{\mu H_e - \bar{B}_a\,\nu} \quad \ldots\ldots\ldots (2).$$

Diese Formel kann zur Ermittlung der erforderlichen Schenkellänge für Magnete mit vorgeschriebenem $\bar{B}_a$ und δ verwendet werden. Die Werte $\bar{B}_a$ und ν müssen hierbei durch Annahmen über den Streufluß, zweckmäßig in Anlehnung an die Lehmannsche Methode des Feldbildentwurfes bestimmt werden[1]). Die Energie w des permanent magnetischen Feldes ist

$$w = H^2\mu/8\pi + C \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

und unterscheidet sich durch die unbekannte Konstante C von der des nichtpermanenten. Ihre experimentelle Bestimmung, für die ein prinzipieller Weg angegeben wird, überschreitet jedoch auf diesem die Grenzen der Meßgenauigkeit.

E. Kurz weist nun auf die Voraussetzungen hin, die stillschweigend der Untersuchung von Löbl zugrunde liegen und hauptsächlich die Leitlinienparallelität von $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{H}_e$ betreffen. Der Umstand, daß Streulinien von $\mathfrak{B}$ in die Luft austreten, zwingt zur Annahme, daß die angeführten Vektoren gegen die Leitlinie im Magnetinnern im allgemeinen geneigt sind. In diesem Falle ergibt jedoch die Löblsche Methode, wie die genaue Untersuchung zeigt, an Stelle des Wertes $\bar{B}$ den Wert $\bar{B} - \psi_1$, und an Stelle des Wertes $\bar{H}$ den Wert $\bar{H} - \psi_2$, wobei ψ_1 und ψ_2 Fehlerfunktionen bedeuten, die von der geometrischen Verteilung des magnetischen Feldes im Magnetinnern abhängen. Um zu den Werten $\bar{B}$ und $\bar{H}$ zu gelangen, ist es nötig, diese Fehlerfunktionen zu kennen. Da ihre experimentelle Bestimmung im Magnetinnern naturgemäß nicht möglich ist, bleibt nur übrig aus dem Luftfeld auf sie zu schließen, wozu jedoch wiederum die Kenntnis der Zustandsgleichung erforderlich ist. Die Ermittlung der wahren Zustandsgleichung aus den Meßergebnissen ist daher nicht möglich, es kann lediglich eine versuchsweise angenommene Zustandsgleichung auf ihre Richtigkeit geprüft werden. Demgemäß wählt E. Kurz als versuchsweisen Ansatz

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1000.

[1]) Vgl. E. u. M. 1909, S. 1082.

Digitized by Google

Gleichung (1), berechnet für einzelne Stellen des Magneten die Fehlerfunktionen und prüft nun Meßergebnis mit der Berechnung. Die vollständige Übereinstimmung läßt es gerechtfertigt erscheinen, Gleichung (1) als richtige Zustandsgleichung zu betrachten. Das Brechungsgesetz der Feldlinien für permanente Magnete wird abgeleitet und lautet

$$\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \cdot \frac{H_{e1t} - H_t}{H_{e2t} - H_t} \quad \ldots\ldots (4),$$

wobei der Index t die Tangentialkomponente bedeutet. Durch neuerliche Messungen werden die Konstanten H_e und μ für guten Stahl (Wolfram- und Chromstahl) zu $H_e \cong 170 \div 200$, $\mu \cong 25 \div 40$ bestimmt.

Die Funktion $\bar{B} = f(\bar{H})$ erweist sich auf Grund der obigen Berechnung nur als angenähert linear. H. Laub zeigt nun, daß diese Funktion auch nicht eindeutig ist, sondern durch den Hysterese-Effekt in zwei getrennte Äste für Änderungen mit wachsendem und abnehmendem $\bar{H}$ zerfällt. Indem er die permanenten Magnete auch der Strommagnetisierung unterzieht, weist er ferner die Äquivalenz des permanent-magnetischen mit dem elektromagnetisch stabilen Zustande nach, die für Messungen nunmehr zweckmäßig verwendet werden kann.

Daß Gleichung (1) die „wahre" Zustandsgleichung des permanenten Magnetes bedeutet, das heißt eine solche, die allen Erfahrungen gerecht wird, kann mittels der hier angewandten Methode des Schlusses vom Luftfeld auf das Magnetinnere mit völliger Sicherheit natürlich nicht erwiesen werden. Durch die drei Untersuchungen dürfte aber gewährleistet sein, daß Gleichung (1) nicht so bald auf Widersprüche mit der Erfahrung führen kann. Genau genommen bildet jedoch eine nötige Ergänzung zu ihrer Anwendung eine eindeutige — keineswegs triviale oder selbstverständliche — Definition der Größen μ, $\mathfrak{H}$, $\mathfrak{H}_e$, $\mathfrak{B}$ im Magnetinnern. K.-M.

(Arch. f. Elektr., Bd. XVI, Heft 6, 1926.)

Literaturberichte.

793 **Hilfsbuch für Elektropraktiker.** Begründet von H. Wietz und C. Erfurth. Neu bearbeitet von H. Krieger, B. Königsmann und H. Sachs. 28. vermehrte und verbesserte Auflage. Teil II: Starkstrom. 394 Seiten, 238 Abb. Leipzig 1926, Verlag Hachmeister & Thal. Preis geb. Mk. 3·80.

Das Buch bildet das Gegenstück zum ersten Band, welcher die Schwachstromtechnik behandelt[1]), und umfaßt in knapper und schlichter, trotzdem stets klarer Form die elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparate, weiter die Grundzüge der Kraftübertragung und Leitungssysteme. Darauf folgt die Montage, der Betrieb und die Projektierung elektrischer Anlagen, den Schluß bildet ein Abdruck aller für den Praktiker in Betracht kommenden Vorschriften des VDE. — Die Darstellungsweise entspricht der Aufgabe des Werkes, ein gemeinverständliches Belehrungs- und Handbuch für den Praktiker zu sein, in vollem Maße, wobei das Kapitel über die Montage und Instandhaltung besonders hervorgehoben sein mag. Im Kapitel über Beleuchtungsapparate hätte wohl die Behandlung der Bogenlampe, welche allein 34 Seiten umfaßt, entsprechend der heute für den Praktiker so geringen Bedeutung dieser Lichtquelle wesentlich eingeschränkt werden können. Dagegen sind die Einanker-Umformer zu spärlich berücksichtigt, zumal ihre Verwendung trotz des Quecksilber-Gleichrichters nicht gesunken ist. Bei letzteren wären ziffernmäßige Angaben über die beiderseitigen Spannungsverhältnisse von Vorteil für den Praktiker. Im Kapitel „Intermittierende Motoren" hätte wohl in der neuen Auflage die heutige Definition des kurzzeitigen Betriebes nach den Verbandsvorschriften angeführt werden sollen. Die Behauptung, daß der Nebenschlußmotor ein sehr geringes Anlaufdrehmoment hätte, ist wohl ebenso gewagt, als die Begründung, dies läge am bedeutenden Spannungsabfall in der Zuleitung beim Anlassen. Die Behandlung der Maschinenwicklungen ist etwas oberflächlich, zumal gerade der Elektropraktiker oft in die Lage kommt, in der Wicklung aufgetretene Fehler zu suchen und zu beheben. — Die besprochenen Mängel sind sicherlich klein im Vergleich zu dem hohen Wert des ganzen Werkes, das wegen seiner vortrefflichen Erklärungen, Hinweise und Anleitungen durchaus empfohlen werden kann. Dr. Horschitz.

[1]) E. u. M. 1927, Heft 5, S. 99. (Im Titel des Buches soll es richtig „Elektropraktiker" heißen. D. S.)

2686 **Katechismus für die Ankerwickelei.** Leitfaden für die Herstellung der Ankerwicklungen an Gleich- und Drehstrommotoren von Fritz Raskop. 235 Seiten mit 75 Textfiguren. Dritte, verbesserte Auflage. 9. bis 11. Tausend. Verlag von Hermann Meusser, Berlin 1926. Preis in Ganzleinen Mk. 6·80.

Die vorliegende 3. Auflage ist gegenüber der zweiten[1]) um einige Kapitel aus der Praxis des Instandsetzungsbetriebes erweitert. Der im Anhang vorgesehene Auszug aus den „REM" ist durch die Fassung 1923 in fast vollständiger Wiedergabe ersetzt. Auch diese Auflage läßt nebst manchem Wicklungstechnischen eine Darstellung des Stromwenderaufbaues, sowie der Verwendung von Emaildraht vermissen. Desgleichen hätten im Abschnitt über Prüfmethoden die Windungsprobe und vor allem die Mittel zur Verbesserung der Kommutierung Erwähnung verdient. Für den Fall einer Neuauflage sei auf einige noch bestehende Irrtümer aufmerksam gemacht: Der mit der Meßbrücke gemessene Ankerwiderstand (Seite 84) ist durch das Quadrat der halben Anzahl der parallel geschalteten Zweige zu teilen. Bei Berechnung des Wirkungsgrades für Gleichstrommaschinen (Seite 86) sind die Übergangsverluste am Kollektor unberücksichtigt geblieben. Die Kupferverluste im Rotor (Seite 89) sind gleich Schlüpfung mal der auf den Rotor übertragenen Leistung, nicht mal zugeführter Leistung. Auf Seite 114 wäre es vorteilhaft, die Formel für den Wickelschritt nicht nur auf die vierpolige Maschine zu beschränken, sondern p statt 2 einzuführen. Auf Seite 114 ff. findet sich der Ausdruck „Spulenzahl" für die Anzahl der Spulenhälften wie für die der Spulen. Die auf Seite 126, 127 angegebene Formel zur Ermittlung der Läuferspannung und des Läuferstromes gilt nur für die Werte je Phase. (Außerdem sind die angegebenen Korrekturen unrichtig. Bei offener Läuferwicklung tritt doch in dieser kein Spannungsverlust auf. Wenn aber der Läuferstrom schon korrigiert werden soll, so wäre auf den vermindernden Einfluß durch den Magnetisierungsstrom hinzuweisen.) St. Schwarz.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 712.

Eingelaufene Bücher.

3473 Vom wirtschaftlichen Geiste in der Technik. Von Dr. Robert Haas. 62 Seiten. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis Mk. 1·40.

Der Verfasser, der seit Jahrzehnten in der Elektroindustrie technisch und wirtschaftlich an leitender Stelle tätig ist, zeigt, daß der in der Wirtschaft arbeitende Ingenieur wirtschaftlich denken und auch über volkswirtschaftliche und rechtliche Kenntnisse verfügen muß, wobei auffallenderweise nirgends auf die Wichtigkeit des gewerblichen Rechtsschutzes hingewiesen ist. Außerdem werden auch Anhaltspunkte gegeben, wie solche Kenntnisse ohne zu großen Zeit- und Arbeitsaufwand erworben werden können. Die kleine Schrift kann besonders den jüngeren Ingenieuren auf das Beste empfohlen werden. —k.

Eingelaufene Druckschrift.

„Elin" Aktiengesellschaft für elektrische Industrie, Wien-Weiz.

Druckschrift Nr. 5390/26. Elektrische Gleichstromlichtbogenschweißung. In der 32 Seiten starken Schrift werden an Hand von 34 Abbildungen und Schaltbildern der Aufbau und die Eigenschaften der Rosenberg-Schweißdynamo besprochen, Anweisungen für den Gebrauch der Schweißaggregate und Richtlinien für die Schweißung selbst gegeben, sowie die Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Gleichstrom-Lichtbogenschweißung erläutert.

Digitized by Google

Wirtschaftliche Nachrichten.

Ein- und Ausfuhr Österreichs an elektrotechnischen Waren, Antriebsmaschinen, Metallen und anderen technisch wichtigen Rohstoffen im dritten Vierteljahr 1926. Im Nachstehenden veröffentlichen wir einen Auszug aus der im Heft 1 der „Statistischen Nachrichten" von 1927 enthaltenen, vom Handelsstatistischen Dienst im Bundesministerium für Handel und Verkehr bearbeiteten Zusammenstellung.

Warenbenennung		Einfuhr	Ausfuhr
		Menge in q bezw. hl	
Steinkohlen	q	8 695 060	9 942
Braunkohlen	q	928 900	67 423
Koks	q	1 022 860	458 768
Eisenerze	q	1 880	104 972
Bleierze	q	7 806	3 786
Kupfererze	q	3 505	785
Zinkerze	q	6	13 584
Zinnerze	q	104	—
Glimmer (Mika)	q	262	57
Graphit	q	1 290	26 810
Porzellanerde (Kaolin)	q	35 720	17 909
Erdöl, roh	q	8 576	—
Benzin	q	230 250	207
Petroleum	q	50 678	5
Schmieröle und -fette	q	39 310	379
Glaskolben (Glasbirnen) für elektrische Glühlampen	q	285	624
Roheisen	q	52 619	102 658
Ferrosilizium	q	1 545	17 689
Andere Ferrolegierungen	q	10 822	38
Luppeneisen, Ingots	q	383	1 747
Vorgewalzte Blöcke, Platinen, Zaggel	q	7 512	23 848
Eisen und Stahl in Stäben	q	35 362	116 811
Aluminium, auch legiert, roh	q	1 707	7 380
Blei, auch legiert, roh	q	22 861	3 563
Kupfer, roh	q	27 792	1 812
Nickelanoden	q	19	117
Zink, auch legiert, roh	q	14 263	775
Zinn, auch legiert, roh	q	2 704	823
Dampfkessel	q	960	1 020
	Stücke	22	15
Dampfmaschinen	q	14	—
	St.	2	—
Dampfturbinen	q	455	—
	St.	5	—
— Bestandteile	q	221	—
Wasserturbinen	q	—	548
	St.	—	14
— Bestandteile	q	261	141
Verbrennungsmotoren	q	876	6 301
	St.	303	354
— Bestandteile	q	211	428
Metallbearbeitungsmaschinen	q	3 664	8 838
	St.	436	1 871
— Bestandteile	q	340	323
Pumpen, Spritzen, Strahlapparate	q	822	1 913
	St.	412	2 286
— Bestandteile	q	28	193
Dynamomaschinen, Elektromotoren (mit Ausnahme der Automobilmotoren)	q	1 153	3 755
	St.	5 761	3 769
— Bestandteile	q	791	360
Dynamomaschinen u. Elektromotoren (mit Ausnahme d. Automobilmotoren) in untrennbarer Verbindung mit mechanischen Vorrichtungen oder Apparaten	q	262	79
	St.	2 479	756
— Bestandteile	q	5	1
Transformatoren (Umformer), rotierende	q	3	—
	St.	15	—
— Bestandteile	q	—	—
Transformatoren (Umformer), ruhende	q	357	680
	St.	784	3 130
— Bestandteile	q	3	39
Apparate für Telegraphie	q	13	13
Apparate für Telephonie	q	109	313
Läute- und Signalapparate	q	30	36
Apparate f. drahtlose Fernvermittlg.	q	31	164
Röntgen- und elektromedizinische Apparate und Hilfsgeräte	q	90	95
Eisenbahnsicherungs- und Signalapparate; Weichenstellwerke	q	25	115
Elektrizitätsmeß-, -zähl- und -registrierapparate	q	228	200
Bogen-, Quarz-, Quecksilberdampflampen	q	5	5
Glühlampen	Stück	844 258	5 498 149
Röntgenröhren	q	1	2
Elektrische Öfen, Heiz- und Kochapparate; Bügeleisen	q	41	98
Elektrische Appararate und Vorrichtungen, n. b. b.	q	2 073	2 262
Isolierrohre	q	240	602
Bleikabel	q	8	1 496
Andere Kabel und isolierte Drähte	q	31	1 368
Elektrizitätssammler (Akkumulatoren), sowie Platten hiezu	q	50	314
Beleuchtungskohlen	q	19	120
Elektroden und Kohlen für elektrische Elemente	q	5 865	257
Andere elektrische Kohlen	q	25	8
Formteile aus Isolierstoffen für elektrische Zwecke, nicht ausgerüstet:			
aus Hartgummi	q	2	4
aus Porzellan oder Glas	q	2 018	175
aus anderen Stoffen	q	360	18

Die Steinkohlenförderung, Roheisen- und Rohstahlerzeugung der wichtigsten Länder. In einem Berichte der „Frankfurter Zeitung" wird darauf hingewiesen, daß das Jahr 1926 bei allen Ländern, außer England, das den mehr als sechsmonatigen Bergarbeiterstreik zu bestehen hatte, im Zeichen aufstrebender Konjunktur stand. Die Steinkohlenförderung weist daher bei den in nachstehender Tabelle aufgeführten Hauptländern, sowohl gegen 1925 als auch gegenüber dem letzten Vorkriegsjahr eine merkliche Steigerung auf, nur Englands Förderung fiel. An der Weltsteinkohlenförderung waren die hier aufgeführten Länder in 1913 mit 84·4 vH, 1925 mit 83·2 vH beteiligt. Auf der Grundlage der Förderung von 1925 berechnet ergibt sich für 1926 eine Weltsteinkohlenförderung von 1150·50 Mill. t gegen 1191·81 Mill. t i. V. Der Rückgang von rund 42 Mill. t ist auf die Minderförderung von England zurückzuführen.

Steinkohlenförderung in 1000 t.

	1926	1925	1913
Ver. Staaten	591 726	524 524	517 062
Deutsches Reich[1])	145 363	132 729	140 753
Großbritannien[2])	130 469	250 630	292 044
Frankreich[1])	50 742	47 048	43 848
Belgien	25 318	23 138	22 842
Saargebiet	13 589	12 990	13 216

[1]) Heutiges Gebiet. [2]) Davon entfallen 90·5 Mill. auf Jan.-April, 10·7 Mill. t auf Mai-Okt. (Streikmonate) und 29·3 Mill. t auf Nov.-Dez.

In fast gleicher Weise wie die Steinkohlenförderung hat sich auch die Roheisenerzeugung der einzelnen Länder, mit Ausnahme von Deutschland und England, im letzten Jahre erhöht. An der Weltroheisenerzeugung, die 1913 79·28 Mill. t betrug, waren die in der folgenden Tabelle genannten Länder mit 68·27 Mill. t gleich 86·2 vH beteiligt. Der Anteil 1925 stellt sich mit einer Weltroheisenerzeugung von 76·02 Mill. t bei diesen Ländern mit einer Gesamtproduktion von

Digitized by Google

68·65 Mill. t auf 90·4 vH. Der Ausfall der englischen Roheisenerzeugung wird von den übrigen Ländern wettgemacht, so daß die Produktion dieser sieben Länder 1926 zusammengefaßt rund 80 000 t mehr als 1925 beträgt. Es ergibt sich auf Grund dieser Berechnung für 1926 eine Weltroheisenproduktion, welche die von 1925 nur um einen geringen Bruchteil übertreffen dürfte.

Roheisenerzeugung in 1000 t.

	1926	1925	1913
Ver. Staaten	39 680	37 290	31 463
Deutsches Reich	9 644	10 177	10 907
Großbritannien	2 482	6 336	10 425
Frankreich	9 393	8 494	9 072
Belgien	3 401	2 541	2 484
Luxemburg	2 512	2 363	2 548
Saargebiet	1 621	1 452	1 371

Während die Roheisenerzeugung der sieben Hauptländer die Rohstahlerzeugung für 1913 noch um rund 4 Mill. t übertrifft, zeigt bereits das Jahr 1925 ein umgekehrtes Bild. 1926 stellt sich die Rohstahlerzeugung dieser Länder auf 79·5 Mill. t, sie übertrifft somit die Roheisenerzeugung um 10·8 Mill. t. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich die Rohstahlerzeugung der genannten Länder nur unwesentlich erhöht, dennoch dürfte die Weltrohstahlerzeugung 1926 mit rund 91 Mill. t einen Rekord darstellen. Es erhöhte sich zum Beispiel die russische Stahlproduktion von 2·1 Mill. t in 1925 auf 3·2 Mill. t in 1926.

Rohstahlerzeugung in 1000 t.

	1926	1925	1913
Ver. Staaten	47 883	46 122	31 803
Deutsches Reich	12 342	12 195	12 186
Großbritannien	3 616	7 516	7 787
Frankreich	8 386	7 446	6 972
Belgien	3 357	2 411	2 467
Luxemburg	2 244	2 086	1 336
Saargebiet	1 657	1 572	2 073

Von der deutschen Rohstahlerzeugung entfallen nach einer Zusammenstellung in der ZVDI, Heft 6, von 1927, 194 000 t auf Stahlguß, der Rest auf Rohblöcke. Deutschland verfügt über 206 Hochöfen mit 52 325 t mittlerer Leistung in 24 Stunden. Von der Rohstahlerzeugung Englands entfallen 110 000 t, von jener der V. St. A. 1·27 Mill. t auf Stahlguß. In den Stahlwerken der V. St. A. wurden rund 35·3 Mill. t (33·1 i. J. 1925) verarbeitet. Die Hauptabnehmer waren die Eisenbahn mit 23·5 vH, Bau- und Eisenkonstruktionsindustrie 19·5 vH), Kraftwagenindustrie (14·5 vH), die Maschinenindustrie benötigte nur 4 vH. Ausgeführt wurden 5 vH. Elektroöfen gibt es in den V. St. A. rund 540, darunter 190 Heroult- und 150 Moore-Öfen. Im Jahre 1926 wurden 41 neue Öfen, gegen 43 i. J. 1925 in Betrieb genommen.

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft. (Aus dem Geschäftsbericht über das Geschäftsjahr vom 1. Oktober 1925 bis 30. September 1926.) In das Berichtsjahr trat die AEG mit so großem Auftragsbestand ein, daß trotz der notwendigen Rationalisierungsmaßnahmen die Fabriken im Durchschnitt mit 75 vH ihrer Leistungsfähigkeit beschäftigt werden konnten. Für das Inlandsgeschäft wird eine günstige Entwicklung erwartet im Hinblick auf die rasch wachsende Kaufkraft im Innern, die fortscheitende Elektrifizierung der industriellen Betriebe, das Wiederauftreten der Reichsbahn als Besteller und die unverkennbare Belebung des Baumarktes. Das Auslandsgeschäft litt weiter unter der Konkurrenz der neuen Wettbewerber. Ein ernsthafter und endgültiger Abbau der gegenüber der Vorkriegszeit durchwegs erhöhten Zollmauern ist bisher nicht zu verzeichnen.

Im Großmaschinenbau wurden die Maschinensätze für das Großkraftwerk Rummelsburg[1]) — Dampfturbinen-Generatoren und Hilfsmaschinen — fertiggestellt. Die Umstellung der Turbinenfabrik auf neue Modelle mit höchstmöglicher Ausnutzung des Wärmegefälles ist durchgeführt. Die Lieferung an Dampfturbinen, Turbogeneratoren und verwandten Maschinen erreicht mehr als die doppelte Höhe des Vorjahres. Die Steigerung der Leistungen 3000 touriger Generatoren auf 37 500 kVA kennzeichnet die Fortschritte der Konstruktion. Maschinen ähnlicher Leistung werden für die Elektrizitätswerke Haag, Kraftwerk Böhlen der Sächsischen Elektrizitätswerke A.-G. und das Russische Kraftwerk Schatura[1]) ausgeführt. Bemerkenswert wegen der besonders guten wärmetechnischen Ausnutzung sind zwei große Gegendruckturbinen von je 10 000 kW für ein mitteldeutsches Braunkohlenwerk. Der überschüssige Strom wird in das Überlandwerk geliefert, während der Abdampf zur Trocknung der Rohkohle dient. Turbinen zum unmittelbaren Antrieb von Arbeitsmaschinen, zum Beispiel Großkraftschleifern über Zahnradvorgelege, wurden in zunehmendem Maße projektiert und abgeliefert. Die gesamten Aufträge in der Turbinenfabrik belaufen sich auf 600 000 kW.

Auf dem Gebiete der elektrischen Lokomotiven wurde die zurzeit leistungsfähigste Vollbahnlokomotive der deutschen Reichsbahngesellschaft, eine Wechselstrom-Schnellzugslokomotive 2 D₀ 1 für 110 km Höchstgeschwindigkeit zur Ablieferung gebracht, ferner elektrische Lokomotiven für die schlesischen und bayrischen Gebirgsbahnen. Der Beschluß der Reichsbahn, die Berliner Stadt- und einen Teil der Vortortbahnen für den elektrischen Betrieb umzubauen[2]), brachte Aufträge, unter anderen auf Lieferung von Antriebsmotoren für Triebwagen und Stromzuführungseinrichtung für 160 km Strecke. Für eine Wasserkraftanlage in Norwegen wurden im Anschluß an einen früheren Auftrag zwei Generatoren von je 29 000 kVA, 300 U/min, 12 000 V nachbestellt.

Auf dem Gebiete der Zentralstationen und Hochspannungstechnik entwickelte sich das Geschäft erheblich weiter. Von den rotierenden Wechselstrom-Gleichstromumformern wurde ein neues Modell für 2000 A, 800 V entwickelt, das eine stoßweise Überlastung von 4000 A verträgt. Lebhaft war das Geschäft in Reguliertransformatoren mit Stufenschaltern; in Ausführung befinden sich mehrere für den Einbau in 60 000 V-Netze. Die bei dem Bau von Hochspannungsfreileitungen eingeführten Maste mit schwenkbaren Traversen haben sich gut bewährt und führten zu neuen Aufträgen auf Hochspannungsfreileitungen mit diesem Mastsystem. Unter den auszuführenden Leitungsanlagen ist die Montage von 220 000 V-Freileitungen bemerkenswert. Für letztere wurde auch die Lieferung von etwa 400 km Kupferhohlseil übernommen. Diese Konstruktion beschränkt die Ausstrahlungsverluste auf ein Mindestmaß, so daß die Frage des Überganges auf 380 000 V in dieser Hinsicht technisch gelöst ist. Von den Bestellungen auf Kabel ist eine solche auf 11 km Drehstromkabel für 60 000 V 3×120 mm² in Höchstädter-Pfannkuch-Konstruktion[3]) zu erwähnen. Einige Umspannwerke für 100 000 V kamen als Freiluftstationen zur Ausführung. Auch auf Erdschlußspulen und Biermanns'sche Distanzrelais[4]) gingen zahlreiche Aufträge ein. Von letzteren wurde eine Sonderausführung für hohe Spannungen und ausgedehnte Leitungsnetze geschaffen. Entsprechend den Bedürfnissen, die Spannung für die fortzuleitende Energie mit Rücksicht auf die größeren Entfernungen zu erhöhen, hat das Kabelwerk Oberspree Einleiterkabel für Drehstrom von 100 000 V neu entwickelt. Erwähnenswert ist auch die Verlegung eines 30 000 V-Kabels für die Reichsbahn im Norden Berlins.

Die Steinkohlenindustrie hatte weiterhin Bedarf an Spezialmotoren für Kohlenwäschen: größere Beschaffungen bezogen sich auf die Anlage von Hauptschachtfördermaschinen, unter anderem eine besonders große Ausführung für Oberschlesien und mehrere Maschinen für Rußland und Japan. An kleineren Förderanlagen und Haspeln gingen Aufträge auf etwa 230 Maschinen ein. Die Braunkohlenindustrie bezog Maschinen für elektrisch betriebene Bagger, Absetzmaschinen und Verladeanlagen größter Abmessungen. Für die Kunstseidenfabrikation wurden Einbaumotoren für die Spinnzentrifugen und die zugehörigen Schalter mit Brems-

[1]) Siehe das beiliegende Heft 3 „Das Elektrizitätswerk", S. 27.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 61.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 164, 229.
[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 878.
[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 369, 881.

Digitized by Google

einrichtung entwickelt. Die Papierindustrie zeigte zu Ende des Jahres ansteigenden Bedarf in Antrieben von Papiermaschinen, Kalandern und Schleifern. Der der AEG patentierte Einzelantrieb für Papiermaschinen arbeitete bereits seit Anfang 1925 im Tag- und Nachtbetrieb störungsfrei. Die im Vorjahre für England hereingenommenen Aufträge auf Schiffsölmaschinen von 39 500 PSi sind termingerecht zur Auslieferung gekommen.

Die Umstellung der Zählerfabrik auf fließende Fertigung kann als beendet angesehen werden. Auch die Verlegung der Zählerfabrik für Installationsmaterial nach Annaberg im Erzgebirge ist durchgeführt. Die in den letzten Jahren mit den Bing-Werken in Nürnberg gemeinschaftlich betriebene Fabrik für elektrische Heizapparate ist in den alleinigen Besitz der AEG übergegangen. In Haushalt und Landwirtschaft steigt der Absatz an Heizapparaten. Neben Bügeleisen, Kochern, Heizkissen und anderen Haushaltungsapparaten führen sich besonders Warmwasserspeicher und Futterdämpfer, deren Rentabilität durch die Möglichkeit, billigen Nachtstrom zu verwenden, gesteigert wird, in immer größerem Umfange ein. Im AEG-Mea-Werk, Stuttgart, wurden Konstruktionen vollendet und ausprobiert, die als elektrisches Zubehör zu Automobilen den im Ausland millionenfach bewährten Ausführungen entsprechen. Auf diese neuen Batteriezündungsanlagen nebst Lichtmaschinen, Anlassern und Zubehör gingen sehr nennenswerte Aufträge von Fabriken ein, die mit Herstellung großer Serien in zeitgemäße Massenfabrikation von Kraftwagen eingetreten sind. Die Beteiligung an der Osram G. m. b. H. Kommanditgesellschaft brachte einen höheren Ertrag als im Vorjahr. Eine Glasfabrik nach neuen Methoden wird in Kürze in Betrieb genommen. Die internationale Vereinigung mit dem Sitz in Genf erfüllt bisher ihren Zweck, Ordnung und Einheitlichkeit auf dem Weltmarkte zu schaffen. Bei der Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. sind die Grundlagen für die Ausbreitung kurzer Wellen in Versuchsanlagen weiter erforscht worden und versprechen für die nahe Zukunft einen vorteilhaften Ausbau des Überseeverkehrs. Der drahtlose Kurzwellenbetrieb wird auch die kommerzielle Einführung des Bildfunks im Weltverkehr erleichtern, dessen technische Durchbildung durch das System Karolus-Telefunken[1]) gekennzeichnet ist. An Großstationen vom Typ Nauen wurde Torre Nuova bei Rom in Betrieb genommen und ein neuer Auftrag für Japan hereingenommen. Die Versuche der im letzten Geschäftsbericht erwähnten Kohlenveredlung G. m. b. H. hatten vollen Erfolg. Es ist die Kohlenveredlung-Aktiengesellschaft mit einem Kapital von 2·5 Mill. Mk. gegründet worden, die das gesamte Vermögen der Kohlenveredlung G. m. b. H. übernommen hat. Die Kohlenveredlung Aktiengesellschaft wird Schwelanlagen nach eigenen Patenten erbauen und betreiben. Sie hat eine Anlage für einen Tagesdurchsatz von 400 t Braunkohle für die Grube Leopold A.-G. auf deren Grube Edderitz errichtet, deren Betriebsergebnisse den gehegten Erwartungen entsprechen. Für die praktische Ausnutzung des Verfahrens ist eine Betriebsgesellschaft, die „Schwelwerke Minna-Anna Aktiengesellschaft" gegründet, die auf den neuerworbenen Gruben der Gewerkschaft Minna-Anna eine Großschwel- und Teerverarbeitungsanlage von 1000 t Tages-Rohkohlen-Durchsatz errichtet.

Die der AEG nahestehenden Stromlieferungsunternehmungen können infolge der steigenden Erträgnisse in den letzten Monaten des Kalenderjahres ihre Rentabilität aufrecht erhalten. Die Anstrengungen der Werke waren nicht nur auf die Gewinnung neuer Abnehmer gerichtet, sondern auch auf die bessere Ausnutzung bestehender Anlagen durch erweiterte Anwendung des elektrischen Stromes, namentlich zu Haushalt- und Wärmezwecken. Die hierbei durch eindringliche Werbearbeit und durch Einführung zweckmäßiger Tarifmaßnahmen erzielten Ergebnisse sind erfolgversprechend und bieten auch der Fabrikation lohnende Aufgaben.

[1]) Vgl. Radiotechnik 1926, S. 61 ff.

Aus dem Reingewinn von Mk. 10 760 835·59 werden 6 vH Gewinnanteil auf 17·5 Mill. Mk., 6 vH Vorzugsaktien, 5 vH auf 18·75 Mill. Mk. Vorzugsaktien Lit. B, 7 vH auf 120 Mill. Mk. Stammaktien und 4 337 500 Mk. Vorratsaktien (i. Vj. 6 vH) verteilt. In der Bilanz per 30. September 1926 sind Grundstücke und Gebäude der Fabriken einschließlich der Verwaltungsgebäude mit rund 72 Mill. Mk. ausgewiesen, die Maschinen mit 20·9 Mill., Warenbestände (Lager und Anlagen in Arbeit) mit 91 Mill., Werkzeuge, Modelle, Inventar und Patente sind vollständig abgeschrieben. Die Bilanz schließt auf beiden Seiten mit rund 386 Mill. Mk.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 23. März d. J., um ½7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Sektionschef Ing. P. Dittes, Direktor für Elektrisierung in der Generaldirektion der Österr. Bundesbahnen, über: **„Fortschritte der elektrischen Zugförderung in Österreich und seinen Nachbarländern".** (Mit Lichtbildern.)

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg	28. II. 1927	2. III. 1927	4. III. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	127¼	128	128¼
(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg			
Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	57—58	56¾—57¾	57—58
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	115—120	115—120	115—120

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 4. März 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	63	0	0	63	10	0
Wire bars	62	15	0	—	—	—
Standard Kassa	56	15	0	56	17	6
Standard 3 Monate	57	5	0	57	7	6
Zinn:						
Engl. ingots	316	10	0	317	10	0
Standard Kassa	319	10	0	319	15	0
Standard 3 Monate	301	15	0	302	5	0
Blei:						
Engl. pig common	30	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	31	2	6	31	7	6
Remelted	31	10	0	—	—	—
English Swansea	31	12	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 22 sh 10 p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial und Metall-Halbfabrikate.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, gültig ab 7. März 1927.)

Grundpreise in S pro 100 kg.

Harte und halbharte Kupferdrähte	305
Weiche Kupferdrähte	307
Kupferstangen	323
Aluminiumdrähte und Stangen	540

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 20. März 1927 | Heft 12

INHALT: *Verlustlose Kompoundierung und Kompensierung großer Drehstrommotoren. Von Dr. L. Dreyfus, Västerås (Schweden). S. 221. Elektrotechnik und Gewerbeinspektion. Von E. Honigmann, Wien. S. 226. RUNDSCHAU: Stromverteilung. S. 229. / Leitungen und Leitungsbau. S. 230. / Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 231. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 232. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 233. PATENTBERICHT. S. 235. LITERATURBERICHTE. S. 236. WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 237. VEREINSNACHRICHTEN. S. 239.*

Verlustlose Kompoundierung und Kompensierung großer Drehstrommotoren.

Von Dr. L. **Dreyfus**, Västerås (Schweden).

1. Übersicht.

Eine Aufgabe, welche in letzter Zeit sehr häufig an die größeren Elektrizitätsfirmen herantritt ist die Modernisierung älterer industrieller Betriebe mit großen, langsam laufenden Drehstrommotoren. Was an diesen Betrieben nicht befriedigt, ist der Leistungsfaktor und oftmals auch der Wirkungsgrad. Der Leistungsfaktor ist niedrig, einmal weil langsamlaufende Drehstrommotoren dem Netze einen großen wattlosen Magnetisierungsstrom entnehmen, und außerdem, weil diese Motoren nur einen geringen Teil des Tages vollbelastet laufen. Der Wirkungsgrad ist niedrig, wenn diese Motoren mit Schlupfwiderständen ausgerüstet sind, die durch Vergrößerung des natürlichen Tourenabfalles die Schwungmassen zur Mitarbeit zwingen, die aber bei größeren Drehzahlsenkungen selbst erhebliche Effekte vernichten.

Bei Modernisierung derartiger Betriebe liegt also die Aufgabe vor, einen bereits installierten Drehstrommotor auf möglichst vollkommene Weise zu kompensieren und kompoundieren. Die Kompensierung der Phasenverschiebung soll bereits bei der niedrigsten Belastung voll ausgebildet sein und bei höherer Belastung so durchgeführt werden, daß eine möglichst große Erhöhung der Überlastbarkeit erzielt wird. Die Kompoundierung der Drehzahlcharakteristik soll möglichst verlustfrei erfolgen und im Betrieb leicht zu verstellen sein. Als weitere Nebenbedingung wird häufig gefordert, daß an dem bereits installierten Hauptmotor keinerlei Veränderung vorgenommen zu werden brauchen, daß also keine neue Maschine an ihn angekuppelt und wenn möglich auch keine neuen Schleifringe aufgesetzt zu werden brauchen.

Im folgenden soll die Theorie einer neuen Anordnung entwickelt werden, welche eine der vollkommensten Lösungen dieses Problems darstellt.

2. Beschreibung der neuen Kaskadenschaltung in ihrer einfachsten Form.

Die verlustlose Kompoundierung eines Drehstrommotors erfolgt am einfachsten durch Kaskadenschaltung mit einem Drehstromkollektorserienmotor. Dieser empfängt von dem Hauptmotor die Schlüpfungsenergie mit der Schlupfperiodenzahl und verwandelt sie in mechanische Energie. Damit treibt er einen Generator an, welcher die mechanische Energie wiederum in elektrischer Energie — diesmal aber von der Netzfrequenz — umformt und diese an das Netz zurückliefert.

In Abb. 1 ist *DM* der Hauptdrehstrommotor normaler Bauart, *DKM* der Drehstromkollektorserienmotor, *G* ein Synchron- oder Asynchrongenerator, welcher dem Serienmotor eine konstante oder wenig veränderliche Tourenzahl aufzwingt. Die Gegenspannung des Drehstromkollektorserienmotors ist — solange er ungesättigt bleibt — proportional dem Sekundärstrom

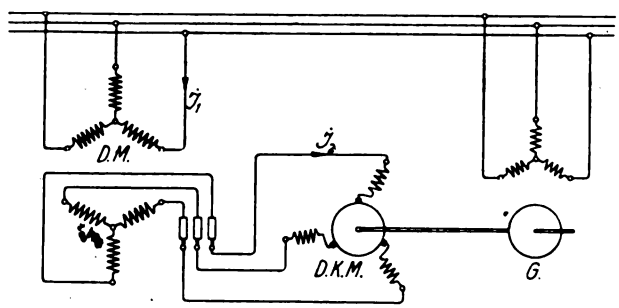


Abb. 1. Kaskadenschaltung von Drehstromasynchronmotor und Drehstromkollektorserienmotor.

J_2 des Hauptmotors und kann zwei Komponenten besitzen, eine in Gegenphase zum Strome J_2 und eine zweite, die J_2 um 90° voreilt. Die erste Komponente addiert sich phasengleich zum Ohmschen Spannungsabfall und bewirkt daher eine Drehzahlsenkung (Kompoundierung). Die zweite Komponente führt bei Belastung eine Verbesserung der Phasenverschiebung und eine Erhöhung der Überlastbarkeit herbei. Da aber dem Serienmotor bei vollkommenem Leerlauf (Synchronismus) des Hauptmotors keine Spannung zugeführt wird und er nicht im Stande ist, sich selbst zu erregen, so vermag er den Hauptmotor bei Leerlauf nicht zu kompensieren. Das ist nur möglich, wenn man den

Digitized by Google

Serienmotor durch Hinzufügung einer Nebenschlußfeldwicklung selbsterregend macht.

Dies ist in Abb. 2 geschehen. Hier bedeutet K eine Kompensationswicklung zur Aufhebung oder Schwächung der Ankerreaktion, S die Serienerregerwicklung, N die auf Selbsterregung geschaltete Nebenschlußerregerwicklung. Die Kombination von Seriemmotor und Nebenschlußgenerator in einer einzigen Maschine erscheint auf den ersten Blick schwierig. Sie versagt auch im allgemeinen, wenn man die Theorie dieser Schaltung nicht beherrscht. Das Interessante ist aber gerade, daß sie sich bei Einhaltung gewisser Bedingungen trotzdem durchführen läßt und dann zu einer der vollkommensten Lösungen des Problemes führt.

Was den Generator G betrifft, so wird dieser im folgenden als mit konstanter Tourenzahl umlaufend (Sychrongenerator) angenommen. Will man erreichen, daß der Grad der Kompoundierung mit der Größe der Belastung zunimmt, so kann man eine Asynchronmaschine mit Schleifringanker und Schlüpfungswiderstand verwenden. Natürlich kann man auch den Schlupfwiderstand durch andere Mittel ersetzen, zum Beispiel dadurch, daß man für den Asynchronmotor eine ähnliche Kaskadenschaltung verwendet, wie für für den Hauptmotor. Auf derartige spezielle Anordnungen kann jedoch an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

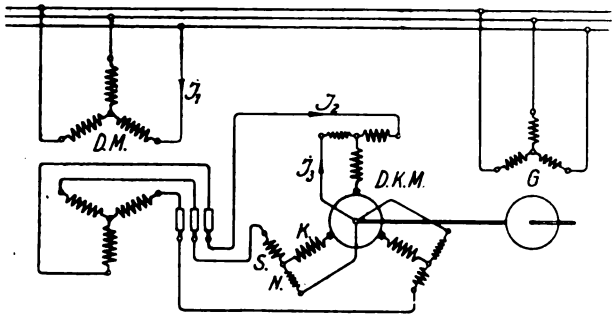


Abb. 2. Kaskadenschaltung von Drehstromasynchronmotor und selbsterregtem Drehstromkollektorserienmotor.

3. Das Kreisdiagramm der neuen Kaskadenschaltung.

Es erleichtert die Aufstellung der Grundgleichungen ein wenig, wenn man sich den Rotorkreis des Hauptmotors und den Kollektormotor zweiphasig geschaltet denkt. Will man außerdem das Problem von Anfang an möglichst allgemein erfassen, so gelangt man zu einer Schaltung der Kollektormaschine nach Abb. 3.

Der Hauptstromkreis (Strom $\dot{J}_2$ beziehungsweise $\dot{J}_2 + \dot{J}_3$) enthält vier in Serie geschaltete Wicklungen, nämlich:

a) die Ankerwicklung,
b) die Kompensationswicklung,
c) die Kompoundierungswicklung und
d) die Phasenkompensierungswicklung.

Der Nebenschlußkreis (Strom $\dot{J}_3$) enthält zwei in Serie geschaltete Wicklungen, nämlich:

α) die Selbsterregungswicklung,
β) die Tourenregelungswicklung.

Natürlich können die beiden Shuntwicklungen *α* und *β* auch zu einer einzigen Wicklung vereinigt werden und ebenso kann es zweckmäßig sein, die Hauptstromwicklungen *c* und *d*, oder *b* und *d* oder *b*, *c* und *d* zu einer einzigen Wicklung zu kombinieren. Für die Aufstellung der Gleichungen ist indessen die angenommene Unterteilung vorzuziehen.

Die Aufgabe der Kompensationswicklung ist es, das Ankerfeld in dem Grade aufzuheben, daß durch Rotation des Ankers in dem Restfelde keine EMK der Drehung erzeugt wird. Es bleibt dann nur der Spannungsabfall der Restimpedanz

$$-(\dot{J}_2+\dot{J}_3)(r_2'-jx_2's).$$

(Alle Reaktanzen x gelten für Netzperiodenzahl. s ist die Schlüpfung des Hauptmotors)

Die Kompoundierungswicklung erzeugt eine Rotationsspannung

$$-c_2\dot{J}_2,$$

die sich gleichphasig zu dem Ohmschen Spannungsabfall ($J_2 r_2$) im Rotorkreis des Hauptmotors addiert

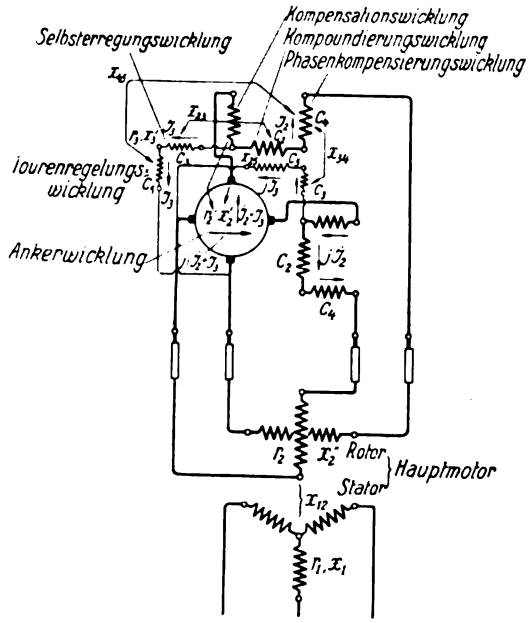


Abb. 3. Wicklungsschema des selbsterregenden Drehstromkollektorserienmotors.

und dadurch die natürliche Schlüpfung ungefähr im Verhältnis

$$\frac{c_2+r_2}{r_2}$$

erhöht (r_2 = Widerstand einer Rotorphase des Hauptmotors + Kompoundierungswicklung + Phasenkompensationswicklung).

Die Phasenkompensierungswicklung erzeugt eine Rotationsspannung

$$-jc_4\dot{J}_2,$$

die dem induktiven Spannungsabfall

$$jx_2''s\dot{J}_2$$

im Rotorkreis des Hauptmotors entgegengerichtet ist und daher (gleich dem gewöhnlichen Phasen-

Digitized by Google

kompensator ohne Ständerwicklung) den Leistungsfaktor bei Belastung erhöht (x_2'' totale Reaktanz einer Rotorphase des Hauptmotors + Kompoundierungswicklung + Phasenkompensierungswicklung).

Von den Nebenschlußwicklungen dient die Selbsterregungswicklung dazu, den Kollektormotor inklusive Hauptmotor bei Synchronismus zu erregen oder zu übererregen. Zu diesem Zwecke muß die von ihm erregte Rotationsspannung

$$c_3 \dot{J}_3$$

dem Ohmschen Spannungsabfall

$$-r_3 \dot{J}_3$$

des gesamten Shuntkreises entgegengesetzt gerichtet sein. Die eventuelle Notwendigkeit der Tourenerregerwicklung, welche die Rotations-EMK

$$j c_5 \dot{J}_3$$

erzeugt, ergibt sich aus den folgenden Rechnungen. Die Impedanzspannung des so geschalteten Shuntkreises ist

$$-\dot{J}_3 (r_3 - j x_3' s).$$

Es ist für die Wirkungsweise der Schaltung von Vorteil, wenn sich der Hauptstromkreis und der Shuntkreis so wenig wie möglich gegenseitig induzieren. Anderseits vereinfacht es die Bauart der Maschine, wenn man die Nebenschluß- und Hauptstromfeldwicklungen auf dieselben Pole wickeln kann. Mit Rücksicht hierauf wollen wir auch die Wechselreaktanzen in die Rechnung einführen und zwar:

x_{23} zwischen Selbsterregungs- und Kompoundierungswicklung,

x_{34} zwischen Selbsterregungs- und Phasenkompensierungswicklung,

x_{45} zwischen Tourenregelungs- und Phasenkompensierungswicklung,

x_{52} zwischen Tourenregelungs- und Kompoundierungswicklung.

Endlich haben wir noch von den Konstanten des Stators des Hauptmotors

r_1 den Ohmschen Widerstand pro Phase

x_1 die totale Selbstreaktanz einschließlich Streufelder und

x_{12} die Wechselreaktanz zwischen Stator und Rotorphasen zu nennen.

Mit diesen Bezeichnungen ergeben sich folgende Spannungsgleichungen in Vektorform:

Für den Statorkreis des Hauptmotors (Strom J_1)

$$\dot{E}_1 = \dot{J}_1 (r_1 - j x_1) - j x_{21} \dot{J}_2 \quad \ldots (1).$$

Für den Hauptstromkreis des Rotors des Hauptmotors

$$0 = -j x_{12} s \dot{J}_1 + \dot{J}_2 [(r_2 + c_2 + j c_4) - j x_2'' s] + (\dot{J}_2 + \dot{J}_3)[r_2' - j x_2' s] + \dot{J}_3 \{-(c_3 + j c_5) + [j(x_{23} + x_{45}) + (x_{34} - x_{25})] s\} \quad (2).$$

Für den Nebenschlußkreis des Kollektormotors:

$$0 = \dot{J}_3 [(r_3 - c_3 - j c_5) - j x_3' s] + (\dot{J}_2 + \dot{J}_3)[r_2' - j x_2' s] + \dot{J}_2 \{(c_3 + j c_4) + [j(x_{23} + x_{45}) + (x_{25} - x_{34})] s\} \quad (3).$$

Zur Abkürzung führen wir folgende neue Bezeichnungen ein:

$$d_2 = r_2' + c_2,$$
$$d_3 = c_3 - r_3',$$
$$x_2 = x_2' + x_2'',$$
$$x_3 = x_2' + x_3',$$
$$y_{23} = x_{23} + x_{45} - x_3',$$
$$y_{34} = x_{34} - x_{25}$$

und erhalten dann die vorigen Gleichungen in der einfacheren Form:

$$\dot{E}_1 = \dot{J}_1 (r_1 - j x_1) - j x_{21} \dot{J}_2 \quad \ldots (1),$$

$$0 = -j x_{12} s \dot{J}_1 + \dot{J}_2 [(r_2 + d_2 + j c_4) - j x_2 s] + \dot{J}_3 [-(d_3 + j c_5) + (j y_{23} + y_{34}) s] \quad \ldots (2a),$$

$$0 = \dot{J}_2 [(d_2 + j c_4) + (j y_{23} - y_{34}) s] + \dot{J}_3 [(r_3 - d_3 - j c_5) - j x_3 s] \quad \ldots (3a).$$

Bei Synchronismus $s = 0$ fällt der Kollektormaschine die Aufgabe zu, sich selbst und den Vordermotor mit Gleichstrom zu erregen. Hierfür ist offenbar (wie auch aus Gleichung *2a* und *3a* abzulesen)

$$\dot{J}_3 r_3 = \dot{J}_2 r_2$$

und daher gemäß Gleichung *2a*

$$r_3 (r_2 + d_2 + j c_4) = r_2 (d_3 + j c_5)$$

oder

$$d_3 - r_3 = r_3 \frac{d_2}{r_2}$$

bezw.

$$c_3 - (r_3 + r_3') = r_3 \frac{c_2 + r_2'}{r_2} \quad \ldots (4),$$

sowie

$$c_5 = c_4 \frac{r_3}{r_2} \quad \ldots (5).$$

Wir sehen also, daß der Grad der Kompoundierung (c_2) die Dimensionierung der Selbsterregungswicklung (c_3) bestimmt (Gleichung 4). Außerdem schreibt Gleichung (5) ein bestimmtes Verhältnis zwischen Phasen-Kompensierungswicklung (c_4) und Tourenregelungswicklung (c_5) vor. Ob diese Wicklungen überhaupt benötig werden, hängt von der gewünschten Leerlauftourenzahl ab, die nicht mehr notwendigerweise mit der synchronen Tourenzahl übereinzustimmen braucht.

Mit Hilfe der Selbsterregungsbedingungen (4), (5) lassen sich d_3 und c_5 aus den Grundgleichungen (*2a*) und (*3a*) eliminieren und man erhält

$$\dot{E}_1 = \dot{J}_1 (r_1 - j x_1) - j x_{21} \dot{J}_2 \quad \ldots (1),$$

$$\left(\dot{J}_3 \frac{r_3}{r_2} - \dot{J}_2\right) \cdot (r_2 + d_2 + j c_4) = -j x_{12} s \dot{J}_1 - j x_2 s \dot{J}_2 + \dot{J}_3 (j y_{23} + y_{34}) s \quad \ldots (2b),$$

$$\left(\dot{J}_3 \frac{r_3}{r_2} - \dot{J}_2\right)(d_2 + j c_4) = \dot{J}_2 (j y_{23} - y_{34}) s - j x_3 s \dot{J}_3 \quad \ldots (3b).$$

Eliminiert man aus den beiden letzten Gleichungen $\dot{J}_3 \frac{r_3}{r_2} - \dot{J}_2$, so ergibt sich eine wichtige Beziehung zwischen den 3 Stromvektoren, welche die Schlüp-

Digitized by Google

fung s nicht mehr enthält:

$$x_{12}\dot{j}_1+x_2\dot{j}_2\left[1+\frac{y_{23}+jy_{34}}{x_2}\cdot\left(1+\frac{r_2}{d_2+jc_4}\right)\right]=$$
$$=x_2\dot{j}_3\left[1+\frac{r_3}{d_2+jc_4}+\frac{y_{23}-jy_{34}}{x_3}\right] \quad . \quad (6).$$

Wir wollen jetzt die analytische Behandlung der Grundgleichungen fortsetzen, indem wir aus Gleichung *2d* und *3b* den Nebenschlußstrom $\dot{j}_3$ eliminieren. Wir erhalten dann zunächst

$$-jx_{21}\dot{j}_2=jx_{12}{}^2\dot{j}_1\times$$
$$(d_2+jc_4)\frac{r_3}{r_2}+jx_3s$$
$$\times\frac{}{(d_2+jc_4)\cdot\left[x_2\frac{r_3}{r_2}-x_3+y_{23}\left(\frac{r_3}{r_2}+1\right)+jy_{34}\left(\frac{r_3}{r_2}-1\right)\right]+r_3(y_{23}+jy_{34})-r_2x_3+j[x_2x_3-y_{23}{}^2-y_{34}{}^2]\cdot s} \quad (7).$$

Dieses Resultat vereinfachen wir durch Einführung folgender Abkürzungen

$$\sigma_{12}=1-\frac{x_{12}{}^2}{x_1x_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8),$$

$$\sigma_{23}=1-\frac{y_{23}{}^2+y_{34}{}^2}{x_2x_3}\ ^1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9),$$

$$\varrho=\frac{r_3}{x_3}\cdot\frac{x_2}{r_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10),$$

$$\frac{1}{\lambda}=\frac{1}{d_2\varrho(1-\sigma_{12})}\left[d_2\left(\varrho-\frac{y_{23}}{x_3}\right)-\right.$$
$$\left.-(d_2+r_2)\left(1-\varrho\frac{y_{23}}{x_2}\right)-c_4\frac{y_{34}}{x_3}\left(\frac{r_3}{r_2}+1\right)\right] \quad (11),$$

$$\mu=\frac{1}{c_4\varrho(1-\sigma_{12})}\left\{c_4\left[\varrho-1+\frac{y_{23}}{x_3}\left(\frac{r_3}{r_2}-1\right)\right]+\right.$$
$$\left.+\left[d_2\left(\frac{r_3}{r_2}+1\right)+r_3\right]\cdot\frac{y_{34}}{x_3}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (12).$$

Außerdem bezeichne s_0 die Schlüpfung bei Leerlauf; auf diese Weise erhält Gleichung (7) die einfache Form

$$-jx_{21}\dot{j}_2=jx_1\dot{j}_1\frac{d_2\varrho+j(c_4\varrho+x_2s_0)+jx_2(s-s_0)}{\frac{d_2\varrho}{\lambda}+j\left(c_4\varrho\mu+x_2\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}}s_0\right)+jx_2\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}}(s-s_0)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

und wenn wir dieses Ergebnis in Gleichung 1 einführen:

$$E_1=J_1\left[r_1-jx_1\left(1-\frac{d_2\varrho+j(c_4\varrho+x_2s_0)+jx_2(s-s_0)}{\frac{d_2\varrho}{\lambda}+j\left(c_4\varrho\mu+x_2\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}}s_0\right)+jx_2\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}}(s-s_0)}\right)\right] \quad . \quad . \quad (14).$$

Die Leerlaufschlüpfung s_0 folgt aus der Bedingung, daß bei Leerlauf $\dot{j}_1$ und $\dot{j}_2$ gleiche oder entgegengesetzte Phase besitzen müssen. Gleichung (13) liefert hierfür

$$\lambda=\frac{c_4\varrho+x_2s_0}{c_4\varrho\mu+x_2\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}}s_0}$$

oder:

$$s_0=-\frac{c_4}{x_2}\varrho\cdot\frac{\lambda\mu-1}{\lambda\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}}-1} \quad . \quad . \quad (15).$$

Für den Leerlaufstrom liefert Gleichung (14)

$$\dot{j}_{10}=\frac{\dot{E}_1}{r_0-jx_0} \quad \text{mit} \quad \begin{matrix} r_0=r_1 \\ x_0=x_1(1-\lambda) \end{matrix} \quad (16)$$

und für den Strom bei unendlicher Tourenzahl

$$\dot{j}_{1\infty}=\frac{\dot{E}_1}{r_\infty-jx_\infty} \quad \text{mit} \quad \begin{matrix} r_\infty=r_1 \\ x_\infty=x_1\left(1-\frac{1-\sigma_{12}}{\sigma_{23}}\right) \end{matrix} \quad (17)$$

oder da σ_{23} nahezu gleich 1

$$x_\infty\doteq x_1\sigma_{12}.$$

Der Punkt P_∞ hat also sehr nahezu dieselbe Lage wie im Kreisdiagramm des Drehstrommotors ohne Kompensator.

Da $r_0=r_\infty=r_1$ sind die Endpunkte beider Stromvektoren auf dem sogenannten „Leerlaufkreis" enthalten, der den Radius $\frac{E_1}{2r_1}$ besitzt und die $j\dot{E}_1$-Achse im Koordinatenanfangspunkt tangiert (Abb. 4).

Ehe ich die analytische Behandlung fortsetze, sind einige allgemeine Folgerungen aus Gleichung (14) zu ziehen. Gleichung (14) hat die Normalform:

$$\dot{j}_1=\dot{E}_1\frac{\dot{a}+\dot{b}(s-s_0)}{\dot{c}+\dot{d}(s-s_0)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18),$$

in welcher $\dot{a}$, $\dot{b}$, $\dot{c}$ und $\dot{d}$ im allgemeinsten Falle komplexe Größen sind. Bei konstanter Primärspannung ist dies die Gleichung eines Kreises, da der Parameter $(s-s_0)$ nur in der ersten Potenz vorkommt. Wir erhalten also bereits aus Gleichung (14) das wichtige Resultat, daß unsere Kaskadenschaltung für den Primärstrom ein Kreisdiagramm liefert, vorausgesetzt, daß die Selbsterregungsbedingung (4), (5) erfüllt wird. Für die Konstanten der allgemeinen Kreisgleichung (18) gilt:

$$a=\frac{1}{\lambda}[d_2\varrho+j(c_4\varrho+x_2s_0)] \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

$$=\frac{d_2\varrho}{\lambda}-jx_2s_0\frac{\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}}-\mu}{\lambda\mu-1} \quad . \quad . \quad (19a)$$

$$=\frac{d_2\varrho}{\lambda}+jc_4\varrho\frac{\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}}-\mu}{\lambda\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}}-1} \quad . \quad (19b),$$

¹) In allen praktischen Fällen ist σ_{23} nahezu gleich 1.

Digitized by Google

$$b = j x_2 \frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}} \quad \ldots\ldots (20),$$

also

$$\left.\begin{aligned} \frac{a}{b} = \alpha + j\beta &= -s_0 \cdot \frac{1-\mu\frac{1-\sigma_{12}}{\sigma_{23}}}{\lambda\mu - 1} - j\frac{d_2\varrho}{x_2\lambda}\cdot\frac{1-\sigma_{12}}{\sigma_{23}} \\ &= \frac{c_4\varrho}{x_2}\,\frac{1-\mu\frac{1-\sigma_{12}}{\sigma_{23}}}{\lambda\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}}-1} - j\frac{d_2\varrho}{x_2\lambda}\,\frac{1-\sigma_{12}}{\sigma_{23}} \end{aligned}\right\} \quad (21).$$

Außerdem ist

$$\left.\begin{aligned} \frac{c}{a} &= r_0 - j x_0 \\ \frac{d}{b} &= r_\infty - j x_\infty \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (22).$$

Für die Mittelpunktskoordinaten ξ_m und η_m und den Radius folgt daraus[2])

$$\left.\begin{aligned} \xi_m &= \frac{E_1}{2}\,\frac{\alpha(r_0 - r_\infty) + \beta(x_0 + x_\infty)}{\alpha(r_0 x_\infty - r_\infty x_0) + \beta(r_0 r_\infty + x_0 x_\infty)} \\ \eta_m &= \frac{E_1}{2}\,\frac{\beta(r_0 + r_\infty) - \alpha(x_0 - x_\infty)}{\alpha(r_0 x_\infty - r_\infty x_0) + \beta(r_0 r_\infty + x_0 x_\infty)} \\ R_m &= \sqrt{\xi_m^2 + \eta_m^2 - \frac{E_1^2\beta}{\alpha(r_0 x_\infty - r_\infty x_0) + \beta(r_0 r_\infty + x_0 x_\infty)}} \end{aligned}\right\} \quad (23).$$

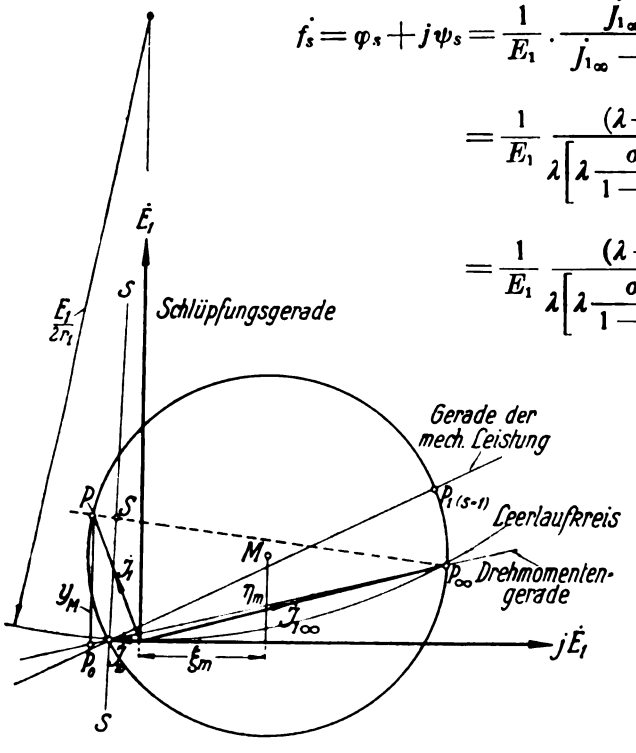


Abb. 4. Kreisdiagramm für den Statorstrom des Hauptmotors.

Jedes derartige Kreisdiagramm hat ein Schlüpfungsgerade (s—s in Abb. 4), welche gestattet, jedem Punkte P des Kreisdiagrammes eindeutig eine bestimmte Tourenzahl zuzuordnen. Um eine ihrer möglichen Lagen nebst dem zugehörigen Maßstab zu erhalten, bringen wir Gleichung (18) auf die Form

$$j_1 = j_{1\infty} + \frac{j_{10} - j_{1\infty}}{1 + \frac{d}{c}(s - s_0)} \quad \ldots (24).$$

Hiernach kann man die Schlüpfungsgerade durch den Leerlaufpunkt P_0 parallel zur Tangente im Punkte P_∞ der unendlichen Tourenzahl ziehen und erhält dann die Schlüpfung aus

$$s - s_0 = \overline{P_0 S}\,.\,|f_s| \quad \ldots\ldots (25)$$

mit

$$|f_s| = \left|\frac{ds}{dj_1}\right| = \left|\frac{\frac{c}{d}}{j_{1\infty} - j_{10}}\right| = \frac{1}{E_1}\left|\frac{J_{1\infty}}{j_{1\infty} - j_{10}}\right| \cdot \left|\frac{a}{b}(r_0 - j x_0)\right| \quad (26).$$

Für unseren Fall liefert dies bei Vernachlässigung des Ohmschen Widerstandes r_1:

$$\left.\begin{aligned} f_s = \varphi_s + j\psi_s &= \frac{1}{E_1}\cdot\frac{j_{1\infty}}{j_{1\infty} - j_{10}}\cdot\frac{x_1}{x_2}\,\frac{(1-\sigma_{12})}{\sigma_{23}}\,\frac{\lambda-1}{\lambda}\,[d_2\varrho + (c_4\varrho + x_2 s_0)] \\ &= \frac{1}{E_1}\,\frac{(\lambda-1)^2}{\lambda\left[\lambda\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}} - 1\right]}\cdot\frac{x_1}{x_2}\left[d_2\varrho - j s_0 x_2\lambda\,.\,\frac{\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}} - \mu}{\lambda\mu - 1}\right] \\ &= \frac{1}{E_1}\,\frac{(\lambda-1)^2}{\lambda\left[\lambda\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}} - 1\right]}\,\frac{x_1}{x_2}\,d_2\varrho\left[1 + j\frac{c_4}{d_2}\lambda\,.\,\frac{\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}} - \mu}{\lambda\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}} - 1}\right] \end{aligned}\right\} \quad (27).$$

Auch der Grad der Kompoundierung läßt sich auf ähnliche Weise ausdrücken. Allgemein gilt nämlich (P_1 = Netzleistung, m_1 primäre Phasenzahl)

$$\left.\begin{aligned} \frac{ds}{dP_1} &= \frac{ds}{m_1\,.\,E_1 J_1\cos\varphi_1} = \frac{1}{m_1 E_1}\,\varphi_s\left(1 + \frac{\psi_s^2}{\varphi_s^2}\right) \\ &= \frac{1}{m E_1^2}\cdot\frac{(\lambda-1)^2}{\lambda\left[\lambda\frac{\sigma_{23}}{1-\sigma_{12}} - 1\right]}\,\frac{x_1}{x_2}\,d_2\varrho\left[1 + \frac{\alpha^2}{\beta^2}\right] \end{aligned}\right\} \quad (28).$$

Außer der Schlüpfungsgeraden hat das Kreisdiagramm des Primärstromes genau wie der Ossannakreis des gewöhnlichen Drehstrommotors eine Gerade des Drehmomentes und der mechanischen Leistung. Die Existenz der Drehmomentengeraden folgt ohne weiteres aus Gleichung (1). Sie geht durch die Punkte des Leerlaufes und der unendlichen Tourenzahl und hat (genau wie im Ossannakreis) den Maßstabsfaktor (Abb. 4)

$$f_M = \frac{M\,\mathrm{mkg}}{y_M} = m_1\,\frac{E_1 - 2\eta_m r_1}{9{\cdot}81\,.\,2\pi\frac{n_s}{60}} \quad \ldots (29)$$

(n_s = synchrone Drehzahl).

[2]) Vgl. Dreyfus, Archiv f. El. Bd. 13, S. 516, Gleichung 26.

Digitized by Google

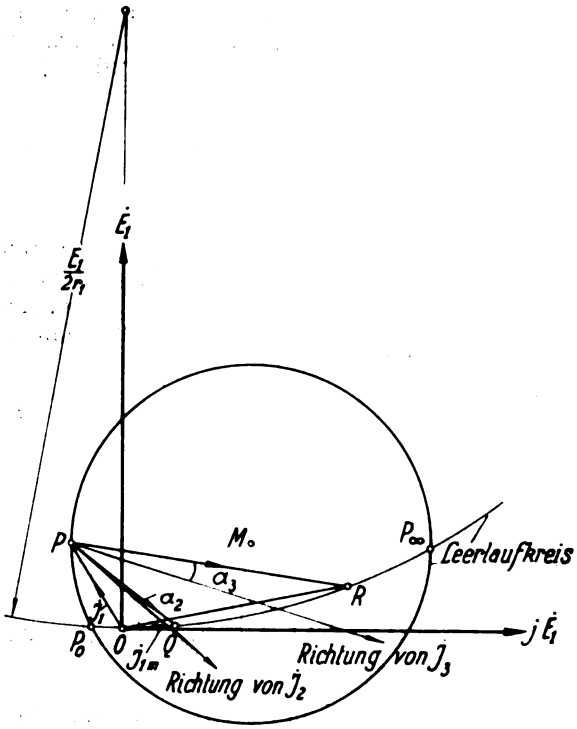


Abb. 5. Darstellung der Ströme im Kreisdiagramm.

Die Gerade der mechanischen Leistung verbindet Leerlauf und Stillstandpunkt P_1. Ihr Maßstabsfaktor kann mit Hilfe der Schlüpfungs- und Drehmomentengeraden leicht ermittelt werden.

Endlich lassen sich auch Sekundärstrom und Shuntstrom dem Kreisdiagramm entnehmen (Abb. 5). Für den Sekundärstrom folgt aus Gleichung 1

$$\dot{J}_2 = \left(\frac{\dot{E}_1}{r_1 - jx_1} - \dot{J}_1\right) \cdot \frac{x_1 + jr_1}{x_{21}} \quad \ldots (30)$$

oder mit

$$\dot{J}_{1m} = \frac{\dot{E}_1}{r_1 - jx_1} = \frac{\dot{E}_1}{\dot{z}_m} \quad \ldots (30a),$$

$$\dot{J}_2 = (\dot{J}_{1m} - \dot{J}_1) \frac{x_1 + jr_1}{x_{21}} = \overline{PQ} f_2 e^{j\alpha_2} \ldots (30b)$$

mit

$$f_2 = \frac{z_m}{x_{21}}, \quad \alpha_2 = \operatorname{arctg} \frac{r_1}{x_1}.$$

Zwecks Darstellung des Shuntstromes muß man auf Gleichung (6) zurückgehen. Setzt man hierin den Wert von J_2 aus Gleichung (30) oder (1) ein, so ergibt sich nach einigen Umformungen

$$\dot{J}_3 = (\dot{J}_{13} - \dot{J}_1) \cdot \frac{x_1 x_2}{x_3 x_{21}} \cdot \frac{\left(1 + j\frac{r_1}{x_1}\right)\left[1 + \frac{y_{23} + jy_{24}}{x_2} \cdot \left(1 + \frac{r_2}{d_2 + jc_4}\right)\right] - (1 - \sigma_{12})}{1 + \frac{r_2}{d_2 + jc_4} + \frac{y_{23} - jy_{24}}{x_2}} = \overline{PR} |f_3| \cdot e^{j\alpha_3} \quad \ldots (31)$$

mit

$$\overline{OR} = \dot{J}_{13} = \frac{\dot{E}_1}{r_1 - jx_1 \dfrac{\sigma_{12} + \dfrac{y_{23} + jy_{24}}{x_2}\left(1 + \dfrac{r_2}{d_2 + jc_4}\right)}{1 + \dfrac{y_{23} + jy_{24}}{x_2}\left(1 + \dfrac{r_2}{d_2 + jc_4}\right)}} \quad (32).$$

Der Endpunkt R des Vektors $\dot{J}_{13}$ ist für $c_4 = 0$, $y_{24} = 0$ genau, für $c_4 \neq 0$, $y_{24} \neq 0$ nahezu auf dem Leerlaufkreis gelegen, was seine Bestimmung erleichtert.

(Schluß folgt.)

Elektrotechnik und Gewerbeinspektion.

Von E. **Honigmann**, Wien.

Neben den von der Handelskammer alljährlich veröffentlichten Darstellungen ist der Bericht der Gewerbeinspektion über ihre Amtstätigkeit das wichtigste Dokument zur zeitgenössischen Wirtschaftsgeschichte. Während aber jene mehr die äußere Gestaltung der kommerziellen und industriellen Tätigkeit in Österreich schildern, so gewährt dieser einen Einblick in die inneren Verhältnisse der Arbeitsstätten. Aus den hieraus gewonnenen Eindrücken kann man nicht nur auf die Sozialpolitik, sondern auch auf die allgemeinen Wirtschaftszustände interessante Schlüsse ziehen.

Wenn man nun im Bericht der G. I. für 1925[1]) eine Zunahme der Verstöße gegen die Arbeiterschutzgesetze konstatiert und als Erklärung vernimmt, daß sie auf die „traurige Wirtschaftslage, in der sich Arbeitnehmer wie auch Arbeitgeber befinden", zurückzuführen sind, so besagt das mehr als manche ausführliche Artikel in politischen Zeitungen, besonders da hinzugefügt wird: „Wenn Not an die Türen pocht und einerseits erhöhter Lohn, andererseits das Erhalten eines rasch und möglichst billig auszuführenden Auftrages in Aussicht stehen, werden auf gut Glück hin auch diese Schutzbestimmungen übertreten!" Wer regelmäßig die Berichte des Gewerbeinspektorates liest, weiß, daß in der Groß- und Mittelindustrie, aber auch in der überwiegenden Anzahl der Kleinbetriebe Österreichs schon seit Jahren vollstes Verständnis für die Arbeiterschutzbestimmungen besteht und deshalb sind derartige Feststellungen für unsere Zeit charakteristisch. Ein Schlaglicht auf diese wirft auch die Tatsache, daß das Angebot an Lehrlingen die Nachfrage bedeutend übersteigt, trotzdem im allgemeinen in Unternehmerkreisen gerade in ungünstigen Perioden die billigere Kraft des Lehrlings vorgezogen zu werden pflegt. Die Gewerbeinspektoren erklären direkt, daß es oft sehr schwierig ist, hier die Einhaltung der Schutzbestimmungen nachdrücklich zu verlangen, ohne dabei den Abschluß des Lehrvertrages oder den weiteren Bestand des Lehrverhältnisses zu gefährden. Allerdings bezieht sich dies in erster Linie auf Handwerks- und nicht auf industrielle Betriebe.

Auffallend ist auch die geringe Zahl der im Berichtsjahr vorgekommenen Neuanlagen und Erweiterungen. Alles in allem wurden in ganz Österreich nur 268 (1924 413) Fabriksanlagen neu errichtet und 227

[1]) Über den Bericht für 1924 vgl. E. u. M. 1926, TWN, Seite 181.

Digitized by Google

(i. V. 330) Betriebe erweitert; dagegen wurden 431 Anlagen gänzlich aufgelassen und 13 Fabriken durch Feuer ganz oder teilweise zerstört. Noch viel ostentativer zeigt sich bei den Handels- und Verkehrsunternehmungen in Wien die schwere Krise. Während nur 570 Neuanlagen und 378 Erweiterungen gemeldet wurden, sind 3353 aufgelassen worden, wobei noch berücksichtigt werden muß, daß wohl alle Neugründungen und Erweiterungen zur amtlichen Kenntnis gelangen, aber nur ein Teil der Betriebsauflassungen. Die positive Anzahl der bestehenden Fabriksbetriebe ist um 175, davon allein 38 in der Maschinen- und 30 in der Metallindustrie gefallen. Lediglich selbständige Kraftzentralen haben sich vermehrt (um 17), was bei dem wachsenden Aktionsradius der elektrischen Großwerke eigentlich Wunder nimmt. Neuanlagen und Erweiterungen aus der Elektrizitätsindustrie werden folgende gemeldet: 1 Unternehmung für Isolationsmaterial zu elektrischen Apparaten (Wien, Aufsichts-Bezirk I), 1 Draht-, Kabel- und Posamentenfabrik (Wien, A. B. II), 7 Elektrizitätswerke (A. B. St. Pölten), 4 ebensolche in Oberösterreich, 1 im A. B. Kärnten, wo auch in einem Stahlwerk ein neuer Elektroofen angeschafft wurde und 5 Zentralen durch Werkstättenzubau, Aufstellung von Akkumulatoren und Vergrößerung des Leitungsnetzes erweitert wurden, 2 im Burgenland. Das bedeutendste neu errichtete Werk ist das Achenseekraftwerk[2]: darüber wird berichtet, daß 7 größere Sprengstoffmagazine, eine umfangreiche Schaltanlage, 2 Materialbahnen mit Dampf- bezw. Benzinlokomotivbetrieb, gegen 30 Hilfsanlagen für den Stollenbau, mehrere Aufzüge, darunter einer für 400 m Höhe bei 6 t Nutzlast, und 4 größere Siedlungsanlagen hergestellt wurden. Die pneumatischen Fundierungsanlagen für das Einlaufswerk, wofür 4 Dieselmotoren von 220 PS und 5 Druckluftpumpen für 28 m³/min aufgestellt wurden, sind im Herbst begonnen worden. Die Überwachung der außerordentlich umfangreichen Bauarbeiten machte bei dem Mangel an Personal dem Inspektorat bedeutende Schwierigkeiten. Über den Fortgang der Arbeiten beim Teigitschwerk[3]) wird ebenfalls eingehend berichtet, auch darüber, daß (im A. B. Leoben) der Zusammenschluß größerer Elektrizitätszentralen die Stillsetzung einiger kalorischer Werke ermöglichte, die Rationalisierung der Betriebe förderte und abgesehen von nennenswerten, erzielten Ersparnissen, den Hochwasserkatastrophen entgegenarbeitete. Aus dem Gewerbeinspektorat Linz wird über die Inbetriebsetzung des Rannawerkes[4]) ausführlicher berichtet und ein von einer landwirtschaftlichen Genossenschaft gebautes Elektrizitätswerk geschildert, das eine Gefällsstufe der Ager ausnützt. Im A. B. Linz wurden drei kleinere Elektrizitätswerke aufgelassen.

Während in früheren Berichten häufiger Beschreibungen von großen Anlagen zu finden waren, die durch Einführung des elektrischen Betriebes modernisiert wurden, sind diesmal nur wenige erwähnt. Interessant ist, daß die fortschreitende Verbilligung des Rohöls einerseits und die steigenden Strompreise andererseits eine merkbare Zunahme der Rohölmotoren bewirkt haben, da sie besonders sparsam arbeiten und selbst den modernen, hochökonomischen Dampfmaschinen vorgezogen werden. So hat die größte Mühle des A. B. Linz eine Kraftanlage mit drei Dieselmotoren erbaut und dagegen eine 250 PS starke Heißdampflokomobile und den vorher bestandenen Elektrizitäts-Netzanschluß aufgelassen, da die Kosten der Neuanlage in weniger als 3 Jahren amortisiert sein werden.

Einige technische Verbesserungen und neue Arbeitsverfahren werden hervorgehoben. So zum Beispiel eine neuartige Betriebsanlage zum Schärfen von Feilen und Raspeln auf elektrochemischem Wege, die nach ungefähr 12stündigem Laugenbade in Trögen mit rotierenden Stahlbürsten gereinigt und nach Abspülung in reinem Wasser mit rotierenden Fiberbürsten geputzt werden. Sie werden dann 5 min lang einem elektrolytischem Säurebad mit regulierbarer Stromstärke ausgesetzt, nochmals gereinigt, getrocknet, appretiert und verpackt. Das galvanische Bad verursacht die Vertiefung ihrer Einkerbungen und die Zuspitzung der abgestumpften Feilenspitzen durch Auflösung des Eisens. Im A. B. Wiener Neustadt wurden zur Beseitigung der verschiedenen Gerüche in einem städtischen Schlachthof und einer größeren Feinkosthandlung Ozonisierungsanlagen eingebaut, die in wenigen Minuten eine Desodorisierung der schlechten Luft besorgen. Im A. B. Klagenfurt wurde eine im Vorjahre neu errichtete Staubkondensation einer Bleihütte mittels Spannung von 80 kV vergrößert, um die aus der Hütte tretenden Abgase zu beseitigen. An einem Gußstahlwerk (A. B. Leoben) wird die Einführung eines sogenannten „elektrischen Pferdes“[5]) erwähnt, das ist eines zweirädrigen Karrens mit Akkumulator und Motor zum Wagenverschub auf der Werksbahn und dem Industriegleise, durch dessen Einführung drei Mann erspart werden. In einer elektrochemischen Fabrik (A. B. Innsbruck) wurde ein neuer Elektroofen von 3000 kVA infolge Aufnahme der Ferro-Siliziumerzeugung aufgestellt. Bei der Ferro-Siliziumfabrikation ergeben sich beim Ofenbetriebe mittels Gleichstrom dadurch Anstände, daß infolge Anwachsens der Ofensohle die Schmelzzone allmählich höher rückt. In einer im gleichen Bezirk bestehenden Fabrik dieser Art wurde bei Aufstellung eines neuen Schmelzofens von 4300 kW zwischen die beiden Elektrodenherde eine wassergefüllte Zwischenwand, bestehend aus zwei Blechkammern von 800 l Inhalt, eingebaut, die mit Dinassteinen und Schlackenmauerwerk verkleidet wurden. Es ist dies zwar keine endgültige Lösung, da kein Material flüssigem Ferro-Silizium auf die Dauer standhält und in Anbetracht der im Ofen herrschenden Temperatur von 3000° und des Stromdurchganges von 26 000 A die Gefahr einer Explosion auf die Dauer nicht ganz ausgeschlossen ist. Vom Gewerbeinspektorat für Bauarbeiten Wien wird die Anwendung von Stoßbohrmaschinen zum Aufbrechen des Betons und Makadampflasters bei den umfangreichen Kabellegungen hervorgehoben. Allerdings sind dieselben für die Mannschaft nicht ohne Gefahr, da bei ihrem raschen Arbeiten eine Berührung der unter der Straßendecke verlegten Hochspannungskabel umsoweniger ausgeschlossen ist, als diese oft sehr seicht liegen und ungenügend geschützt sind.

Vom Standpunkte des Arbeiterschutzes spielt die Beleuchtung der Arbeitsräume und Arbeitsstellen eine wichtige Rolle und es ist auch im Interesse der elektrischen Industrie erfreulich, daß die Inspektoren darauf ihr Augenmerk richten. Bekanntlich bestehen in einigen Ländern bereits eigene Vorschriften über Helligkeit in verschiedenen Räumen, Blendungsschutz und dergleichen[6]). Laut Bericht des Gewerbeinspektorates wurden in größeren Betrieben oft blendende elektrische Beleuchtungskörper gefunden, deren Licht bei der Bedienungsmannschaft nach kurzer Zeit Ermüdungserscheinungen erweckt und sie auch an präziser und rascher Arbeit hindert. Lobend wird eine sehr zweckentsprechende Beleuchtung der Stühle einer Bandweberei hervorgehoben (A. B. Wien II), bei denen die über den Köpfen der Arbeiterinnen seitlich der Stühle angebrachten Glühlampen mit modernen Lichtschirmen ausgerüstet sind.

Daß die Einführung elektrischer Beheizung in Wien (A. B. Wien I) wenig Fortschritte macht, wird auf die zu hohen Stromkosten zurückgeführt. In einem Elektrizitätswerk (A. B St. Pölten) wird die von den Drehstromgeneratoren ausströmende Warmluft in einen Kanal gedrückt und zur Werkstättenbeheizung ver-

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 690 ff.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 557; 1926, S. 728; Das Elektrizitätswerk 1926, S. 126.

[4]) Vgl. „Das Elektrizitätswerk“ 1926, S. 114.

[5]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 302.

[6]) Vgl. „Die Lichttechnik“ 1925, S. 1; 1927, Heft 2, S. 21.

Digitized by Google

wendet. In Steiermark besteht, wie erwähnt wird, ein großer Gasthof mit eigenem Elektrizitätswerke, in dem der überschüssige Nachtstrom zur Aufheizung der in den Fremdenzimmern aufgestellten Wärmeakkumulatoren verwendet wird. In den Kalkmühlen wird das Trocknen des grubenfeuchten Kalks bei feuchtem Wetter durchwegs mittels elektrischer Heizplatten besorgt. In Tirol, wo die Elektrizität in Gewerbe und Haushalt überaus vielseitige Anwendung gefunden hat, stehen acht Elektroden- und vier Widerstandsheizungskessel im Betrieb; die Glüh- und Schmelzöfen in einem Messingwerk wurden mit ausgezeichnetem Erfolge für elektrische Heizung umgebaut. In einer Baumwollspinnerei in Vorarlberg wurden elektrische Öfen im Untergeschoße in Rabitzwandkästen, deren Vorderwand zirka 10 cm vom Boden absteht, aufgestellt und die Warmluft mittels Blechröhren in die Arbeitsräume geleitet, wo sie 2 m über dem Fußboden ausströmt. Infolge der Einführung elektrischer Bügelmaschinenheizungen wurde in einem Stickereibetrieb die Belästigung der Arbeiter durch Gasbügelmaschinen beseitigt. In Druckereien (A. B. Graz) versuchte man die Einführung elektrisch geheizter Schmelztöpfe, welche die Lüftung nicht benachteiligen, sie konnte aber infolge öfter vorgekommener Unterbrechungen in der Stromzuführung nicht beibehalten werden. Schließlich wird bemerkt, daß die Beheizung der bei den öffentlichen Benzinzapfstellen amtlich vorgeschriebenen Unterkunftshäuschen fast durchwegs elektrisch erfolgt.

Wiederholt wird hervorgehoben, daß im allgemeinen die Sicherheitsvorschriften in den elektrischen Anlagen genau beachtet werden und daß nur selten zu Bemängelungen Anlaß war. So wurde zum Beispiel in einer Molkerei (A. B. St. Pölten) ein vollkommen ungesicherter Transformator von 5000/200 V angetroffen, bei welchem die blanke Hochspannungsleitung nächst der unversperrten Zugangstür eine Gefahr für die Mannschaft bedeutete. Im A. B. Leoben kamen wiederholt Unfälle vor, weil die elektrischen Anlagen den Anforderungen nicht entsprachen. Behördlicherseits wird nun streng darauf gesehen, daß beim Verlegen von Leitungen in feuchten Räumen alle Vorschriften hinsichtlich getrennter Verlegung der Drähte, guter Isolierung, Erdung der Metallgehäuse, Ausführung der transportablen Handlampen usw. aufs genaueste eingehalten werden. In einem Lagerhause (A. B. Bregenz) waren die Hauptsicherungen zu stark bemessen und überdies unzugänglich angebracht, wodurch beinahe ein Brand entstanden wäre. Ein Kurzschluß, der die Lichtleitung im Gebälk eines Holzgebäudes bis zum Schmelzen der Isolierrohre erhitzte, wurde durch eine Taube verursacht, welche zwei Zuleitungsdrähte zugleich berührte. Im Burgenland wurde wiederholt beanstandet, daß elektrische Leitungen durch Unbefugte installiert wurden. Im Bericht des Gewerbeinspektorates für 1924 wurde mitgeteilt, daß die Landesregierung Oberösterreich gelegentlich eines Rekurses eines Wasserkraftwerkes die Einhaltung zwölfstündiger Schichten für die Wärter als zulässig erklärt hat. Das Bundesministerium für soziale Verwaltung entschied aber auf die Beschwerde des Gewerbeinspektorates in letzter Instanz, daß die Arbeitszeit der Elektrowärter nicht mehr als 8 Stunden täglich betragen dürfe. Im A. B. Leoben wurde außer beim Kleingewerbe auch bei den kleinen Elektrizitätswerken festgestellt, daß die gesetzlichen Vorschriften über die Arbeitszeit nur ausnahmsweise eingehalten werden. In einem Elektrizitätswerke in Tirol machte die Frau des Wärters abwechselnd mit ihrem Mann auch bei Nacht Dienst, was wohl mehr für ihre Intelligenz als die Sicherheit der Anlage Zeugnis ablegt.

Gewerbeklasse	Gewerbliche Betriebe und sonstige der Aufsicht der Gewerbeinspektion unterstehende Betriebe und Anstalten	Ursachen der Unfälle			
		Motoren:	Elektrischer Strom:		
		Elektrogeneratoren u. Elektromotoren	Berührung stromführender Teile	Kurz- und Erdschlüsse	sonstige Ursachen
I	Gewerbe der Urproduktion	—	1	—	—
II	Hüttenbetriebe	—	—	—	—
III	Industrie in Erden, Steinen, Ton, Glas	—	—	—	4
IV	Metallverarbeitung	1	10	7	5
V	Erzeugung von Maschinen, Apparaten, Transportmitteln	4	22	12	3
VI	Industrie in Holz-, Flecht-, Dreh-, und Schnitzwaren	2	2	—	1
VII	Erzeugung von Waren aus Kautschuk, Guttapercha, Zelluloid	—	—	—	—
VIII	Industrie in Leder, Häuten, Borsten, Haaren, Federn und ähnlichen Materialien	—	1	1	—
IX	Textilindustrie	—	3	1	—
X	Tapezierergewerbe	—	—	—	—
XI	Bekleidungs- und Putzwarenindustrie	—	—	—	—
XII	Papierindustrie	—	—	1	—
XIII	Industrie der Nahrungs- und Genußmittel	1	4	2	—
XIV	Gast- und Schankgewerbe	—	1	1	—
XV	Chemische Industrie	—	3	2	—
XVI	Baugewerbe	—	11	4	2
XVII	Graphische Gewerbe	—	1	—	—
XVIII	Zentralanlagen für Kraftlieferung, Beheizung, Beleuchtung	1	19	13	4
XIX	Industrielle Verrichtungen im Umherziehen einschl. des Sammelns von Naturprodukten	—	—	—	—
XX b. XXIII	Warenhandel	—	—	—	—
XXIV	Verkehrsgewerbe	—	1	—	—
XXV	Sonstige Gewerbe und Gewerbszweige	—	—	—	1
	Summe:	9	79	44	20

Digitized by Google

Auch was die Unfallstatistik berichtet, ist nicht sehr erfreulich. Gegenüber dem Vorjahre fand ein Zuwachs von 3316 Unfällen = 10·9 vH mit fünf Todesfällen statt. In der Gruppe „Zentralanlagen für Kraftlieferungen, Beheizung und Beleuchtung" ist die Anzahl der Unfälle sogar um 29 vH von 199 auf 279 gestiegen, was allerdings auf die Vermehrung der elektrischen Anlagen zurückzuführen ist. Auffallend groß ist die Anzahl der Todesfälle bei den durch den Strom verunglückten Personen; 24 vH der bekannt gewordenen 143 Unfälle endeten letal. Aus der vorstehenden Tabelle ist Näheres darüber ersichtlich. Über einzelne Fälle möge folgendes bemerkt werden. In einem Elektrizitätswerk (A. B. Wien II) entstand an den Klemmen eines 12 PS Motors von 290 V Drehstrom ein Kurzschluß, gelegentlich dessen durch eine herausschlagende Stichflamme ein Arbeiter schwere Brandwunden erlitt, denen er einige Tage später erlag. Bei der Reparatur einer elektrischen Freileitung (A. B. Wien V) übersah ein Streckenmonteur die Abschaltung eines Transformators, nachdem er zwei andere bereits abgeschaltet hatte, er wollte die Ungefährlichkeit der Berührung stromloser Leitungen seinen Arbeitsgenossen vorführen und wurde, da er mit einem stromführenden Leitungsteile in Berührung kam, getötet (380 V Drehstrom). Auch im A. B. Wien VI wurde ein Monteur eines Elektrizitätswerkes gelegentlich einer Reparatur einer noch stromführenden Leitung tödlich verletzt. Das Gleiche wird von einem Monteur (A. B. Wiener Neustadt) bei Arbeiten im Transformatorenhaus berichtet. Im A. B. St. Pölten wurde ein Elektrotechniker auf einem Ölschalter von 5000 V liegend, tot aufgefunden. Ein weiterer tödlicher Unfall ereignete sich im A. B. Linz infolge unbefugten Betretens einer 110 kV führenden Schaltzelle gelegentlich der Vornahme von Reinigungsarbeiten. Im A. B. Leoben arbeitete ein Obermonteur in einer unter Spannung (5000 V) stehenden Transformatorenstation und erlitt infolge Berührung der Trennmesser an verschiedenen Körperstellen Brandwunden; er fiel scheinbar leblos auf den Boden, wurde aber infolge sofort veranlaßter Wiederbelebungsversuche gerettet. Im A. B. Klagenfurt verunglückte ein Monteur, der mit einem Bergmann-Isolierrohr im Hochspannungsraum (20 kV) in Berührung kam, ein anderer, der an einem Maste arbeitete, wurde durch verfrühte Stromeinschaltung getötet, ein dritter stellte mit einer Glühlampe Kurzschluß her und erlitt Verbrennungen an Händen und Gesicht. Mehrere ähnliche Fälle werden noch berichtet. Die Inspektionsbeamten sind der Ansicht, daß zahlreiche Unfälle auf die vollkommene Unkenntnis der Gefahrenquellen zurückzuführen seien, und empfehlen in den Schulen entsprechende Aufklärung, damit die Bevölkerung bereits in der Kindheit die landläufigsten Unfallsursachen kennen lernt; ferner Merkblätter mit Warnungen, die bei Eltern und Schülern zu verbreiten wären und dergleichen mehr. Erfreulich hingegen ist, daß die Zahl der Unfälle beim Bau der gewaltigen hydroelektrischen Anlagen im Hochgebirge und den von Bergbahnen in Anbetracht ihrer großen Gefahren verhältnismäßig gering ist, obwohl an die Kraft, Geschicklichkeit und Ausdauer der Leute dabei oft ganz außerordentliche Anforderungen gestellt werden.

Berufskrankheiten gibt es in der Elektroindustrie eigentlich nur bei der Fabrikation von Akkumulatoren. Obwohl alle Vorsichtsmaßregeln getroffen werden, lassen sich doch Bleivergiftungen (Bleisaum, Zahnfleischentzündungen, Koliken und dergleichen) nicht ganz vermeiden. Bei den Elektroschweißern kommen in der ersten Zeit ihrer Beschäftigung Bindehautveränderungen vor; eine dauernde Schädigung der Augen wurde nirgends konstatiert; die verwendeten farbigen Schutzgläser werden also als zureichender Schutz erachtet. Bei den Filmaufnahmen mit hartem Kohlenbogenlicht sind nur die Augen der Schauspieler, nicht aber die der Arbeiter gefährdet. Das weiche Quecksilberlicht verursacht infolge seines Reichtums an ultravioletten Strahlen Hautentzündungen, so daß von ärztlicher Seite neben Brillen auch die Benutzung von Handschuhen empfohlen wird. Eine eigentümliche, noch nicht aufgeklärte Erscheinung zeigte sich bei Frauen, die in der Packerei einer Drahtstiftenerzeugung (A. B. Klagenfurt) im Magnetfeld eines starken Elektromagneten arbeiteten; sie erlitten auffallende Störungen des Allgemeinbefindens, zeigten Schwäche, Blässe der Haut und Müdigkeit, ohne daß man wissenschaftlich die Ursache davon feststellen konnte.

Wenn der Bericht der Gewerbeinspektoren leider ein wenig erfreuliches Bild der Lage auf unserem wirtschaftlichen und Arbeitsmarkte entwirft, so sollen doch zum Schluß auch jene Bestrebungen nicht unerwähnt bleiben, die auf eine Minderung der Krise hinzielen. Die Industrie schreitet vielfach zur Selbsthilfe, indem sie sich bemüht, die Produktion zu verbilligen, durch Zusammenlegung mehrerer Betriebe die Konkurrenz zu vermindern und durch Spezialisierung die Fabrikation zu rationalisieren. Das Bestreben, die Benutzung fremden Betriebskapitals, dessen Zinsen kaum zu verdienen sind, herabzusetzen, führte dazu, den Umfang der Produktion in Einklang mit den eigenen Geldmitteln zu bringen und sie lieber zu vermindern als mit Schaden auf der alten Höhe zu belassen. Stellenweise konnte auch ausländisches Kapital zu günstigeren Bedingungen erlangt werden. Die Bedeutung der Verbesserung der Betriebseinrichtungen und Erzeugungsmethoden kam mehr und mehr der Allgemeinheit zum Bewußtsein. Ganz besonders aber wurden die Bemühungen gesteigert, für die durch die Absperrung der Nachbarstaaten verlorengegangenen Absatzmärkte in anderen, auch außereuropäischen Ländern Ersatz zu finden. Anstatt der Auszahlung von Arbeitslosenunterstützungen erwägt man produktive Erwerbslosenfürsorge im Wege von Lohnzuschüssen an die Unternehmer; dringend wird auch die Vermehrung öffentlicher Arbeiten verlangt. Der Zuwachs jugendlicher Arbeitskräfte soll vom Arbeitsmarkte durch Verlängerung des schulpflichtigen Alters ferngehalten werden und schließlich sucht man dem Arbeitslosenproblem durch Förderung der Auswanderung näherzukommen, obwohl diese Lösung stark umstritten ist.

Rundschau.

Stromverteilung.

Das Unterwerk Pasing der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. H. Schmitt. Das Gebiet des Hauptbahnhofs München mit den darin einmündenden Fernstrecken stellt schon im jetzigen Zustand der Elektrisierung ein großes Verbrauchsgebiet dar, das mit fortschreitender Ausdehnung des elektrischen Bahnbetriebs seinen Verbrauch noch weiter erhöhen wird. Mit Rücksicht auf Verbilligung des Betriebes und Erhöhung der Sicherheit durch Schaffung von Umschaltmöglichkeiten wurde in Pasing eine große Unterstation eingerichtet, in welche vier Doppelleitungen aus dem 110 kV Netz Einphasenstrom $16^2/_3$ Per/s einmünden und 20 Speiseleitungen 16·5 kV auslaufen sollen. Das Fahrleitungsnetz ist somit weitgehend in von einander unabhängige Speisebereiche unterteilt, zu denen neben den Fernstrecken auch der Personen- und der Güterbahnhof München gehört. Von den für den vollen Ausbau vorgesehenen 6 Transformatoren 5000 kV 115/17·25/16·5 kV

Digitized by Google

sind bisher 3 aufgestellt. Um spätere Zubauten unter Betrieb zu vermeiden sind die Hochbauten sofort für den endgiltigen Zustand fertiggestellt worden. Die 110 kV Sammelschienen sind doppelt vorgesehen und durch einen Kupplungsschalter getrennt. Die 16·5 kV Schienen sind ebenfalls doppelt und einmal durch einen Kupplungsschalter halbiert und jede Hälfte durch 3 Trennschalter weiter unterteilt. Die Erdschlußprüfung eines Speisebezirks erfolgt mittels Prüfschalter und des betriebsmäßig spannungslosen Teils der Reservesammelschiene. Von der einen Sammelschienenhälfte sind 2 Umformer zur Erzeugung von Drehstrom 5000 V 50 Per/s gespeist, die den Bedarf des Bahnbetriebes und der Bahnwerkstätten decken. Sie werden über 2 Transformatoren mit Einphasenstrom 220 V 16⅔ Per/s betrieben. Die Gleichstrom-Erregung sowie der Arbeitsstrom für die Fernbetätigungen werden einer Sammlerbatterie entnommen.

Die Baulichkeiten bestehen neben den getrennt liegenden Wohn-, Neben- und Werkstattgebäuden aus einem Hochspannungsschalthaus mit angebautem Transformatorenhaus und einem parallelliegenden Niederspannungshaus, an das gegen das Hochspannungshaus zu der Schaltdienstraum angebaut und durch das Stiegenhaus getrennt ist. Die räumliche Austeilung der elektrischen Anlage ist sehr übersichtlich. Die Primärleitungen laufen parallel in das Obergeschoß ein und werden zu den Einführungs-Ölschaltern geführt, für die 8, gegen den innen mit Gleis versehenen Gang offene Zellen für je 2 Kessel vorgesehen sind. In der Mitte liegt die Zelle des Kupplungsschalters. Über diesem Gang liegen im Oberstock die 110 kV Doppelschienen. Jenseits dieses Ganges stehen die Transformatoren-Schalter je einer in dem Intervall zwischen 2 Primärleitungen, ebenfalls gegen den Mittelgang zu offen. An der Zellenrückwand entlang führt wiederum ein Längsgang, hinter dem die 6 Transformatorzellen außen, in der Mitte die Sammler- und Werksumformerzellen liegen, zwischen denen ein Durchgang quer durch das ganze Gebäude geht. Eine Brandmauer teilt hier das ganze Hochspannungshaus in zwei Teile. Die Transformatoren können nach außen ausgefahren und über ein Gleis weggeführt werden. Im Niederspannungshaus, das nach dem Kammersystem gebaut ist, liegen die Ölschalter in 2 Reihen von Kammern, die gegen den mittleren gemeinsamen Bedienungsraum vermauert sind. Die Kammertüren öffnen sich bei innerem Überdruck gegen die beidseitigen äußeren Verbindungsgänge, die wieder Gleise haben. Wie im Hochspannungshaus liegen über dem Mittelgang im Oberstock die Sammelschienen und längs der Außenwände die Trennschalter. Das Schalthaus ist ebenerdig und enthält zwei bogenförmig angeordnete Betätigungs-Tafeln für Hoch- und Niederspannung, dahinter die weiteren Schränke für Relais, Zähler usw. Die Verbindungskabel für Meß- und Betätigungszwecke sowie für die Werksleitungen liegen an der Decke des geräumigen Kellers. Sämtliche Ölschalter werden durch Gleichstrom fernbedient, die Trennschalter von Hand. Für die Niederspannungstrennschalter sind die Betätigungen in den Schalterbedienungsgang herausgeführt und neben der Ölschalterbetätigung angeordnet. Sämtliche Schalterstellungen werden durch Signallampen im Betätigungsraum angezeigt. Jede Abschaltung eines Ölschalters bringt außerdem eine Hupe zum Ertönen. Der Entwurf und die ganze Einrichtung der Unterstation rührt von der AEG her. Der Hochbau wurde im Juli 1923 begonnen und als Rohbau im Juli 1924 fertig. Im April 1924 konnte mit dem Einbau der elektrischen Anlage begonnen werden; das Unterwerk steht seit Februar 1925 ständig im Betrieb. Wl.

(AEG-Mitteilungen, Heft 10, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Fortschritte in der Aufklärung der Gewittereinflüsse auf Leitungsanlagen. Der von Professor A. Matthias auf der letzten Hauptversammlung des VDEW in Wiesbaden gehaltene Vortrag sollte Aufschluß geben über die von der Studiengesellschaft für Höchstspannungen eingeleiteten Versuche zur Erkenntnis der Gewittereinflüsse. Aufbauend auf die Untersuchungen von H. Norinder[1]) sollen die luftelektrischen Verhältnisse für sich und in ihrer Einwirkung auf die Hochspannungsleitungen, sodann die Schutzeinrichtungen derselben untersucht werden. Über Anregung von Prof. M. Toepler wurde an zahlreiche Anlagen magnetisierbare Stäbchen verteilt, die in die Nähe von wahrscheinlichen Blitzeinschlagsstellen (Blitzableitern) gelegt und beim Einschlagen des Blitzes magnetisiert werden. Aus der Stärke der Magnetisierung kann auf die aufgetretenen Stromstärken, in einem tatsächlichen Fall auf mehrere 10 000 A, geschlossen werden. Bei der Betrachtung der Blitzvorgänge ist festzustellen, daß größere Netze nur dann durch Wanderwellen Beschädigungen erleiden, wenn der Vorgang sich in kürzerer Zeit abspielt, als zur Ausbreitung der Ladung über das Netz erforderlich wäre. Die Höhe der Wanderwelle ist von der Dauer, der Höhe des Sprunges der Feldstärkenänderung, der Leitungslänge und der Höhe der Leitung über Erdboden abhängig. Da die zur Messung der Feldstärkenänderung gebräuchlichen Geräte nicht genügend rasch arbeiten, wurde zur unmittelbaren Messung der Höhe der Feldstärke ein neues Gerät nach den Angaben des Vortragenden gebaut. Hiebei werden zwei leitende Flächen auf einer 2·5 m langen Walze, zwischen denen ein Oszillograph eingeschaltet ist, in rasche Drehung (3000 U/min) versetzt; die Amplitude des von der Umladung der Belege herrührenden Wechselstromes ist der Feldstärke proportional. Eine Abänderung dieses Gerätes gibt eine rechteckige Stromkurve, die mit einem Gleichstromgerät gemessen werden kann. Zur Messung wird dieser Wechselstrom je nach Bedarf auf das 10 bis 100fache verstärkt. Die Geräte können schließlich auch durch Messung des Summenstromes beider Belege zur Messung des zeitlichen Verlaufes der Feldänderung verwendet werden. Die Versuchsanlage mit einer längeren 100 kV Versuchsstrecke in Friedrichsfelde bei Berlin ist jetzt aufnahmebereit und soll parallel zu der bestehenden Anlage in Wünse in erster Linie die Gewittereinflüsse in einer betriebsmäßigen Anlage verfolgen. Es ist hier ein Kathoden-Oszillograph mit einer besonderen Vorrichtung zur Inbetriebsetzung desselben bei Eintreffen einer Wanderwelle nach Bauart Gabor aufgestellt. Der Kathodenstrahl bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 800 km/sec über die Platte, ist also befähigt, selbst die raschesten Vorgänge aufzuzeichnen[2]).

Die Beobachtungen, die der Studiengesellschaft von den Werken eingesandt wurden, bilden die Unterlage für die Gewitterforschung. Sie sind sehr eingehend nach einem ausführlichen Vordruck mitgeteilt worden. Als Schlußfolgerung aus diesem Material läßt sich feststellen: gleichmäßige Netzaufladungen kommen praktisch nicht vor, die Schäden treten rein örtlich auf, was auf Stoßwirkung schließen läßt. Die Wirkungen in den Stationen deuten auf Wanderwellen-Zurückwerfung hin. Die Leitungen werden äußerst selten von mittelbaren Blitzschlägen getroffen, bei den meist vorkommenden unmittelbaren Blitzschlägen wird, wenn überhaupt, gewöhnlich nur eine Phase getroffen. Häufiger sind Blitzschläge in die Maste; die großen Stromstärken von einigen 10 000 A bewirken durch den Widerstand der gewöhnlich angewandten Erdungen einen solchen Spannungsabfall, daß die Isolatorenüberschlagsspannung überschritten wird und ein Überschlag stattfindet. Ungeerdete Holzmaste begrenzen durch ihren großen Widerstand den nachfolgenden Erdschlußstrom, was jedoch ohne praktische Bedeutung ist, da bei solchen Vorgängen der Mast meist zertrümmert wird. Auffallend häufig sind Überschläge zwischen Transformatoren und vorgeschalteter Schutzdrosselspule, wogegen die Überbrückung der Spule durch einen hochohmigen Widerstand abhelfen dürfte oder Ableiter für Hochfrequenz, welche die hinter der Drossel auf-

[1]) E. u. M. 1924, Seite 121.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 157.

Digitized by Google

tretenden hochfrequenten Schwingungen, die nur eine geringere Energie besitzen, ableiten. Im Nullpunkt von Transformatoren treten oft Schwingungen auf, und zwar sowohl bei offenem Nullpunkt wie bei angeschlossener Erdstrom-(Petersen)Spule. Übertragung der Stoßspannung von der Nieder- auf die Hochspannungsseite eines Transformators, und zwar im Übersetzungsverhältnisse desselben, wurden öfters beobachtet. Eine verläßliche Schutzwirkung des Überspannungsschutzes wurde selten festgestellt, denn mindestens ebenso häufig wie er bestimmungsgemäß gewirkt hat, hat er trotz Ansprechens den Schaden nicht verhütet. Als Ergebnis der bisherigen Arbeiten stellt der Vortragende fest: Geräte zur Ableitung gleichmäßiger Aufladungen gegen Erde dürften in größeren Netzen überflüssig sein. Gegen schnelle Vorgänge, die aber noch nicht als Wanderwellen anzusprechen sind, wird eine geeignete Erdung des Nullpunktes der Transformatoren vorgeschlagen. Schutzgeräte gegen Wanderwellen haben gute Aussichten auf Erfolg. Schutzdrosselspulen müssen unbedingt überbrückt werden, es sind allenfalls noch Hochfrequenzableiter hinter diese zu schalten. Die Arbeiten zu weiterer Forschung werden angestrengt fortgesetzt. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 413, 1926.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Über elektrische Einrichtungen von Stahlwalzwerken. Die Überlegenheit des elektrischen Antriebes offenbart sich bei Drahtwalzwerken, die von J. D. Wright besprochen werden, in der Tatsache, daß seit der Aufstellung des ersten elektrisch betriebenen Walzwerkes im Jahre 1905 keine dampfgetriebenen mehr gebaut und vier von Dampf- auf elektrischen Antrieb umgebaut wurden. Bei den Drahtwalzwerken bildeten sich zwei Typen heraus, die von W. Garret vervollkommnete nicht kontinuierliche und die kontinuierliche. Die ältere Ausführung jener bestand aus einer Vorstrecke mit einem Trio- und einem Duogerüst und mehreren 3 bis 4 gerüstigen Fertigstrecken, die der Draht in Schlangenwindungen durchläuft und die entsprechend der Längung des Walzgutes fortlaufend höhere Geschwindigkeiten erhalten, wodurch die Schlingenbildung des Drahtes vermieden werden kann. Das Umlenken des Drahtes in das nächste nebenstehende Gerüst besorgen Rückführvorrichtungen, so daß nur das richtige Einführen in das nächste Kaliber von Hand erfolgt. Es wird einigemale wechselnd von Quadrat- auf den Ovalquerschnitt gewalzt, um in den letzten Kalibern von Oval, auf den Kreisquerschnitt überzugehen. Die nächste Verbesserung war der Ersatz der Trio-Vorstrecke durch eine kontinuierliche Straße; schließlich ging man auf die ganz kontinuierlichen Walzwerke über, bei denen Walzdurchmesser, Walzendrehzahl und Kaliber der einzelnen Gerüste sorgfältigst abgestuft werden müssen, um Schleifenbildung oder Zerrung des Materials zu vermeiden. Kontinuierliche Walzwerke erhalten meist einen gemeinsamen Motor, der über eine durchlaufende Welle und Kegelräder die Gerüste treibt. Garretwalzwerke haben getrennte Motoren entweder für jede Strecke oder für Gruppen von Strecken, wobei Ausführung einzelner derselben mit Drehzahlregelung den Vorteil nachträglicher Anpassungsmöglichkeit gibt. Garretwerke verarbeiten meist quadratische Knüppeln von (4 Zoll) 10 cm Seitenlänge, etwa 75 kg, kontinuierliche Werke dagegen wegen des schnelleren Arbeitsganges und geringeren Temperaturverlustes etwa 140 kg schwere Knüppeln von 4·5 cm Seitenlänge und dementsprechend bedeutend größerer axialer Länge. Für eine 16 gerüstige Straße, die solche Knüppeln zu Drähten Nr. 5 (0·53 mm Durchmesser) bei einer Endgeschwindigkeit von 1000 m/min in zwei gleichzeitigen Strängen verarbeitet, ist ein 4000 PS Motor angemessen. Synchronmotoren sind hiefür noch nicht angewendet, werden aber empfohlen. Garretstraßen verbrauchen bei Lieferung von Drähten Nr. 5 etwa 180 bis 220 kWh/t, kontinuierliche Straßen dagegen nur 90 bis 125 kWh/t.

Über Kaltwalzen von Stahlbändern berichtet C. B. Huston: Zwecke des Kaltwalzens sind: Erreichung von kleineren Stärken, genauere Einhaltung der Stärke, glatte Oberfläche, Härtung. Die normalen Bandbreiten liegen zwischen 15·25 und 61 cm. Das Material kommt von den Heißwalzen und wird ebenso wie nach jedem Ausglühen in Rollen gebeizt, dann entgegengesetzt gerollt, nochmals gebeizt, damit die Säure in jede Falte gelangt; darauf in ein Wasserbad getaucht, schließlich in eine Seifenlösung, die auch einen vor Rost schützenden Zusatz enthält. Ohne Glühen können vier Stiche gewalzt werden, wobei eine Dickenabnahme von etwa 50 vH erreicht wird; daher werden vier Duogerüste hintereinander zu einem Satz aufgestellt und das Band kontinuierlich durchgewalzt. Die Einstellung der Oberwalze geschieht von Hand. Ein zusätzliches Gerüst für jeden Satz besorgt in ein bis zwei Durchgängen das Polieren und die genaue Kalibrierung. Jedes Gerüst wird durch einen eigenen Gleichstrommotor über ein Zahnradvorgelege angetrieben. Die Motoren sind zwischen 25 und 300 PS für 400 U/min, im Nebenschluß regelbar bis 800 U/min, 230 V, normalisiert. Die Schaltung erfüllt folgende Bedingungen: 1. Arbeiten mit jedem Gerüst getrennt, mit Gerüst 1, 2 und 3, 4 in Tandem, mit 1, 2, 3 in Tandem und 4 getrennt, mit allen vieren in Tandem. 2. Anlassen, Abschalten, Drehzahlregeln durch Druckknöpfe. 3. Bei Ausfallen eines Motors werden alle mit ihm in Tandem befindlichen abgeschaltet, das Wiederanlassen geschieht in der richtigen Reihenfolge, damit bei einer Betriebsunterbrechung, bei der Material zwischen den Walzen steckt, dieses keine Zerrung oder Schleifenbildung erleidet. 4. Selbsttätige Rückkehr zur früheren Drehzahl nach einer Betriebsunterbrechung. 5. Rasches Anfahren mit dem höchsten durch die Überstromauslösung begrenzten Strom. 6. Unabhängige Drehzahleinstellung jedes Gerüstes. 7. Bewegungsumkehr zum Entfernen eines stecken gebliebenen Stückes. 8. Volles Feld beim Anlauf. 9. Schutz gegen zu schwaches Feld. 10. Überstromauslösung. 11. Spannungsrückgangauslösung. Bei den selbsttätigen Schützanlassern werden sehr einfache Zeitrelais verwendet. Eine Ruhestromspule zieht gegen eine Federkraft einen Anker an. Bei Betätigung wird die Spule kurzgeschlossen; ihr Strom und damit das Feld klingt entsprechend der verhältnismäßig großen Zeitkonstante langsam ab. Sobald die magnetische Kraft unter die Federkraft sinkt, reißt der Anker ab. Die Verzögerungszeit kann also durch Änderung der Federkraft eingestellt werden, und zwar je nach Ausführung zwischen 0·4 und 1 oder 0·4 und 2 sec.

H. A. Winne beschreibt einen zum Antrieb einer kontinuierlichen Knüppelstraße bestimmten dreiphasigen Synchronmotor von 9000 PS, bis $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ voreilend, 107 U/min, 6600 V, 25 Per/s. Mit dieser Dauerleistung übertrifft er sämtliche in der Industrie der Vereinigten Staaten von Nordamerika aufgestellte Motoren. Die Dämpferwicklung wurde mit besonderer Sorgfalt entworfen, damit bei möglichst hohem Stillstandsmoment doch auch noch bei 95 vH synchroner Drehzahl, bei der das Intrittfallen des Motors verläßlich erfolgt, ein genügend reichliches Moment entwickelt wird. Die Erregerwicklung wird über einen Widerstand geschlossen, wodurch das asynchrone Moment bei hoher Drehzahl wesentlich erhöht wird, allerdings bei kleiner Verminderung des Stillstandsmomentes, weil die hohe Selbstinduktion der Erregerwicklung bei der hohen Periodenzahl im Stillstand ungünstig wirkt. Bei voller Netzspannung und offener Erregerwicklung ist das Stillstandsmoment 350 vH, der Strom 520 vH, das Moment bei 95 vH der Synchrondrehzahl 50 vH, der Strom 90 vH der Nennwerte; bei geschlossener Erregerwicklung sind die entsprechenden Werte 290 vH und 580 vH, bezw. 160 vH und 180 vH. Obwohl der Motor Anlassen mit voller Spannung aushielte, wird zur Entlastung des Netzes mit erniedrigter angelassen. Die Anfahrbedingungen werden durch die verhältnismäßig niedrige Polzahl bei 25 Per/s begünstigt, wie folgender Vergleich zweier 100 touriger, 7000 PS-Motoren zeigt:

Digitized by Google

	60 Perioden-Motor, vH	25 Perioden-Motor, vH
Stillstandsmoment bei voller Spannung	125	280
kVA hiebei	340	555
Moment bei 95 vH der Synchrondrehzahl bei voller Spannung	50	130
kVA hiebei	150	165

Die Stoßleistung beträgt 250 vH. (Bei welcher Erregung ist nicht angegeben. Der Ber.) Günstig ist bei Synchronmotoren das bloß lineare Abfallen des Stoßmomentes mit der Spannung gegenüber dem quadratischen bei Asynchronmotoren. Uber den Wirkungsgrad liegen folgende Vergleichszahlen vor:

9000 HP, 107 U. p. min., 25 Per/s		¼-Last	½-Last	¾-Last
Synchronmotor (cos φ = 1)	vH	97·3	97·0	96·1
Asynchronmotor	„	95·5	95·5	94·9
1500 HP, 300 U. p. min., 25 Per/s		**¼-Last**	**½-Last**	**¾-Last**
Synchronmotor (cos φ = 0·8)	vH	94·2	93·6	92·1
Asynchronmotor	„	93·0	92·5	90·5

(Ob die Verluste der Erregermaschine berücksichtigt sind, ist nicht angegeben. Diese machen schätzungsweise 0·3 bis 0·4 vH im Wirkungsgrad der Synchronmaschinen aus. Der Ber.)

Die Anschaffungskosten des Synchronmotors mit Zubehör sollen noch etwas geringer sein als die eines entsprechenden Asynchronmotors mit Zubehör.

Erwähnt wird noch eine Synchronmotorbauart (super synchronous-motor) mit drehbar gelagertem und durch eine Bremse festzuhaltenden „Ständer". Beim Anlassen wird der „Ständer" bei offener Bremse angeschlossen; nachdem er in Synchronismus gekommen ist, wird er durch die Bremse allmählich festgehalten und so die Rotation auf den Läufer übertragen, dessen Anlaufmoment also bis zum synchronen Kippmoment gesteigert werden kann. Außer einer Reihe von Zementmühlen wurden auch zwei Messingstrecken mit solchen Motoren, und zwar je von 500 PS Dauerleistung, ausgerüstet.

In der Erkenntnis, daß das Ausfallen eines Hilfsantriebes die ganze Produktion eines Walzwerkes ausschalten kann, wird den Steuergeräten und ihrer Reserve nach einem Aufsatze von F. D. Egan besonderes Augenmerk zugewendet. Die auf Schalttafeln untergebrachten Steuergeräte sind für 150, 300, 600, 900 A Gleichstrom, 230 V, normalisiert. In der Steuerbude sind die Meisterschalter, die eine Null-, eine Vorwärts- und eine Rückwärtsstellung haben. Das Anlassen geschieht selbsttätig durch von Zeitrelais betätigte Schützen. Auf jeder Schalttafel sind: 1 einpoliges Hauptschütz, je 2 Richtungsschütze für jede Drehrichtung, 3 Anlaßschütze mit ihren Zeitrelais, 1 vierpoliger Hauptstrom- und 1 fünfpoliger Hilfsstromumschalter. Bis zu 12 solche Schalttafeln gleicher Stromstärke sind zusammengefaßt und durch eine gleiche Reservetafel ergänzt. Der Sockel der Meisterwalze trägt zwei Kontaktreihen; die Meisterwalze jedes Motors kann entweder auf die linke oder auf die rechte Kontaktreihe ihres Sockels durch Flügelmuttern befestigt werden. Durch Umlegen der oben beschriebenen Umschalter von links nach rechts und durch Aufsetzen der Meisterwalze auf die rechten statt auf die linken Kontakte ihres Sockels wird der betreffende Motor von seinen Apparaten weg auf die des Reservefeldes geschaltet; denn die rechten Kontaktreihen der Umschalter und der Meisterwalzensockeln sind mit denen der anderen Felder einschließlich des Reservefeldes verbunden. Die Anlaßwiderstände sind aus Gußelementen von nicht mehr als vier verschiedenen Größen durch entsprechende Schaltung aufgebaut.

Selbsttätige Umformerstationen finden auch in Stahlwerken immer mehr Verbreitung, wobei hier besonders das Moment der unterbrechungslosen Umschaltung auf einen Reserveumformer oder auf eine Reservespeiseleitung im Falle einer Störung als entscheidend für die Wahl solcher Anlagen hervortritt. Bei Ausbleiben der Spannung für wenige Sekunden läuft der Umformer durch Schwung weiter und wird auch aus 70 vH der Synchrondrehzahl noch in Tritt gezogen. Leng.

(Gen. Electric Review, Bd. 29, Nr. 6, 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die Nutzbremsung bei der Zugförderung mit Gleichstrom. In einer der Versammlung der Société Française des Electriciens zu Grenoble 1925 vorgelegenen Arbeit behandelt M. Konn, Ingenieur der Cie. Franc. Thomson-Houston, die Grundlagen der Nutzbremsung bei Gleichstrom. Die Arbeit untersucht die Wirkungsweise und die betrieblichen Eigenschaften der für den Vollbahnbetrieb mit Serienmotoren in Betracht kommenden Anordnungen mit Fremderregung, wie sie erstmalig 1915 auf der Chicago—Milwaukee—St. Paul-Bahn und seither mehrfach Anwendung gefunden haben, am Beispiele der 1 Co — Co 1-Güter- und Personenzuglokomotiven der Cie. Franc. Thomson-Houston für die Paris—Lyon — Med.-Bahn (sechs Tatzenlagermotoren von je 400 PS/h, 1500 V Fahrleitungsspannung, 16 t Achsdruck, maximal 80 km/h).

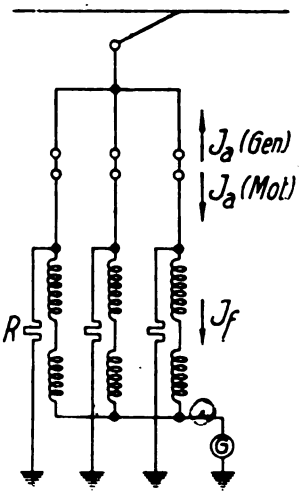


Abb. 1.

Der Vorzug der Nutzbremsung überhaupt ist nebst dem Rückgewinn an Energie und der Ersparnis verschleißender Teile vor allem in der verläßlichen Geschwindigkeitsregulierung bei der Talfahrt zu suchen, die es ermöglicht, die zulässige Streckengeschwindigkeit voll auszunützen, wobei die weniger regulierfähige Druckluftbremse unerschöpft erhalten bleibt. Wesentlich für die Anwendbarkeit der Nutzbremsung ist die Aufnahmefähigkeit des Netzes (umkehrbare Maschinen in den Unterwerken); unter diesem Gesichtspunkt sind lange Gefälle auch von geringerer Neigung für die Nutzbremsung vorteilhafter als kurze Steilrampen, deren beträchtliche kurzzeitige Energierücklieferung unter Umständen schwer verwertbar ist. Die Nutzbremsung beruht auf der Fähigkeit der rückarbeitenden Maschinen, eine die Netzspannung überschreitende Spannung zu erzeugen, die dazu ausreicht, unter Überwindung der Spannungsabfälle einen generatorischen Strom zum Entstehen zu bringen. Serienmaschinen können auf ein Netz konstanter Spannung nicht stabil rückarbeiten. Es kommt daher nur Fremderregung in Frage (Abb. 1), bei der die Grenzen des Bremsbereiches durch ein mit Rücksicht auf die höchste Lamellenspannung und die Kommutierung noch zulässiges Verhältnis zwischen Ankerstrom und Feldstrom gegeben sind. Erschwerend ist hiebei der Umstand, daß die Spannung an den Kollektoren der Lokomotive bei Generatorbetrieb um den doppelten Wert der Spannungsabfälle im Netz höher ist als bei Motorbetrieb.

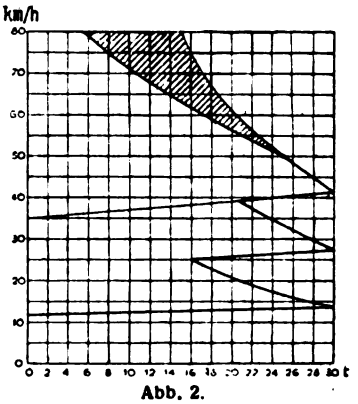


Abb. 2.

Abb. 2 zeigt den Nutzbremsbereich der angeführten mittels einer besonderen Erregermaschine erregten P. L. M.-Lokomotive für deren drei Geschwindigkeitsstufen: 6 Motoren in Reihe, zwei Gruppen zu 3 Motoren,

Digitized by Google

drei Gruppen zu 2 Motoren. Die Betrachtung auf den letzteren (höchsten) Geschwindigkeitsbereich beschränkend, entspricht die von 35 nach 41·5 km/h verlaufende Kurve der unveränderten vollen Felderregung mit dem höchsten zulässigen Feldstrom bei einem von Null auf den höchsten zulässigen Wert ansteigenden Ankerstrom und bei einer von 1500 auf 1700 V ansteigenden Fahrdrahtspannung. Der Endpunkt: 30 t Zugkraft bei 41·5 km/h, entspricht der höchsten abbremsbaren Leistung der Maschine überhaupt, welch letztere unter Verminderung der Erregung auch bei höherer Fahrgeschwindigkeit beibehalten werden kann (Zugkraft-Geschwindigkeitsverlauf nach der gleichseitigen Hyperbel), solange bis die Ankerrückwirkung (im vorliegenden Falle bei einem Verhältnis des Feldstromes zum Ankerstrom = ½) eine Grenze setzt: 25 t Zugkraft bei 50 km/h. Bei noch höherer Geschwindigkeit, erzielbar durch weitere Feldschwächung, geht die abbremsbare Leistung zurück, weil der Ankerstrom entsprechend herabgesetzt werden muß, und sinkt bei höchster Fahrgeschwindigkeit auf etwa ein Drittel ihres höchsten Wertes: etwa 6 t Zugkraft bei 80 km/h. Für die beiden anderen Geschwindigkeitsstufen der Lokomotive gelten die gleichen Überlegungen bei im Verhältnis 3 : 2 : 1 herabgesetzter Fahrgeschwindigkeit. Praktisch wird der ganze Nutzbremsbereich der Maschine durch drei Scharen von Kurven bedeckt, deren jede einer Bremsstufe entspricht.

Die Einleitung der Nutzbremsung kann ohne Vornahme einer Schaltung im Hauptstromkreis dadurch vor sich gehen, daß bei Einfahrt in ein Gefälle, die unter Strom erfolgt, die Erregung mittels der Erregermaschine (*G* in Abb. 1) verstärkt wird. Hierdurch wächst die Gegen-EMK der Motoren, der aufgenommene Strom nimmt ab, geht durch Null und kehrt seine Richtung um: die Bremsung ist eingetreten. Die Fahrgeschwindigkeit ist durch die Erregung, der rückgelieferte Strom durch das Zugsgewicht und die Streckenneigung gegeben. Dieser Vorgang wird bei den Güter- und Personenzuglokomotiven der G. E. Co. für die Chicago—Milwaukee—St. Paul-Bahn angewendet. Bei anderen Ausführungen werden die Motoren im abgeschalteten Zustande erregt und sodann über die Anfahrwiderstände an den Fahrdraht gelegt.

Den Schwankungen der Fahrdrahtspannung, die im Ankerkreis der rückarbeitenden Motoren infolge deren Fremderregung heftige Stromstöße hervorrufen würden, muß durch Regulierung der Erregung derart Rechnung getragen werden, daß diese den Spannungsschwankungen des Fahrdrahtes ohne Verzögerung folgt. Diesem Zwecke dienen die Ausgleichswiderstände (*R* in Abb. 1) dadurch, daß sie, von der Summe des Anker- und Feldstromes durchflossen, bei einem Abfall der Fahrdrahtspannung, also Anstieg des Ankerstromes, die Erregerspannung selbsttätig um den Betrag des in ihnen selbst eintretenden Spannungsabfalles herabsetzen. Der Vorgang ist somit der einer Gegenkompoundierung. Für die beschriebene P. L. M.-Lokomotive beträgt der Widerstand eines Motorfeldes 0·027 Ohm und der des Ausgleichswiderstandes einer Motorgruppe 0·0258 Ohm; die gesamte Erregerspannung einer Motorgruppe ist somit, wenn J_a bezw. J_f den Anker- bezw. Feldstrom bedeutet,

$$0{\cdot}0258\,J_a + 0{\cdot}0798\,J_f.$$

wovon der erste Summand bei Schwankungen der Fahrdrahtspannung unverzögert beeinflußt wird.

Die beschriebene Gegenkompoundierung hat eine unerwünschte Nebenwirkung insoferne, als die jeder Bremsstufe entsprechende Erregung nicht wie früher (Abb. 2) unveränderlich ist, sondern mit zunehmendem Ankerstrom, etwa bei Einfahrt in stärkeres Gefälle, geschwächt wird, wodurch die Fahrgeschwindigkeit ansteigt. Da die Zugkraft durch das Produkt aus Feld- und Ankerstrom gegeben ist, wovon der eine Faktor mit dem Wachsen des anderen abnimmt, besteht für jede Bremsstufe ein Höchstwert der Bremskraft (Annäherung der Bremskurven an die vertikale Tangente), jenseits dessen die Bremskraft mit zunehmender Geschwindigkeit abnimmt, die Bremswirkung also aufhört, ein Fall, der bei Übergang von schwächerem in ein stärkeres Gefälle auf ungeeigneter Bremsstufe selbsttätig eintreten kann. Wird in einem solchen instabilen Bremsgebiet die mechanische (Druckluft-)Bremse zu schroff betätigt, so tritt infolge der bei verminderter Geschwindigkeit wieder einsetzenden Bremswirkung der Nutzbremsung eine stoßartige Verzögerung ein.

Wird die für die Nutzbremsung vorgesehene Fremderregung auch bei Motorbetrieb angewendet, so ergibt sich eine große Zahl wirtschaftlicher Fahrstufen, wobei der Ausgleichswiderstand kompoundierend wirkt, also die Motoren gegen Stromstöße bei plötzlichem Spannungsanstieg schützt. Das Verhalten der fremderregten Maschine ist ähnlich dem eines Induktionsmotors: sie geht bei fest eingestellter Erregung selbsttätig aus dem Generator- und in den Motorbetrieb über.

Die Erregung kann entweder mit veränderlicher oder mit unveränderlicher Spannung (von einer auch zum Betrieb der Hilfsmaschinen der Lokomotive dienenden Stromquelle), in letzterem Falle mit Widerstandsregulierung, erfolgen. Im ersteren Falle ist eine besondere Erregermaschine erforderlich, die entweder motorisch (Erregerumformer) oder von einer Achse aus angetrieben wird, oder es wird einer der Motoren der Lokomotive als Erregermaschine verwendet. Die letztere Anordnung ermöglicht es, eine Lokomotive ohne erhebliche Gewichtsvermehrung für Nutzbremsung einzurichten, doch ist das Bremsgebiet dieser Anordnung nach unten zu beschränkt, wogegen die Erregung mittels besonderer Erregermaschine (Erregerumformer) sich vor allem für Lokomotiven mit drei Geschwindigkeitsstufen, eignet, für die sich in diesem Falle ein auch in den Bereich kleiner Fahrgeschwindigkeiten reichendes Bremsgebiet ergibt. W.

(Bulletin de la Société Francaise des Electriciens. Bd. VI, Nr. 53, Jänner 1926.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Die Wirkung der Luftfeuchtigkeit auf die dielektrischen Verluste und Leistungsfaktoren in faserigen Isolierstoffen untersuchten S. Swetoh und Y. Toriyama. Es zeigte sich, daß die Eigenschaften der untersuchten Isolierstoffe beträchtlich vom Feuchtigkeitgehalte der umgebenden Luft abhingen. Ungeachtet der mühsamen und zeitraubenden Durchführung — es bedurfte oft wochen- und monatelangen Verweilens der Isolierstoffe in Luft von konstantem Feuchtigkeitsgehalte, bis ein Beharrungszustand eintrat — hielten daher die Verfasser die eingehende Untersuchung dieser Abhängigkeit für geboten. Die bekannten Theorien über die Art der Elektrizitätsleitung in solchen Stoffen, wie die von Evershed[1]), oder die durch Pellat[2]), Schweidler[3]) und Wagner[4]) ausgebaute Zweischichtentheorie

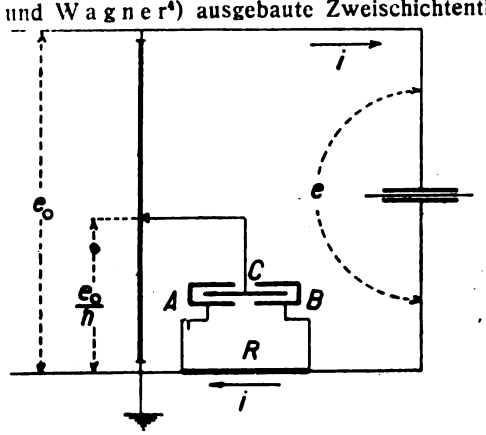


Abb. 3.

von Maxwell reichen — wahrscheinlich wegen der mannigfaltigeren Art der die Flüssigkeit aufnehmenden

[1]) J. I. E. E., 52, 1912, 51.
[2]) Compt. Rend., 128, 1899; Ann. d. Chim. et Phys., 18, 1899, 150.
[3]) Ann. d. Phys., 24, 1907, 711.
[4]) Ann. d. Phys., 40, 1913, 817.

Digitized by Google

Poren, die den Isolierstoff teils ganz, teils nur halb durchsetzen, teils auch nach außen vollkommen abgeschlossen sind — zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen nicht aus. Die Messungen wurden sowohl bei Wechsel- als auch bei Gleichspannung mittels des „Elektrostatischen Wattmeters", das ist eines nach Abb. 3 geschalteten Quadrantenelektrometers vorgenommen[1]). In dieser Schaltung ist die Ablenkung ϑ des Elektrometers, dessen Nadelpotential e_0/n ist

$$\vartheta = (K \,.\, R/n) \,.\, [P - (n-2) I^2 R/2] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

(K = Instrumentkonstante; R = Nebenschlußwiderstand zwischen den beiden Quadranten; P = Mittelwert der Energieverluste im Probekörper; I = Effektivwert des Stromes.) Wählt man, wie die Verfasser, $n = 2$, so ist

$$P = 2\vartheta/K \,.\, R \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8).$$

Legt man die Elektrometernadel anstatt an den Spannungsteiler an den einen Quadranten A, so kann das Instrument zur Strommessung verwendet werden, denn es ist dann

$$n = \infty, \quad \vartheta = -\frac{1}{2} K \,.\, I^2 R \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

und

$$I = (1/R) \,.\, \sqrt{2\vartheta/K} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10).$$

Die Konstante K wurde mit Hilfe der idiostatischen Schaltung ermittelt, wobei das Nadelpotential dem genauen Mittel aus den beiden Quadrantenpotentialen entsprach. In diesem Falle war

$$K = 2\vartheta/V^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12),$$

so daß K aus der bekannten Spannung V und dem Ausschlagwinkel ϑ berechnet werden konnte. Bei allen Messungen wurde das Instrument mittels Quadrantenverstellung so justiert, daß es keinen Ausschlag zeigte, wenn die Nadel geladen, die beiden Quadranten jedoch auf gleichem Potential waren. Es wurde ferner durch Parallelschaltung hoher Ohmscher Widerstände zu einem Glimmerkondensator mit sehr kleinem Verlustwinkel an Stelle des Probekondensators die Richtigkeit der Instrumentangaben im Bereiche von Leistungsfaktoren zwischen 2 und 30 vH geprüft. Als Widerstände R dienten besonders entworfene induktionsfreie Widerstände von 20 000 bis 200 000 Ohm; bei kleineren Leistungsfaktoren auch Flüssigkeitswiderstände in Kapillarröhren im Betrage von 0·4 und 1·0 Megohm, deren Temperatur genau auf 30° C gehalten wurde. Zur Berechnung der Spannung am Probekondensator diente die Formel

$$E = \sqrt{E_0^2 - I^2 R^2 - 2R \,.\, P} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14),$$

woraus sich der Leistungsfaktor

$$\cos\varphi = P/I \,.\, \sqrt{E_0^2 - I^2 R^2 - 2R \,.\, P}$$

ergab. Die Probeblätter in der Größe von 14·5 × 7 cm wurden auf vergoldete Messingzylinder von 2·2 cm Außendurchmesser und 17 cm Länge aufgerollt und in der Mitte mit vergoldeter Messinggaze von 7·2 × 10 cm bedeckt. Zehn solche Zylinder befanden sich in einem Exsikkator auf dessen Boden ein Gefäß mit chemisch reiner Schwefelsäure stand. Der ganze „Hygrostat" benannte Apparat wurde mittels eines Thermostaten dauernd auf einer Temperatur von 30° C erhalten. Der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft wurde durch die Konzentration der Schwefelsäure geregelt. Zu seiner Berechnung dienten die Landoltschen Tabellen. Der Feuchtigkeitsgehalt bewegte sich zwischen 7 bis 10 vH der Sättigung (bei 98 vH H_2SO_4-Konzentration) und 85 vH. Tafel 1 gibt die untersuchten Stoffe an. Die Verluste P in Watt/cm³ können im allgemeinen durch die Formel

$$\log_{10} P = a - n x + m x^2$$

dargestellt werden, worin $x = \log_{10}(100 - h)$ und h die relative Feuchtigkeit in Bruchteilen der Sättigung ist. Nur bei dem mit Bleiseife behandelten Filtrierpapier entspricht die Formel

$$\log_{10} P = a + b\,h + c\,h^2$$

besser. Ist $m = 0$, so ist $P = C/(100 - h)^n$.

Tafel 1.

Isolierstoff	Dicke mm	Konstanten bei 50 Per/s a	n	m
Manilapapier	0·127	21·05	14·66	2·88
Pergamentpapier	0·144	21·60	16·55	3·19
Filterpapier für Analysen, getränkt mit 1 Bleiseife, 45 Benzol	0·180	$a = 1·25$	$b = -0·0715$	$c = 5·95$
Desgleichen mit 1 Aluminiumseife und 45 Benzol	0·203	17·05	10·10	1·01
Gefirnißtes Zeichenpapier	0·115	5·50	1·91	0
Seide, doppelt	0·0785 × 2	37·2	37·5	9·82
Hornfibre	0·105	—	—	—
Kaliko, doppelt	0·194 × 2	—	—	—
Leatheroid	0·120	—	—	—
Empire Cloth	0·221	8·25	3·23	0
Rotes Hanfpapier	0·176	13·97	6·33	0
Manilapapier in Transformatorenöl	0·137	—	—	—
Zeichenpapier	0·100	19·25	11·90	1·45

Geeignete Tränkung setzt die Verluste bei hohen Feuchtigkeitsgraden herab. Bestimmt man den Energieverlust bei Feuchtigkeitsstufen, die eine zuerst ansteigende, dann wieder absteigende Reihe bilden, so zeigt sich eine Hystereseerscheinung, indem die Verluste in der absteigenden Reihe größer sind, als in der aufsteigenden. Der Leistungsfaktor steigt langsam, später aber rascher mit dem Feuchtigkeitsgehalt und erreicht bei nicht oder ungenügend getränkten Stoffen schon bei 60 bis 70 vH Feuchtigkeitsgehalt den Wert eins. Bei zweckmäßig getränkten Stoffen, zum Beispiel gefirnißtem Zeichenpapier bleibt er auch bei hohen Feuchtigkeitsgraden niedrig. Ändert man die Frequenz von 0 bis 80 Per/s, so bleibt der Leistungsfaktor bei niedrigem Feuchtigkeitsgehalt konstant, bei höherem nimmt er mit wachsender Frequenz ab; die Verluste nehmen jedoch in allen Fällen mit der Frequenz zu. In dieser Beziehung wurden Empire Cloth, Leatheroid, gefirnißtes Zeichenpapier und Kaliko untersucht. Die Änderung der Verluste mit der Zeitdauer des Versuches trat besonders bei Verwendung von Gleichspannung und höheren Feuchtigkeitsgraden (niedrige waren wegen zu geringer Elektrometerausschläge untunlich) hervor. In vielen Fällen stiegen die Verluste anfänglich bis zu einem Maximum und nahmen erst später wieder bis zu einem Grenzwerte ab. Der anfängliche Anstieg ist bei Wechselspannung viel geringer und auch der Grenzwert wird viel rascher erreicht. Bemerkenswert ist die Abhängigkeit der Verluste von der Feldstärke. Es fand sich hierbei die Formel $P = k \,.\, E^n$ bestätigt, worin P den Energieverbrauch bei konstanter Frequenz, Temperatur und Feuchtigkeit; E die angelegte Spannung; k und n Materialkonstanten darstellt. n lag zwischen 1·9 und 2·4 und stieg mit wachsender Frequenz an. In dieser Hinsicht verhielten sich die untersuchten Stoffe, das ist Leatheroid, Zeichenpapier, rotes Hanfpapier, Hornfibre und Seide einander sehr ähnlich; $\log P$ als Ordinate zu $\log E$ als Abszisse aufgetragen liefert fast parallele sehr genaue Gerade. Nach Eversheds Theorie sollte der Widerstand $r = C/\sqrt{E}$, also $P = E^2/r = E^{2.5}/C$ und $n = 2·5$ sein. Ein so hoher Wert wurde aber nicht erreicht. Die verwendeten Feldstärken bewegten sich allerdings unter 5 bis 8 kV/cm. Die Beziehung der Verluste zur Frequenz kann sehr genau durch eine Stromverzweigung dargestellt werden:

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 107.

Digitized by Google

in einem von zwei Parallelzweigen liegt ein Ohmscher Widerstand r_1 und im anderen eine Kapazität C in Reihe mit einem zweiten Ohmschen Widerstande r_2. Verluste und Leistungsfaktor in diesem Kreise sind:

$$P = E^2 [1/r_1 + r_2/(r_2^2 + 1/\omega^2 C^2)];$$

$$\cos\varphi = 1/\sqrt{1 + \omega^2 C^2 r_1^2/[1 + \omega^2 C^2 r_2 (r_1 + r_2)]}.$$

Durch geeignete Wahl von r_1, r_2 und C lassen sich diese Formeln genau der beobachteten Frequenzabhängigkeit anpassen. R. H.

(Scientific Papers of the Inst. of Phys. and Chem. Research, Tokyo, 3, 283, 1926.)

Patentbericht.

Sicherungseinrichtungen für Maschinen, Apparate und Leitungsnetze.

(Schluß aus Heft 10, Seite 197.)

Eine Erfindung der Siemens & Halske A.-G. in Berlin und Wien bezieht sich auf Erdschlußrelais für Drehstromnetze, bei denen die Stromspule 4 (Abb. 6) an die parallegeschalteten Sekundärwicklungen dreier an die einzelnen Phasen gelegter Stromwandler 11, 12, 13 geschaltet ist, während die Spannungsspule 5 derart geschaltet ist, daß sie von der Spannung der Verbindung eines neutralen Punktes mit der Erde beeinflußt wird. Für ein gegebenes Relais mit bestimmtem Wicklungsraum sind die zum Ansprechen notwendigen VA in der Stromspule konstant, doch ist die Empfindlichkeit je nach Ausführung ihrer Wicklung verschieden. Es liegt nun die Aufgabe vor, durch passende Wahl der Wicklungen des Relais und der Stromwandler höchste Empfindlichkeit zu erzielen. Die Erfindung besteht nun darin, daß durch Rechnung unter Berücksichtigung mehrerer zulässiger Näherungsannahmen ein durch Versuche bestätigtes Maximum der Empfindlichkeit gefunden wurde, wenn die Impedanz der Relaisstromspule den dritten Teil derjenigen einer Sekundärwicklung beträgt, wenn also die Impedanz dieser Stromspule gleich der einer Parallelschaltung der drei untereinander gleichen Stromwandlersekundärwicklungen sein würde. (Ö. P. Nr. 101222.)

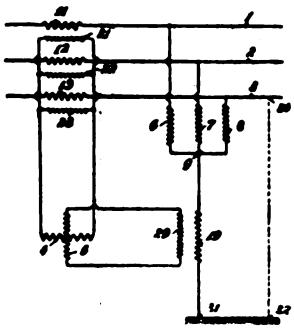


Abb. 6.

Erdschlußrelais sprechen natürlich auch dann an, wenn durch gleichzeitigen Erdschluß zweier Phasen dieser zum Kurzschluß wird. Die dabei auftretenden Ströme sind ein Vielfaches der im einphasigen Erdschluß vorkommenden. Dadurch wird die für eine ganz andere Größenordnung des Stromes gedachte zeitliche Staffelung vollständig umgeworfen, das heißt alle Relais lösen praktisch gleichzeitig aus und setzen einen viel zu großen Netzteil außer Betrieb. Außerdem können die Erdschlußrelais unter Einwirkung des Kurzschlußstromes nach der falschen Richtung ausschlagen und noch weitere gesunde Netzteile abschalten. Da bei einphasigem Erdschluß die Überstromrelais nicht ansprechen, kann man diese Nachteile gemäß einer Erfindung der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien dadurch beseitigen, daß man die Überstromrelais mit einer Einrichtung versieht, die im Augenblick des Ansprechens derselben die den gleichen Leitungsabschnitt schützenden Erdschlußrelais unwirksam macht. Man kann zum Beispiel den Auslösestromkreis der Erdschlußrelais über einen Ruhekontakt führen, der beim Ansprechen des Überstromrelais geöffnet wird oder man kann eine der Arbeitswicklungen des Erdschlußrelais durch einen solchen Kontakt öffnen oder kurzschließen. (Ö. P. Nr. 101264.)

Gegenstand einer Erfindung der Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden (Schweiz) ist eine Anzeigevorrichtung zum selektiven Erkennen einer mit Erdschluß behafteten Zweigleitung eines durch Löschspulen geschützten Hochspannungsnetzes, bei welcher in die Zweigleitungen auf höhere Harmonische ansprechende Einrichtungen eingeschaltet sind, welche im Erdschlußstrom enthaltene Harmonische anzeigen. Hier können beispielsweise die bekannten Frequenzmesser mit schwingenden Zungen verwendet werden, welche das gleichzeitige Vorhandensein mehrerer Wellen verschiedener Frequenz anzeigen. Da es aber bloß auf das Erkennen der Oberwelle ankommt, ist es zweckmäßig, die Frequenzmesser nicht direkt in den Leiterstrom, sondern über Stromwandler zu speisen, deren Sekundärspule mit der Primärspule lose gekoppelt ist. Hierdurch wird die Empfindlichkeit der auf die Oberharmonische ansprechenden Zungen für die Grundfrequenz verkleinert. Das Auftreten höherer Harmonischer ist für den Zweck des selektiven Erkennens durchaus erwünscht und man kann es sogar dadurch unterstützen, daß man die Löscheinrichtung mit Eisensättigung ausführt. Die Anzeigevorrichtung kann auch als Relais ausgebildet sein, welches im Erdschlußfalle die zugehörige Leitung abschalten oder eine Signalvorrichtung betätigen kann. (Ö. P. Nr. 104967.)

Wenn auch die abgestimmten Erdschlußlöscher bei vorübergehenden Erdschlüssen gut wirken, so ist dies bei intermittierenden Erdschlüssen nicht der Fall. Gerade diese aber sind besonders gefährlich, weil sie dauernd Überspannungen verursachen können. Auch Dauererdschluß ist für Menschenleben nicht ohne Gefahr, da bei nicht vollkommener Abstimmung der Erdschlußlöscher der an der Fehlerstelle in die Erde fließende Strom gefährliche Spannungstrichter hervorrufen kann. Eine Erfindung der S S W in Berlin besteht nun darin, daß Erdschlußlöscher beliebiger Art mit selbsttätigen Erdungsschaltern vereinigt werden, die intermitterende Erdschlüsse in an sich bekannter Weise dadurch beseitigen, daß sie die mit Erdschluß behaftete Leitung dauernd an Erde legen. Lichtbogen vorübergehender Erdschlüsse werden vom Erdschlußlöscher beseitigt. Intermittierende und dauernde Erdschlüsse werden dadurch unschädlich gemacht, daß die kranke Leitung durch einen Erdungsschalter selbsttätig an Erde gelegt wird, und zwar an Orten, an denen Spannungstrichter niemanden gefährden können. (Ö. P. Nr. 104303.)

Eine der „Elin" Aktiengesellschaft für elektrische Industrie in Wien geschützte Einrichtung zur Löschung des Erdschlußstromes besteht darin, daß eine Drosselspule, deren Phasenzahl mit der Phasenzahl der Leitungen übereinstimmt, zwischen diese und die Erde geschaltet ist, wobei durch besondere Wicklungsschaltungen oder durch besonders gegengeschaltete Windungen die Drosselspule für die Erdströme eine von der für die Leerlaufströme geltenden verschiedene Induktivität erhält, wie sie eben zur Kompensation des kapazitiven Erdschlußstromes erwünscht ist. Auf einem oder mehreren überzähligen Schenkeln der Drosselspule werden Windungen oder Windungsgruppen angebracht, die entweder zwischen den Nullpunkt der Drosselspule und Erde geschaltet sind oder mit den einzelnen Wicklungen der Hauptkerne in Serie geschaltet und dann verbunden an Erde gelegt sind. Durch die Anbringung von Windungen auf dem vierten oder vierten und fünften Schenkel werden die Streuungsverhältnisse günstig beeinflußt. Durch Anzapfungen der auf den überzähligen Schenkeln liegenden Wicklung wird die Größe des Erdschlußstromes reguliert. Eine Schaltungsweise zeigt Abb. 7. (Ö. P. Nr. 102207.)

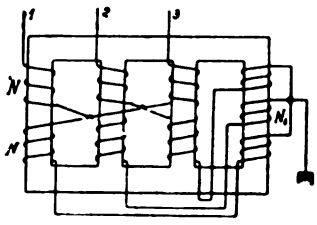


Abb. 7.

Digitized by Google

Gegenstand einer Erfindung der Österr. Brown, Boveri-Werke A.-G. in Wien ist eine Polerdungsdrosselspule zum Erdschlußschutz in Dreiphasen-Hochspannungsnetzen, bei welchen jeder Netzpol über eine Induktivität geerdet ist, wobei die einzelnen Induktivitäten miteinander magnetisch verkettet und so bemessen sind, daß sie in ihrer Gesamtheit im Erdschlußfalle einen dem Erdschlußstrom annähernd gleichen Strom führen, der sich auf die Induktivitäten gleichmäßig verteilt. Die Erfindung besteht nun darin, daß die verketteten Induktivitäten aus zwei in Reihe oder auch parallel geschalteten dreischenkeligen Drosselspulen *d*, *d'* (Abb. 8) mit gemeinsamen Jochen $j_1 j_1'$ und $j_2 j_2'$ bestehen, deren Wicklungen derart miteinander verbunden sind,

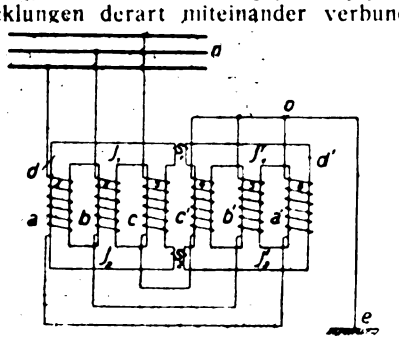


Abb. 8

daß für das Erdschlußfeld ein beiden Drosselspulen gemeinsamer, sich über die gemeinsamen Joche schließender magnetischer Kreis gebildet wird, in welchem sich die Erdschlußamperewindungen der beiden Drosselspulen addieren und bei welchen je nachdem, ob die Spulen in Reihe oder parallel geschaltet sind eine Erdung des bezw. der Wicklungsnullpunkte besteht. Erfindungsgemäß werden ferner die den beiden Drosselspulen gemeinsamen Joche durch Luftspalte s_1, s_2 unterteilt, durch welche der magnetische Widerstand des Erdschlußstromfeldes eingestellt werden kann und welche dabei aber zwischen den Drosselspulen angeordnet sind, so daß sie den Widerstand der magnetischen Kreise der durch die normale Netzspannung erzeugten beiden Drosselspulenfelder nicht erhöhen.

(Ö. P. Nr. 101570.)

Als Spannungssicherung für Schwachstromleitungen verwendet man neuerdings meist gasgefüllte Röhren, die eine oberhalb der Betriebsspannung liegende Zündspannung haben, so daß die Sicherungen für gewöhnlich keinen Strom verbrauchen. Diese Spannungssicherungen haben gewisse Mängel, zum Beispiel verlaufen häufig die Entladungsströme nach scharf gezackten Kurven. Oft ist auch beim Parallelarbeiten zweier an gleichen Spannungen liegenden Röhren der Stromverlauf in beiden völlig verschieden. Nach einer Erfindung der Siemens & Halske A.-G. in Berlin und Wien werden diese Nachteile durch zweckmäßige Formgebung, Anordnung und Materialwahl für die Elektroden vermieden. Eingehende experimentelle Untersuchungen haben ergeben, daß ohne Zacken verlaufende Entladungsströme und bei Sicherungen mit drei Elektroden gleichmäßiges Einsetzen der beiden Teilentladungen erreicht wird, wenn die einander zugekehrten Flächen der Elektroden die Form von parallelachsigen Zylindern mit gleichen Krümmungsradien haben. Weiters hat sich gezeigt, daß die solcherart erzielten Ergebnisse noch verbessert werden, wenn man als Elektrodenmaterial Eisen oder Eisenlegierungen, vorzugsweise gasfreies Eisen und reines Elektrolyteisen verwendet. (Ö. P. Nr. 103855.)

Literaturberichte.

[3426] **Prüfordnung für elektrische Meßgeräte.** Herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Amtliche Ausgabe mit 11 Tafeln, 43 Seiten. Verlag von Julius Springer, Berlin 1926. Preis geb. Mk. 2·20.

Die Prüfordnung enthält alle von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt erlassenen derzeit geltenden Bestimmungen, welche sich auf die Prüfung elektrischer Meßgeräte beziehen. Die Bestimmungen betreffen die Systemproben und Stückprüfungen der Elektrizitätszähler und Meßwandler, ferner der Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser. Das Bändchen enthält auch eine Zusammenstellung der diesbezüglichen Gebühren. Es sind weiters die elektrischen Prüfämter im Deutschen Reich mit ihren Meßbereichen und besonderen Arbeitsgebieten neben den normalen vorgeschriebenen Prüfungen angeführt. Im Anhang ist das Gesetz betreffend die elektrischen Maßeinheiten vom 1. Juni 1898 wiedergegeben. Die 11 Tafeln enthalten in sehr übersichtlicher Weise Kurven der Fehlergrenzen. Für die Wechselstromzähler sind die Kurven der Fehlergrenzen sowohl in Abhängigkeit von den Prozenten der Nennleistung als von dem Verhältnis des Nennstromes zum jeweiligen Strom eingetragen. Die Fehlergrenzen mit den einschlägigen Bestimmungen bezüglich der Elektrizitätszähler sind gegen die letzten diesen Gegenstand betreffenden Bestimmungen vom 16. Dezember 1920 im Wesentlichen ungeändert. Geändert sind nur die Bestimmungen für Gleichstromzähler, indem die Beschränkung der Gültigkeit der Fehlergrenzen bis zu einer Leistung von 10 W herunter fallen gelassen wurde. Während früher für alle Zähler als kleinste Belastung, bei welcher der Zähler noch anlaufen muß, 1 vH der Nennlast festgesetzt war, ist hiefür in der neuen Prüfordnung für Gleichstromwattstundenzähler 2 vH festgesetzt. Kleine Änderungen finden sich auch bei den Prüfbelastungen der Gleich- und Einphasenwechselstromzähler gegen die früheren Vorschriften. Die neue Prüfordnung enthält auch in vollständiger Zusammenstellung die Bestimmungen bezüglich der Prüfung und Beglaubigung der Blindverbrauchs- sowie Meßwandlerzähler und der Meßwandler.

Der Vollständigkeit halber sei noch auf einen Druckfehler hingewiesen. Auf Seite 13, Punkt 26, Abschnitt *a*) 2, steht: Wandler ohne Serienbezeichnung. Spannungsprobe zwischen Sekundärwicklung und Gehäuse bzw. Eisen. Dies soll heißen: Wandler ohne Serienbezeichnung. Spannungsprobe zwischen Primärwicklung und Sekundärwicklung mit Gehäuse bezw. Eisen.

Dr. Boltzmann.

[2461] **Zeitsparende Vorrichtungen im Maschinen- und Apparatebau.** Von O. M. Müller. 357 Seiten mit 987 Abb. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1926. Preis geb. Mk. 27·90.

Obwohl die Literatur über Vorrichtungen keineswegs einen so bescheidenen Umfang hat, als der Verfasser des vorliegenden Buches meint — auch in deutscher Sprache gibt es doch schon mehrere große Werke über dieses Gebiet, überdies eine systematische Zusammenstellung und eine ganze Reihe von kleineren Veröffentlichungen, abgesehen von den vielen Zeitschriftenaufsätzen und den Angaben in den Büchern über Metallbearbeitungsmaschinen —, so ist es doch immer zu begrüßen, wenn ein Praktiker seine Erfahrungen der Öffentlichkeit bekanntgibt. So enthält auch das vorliegende Buch eine große Zahl von Vorrichtungen für die verschiedenen Verfahren der spanabnehmenden Metallbearbeitung, ferner Spannvorrichtungen, sowie einen Abschnitt über Lehren und es wird dem Vorrichtungsbauer sicherlich gute Dienste leisten. Leider weist auch dieses Buch alle Fehler auf, die man bei Veröffentlichungen aus der Werkstattpraxis so häufig antrifft, in erster Linie die überaus breite Schreibweise, das Fehlen von Maßzahlen oder Maßstäben bei den Zeichnungen und das Fehlen jeglicher Literaturangaben. Bei vielen der photographischen Wiedergaben von Maschinen und Vorrichtungen, unter welchen sich auch eine ganze Reihe amerikanischer Herkunft finden, sind ferner keine Angaben über die Hersteller enthalten. Die Zeichnungen sind fast ausnahmslos recht gut gewählt, weniger die Photographien; einige der letzteren (zum Beispiel Abb. 7) sind vollständig überflüssig. Druck, Wiedergabe der Abbildungen und die sonstige Ausstattung sind wie immer beim Springerschen Verlag auf der Höhe.

Jellinek.

Digitized by Google

3462 **Fließarbeit.** Beiträge zu ihrer Einführung. Herausgegeben im Auftrage des Ausschusses für Wirtschaftliche Fertigung beim Reichkuratorium für Wirtschaftlichkeit. Von Dipl. Ing. Frank Mäckbach und Dr. Ing. Otto Kienzle. Mit 132 Abb., 2 Zahlentafeln und 2 Tafeln. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19, 1926.

Im Jahre 1925 wurde in Deutschland beim Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung ein Ausschuß für Fließarbeit gegründet, der es sich zur Aufgabe gemacht hat, den in Amerika, besonders in den Automobilfabriken, entstandenen Gedanken der Fließarbeit zu studieren, vor allem hinsichtlich seiner Anwendbarkeit auf deutsche Verhältnisse. Das vorliegende Buch gibt eine Übersicht über die Resultate dieser Forschung, indem es in ausführlicher Form Antwort auf alle Fragen gibt, welche der Betriebsmann sich stellen muß, wenn er die Möglichkeit und Durchführung der Fließarbeit für seinen Betrieb ins Auge fassen will. Die einzelnen Kapitel, die von besonderen Fachleuten des betreffenden Gebietes behandelt wurden, sind: Was ist Fließarbeit? Grundplan. Begriffe. Hilfen zur Disposition. Die organisatorische Vorbereitung. Zuhilfenahme des Films zur Einführung. Voraussetzungen für den Austauschbau. Transportfragen. Fließarbeit in der Gießerei. Fließarbeit in der Schmiede. Maschinen in der Fließarbeit. Oberflächenbehandlung. Zusammenbau. Revision. Gebäudeanordnung. Organisation der Fehlarbeit. Übergang zur Fließarbeit unter Berücksichtigung der Umstellung auf andere Erzeugnisse. Selbstkostenberechnung. Soziale physiologische und psychologische Wirkungen der Fließarbeit und die hiebei auftretenden Lohnfragen. Auswertung der bisherigen Veröffentlichungen über Fließarbeit. Sehr zu begrüßen wäre es, wenn diese Literaturauswertung weitergeführt und fallweise in Form eines Nachtragsheftes in Druck gelegt würde.

Die wirtschaftlichen Verhältnisse der Nachkriegszeit haben die Forderung nach Betriebsumstellung im Sinne einer gewaltigen Rationalisierung mit sich gebracht, worunter sehr häufig die „Amerikanisierung" verstanden wurde, ohne daß eine tatsächliche Einsicht in die Verhältnisse die Erkenntnis der Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer solchen gestattet hätte. Das Buch über Fließarbeit ist in mustergültiger Weise berufen und befähigt, in dieser Hinsicht Wandel zu schaffen. Seine Lektüre kann nicht warm genug empfohlen werden; durch sie wird jeder Techniker unbedingt Förderung hinsichtlich der Rationalisierung seines Betriebes erfahren, wenn er auch gleichzeitig die Erkenntnis gewinnt, daß gegenwärtig das Beispiel Fords für die wenigsten europäischen Betriebe in vollem Maße nachzuahmen ist. Vor allem wird der Gedanke Verbreitung finden, daß Nachfrage und Herstellung sich auf wenige Massenartikel konzentrieren muß (Ist es zum Beispiel nötig, etwa 40 verschiedene Typen von Krankenhausbetten herzustellen?) und daß die Produktion nach Möglichkeit beschleunigt werden muß, um das Betriebskapital und die Herstellungskosten zu verringern. Dem Buche, das in jeder Hinsicht vorzüglich geraten **ist, muß im Interesse der Wirtschaft weiteste Verbreitung gewünscht werden.** Ellmann.

Neue Druckschrift.

Die Kraftübertragungs-Leitungen Deutschlands, herausgegeben von der Vereinigten Aluminium-Werke A.-G., Lautawerk (Lausitz) 1927. 20 Seiten mit einigen photographischen Abbildungen und einer Landkarte.

Die vorliegende Druckschrift bringt nebst reichem, in Tabellenform angeordnetem Zahlenmaterial über die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der einzelnen Leitungsbaustoffe bei den gebräuchlichsten Querschnitten eine umfassende, chronologische Aufstellung des Einbaues der verschiedenen Baustoffe in die seit 1906 in Deutschland errichteten Freileitungen. Die auf einer Landkarte nach dem verwendeten Leitungsmaterial verschiedenfarbig eingezeichneten Übertragungsleitungen über 30 kV vervollständigen übersichtlich die zahlenmäßige Darstellung. Eine Reihe von Abbildungen lassen ferner Beispiele für charakteristische Bauformen der deutschen Übertragungsleitungen im Hinblick auf den verwendeten Baustoff erkennen.

St. Schw.

Berichtigung.

Die Verwendung der Drehstromerregermaschinen, E. u. M. 1927, Heft 7, Seite 134.

Auf Seite 134, linke Spalte unten, ist der Satz „Die Blindleistung kann durch Bürstenverschiebung geregelt werden." versehentlich in den Abschnitt über eigenerregte, ständerlose Phasenschieber geraten. Dieser Satz soll richtig im Abschnitte über netzerregte, ständerlose Erregermaschinen auf der gleichen Seite, rechte Spalte, 12. Zeile von oben, nach den Worten „nicht anhaftet" zu stehen kommen.

D. S.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Bergbau und Hüttenwesen Italiens im Jahre 1925. Wie einem Bericht im „Glückauf", Heft 50 von 1926 zu entnehmen ist, steht bei der Bergwerksgewinnung Schwefelerz mit 1·75 Mill. t an erster Stelle, dann folgt Eisenkies mit 534 000 t und Eisenerz mit rund 0·5 Mill. t. An mineralischen Brennstoffen wird fast ausschließlich Braunkohle gewonnen (1·1 Mill. t). Der gesamte Kohlenverbrauch des Landes war nur 12·15 Mill. t oder 0·3 t auf den Kopf der Bevölkerung. An der Einfuhr sind hauptsächlich England mit 6·9 Mill. t, Deutschland mit 2·2 Mill. t und die V. St. A. mit 0·8 Mill. t beteiligt. An Roheisen wurden insgesamt 482 000 t erzeugt, davon 15 000 t Elektroeisen, der Verbrauch betrug 740 000 t. An Stahl und Stahlguß wurden zusammen 1·4 Mill. t erzeugt, davon 16 vH Elektrostahl.

Siemens & Halske, Aktiengesellschaft. (Aus dem Geschäftsbericht für die Zeit vom 1. Oktober 1925 bis 30. September 1926.) Die Bestellungen aus dem Auslande überstiegen diejenigen des Vorjahres trotz der entgegenstehenden Schwierigkeiten durch hohe Zölle und andere Maßnahmen zur Bevorzugung heimischer Industrie, die sich in vielen Ländern noch verschärft haben. Die Beschäftigung in Fernsprechkabeln und besonders in Fernkabeln für die Reichstelegraphenverwaltung war im verflossenen Geschäftsjahr verhältnismäßig gering. Ein größerer Reparationsauftrag auf Fernkabel kam aus Belgien, der zum größten Teil bereits ausgeführt ist. Durch diese Linie wird Belgien an das deutsche Fernkabelnetz angeschlossen. Für die Fernkabellinie Wien — Passau[1]) wurden die Spulen und Verstärker über das österreichische Schwesterhaus geliefert, das an der Lieferung der Kabel in hohem Maße beteiligt war. Durch die Fernkabellinie Wien — Budapest, an deren Bau die dortigen Konzerngesellschaften ebenfalls erheblich beteiligt sind, wird auch Ungarn im Laufe des Jahres 1927 über Wien mit dem deutschen Fernkabelnetz Verbindung erhalten. Für den Anschluß der Schweiz und von Holland an das deutsche Netz wurden die Verbindungsglieder geliefert. Von Dänemark geschieht der Anschluß durch das 46 km lange Pupin-Seekabel Warnemünde — Gjedser, das zusammen mit den 53 km langen Anschlußkabeln in Dänemark und Deutschland verlegt wurde. Die glatt verlaufene Auslegung und die guten elektrischen Werte des Seekabels beweisen die Verwendbarkeit von Pupin-Seekabeln und bestätigen damit die Ergebnisse des im Sommer 1925 gemeinsam mit der Reichstelegraphenverwaltung angestellten Verlegungs- und Wiederaufnahmeversuches mit solchen Kabeln. Von weiteren technischen Verbesserungen der Kabel, Spulen und Verstärker, die sich bereits bewährt haben, sind Echosperrer zu erwähnen, um die bei langen Fernkabellinien auftretenden Echogeräusche

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 57.

Digitized by Google

aufzuheben[1]). Auf einer zusammengeschalteten Leitung von 4400 km Länge — entsprechend der Entfernung Stockholm — Lissabon — wurde bei betriebsmäßigen Versuchen in Vierdrahtschaltung, bei der für jede Sprechrichtung eine besondere Doppelleitung Verwendung findet, eine ausgezeichnete Sprachübertragung erzielt. Ferner konnten hochpaarige Fernsprechkabel mit sehr geringem Durchmesser bei niedrigen und gleichmäßigen Werten der Ladungskapazität hergestellt werden. Die Umwandlung der Fernsprechämter von Handbetrieb zum Selbstanschlußsystem schreitet im In- und Auslande fort. Auch in Berlin wird sie planmäßig gefördert. Vom Auslande gingen größere Aufträge insbesondere aus Italien, Japan und Finnland ein. Feuermelder- und Polizeirufanlagen wurden in mehreren deutschen Städten ausgeführt, Schachtsignalanlagen auch nach dem Auslande geliefert. — Rundfunkapparate konnten in steigendem Maße abgesetzt werden. Insbesondere sind die Protoslautsprecher im In- und Auslande begehrt, auch für anderweitige Verwendung begegnen die verschiedenen Lautsprecher mit getreuer Tonwiedergabe starkem Interesse. — Im Eisenbahnsicherungswesen beginnt sich eine geringe Besserung bemerkbar zu machen. Die selbsttätigen Streckenblockanlagen wurden wesentlich vereinfacht und verbessert und auf weiteren Schnellbahnstrecken zur Anwendung gebracht. Die selbsttätigen Zugbeeinflussungs-Einrichtungen zur Verhinderung des Überfahrens von Haltesignalen sind nach zufriedenstellenden Versuchen bereits auf mehreren Strecken eingebaut worden. Zur Erprobung der Verwendung von Lichtsignalen an Stelle der bisher gebräuchlichen Flügelsignale ging nach günstig verlaufenen Versuchen mit einer neuen Linse ein Auftrag auf die Ausrüstung einer größeren Strecke ein[2]).

Die Reiniger Gebbert & Schall A.-G. in Erlangen hat befriedigend gearbeitet. Die Siemens-Reiniger-Veifa G. m. b. H. hat ihre Organisation zum Vertriebe der beiderseitigen Erzeugnisse auf elektromedizinischem Gebiete im In- und Auslande ausgebaut. Technische Fortschritte wurden im Bau von Bestrahlungsgeräten für Röntgentherapie erzielt, ferner durch die neue Strahlenschutz-Röntgenröhre für Diagnostik und im Bau von Apparaten für Schwerhörige durch Anwendung eines Mikrophonverstärkers, der sich durch laute und reine Sprachwiedergabe auszeichnet. In dem vom Wiener Werk bearbeiteten Gebiete lagen die geschäftlichen Verhältnisse wenig günstig. Eine beträchtliche Verminderung der Belegschaft war die Folge. — Eine größere Anzahl von im Vorjahre bestellten Elektroöfen wurde in Betrieb gesetzt und neue Aufträge, darunter solche auf Öfen von 15 bis 20 t Fassung hereingenommen.

Die Nachfrage nach den Fabrikaten der Gebr. Siemens & Co. war im allgemeinen rege, besonders nach den in Meitingen bei Augsburg hergestellten graphitierten Elektroden. Nur in den großen amorphen Elektroden ging der Absatz zurück infolge der Lage der elektrothermischen Industrie.

Die Siemens-Bauunion G. m. b. H. Kommanditgesellschaft war gut beschäftigt. Auf der größten Baustelle (Wasserkraftanlage am Shannon)[3]) sind die Bauarbeiten in vollem Gange.

Die Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie G. m. b. H. hat zufriedenstellend gearbeitet. Ihre neuen Entwicklungsarbeiten auf den Gebieten der kurzen Wellen und der Bildtelegraphie[4]) sind erfolgversprechend. Die bei der Osram G. m. b. H. Kommanditgesellschaft gemachten technischen Fortschritte namentlich in fabrikatorischer Hinsicht waren erfreulich. Ihr Absatz auf den Außenmärkten hat sich innerhalb der internationalen Vereinbarungen gut entwickelt.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 217.
[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Heft 3, S. 30.
[3]) E. u. M. 1925, „Das El.-Werk", S. 326.
[4]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 61.

Im Herbst 1926 wurde zusammen mit den Siemens-Schuckert-Werken G. m. b. H. eine 25 Jahre laufende Anleihe in Höhe von 24 Mill. Doll. mit dem Bankhause Dillon Read & Co., New York, abgeschlossen, von der zunächst nur die Hälfte einberufen ist. Die Verzinsung beträgt 6·5 vH mit einem Zuschlag für die ersten zehn Jahre, der von der Dividende beider Firmen abhängt. Aus dem Erlös ist nach Schluß des Geschäftsjahres die im Jahre 1925 aufgenommene dreijährige Dollaranleihe zurückgezahlt worden. Zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse von Berlin nach Siemensstadt wird in Gemeinschaft mit den Siemens-Schuckert-Werken G. m. b. H. im Einvernehmen mit der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft eine Zweigbahn vom Bahnhof Jungfernheide nach Siemensstadt und Gartenfeld gebaut, die einen Teil der Ringbahnzüge bis zu der letztgenannten Station führen wird.

Zur Bilanz ist folgendes zu erwähnen: Von dem Reingewinn von 15·34 Mill. Mk. wird eine Dividende von 10 vH bezahlt. In der Bilanz erscheinen dauernde Beteiligungen mit 86·4 Mill., Grundstücke und Gebäude mit je rund 13 Mill., Rohmaterial mit 7·2 und angefangene und Fertigfabrikate sowie Anlagen im Bau mit 29·7 Mill. Mk. bewertet. Geräte und Werkzeuge, Werkzeugmaschinen, Betriebsmaschinen, Heizungs- und Beleuchtungsanlagen sind auf je 1 Mk. abgeschrieben. Zu dem A.-K. von 91 Mill. Mk. kommen noch 6·5 Mill. Vorzugsaktien, 30 Mill. Rücklage, 6·2 Mill. Markanleihen und zusammen 43·8 Mill. Mk. Dollaranleihen auf der Sollseite. Die Bilanz schließt auf beiden Seiten mit rund 302 Mill. Mk.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	7. III. 1927	9. III. 1927	11. III. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	128¼	128	128

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	57—58	57—58	57—58
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	115—120	110—115	110—115

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 11. März 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	15	0	63	0	0
Wire bars	63	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	56	5	0	56	7	6
Standard 3 Monate .	56	15	0	56	17	6
Zinn:						
Engl. ingots	311	10	0	312	10	0
Standard Kassa . .	314	10	0	314	15	0
Standard 3 Monate .	300	5	0	300	10	0
Blei:						
Engl. pig common . .	29	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	31	5	0	31	7	6
Remelted	31	10	0	—	—	—
English Swansea . .	31	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 22 sh 10 p. Unze nom.

Digitized by Google

Vereins-Nachrichten.

Entwurf von Vorschriften für Freileitungen.

Die vom Regulativkomitee des Vereines beschlossenen neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" treten mit 1. September 1927 in Kraft; im § 50 der „Sicherheitsvorschriften" ist festgelegt, daß für die Ausführung von Freileitungen neben diesen Vorschriften auch noch die „Vorschriften für Freileitungen" gelten. Ein Arbeitsausschuß des Regulativkomitees — Direktionsrat Ing. Moser (Obmann), Direktor Dr. Beck, Ing. Fritz, Ing. Hara, Ing. Kraut, Ing. Philippi, Dr. Riedlinger, Ing. Marx und Bohland — hat einen Entwurf von Vorschriften für Freileitungen ausgearbeitet, an dessen abschließender Beratung auch der Obmann des Regulativkomitees Direktor Ing. Kallir teilgenommen hat. Dieser Entwurf gelangt nunmehr im Nachfolgenden mit dem Ersuchen zur Veröffentlichung, Abänderungs- und Ergänzungsvorschläge bis spätestens Ende April d. J. dem Vereinssekretariate (VI., Theobaldgasse 12) übermitteln zu wollen.

Im Auftrag der Vereinsleitung:
Der Sekretär:
Ing. A. Marx e. h.

Vorschriften für Freileitungen.

§ 1. Einleitung.

Als Freileitungen gelten alle oberirdischen, blanken und isolierten Leitungen außerhalb von Gebäuden, die keine metallische oder sonstige Schutzverkleidung gegen mechanische Beschädigung aufweisen, einschließlich Hausanschlußleitungen, insoweit sie nicht gemäß § 2, Abs. 6, der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" als Leitungsinstallationen im Freien anzusehen sind.

Erster Teil:
Hochspannungsfreileitungen.

§ 2. Geltungsbereich.

Als Hochspannungsfreileitungen gelten alle Leitungsanlagen, bei welchen die Spannung zwischen zwei Leitern höher ist als 300 V bei Wechselstrom und 600 V bei Gleichstrom, mit Ausnahme von Drehstromleitungen bis einschließlich 380 V verketteter Spannung mit geerdetem Nullpunkt und von verketteten Zweiphasenleitungen mit geerdetem Phasenpunkt und Phasenspannungen bis einschließlich 220 V. Diese Spannungsgrenzen gelten mit einem Spiel von 10 vH für Spannungsschwankungen.

A. Allgemeines

§ 3. Vorkehrungen gegen zufällige Berührung.

1 Die Hochspannungsfreileitungen sind derart zu führen, daß eine zufällige Berührung der spannungführenden Teile durch Unbefugte ohne besondere Hilfsmittel ausgeschlossen ist.

2 Die Leitung ist demgemäß so zu verlegen, daß bei den im § 9 angegebenen Temperaturen und Belastungen von den spannungführenden Leitern folgende lotrecht gemessene Mindestabstände an keiner Stelle unterschritten werden, und zwar:

a) Auf der freien Strecke, wenn die Leiter beiderseits an Stützenisolatoren oder an Abspannketten befestigt sind, 5 m über dem Erdboden.

b) Auf der freien Strecke, wenn die Leiter einseitig oder beiderseitig an Hängeketten beweglich befestigt sind, 5 m zuzüglich halber Kettenlänge; kann jedoch ein Fahren mit hoch beladenem Wagen unter der Leitung als ausgeschlossen angenommen werden, so ist ein Mindestabstand von 5 m zulässig.

c) Bei Leitungsführungen über Bauwerke (Dächer, Einfriedungsmauern und dergleichen) 3 m Abstand; bei Bauwerken, die zur gleichen Betriebsanlage gehören wie die kreuzende Leitung, sind auch kleinere Abstände zulässig.

d) Bei Kreuzungen von Straßen oder verkehrsreichen Fahrwegen, sowie bei Entlangführung der Leitung längs solcher Verkehrswege sind die unter *a*) und *b*) genannten Mindestabstände um 1 m zu vergrößern.

3 Die unter *a*) bis *d*) genannten Mindestabstände gelten auch für am Hochspannungsgestänge verlegte Niederspannungs- und Fernmeldeleitungen.

4 Bei Betriebspannungen über 30 kV sind die vorstehend für die Hochspannungsleiter angeführten Mindestabstände für jedes kV, um welches die Betriebsspannung höher ist als 30 kV, um 1 cm zu vergrößern.

5 Als eine Entlangführung gemäß *d*) ist eine Anordnung der Leitung anzusehen, bei welcher der wagrecht gemessene Abstand des der Straße zunächst gelegenen Leiters vom Rande der Fahrbahn kleiner als 5 m ist.

§ 4. Anordnung der Leitungen am Gestänge.

1 Die spannungführenden Leiter sollen voneinander sowie von anderen zwischen den Stützpunkten gespannten Drähten und Seilen einen solchen Abstand haben, daß das Zusammenschlagen oder eine Annäherung bis zum Überschlag möglichst vermieden ist. Diese Forderung kann bei Leitern gleichen Baustoffes, gleichen Querschnittes und gleichen Durchhanges als erfüllt gelten, wenn der Abstand der Leiter voneinander folgende Werte nicht unterschreitet:

a) Bei Leitern aus Kupfer, Bronze, Eisen oder Stahl, sowie bei Stahlaluminiumseilen, deren Stahlquerschnitt 30 vH oder mehr des Gesamtquerschnittes beträgt $d = 0{\cdot}75 \cdot \sqrt{f_{max}} + \frac{E}{100}$

b) Bei Leitern aus Reinaluminium oder Aluminiumlegierungen, ferner bei Seilen mit hohlem Innenraum (Hohlseile) sowie bei Stahlaluminiumseilen mit weniger als 30 vH Stahlquerschnitt $d = 0{\cdot}9 \cdot \sqrt{f_{max}} + \frac{E}{100}$

d = Mindestabstand der Leiter am Gestänge in m,
E = Betriebspannung in kV,
f_{max} = größter Durchhang in m.

Bei Hängekettenleitungen ist der unter dem Wurzelzeichen stehende Durchhangswert um die Länge einer Hängekette in m zu vergrößern.

Bei Spannungen von mehr als 3 kV dürfen jedoch die Abstände bei den unter *a*) genannten Baustoffen 0·8 m, bei den unter *b*) genannten Baustoffen 1 m nicht unterschreiten.

2 Bei Leitern verschiedenen Querschnittes oder verschiedenen Baustoffes oder ungleicher Durchhänge, sowie bei außergewöhnlichen Gelände- oder Belastungsverhältnissen, ist auf Grund näherer Untersuchungen festzustellen, ob und inwieweit die nach den vorstehenden Formeln berechneten Abstände zu vergrößern sind.

3 Bei höheren Spannungen und größeren Spannweiten sollen insbesondere bei Hängekettenleitungen, übereinander angeordnete Leiter nicht in der gleichen lotrechten Ebene, sondern um ein entsprechendes Maß wagrecht gegeneinander versetzt verlegt werden, damit bei plötzlichem Abfallen der Zusatzlast und dadurch bewirktem Hochschnellen des unteren Leiters oder bei ungleicher Belastung der Leiter keine unzulässige Annäherung eintritt.

Digitized by Google

B. Beschaffenheit und Festigkeitsberechnung der Leiter.

(Gültig für alle am Hochspannungsgestänge verlegten Drähte und Seile).

§ 5. Baustoffe.

1 Als Leiterbaustoffe sind blanke Drähte oder Seile zu verwenden. Bezüglich der Eigenschaften der üblichen für Starkstromfreileitungen in Betracht kommenden Baustoffe gelten die „Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen".

2 Kupfer als Leiterbaustoff ist nur in Form von hartgezogenen Drähten oder von aus solchen Drähten hergestellten Seilen zulässig.

§ 6. Querschnitte und Spannweiten.

1 Für aus einheitlichem Baustoff hergestellte Drähte und Seile sollen die in den „Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen" unter Punkt *B*) „Blanke Leitungen" angeführten Normalquerschnitte verwendet werden.

2 Der kleinste zugelassene Querschnitt beträgt:
bei Kupfer . . . . . 10 mm²,
bei Reinaluminium . . . . . 25 mm².
Bei anderen Baustoffen wird ein Querschnitt von mindestens 380 kg Tragfähigkeit (Zuglast, die bei der Zugprüfung mindestens 1 Minute wirken soll, ohne zum Bruch zu führen) vorgeschrieben.

3 Eindrähtige Leiter dürfen nur in Querschnitten von höchstens 16 mm² bei Kupfer, Bronze, Eisen oder Stahl verlegt werden; für größere Querschnitte sind nur seilförmige Leiter zulässig. Reinaluminium darf nur als Seil verlegt werden, dessen Einzeldrähte mindestens 2 mm Durchmesser aufweisen.

4 Eisen und Stahl sind nur in Form von verzinkten, oder sonstwie gegen Rostbildung zuverlässig geschützten Drähten und aus solchen hergestellten Seilen zulässig.

5 Die Spannweite von seilförmigen Leitern wird im allgemeinen nicht begrenzt; es ist jedoch der Nachweis zu erbringen, daß die Leiter erst bei dem Fünffachen der im § 9 *b*) angegebenen Zusatzlast bis zur Bruchfestigkeit beansprucht werden. Diese Bedingung ist bei seilförmigen Leitern erfüllt und ein Nachweis kann entfallen, wenn die in der Zahlentafel 1 angegebenen Spannweiten nicht überschritten werden und die Bruchfestigkeit sowie die Höchstbeanspruchung der Leiter den Bestimmungen der §§ 8 und 10 entsprechen.

6 Bei Verwendung größerer Spannweiten als in der Zahlentafel 1 angegeben, ist der Nachweis zu erbringen, daß die Höchstbeanspruchung soweit herabgesetzt wurde, daß der im Absatz 5 vorgeschriebene Sicherheitsgrad eingehalten wird: für diesen Nachweis kann der Einfachheit halber angenommen werden, daß der Elastizitätsmodul bis zur Bruchgrenze unverändert bleibt.

7 Für eindrähtige Leiter gelten als Grenzspannweiten diejenigen der seilförmigen Leiter gleichen Querschnittes und gleichen Baustoffes gemäß Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Zulässige Grenzspannweiten für Seile).*

Nennquerschnitt des Leiters mm²	Hartkupfer	Reinaluminium	Bronze	Flußeisen	Gußstahl	Patent-Gußstahl
10	50	nicht zulässig	100	40	125	205
16	70	„	140	55	180	290
25	95	45	190	75	245	—
35	125	60	250	100	—	—
50	160	80	—	135	—	—
70	205	100	—	170	—	—
95	280	130	—	225	—	—
120	—	158	—	—	—	—
150	—	180	—	—	—	—

Der Ermittlung der Grenzspannweiten wurden die in der Zahlentafel 3 angeführten Festwerte der Baustoffe sowie die in § 10 angegebenen zulässigen Höchstbeanspruchungen zugrundegelegt.

*) Spannweiten über 300 m wurden in die Tafel nicht aufgenommen.

Für Drähte aus Bronze, Gußstahl und Patentgußstahl mit 6 mm² Querschnitt betragen die Grenzspannweiten:
bei Bronze . . . . . 65 m,
bei Gußstahl . . . . . 85 m,
bei Patentgußstahl . . . . . 140 m.

8 Soweit es die Bodengestaltung zuläßt, sind beträchtliche Unterschiede in den Spannweiten benachbarter Felder zu vermeiden.

§ 7. Stahlaluminiumseile.

Hinsichtlich der Querschnitte und Zusammensetzung der Stahlaluminiumseile wird die Einhaltung der Angaben der Zahlentafel 2 empfohlen.

§ 8. Festwerte der Baustoffe.

Für die Festigkeits- und Durchhangsberechnung der Drähte und Seile sind die in der Zahlentafel 3 angeführten Festwerte, und zwar unter Zugrundelegung der Nennquerschnitte zu verwenden. Die Werte für Bruchfestigkeit und Elastizitätsmodul von Bronze, Gußstahl und Patentgußstahl entsprechen den für Freileitungen gebräuchlichen Baustoffen und sind auch die Grenzspannweiten in Zahlentafel 1 auf Grund dieser Werte ermittelt worden; bei Verwendung von Bronze, Gußstahl und Patentgußstahl mit anderen Werten sind die letzteren der Festigkeits- und Durchhangsberechnung zugrunde zu legen.

Zahlentafel 2. Stahlaluminiumseile.

Seil Nr.	Stahlseele				Aluminiumhülle				Stahlaluminiumseil		Querschnittsverhältnis Al / Stahl
	Drähte		Seil		Drähte		Hülle				
	Anzahl	Durchmesser mm	Durchmesser mm	Querschnitt mm²	Anzahl	Durchmesser mm	Drahtlagen Anzahl	Querschnitt mm²	Gesamt-Querschnitt mm²	Außen-Durchmesser mm	
35	7	1·40	4·25	10·8	26	1·75	2	62·5	73·3	11·3	5·74
50	7	1·65	4·95	15·0	26	2·10	2	90·1	105·1	13·5	5·91
70	7	1·95	5·85	20·9	26	2·45	2	122·6	143·5	15·8	5·78
95	7	2·25	6·75	27·8	26	2·85	2	165·9	193·7	18·3	5·88
120	7	2·55	7·65	35·8	26	3·20	2	209·1	244·9	20·6	5·78
150	7	2·85	8·55	44·6	26	3·60	2	264·7	309·3	23·1	5·87
185	7	3·20	9·60	56·2	26	4·00	2	326·7	382·9	25·7	5·75
240	19	2·15	10·75	68·9	26	4·55	2	422·8	491·7	29·1	6·10

Die Stahlaluminiumseile sind nach den Kupferquerschnitten gleicher elektrischer Leitfähigkeit benannt; hiebei ist nur der Aluminiummantel als leitend angesehen.

Digitized by Google

Zahlentafel 3. Festwerte der Baustoffe.

Baustoff		Eigengewicht in kg pro m und mm² des Nennquerschnittes	Bruchfestigkeit in kg/mm²	Elastizitätsmodul in kg/mm²	Wärmedehnungszahl
Hartkupfer	Draht	8·9 ×10⁻³	40	13000	1·65×10⁻⁵
	Seil	9 ×10⁻³	38	10000	
Bronze	Draht	8·9 ×10⁻³	65	13000	1·65×10⁻⁵
	Seil	9 ×10⁻³	60	10000	
Reinaluminiumseil		2·8 ×10⁻³	18	5400	2·3 ×10⁻⁵
Stahlaluminiumseil gemäß Zahlentafel 2		3·6 ×10⁻³	23·5	7220	1·87×10⁻⁵
Flußeisen	Draht	7·7 ×10⁻³	40	19000	1·2 ×10⁻⁵
	Seil	7·8 ×10⁻³	38	17000	
Gußstahl	Draht	7·9 ×10⁻³	90	21000	1·1 ×10⁻⁵
	Seil	8 ×10⁻³	85	18000	
Patent-Gußstahl	Draht	7·9 ×10⁻³	130	21000	1·1 ×10⁻⁵
	Seil	8 ×10⁻³	120	18000	

Bruchfestigkeit ist jene größte Zuglast, welcher der Baustoff durch mindestens eine Minute aushält, ohne zu zerreißen.

§ 9. Belastungsannahmen.

1 Der Festigkeits- und Durchhangsberechnung der Leiter sind folgende Belastungsannahmen zugrunde zu legen:

a) Eine Temperatur von —25° C ohne Zusatzbelastung;

b) eine Temperatur von —5° C mit einer gleichzeitigen Zusatzbelastung von $180 \times \sqrt{d}$ in Gramm je laufenden m, wobei *d* den Durchmesser des dem Leiterquerschnitt umschriebenen Kreises in mm bedeutet. In dieser Zusatzbelastung ist einer etwaigen gleichzeitigen Windbeanspruchung bereits Rechnung getragen;

c) eine Temperatur von —5° ohne Eislast und gleichzeitiger Winddruck senkrecht zum Leiter gemäß § 15 *b*);

d) eine Temperatur von +40° C ohne Zusatzlast.

2 Für die größte auftretende Zugbeanspruchung des Leiters gemäß § 10 ist, je nach der in Betracht kommenden Spannweite, Belastungsfall *a*) oder *b*), gegebenenfalls auch *c*) maßgebend, während für die Ermittlung der zulässigen Mindestabstände gemäß § 3 und § 4 Belastungsfall *b*) oder *d*) ausschlaggebend ist.

§ 10. Zulässige Beanspruchung und Bruchfestigkeit.

1 Als höchstzulässige Zugbeanspruchung der Leiter bei den in § 9 angeführten Belastungsfällen gelten folgende Werte:

Für eindrähtige Leiter aus hartgezogenem Kupfer . . . . . 12 kg/mm²
Für Hartkupferseile . . . . . 19 kg/mm²
Für Reinaluminiumseile . . . . . 8 kg/mm²
Für Stahlaluminiumseile der in § 7 angegebenen Ausführungsart . . . . . 11 kg/mm² des Gesamtquerschnittes.

Für eindrähtige Leiter aus anderen Baustoffen 30 vH der Bruchfestigkeit.

Für Seile aus anderen Baustoffen 45 vH der Bruchfestigkeit der Einzeldrähte aus welchen das Seil besteht.

2 Die zur Herstellung der Leiter verwendeten Kupfer- und Aluminiumdrähte müssen folgende Werte der Bruchfestigkeit aufweisen:

Hartgezogenes Kupfer mindestens . . . 40 kg/mm²
Reinaluminium mindestens . . . . . 19 kg/mm²

3 Die Bruchfestigkeit der zur Herstellung der Stahlseele der in § 7 angeführten Stahlaluminiumseile verwendeten Drähte muß mindestens 120 kg/mm² betragen.

§ 11. Besondere Vorkehrungen.

In Gegenden, in welchen nachweislich außergewöhnlich große Eislasten zu erwarten sind, ist die Sicherheit der Anlage durch entsprechende Maßnahmen zu erhöhen. Solche Maßnahmen sind Anwendung kleinerer Spannweiten oder Herabsetzung der Höchstbeanspruchung der Leiter bei gleichzeitiger Vergrößerung der Leiterabstände oder aber Annahme größerer Eislasten für die Berechnung der Leiter und der Tragwerke.

Es wird auch empfohlen, derartige Maßnahmen allgemein für Leitungen besonderer Wichtigkeit zum Zwecke der Erhöhung der Betriebsicherheit anzuwenden.

§ 12. Leitungsverbindungen und -Klemmen.

1 Die unter vollem Leitungszug stehenden Leitungsverbindungen müssen mindestens 90 vH der Gesamtfestigkeit der zu verbindenden Leiter aufweisen. Verbindungen mit kleinerer Festigkeit, sowie Lötverbindungen dürfen nur dort zur Anwendung kommen, wo der Leiter an der Verbindungstelle nicht auf Zug beansprucht ist.

2 Als Baustoff für die Leitungsverbinder ist zumindest bei jenen Teilen, welche mit den Leitern in Berührung kommen, im allgemeinen der gleiche Baustoff, aus welchem die zu verbindenden Leiter bestehen oder eine Legierung zu verwenden, bei welcher elektrolytische Vorgänge nicht zu befürchten sind. Werden andere Metalle verwendet, oder werden Leiter verschiedenen Baustoffes miteinander verbunden, so ist die Verbindungstelle mit Rücksicht auf die Möglichkeit des Auftretens elektrolytischer Vorgänge vom Zuge zu entlasten oder gegen den Einfluß von Feuchtigkeit zuverlässig und dauernd zu schützen.

Vorstehende Bestimmungen gelten sinngemäß auch für alle Arten vom Klemmen (Trag-, Abspann-, Abzweigklemmen usw.) und sonstige der Befestigung der Leiter dienenden Teile.

C. Isolatoren und Zubehör.

§ 13. Beschaffenheit der Isolatoren.

1 Der elektrische Sicherheitsgrad der verwendeten Isolatoren bzw. Isolatorenketten darf die in nachstehender Schaulinie für die betreffende Betriebspannung angegebenen Werte im Mittel nicht unterschreiten; die Abweichung bei Stückprüfung soll nicht mehr als 15 vH betragen.

2 Die für die Berechnung des Sicherheitsgrades maßgebende Regenüberschlagspannung ist bei normalen Verhältnissen und unter Verwendung der auch für den Betrieb in Betracht kommenden Stromart und Wechselzahl bei unter 45° einfallendem Regen von 3 mm Niederschlaghöhe in der Minute und einer Leitfähigkeit von 100 μ S. cm^{-1} zu bestimmen.

1 μ. S. cm^{-1} = 1 Mikro-Siemens je cm = 10^{-6} Siemens entspricht der Leitfähigkeit eines Wassers von 1,000.000 Ohm spez. Widerstand bezogen auf einen Würfel von 1 cm Seitenlänge.

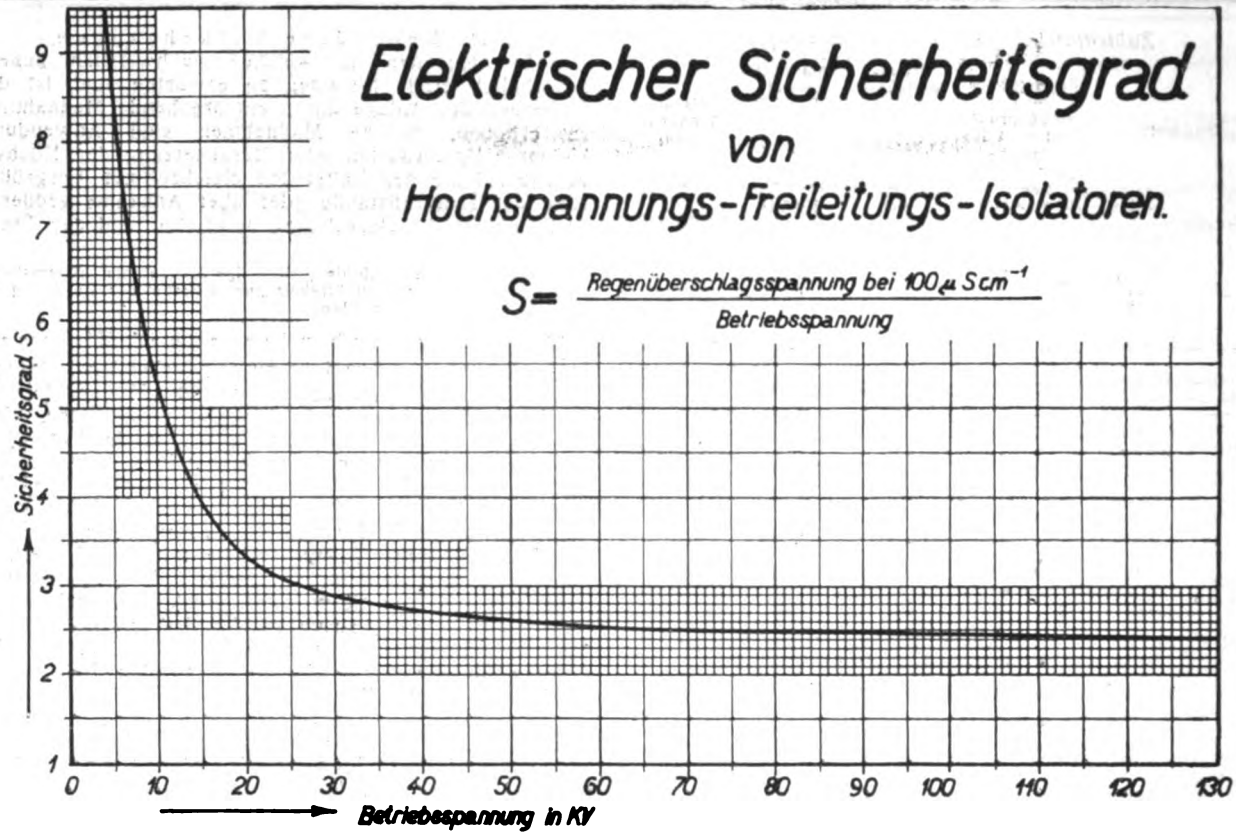
3 Der so ermittelte Sicherheitsgrad gilt nur für normale Verhältnisse; bei den Überschlag begünstigenden Verhältnissen (zum Beispiel bei Seehöhen über 1000 m, Möglichkeit von Ruß- oder sonstigen leitenden Ablagerungen) sind Isolatoren mit entsprechend höherem Sicherheitsgrad vorzusehen.

4 Bezüglich der mechanischen Festigkeit der Isolatoren und Stützen, sowie der Armaturen von Isolatorenketten wird vorgeschrieben, daß dieselben die gemäß § 17 der Mastberechnung zugrunde zu legenden, auf den Mast zu übertragenden Kräfte mit mindestens 2·5 facher Sicherheit aufzunehmen in der Lage sind.

5 Für Isolatoren, bei welchen die auf das 2·5 fache erhöhte Belastung gemäß § 17 der Bruchlast nahe kommt, ist für die Ermittlung des mechanischen Sicherheitsgrades jener Wert der mechanischen Belastung des Isolators heranzuziehen, bei welchem derselbe unter gleichzeitiger elektrischer Beanspruchung mit der für ihn in Betracht kommenden betriebsmäßigen Spannung zum Bruche kommt oder durchschlägt.

Die im Normblatte E 4101 des Österr. Normenausschusses für Industrie und Gewerbe festgelegten Isolatoren, sowie die in den Normenblättern E 4151 und E 00000 festgelegten Stützen entsprechen unter normalen Verhältnissen den vorstehenden Bestimmungen.

Digitized by Google



6 Für Betriebspannungen bis einschließlich 500 V sollen die im Normenblatte E 4100 angegebenen Stützenisolatoren und die hiezu passenden Stützen der Normenblätter E 4150 und E 0000 verwendet werden.

§ 14. Isolatorenbünde.

1 Bei Verwendung von Stützenisolatoren soll wegen der sonst bestehenden Gefahr einer elektrolytischen Zerstörung der zur Befestigung der Leiter verwendete Bindedraht stets aus gleichem und bei Aluminium aus möglichst gleich hartem Baustoff wie der Leiter selbst bestehen. Die Leiter sind an den Bünden vor Bewegungen, durch welche sie beschädigt werden können, sowie vor Einschneiden zu schützen.

2 Bei Abweichung von der Geraden ist der Leiter so zu legen, daß der Bund nicht auf Zug beansprucht wird.

D. Beschaffenheit und Festigkeitsberechnung des Leitungsgestänges.

I. Allgemeines.

§ 15. Äußere Kräfte.

Die Gestänge sind für die höchsten nach ihrem Verwendungszweck (siehe § 16) gleichzeitig zu erwartenden äußeren Kräfte zu bemessen; als solche kommen in Frage:

a) Lotrechte Kräfte: Das Eigengewicht der Maste samt Kopfausrüstung (Ausleger, Erdseilträger, Stützen und sonstige Bauteile) Isolatoren, Leitungen usw. einschließlich der Zusatzlast, welche für die Leiter mit dem in § 9 unter *b*) angeführten Werte, für die Isolatoren mit 25 vH des Isolatorengewichtes, anzunehmen ist. Von der Berücksichtigung des Gewichtes der sich am Maste und der Kopfausrüstung selbst ansetzenden Schnee- und Eislast kann abgesehen werden.

b) Wagrechte Kräfte: Winddruck auf die vorgenannten Teile, welcher mit 125 kg auf 1 m² senkrecht getroffener Fläche ohne Berücksichtigung einer gleichzeitigen Vereisung anzusetzen ist. Bei unter einem Winkel einfallendem Wind ist als die auf die getroffene Fläche einwirkende Kraft der Größe und Richtung nach die senkrecht zur Fläche stehende Komponente des Winddruckes anzunehmen. Bei Drähten und Seilen, sowie bei allen sonstigen Körpern mit Kreisquerschnitt ist als die vom Winde getroffene Fläche

bis 0·5 m mittl. Durchm.: 0·5 facher Durchm. mal Länge
über 0·5 m mittl. Durchm.: 0·6 facher Durchm. mal Länge

anzunehmen.

Bei Tragwerken, welche vom Winde in verschiedenen hintereinander gelegenen Flächen getroffen werden, ist der Winddruck auf die hinten liegenden Flächen mit 50 vH des auf die vorderste Fläche entfallenden Winddruckes in Rechnung zu stellen.

c) Leiterzug: Dieser ist dem Produkt aus der der Berechnung zugrunde gelegten Höchstbeanspruchung des Leiters und dem Nennquerschnitt desselben gleichzusetzen.

§ 16. Einteilung der Maste nach dem Verwendungszweck.

Es sind zu unterscheiden:

a) Tragmaste, die ausschließlich zur Stützung der Leitung dienen und nur in gerader Strecke verwendet werden dürfen.

b) Winkelmaste, welche dazu bestimmt sind, die Leitungszüge in Winkelpunkten aufzunehmen.

c) Abspannmaste, welche Festpunkte in der Leitungsanlage schaffen sollen und im allgemeinen in Höchstentfernungen von je 2·5 km, bei Holzmastleitungen in solchen von je 1·5 km zu setzen sind.

d) Winkelabspannmaste, welche in Winkelpunkten der Leitung zur Aufstellung kommen, jedoch gleichzeitig die Aufgabe von Abspannmasten gemäß *c*) zu erfüllen haben.

Bei Hängekettenleitungen empfiehlt es sich, alle Winkelmaste, bei welchen die Leiter mittels Abspannketten so befestigt werden, daß eine Beweglichkeit des Klemmpunktes in der Richtung der Leiterzüge nicht möglich ist, als Winkelabspannmaste auszubilden.

e) Endabspannmaste, welche zur Aufnahme des gesamten Zuges aller Leitungen dienen.

f) Kreuzungsmaste, welche bei Kreuzungen von Bahnlinien und oberdirdischen Fernmeldeleitungen zur Aufstellung kommen.

§ 17. Belastungsannahmen.

Der Berechnung der Leitungsmaste sind folgende Belastungsannahmen zugrunde zu legen, wobei jeder Mast für diese Belastungsfälle zu untersuchen und jeder Bauwerksteil desselben nach dem jeweils ungünstigsten Belastungsfall zu bemessen ist.

a) Tragmaste.

1. Winddruck gemäß § 15 *b*) senkrecht zur

Digitized by Google

Leitungsrichtung auf Mast samt Kopfausrüstung, Isolatoren und unvereiste Leiter.

2. Winddruck gemäß § 15 *b*) in der Leitungsrichtung auf Mast, Kopfausrüstung und Isolatoren. Wenn die Maste an ihrer Spitze eine oder mehrere Leitungen (spannungführende Leiter oder Erdseile) von insgesamt mindestens 2000 kg Tragfähigkeit führen, so kann für die Berechnung der Winddruck in der Leitungsrichtung auf 80 vH des vollen Wertes ermäßigt werden.

3. Reine Gewichtswirkung unter der Annahme vereister Leiter und Isolatoren gemäß § 15 *a*) ohne gleichzeitigen Winddruck.

b) Winkelmaste.

1. Die Mittelkräfte der Leiterzüge und gleichzeitiger Winddruck auf Mast, Kopfausrüstung und unvereiste Leiter und Isolatoren in Richtung der Gesamtmittelkraft der Leiterzüge.

2. Die Mittelkräfte der Leiterzüge und gleichzeitiger Winddruck wie vorstehend, jedoch in Richtung senkrecht zur Gesamtmittelkraft der Leiterzüge.

3. Die Mittelkräfte der Leiterzüge und Gewichtswirkung unter der Annahme vereister Leiter und Isolatoren gemäß § 15 *a*) ohne gleichzeitigen Winddruck.

c) Abspannmaste.

1. Wie *a*) 1, 2 und 3.

2. Einseitige Leiterzüge bei Wegfall sämtlicher Leiterzüge in einem Nachbarspannfeld (bei ungleichen Leiterzügen im Felde mit den kleineren Zügen) und gleichzeitiger Winddruck senkrecht zur Leitungsrichtung auf Mast, Kopfausrüstung, Isolatoren und unvereiste Leiter. Die in den verbleibenden Leitern wirkenden Züge sind mit zwei Drittel des Höchstwertes gemäß § 15 *c*) anzunehmen.

3. Einseitige Leiterzüge bei Wegfall der Leiterzüge auf einer Seite der Leitungsachse in einem Nachbarspannfelde (Torsionsfall). Sind die Leiterzüge in den Nachbarfeldern verschieden groß, so ist mit dem Wegfall derjenigen des Feldes mit den kleineren Zügen zu rechnen. Bei ungleicher Leiterzahl zu beiden Seiten der Leitungsachse sind die Leiter jener Seite, auf welcher sich die größere Anzahl derselben befindet, als wegfallend anzunehmen.

Bei diesem Belastungsfall kann von der Berücksichtigung eines gleichzeitigen Winddruckes abgesehen werden. Die Leiterzüge in den verbleibenden Leitern sind mit der Hälfte des nach § 15 *c*) zu ermittelnden Höchstwertes einzusetzen.

d) Winkelabspannmaste.

1. Wie *b*) 1, 2 und 3.

2. Wie *c*) 2 und 3, wobei jedoch der Wind im Falle *c*) 2. in der Richtung der Gesamtmittelkraft der Leiterzüge wirkend anzunehmen ist.

e) Endabspannmaste.

1. Volle Leiterzüge und gleichzeitiger Winddruck senkrecht zur Leitungsrichtung auf Mast, Kopfausrüstung, Isolatoren und unvereiste Leiter.

2. Einseitige Leiterzüge bei Wegfall der Leiterzüge auf einer Seite der Leitungsachse (Torsionsfall). Bei ungleicher Leiterzahl zu beiden Seiten der Leitungsachse sind die Leiter jener Seite, auf welcher sich die geringere Anzahl derselben befindet, als wegfallend anzunehmen. Bei diesem Belastungsfall kann ebenso wie bei den Torsionsfällen der anderen Maste von der Berücksichtigung eines gleichzeitigen Winddruckes abgesehen werden. Die Leiterzüge in den verbleibenden Leitern sind dabei mit $^3/_4$ der gemäß § 15 *c*) zu ermittelnden Höchstwerte einzusetzen.

f) Kreuzungsmaste.

Der Berechnung und Bemessung dieser Maste sind die Vorschriften der maßgebenden Behörden zugrunde zu legen.

g) Zusatzbestimmungen.

1 Bei allen unter *a*) 1 und 2, *b*) 1 und 2, sowie *c*), *d*) und *e*) angeführten Belastungsfällen ist außer den für diese Maste festgesetzten Angriffskräften auch das Eigengewicht der Maste samt deren Kopfausrüstung, Isolatoren und Leiter jedoch ohne Eislast in Rechnung zu stellen.

2 2. Für die Auslegerberechnung jener Maste, bei welchen die Isolatoren vom Mastkörper aus nicht erreichbar sind, ist bei allen Belastungsfällen mit einer an der Auslegerspitze angreifenden Montagelast von 70 kg zu rechnen.

3 3. Bei Verwendung von Stützenisolatoren mit geraden Stützen ist bei der Berechnung der Ausleger für die unter *c*) bis *e*) angeführten Maste das durch die Baulänge des Isolators und der Stützen bedingte Drehmoment des Leiterzuges zu berücksichtigen.

II. Holzgestänge.

§ 18. Allgemeines.

1 Holzmaste müssen bei Verwendung als Einfachmaste in der geraden Strecke mindestens 17 cm, bei Richtungsänderung der Leitung mindestens 18 cm, bei Verwendung in Form von A-Masten oder Doppelmasten (gekuppelte Maste) mindestens 15 cm Zopfstärke aufweisen.

2 Unter Zopfstärke ist

$$\frac{\text{Umfang am oberen Stangenende}}{3{\cdot}14} \text{ in cm}$$

zu verstehen.

3 Draht- oder Seilanker sind wenn irgend möglich zu vermeiden. Kann von ihrer Verwendung nicht abgesehen werden, so müssen sie zuverlässig geerdet und außerdem in einer Höhe von mindestens 3 m über Standfläche mit Isolierkörpern für die volle Betriebsspannung versehen werden.

4 Die Stangen von A-Masten müssen am oberen Ende durch wenigstens einen Hartholzdübel oder in einer nachweislich mindestens gleichwertigen Art miteinander verbunden werden. In der freien Länge ist mindestens eine Querversteifung vorzusehen. Am unteren Ende des A-Mastes ist eine Zange anzuordnen, deren Hölzer in die Stangen einzulassen und mit ihnen durch Schraubenbolzen von mindestens $^3/_4$" Durchmesser zu verbinden sind.

5 Bei verdübelten Doppelmasten hat die Austeilung der Dübel derart zu erfolgen, daß zunächst je ein Dübel an den Mastenden angeordnet wird, während die übrigen derart auszuteilen sind, daß kein Dübel in die stärkst beanspruchten Querschnitte oder in unmittelbare Nähe derselben zu liegen kommt. Die hiebei vorzusehenden Schrauben sind bei einer Zopfstärke von 15 bis 16 cm mindestens $^3/_8$", bei größeren Zopfstärken mindestens $^3/_4$" stark zu halten.

6 Beim Bau von Hochspannungsleitungen, die länger als drei Jahre bestehen bleiben sollen, dürfen fäulnisgefährdete, das sind teilweise oder ganz eingegrabene oder mit der Erdoberfläche in Berührung stehende Teile, ferner solche Bauteile, deren Austrocknung infolge mangelnden Luftzutrittes erschwert ist, oder die mit Gras oder vom Erdboden aufspritzendem Wasser in Berührung kommen usw. nur aus Lärchenholz oder aus Hölzern hergestellt werden, welche gegen Fäulnisangriff nach einem als zuverlässig anerkannten Verfahren geschützt sind (zum Beispiel Teerölträukung, Kyanisierung und dergleichen).

7 Alle Eisenteile der Holzmaste müssen einen ausreichenden Rostschutz erhalten. (Schluß fo'gt.)

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, statt.

Mittwoch, den 23. März d. J., um $^1/_2$7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Sektionschef Ing. P. Dittes, Direktor für Elektrisierung in der Generaldirektion der Österr. Bundesbahnen über: **„Fortschritte der elektrischen Zugförderung in Österreich und seinen Nachbarländern".** (Mit Lichtbildern.)

Freitag, den 25. März d. J., um $^1/_2$7 Uhr abends, gemeinsam mit der Fachgruppe für Elektrotechnik des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Vortrag des Herrn Ministerialrat Ing. Friedrich Fuchs über: **„Der gegenwärtige Stand der Wiener Fernsprecheinrichtungen und ihre Entwicklung in den nächsten Jahren".** (Mit Lichtbildern und Vorführung eines Films.)

Digitized by Google

EINLADUNG
zur
45. ordentlichen Generalversammlung.

Wir laden die Vereinsmitglieder hiemit zur Teilnahme an der Mittwoch, den 6. April d. J., 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, stattfindenden 45. ordentlichen Generalversammlung ein.

Tagesordnung.

1. Bericht über die Vereinstätigkeit im Vereinsjahr 1926/27.
2. Bericht über den Gebarungsausweis und die Bilanz pro 1926, sowie über den Voranschlag 1927. (Nachstehend veröffentlicht.)
3. Bericht der Revisoren und Beschlußfassung über den Rechnungsabschluß.
4. Wahl des Präsidenten.
5. Wahl von zwei Vizepräsidenten.
6. Wahl von neun Ausschußmitgliedern.
7. Eventuelle Anträge.

Wien, am 15. März 1927.

Für die Vereinsleitung:

Der Präsident: Ing. R. Beron e. h.

Der Geschäftsführer: Ing. A. Marx e. h.

Bilanz am 31. Dezember 1926.

	Aktiva:	S	g	S	g		Passiva:	S	g	S	g
1.	**Kassa:**					1.	**Mitgliedsbeiträge:**				
	a) Barbestand	774	80				Vorausbezahlte Beiträge für 1927			17 323	08
	b) Postsparkassa	3601	18	4 378	98						
2.	**Effekten:**			9	54	2.	**Vereinsvermögen:**				
3.	**Debitoren:**						Stand am 31. Dezember 1926			14 360	41
	Buchforderungen nach Abzug unserer Schulden . .			27 294	97						
				31 683	49					31 683	49

Gebarungsausweis zum 31. Dezember 1926 und Vergleich des Jahresergebnisses mit dem Voranschlag 1926.

	Einnahmen:	Voranschlag S	g	Ergebnis S	g	S	g		Ausgaben:	Voranschlag S	g	Ergebnis S	g	S	g
1.	Mitgliedsbeiträge . .	46 000	—			46 543	17	1.	**Bureauspesen**						
2	Zinsen	2 000	—			2 518	15		*a)* Miete			517	95		
3.	Subventionen					1 000	—		*b)* Gehalte			7 838	42		
									c) Porto			1 471	55		
									d) Vereinsbeiträge . .			298	44		
									e) Steuern u Pensionsversicherungen . .			1 217	26		
									f) Verschiedene Bureauspesen			10 445	77		
									g) Inventar	20 000	—	2 394	99	24 184	38
								2	Vortragsspesen . . .	4 000	—			1 698	16
								3.	Intern. Elektr. Kommis.		—			863	33
								4.	Gebarungsausfall der Zeitschrift	24 000				21 974	11
								5	Vermögenszuwachs . .		—			1 241	34
		48 000	—			50 061	32			48 000				50 061	32

Voranschlag für 1927.

	Einnahmen:	S	g		Ausgaben:	S	g
1	Mitgliedsbeiträge	52 000	—	1.	Gehalte und Bureauspesen	30 000	—
2.	Zinsen	2 000	—	2.	Vortragsspesen	4 000	—
				3.	Gebarungsausfall der Zeitschrift . .	20 000	—
		54 000	—			54 000	—

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang **Wien, 27. März 1927** **Heft 13**

INHALT: Ein Beitrag über den Ausgleich der Temperatureinflüsse bei Präzisions-Leistungszeigern. Von Rob. Kühnel, Wien. S. 245.
Verlustlose Kompoundierung und Kompensierung großer Drehstrommotoren. Von Dr. L. Dreyfus, Västerås (Schweden). (Schluß). S. 249.
RUNDSCHAU: Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 254. / Stromverteilung. S. 255. / Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 255. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 256. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 256. / Elektromedizin. S. 258.
LITERATURBERICHTE. S. 258.
CHRONIK S. 260.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 260.
VEREINSNACHRICHTEN. S. 262.

Ein Beitrag über den Ausgleich der Temperatureinflüsse bei Präzisions-Leistungszeigern.

Von Rob. **Kühnel**, Wien.

Übersicht: Es werden die Ursachen der Anwärmung, die auf den Eigenverbrauch der Präzisions-Leistungsmesser zurückzuführen sind, untersucht und die dadurch hervorgerufenen Anzeigefehler festgestellt. Durch geeignete Ausgleichsmethoden können diese Fehler behoben werden, so daß auch beim Einbau höherer Spannungsbereiche bis 600 V in den Meßgerätekasten die vorgeschriebenen Genauigkeitsgrenzen leicht eingehalten werden können.

Die Präzisions-Leistungszeiger der Klasse *E* sollen von Außentemperatur und der durch die Einschaltdauer hervorgerufenen Eigenerwärmung in bestimmten Grenzen unbeeinflußt bleiben. Nach den VDE-Regeln über elektrische Meßgeräte soll die Beeinflussung bei der Änderung der Außentemperatur um 10 Grad C nicht größer sein als 0·3 vH. Die gleichen Fehlergrenzen gelten für Dauereinschaltung des Spannungspfades und kurz oder lang dauernde Einschaltung des Strompfades mit den Nennwerten der Spannung, bzw. des Stromes. Man hat deshalb diesen Fehlerquellen, die hauptsächlich die Einhaltung der zulässigen Fehlergrenzen erschweren, bei der Prüfung derartiger Meßgeräte besonderes Augenmerk zugewandt.

Dr. Keinath hat an dieser Stelle[1]) übersichtlich verschiedene Fehlerquellen, die auf die Genauigkeit der Angaben von Präzisions-Leistungszeigern einwirken, behandelt; wie sich daraus entnehmen läßt, können diese Einflüsse durch verschiedene Korrektionsvorkehrungen in den angemessenen Grenzen gehalten werden. Besonders wird aber auf die Schwierigkeit hingewiesen, welche die Beseitigung der Temperatureinflüsse des Spannungskreises verursacht, wenn höhere Spannungsmeßbereiche, zum Beispiel bis 600 V, im Instrument eingebaut sind.

[1]) E. u. M. 1926, Heft 26, S. 474.

Auch in amerikanischen Zeitschriften findet man in letzter Zeit Veröffentlichungen,[2]) welche entweder auf diese Fehlerquellen hinweisen oder Mittel zu deren Beseitigung angeben.

Grundsätzlich werden die Angaben dieser Meßgeräte durch die Veränderungen der Außenraum-Temperatur, durch die Eigenerwärmung der Hauptstromspulen und des Spannungspfades beeinflußt, letzteres insbesondere dann, wenn in dem Leistungszeiger höhere Spannungsmeßbereiche eingebaut sind.

Diese Temperatureinflüsse bewirken insgesamt eine Veränderung der Widerstände im Spannungspfad, speziell solcher mit höherem Temperaturkoeffizienten und Elastizitätsmodul der als Gegenkraft verwendeten Bronzefedern. Einen höheren Temperaturkoeffizienten hat in erster Linie die aus Aluminium- eventuell Kupferdraht gewickelte Drehspule. Das zu den Vorwiderständen verwendete Widerstandsmaterial — gewöhnlich Manganin- oder Konstantandraht — hat einen verschwindend kleinen positiven eventuell auch negativen Temperaturkoeffizienten, der bei den Veränderungen der Raumtemperatur keine beachtenswerte Ausschlagsänderung hervorruft. Erst durch die Eigenerwärmung des Vorwiderstandes, welche Drahtübertemperaturen bis zu 60 und 70 Grad C bedingt, steigt die Veränderung auf zirka 0·15 vH, und zwar ist diese dann meist negativ. Wesentlich größere Unterschiede verursacht die Erwärmung der Drehspule. Je nach der Dimension der Drehspule, dann der Hauptstromspulen und schließlich der Abmessungen des

[2]) Die Genauigkeit von Wechselstrom-Prüf-Instrumenten, S. C. Hoare, Journal A. I. E. E., September 1925. — Bemerkungen über die Temperaturkompensation bei Präzisions-Elektrodynamometern von W. Phillips, Journal of Scientific Instr. Aug. 26.

Digitized by Google

Meßgerätekastens können diese bis 8 vH des Drehspulwiderstandes betragen.[3]) Bei einem Drehspulwiderstand von 150 Ohm und einem Gesamtwiderstand von 5000 Ohm für 150 V ergibt sich dadurch eine negative Fehlweisung von zirka 0·25 vH. Diese wird nun durch die oben angegebene Veränderung des Gesamtwiderstandes um zirka 0·15 vH meist verkleinert, selten vergrößert. Alle diese Widerstandsänderungen sind jedoch, wie aus obigen Ausführungen hervorgeht, zunächst nicht von so großer Bedeutung und noch gut in den zulässigen Grenzen, gewöhnlich werden diese Fehler bei Erhöhung des Spannungsmeßbereiches zum Beispiel auf 300 oder 600 V durch die Erhitzung des Vorwiderstandes noch verkleinert.

Wesentlich größeren Einfluß übt die Erwärmung auf die als Gegenkraft verwendeten Federn aus. Diese sind durchwegs aus Bronzelegierungen verfertigt. Der Elastizitätsmodul nimmt um zirka 0·02 bis 0·04 vH pro 1 Grad C bei Temperatursteigerungen ab. Bei den vorhergehenden Darlegungen wurde eine Übertemperatur von 20 Grad Celsius im Meßwerkraum angenommen, unter Zugrundelegung derselben ergibt sich durch die Federkraftverminderung eine Ausschlagsvermehrung von 0·4 bis 0·8 vH des Skalenendwertes. Bringt man nun die infolge der Widerstandsveränderung entstandenen Anzeigefehler davon in Abzug, so bleibt immer noch eine Ausschlagsvermehrung von 0·2 bis 0·6 vH, also eine Fehlweisung von zirka 1 Skalenteil bei 150teiliger Skala bestehen.

Nachdem die Anwärmefehler, wie gezeigt, fast ausschließlich durch die Erwärmung des Meßwerkes eintreten, so muß der Meßwerkraum möglichst von allen Erwärmungsquellen isoliert werden. Dies kann, wie auch später noch ausführlich beschrieben wird, bei den Vorwiderständen des Spannungspfades ziemlich ausreichend gemacht werden.

Die Eigenerwärmung der Stromspulen, die einen Bestandteil des Meßwerkes bilden, verursacht aber unmittelbar eine Temperaturerhöhung des Meßwerkraumes. Aus diesem Grunde ist diese Erwärmungsquelle auch an erster Stelle als Ursache der Anwärmefehlweisungen zu betrachten. Speziell bei hochstromigen Meßgeräten kann außer dem Wattverbrauch in den Wicklungen noch die Erwärmung der Anschlußklemmen durch schlechte Kontakte ganz beträchtliche Temperatursteigerungen im Meßwerkraum veranlassen, wird doch die Erhitzung der Anschlußstellen durch die starken Kupferverbindungen direkt in den Meßwerkraum geleitet.

Die Kurven I und II in Abb. 1 zeigen die Übertemperaturen des Wicklungskupfers der Feldspulen eines Norma-Wattmeters für 3 Strommeßbereiche 5, 10, 20 A in Abhängigkeit von der spezifischen Strombelastung und des Wattverbrauches. Die Kurven III, IV und V lassen den Verlauf der Meßwerkraumtemperatur bei Dauerbelastung der Feldspulen erkennen. Von besonderem Interesse ist die Schaulinie III, weil sich dieselbe auf ein Norma-Wattmeter mit 3 Strommeßbereichen für 50, 100 und 200 A bezieht, bei welchem der dritte Meßbereich für 200 A bei 4·2 Wattverbrauch durch Überlastung erhalten wird, zeigt dieselbe doch, daß bei angemessenem Wicklungsquerschnitt die Übertemperatur bei Dauerbelastung mit 200 A in durchaus angemessenen Grenzen bleibt.

Die Kurve IV veranschaulicht die Temperatursteigerung eines Norma-Wattmeters für 5 A bei 2 W-Verbrauch, die Kurve V für ein anderes 5 A-Wattmeter bei 4·6 W-Verbrauch. Die angegebenen

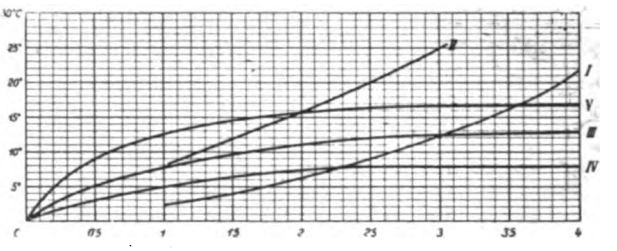


Abb. 1.

Amp/mm²
Wattverbrauch
Stunden

Watt- und Stromwerte beziehen sich immer auf Beharrungstemperaturen, diese werden in den meisten Fällen in 3 bis 4 Stunden erreicht.

Eine zusätzliche Anwärmung findet statt, wenn die Vorwiderstände des Wattmeters im besonderen für höhere Spannungsmeßbereiche im Instrumentenkasten selbst untergebracht sind, beträgt doch bei den normalen Leistungszeiger-Ausführungen der Verbrauch für das Meßbereich 600 V schon 18 W.

Es soll nun untersucht werden, welche Meßwerkraum-Temperatur durch die Dauerbelastung des Vorwiderstandes für 600 V entsteht und welche Vorkehrungen zu treffen sind, damit dieselben möglichst niedrig bleiben.

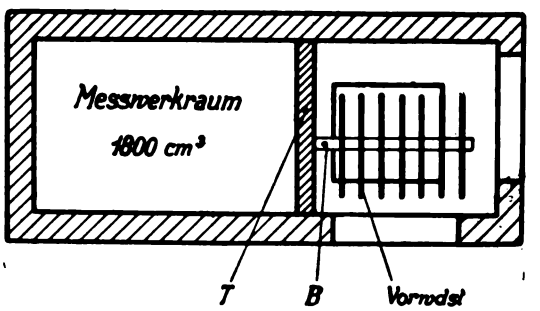


Abb. 2.

Vorerst ist es jedoch wünschenswert festzustellen, welche Widerstandsveränderungen der aus Manganindraht gefertigte Vorwiderstand durch diese Dauerbelastung erfährt, da doch die Ventilierung des Kastenteiles, in welchem derselbe untergebracht ist, gewöhnlich nicht so energisch ausgestaltet werden kann, wie bei einem separaten Vorwiderstandskasten.

In dem Kasten nach Abb. 2, mit den lichten Abmessungen des Vorwiderstandsraumes 80 × 90 × 180 mm und drei seitlichen und einer

[3]) Siehe auch Keinath l. c.

Digitized by Google

Bodenventilations-Öffnung wurde bei Dauerbelastung eine Drahtübertemperatur von 67 Grad C ermittelt, die höchste Widerstandsänderung beträgt —0·13 vH.

Vergleichsweise Prüfungen des gleichen Vorwiderstandes in einem allseitig offenen Kasten ergeben ganz unwesentlich niederere Drahttemperaturen und eine maximale Widerstandsveränderung von —0·12 vH.

Die Einwirkungen der Vorwiderstandserwärmung auf den Meßwerkraum ersieht man aus den Schaulinien der Abb. 3.

Die Kurve I gibt die Meßraumtemperaturen bei vierstündiger Dauerbelastung, wenn die Trennungswand *T* in Abb. 2 nur aus 8 mm dickem Holz besteht und die Befestigungsbolzen *B* die Holzwand durchdringen. Wenn die Holzwand einseitig nur mit Asbestpappe verkleidet wird, ergibt sich eine bedeutende Abflachung der Temperaturkurve nach II. Kurve III zeigt den Temperaturverlauf, wenn die Befestigungs-Schraubenbolzen des Vorwiderstandes die Wand I nicht durchdringen.

Allgemein lassen die Schaulinien erkennen, daß der eingebaute Vorwiderstand für das 600 V

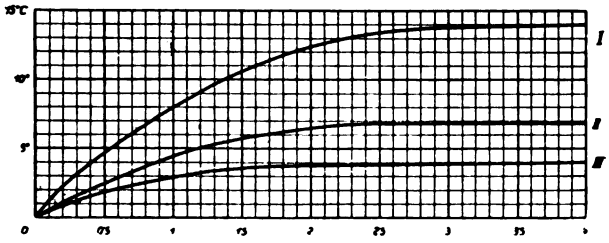


Abb. 3.

Meßbereich auch im ungünstigsten Falle keine höheren Übertemperaturen hervorruft wie die Feldspulen. Außerdem sieht man, daß schon durch einfache Wärme-Isolierungsmittel eine ganz wesentliche Abschirmung erreicht werden kann.

Vorstehende Versuchsergebnisse zeigen, daß mit Übertemperaturen von 10 bis 20 Grad im Minimum zu rechnen ist, in ungünstigen Fällen aber solche von 30 und 40 Grad C auftreten können. Dabei werden sich aber immer festliegende und schließlich auch vorher bekannte Werte der Übertemperatur, die einem bestimmten Fabrikate charakteristisch sind, aus dem Verbrauch des Spannungskreises ergeben, während durch schlechte Kontakte an den Anschlüssen oder aber durch ganz unzulängliche Anschlußkabel (in dieser Beziehung wird oft viel gesündigt) eine ganz unbestimmte, unkontrollierbare Erwärmung der Feldspulen und in weiterer Folge des Meßwerkraumes auftritt.

In der eingangs erwähnten Arbeit hat auch W. Phillips Höchsttemperaturen von 50 Grad C selbst bei Prüfungen im Laboratorium gefunden.

Da die verbleibenden Anwärmefehler negativ sind, das heißt, eine Ausschlagsvermehrung erzeugen, so kann zur Kompensation derselben ein Teil des Vorwiderstandes aus einem Material mit höherem positiven Temperaturkoeffizienten gemacht und dieser Teil des Widerstandes im Meßwerk untergebracht werden, wo er denselben Temperatur-Änderungen ausgesetzt ist wie die Federn. Diese Methode hat W. Phillips bei seinen Versuchen angewandt. Nach anderer Art wird zur Drehspule ein Nebenwiderstand aus Manganin oder Konstantan gelegt. Beide Methoden geben gute Resultate, wenn auch allen zweien besondere Nachteile anhaften.

Bei ersterer sind größere Drahtmengen entsprechenden Querschnittes, um Eigenerwärmung auszuschließen, im Meßwerkraum unterzubringen, da der Kompensations-Widerstand meist aus Kupfer gemacht wird. Diese werden auf eine Mehrzahl von Spulen gewickelt, damit sie nicht eine zu große Temperaturträgheit aufweisen. Wenn das Meßgerät mehrere Sapnnungsmeßbereiche erhält, so müssen diese Kompensations-Widerstände für jedes einzelne Meßbereich in der Nähe des Meßwerkes montiert werden, während die Vorwiderstände aus Widerstandsmaterial im Vorwiderstandsraum liegen. Dadurch entsteht eine sehr umständliche Leitungsführung und -Montage. Diese Kompensationsschaltung zeigt Abb. 4.

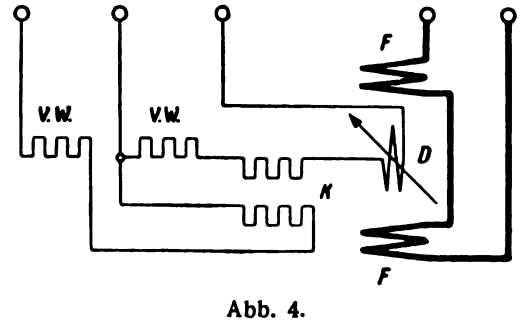


Abb. 4.
F = Feldspulen, *D* = Drehspule, *K* = Kompensations-Widerstände aus Kupfer, *V. W.* = Vorwiderstände aus Manganin.

Es ist deshalb gebräuchlicher, der Drehspule einen Nebenwiderstand aus Widerstandsmaterial mit vernachlässigbar kleinem Temperatur-Koeffizienten (Manganin oder Konstantan) zu geben. Eine derartige Schaltung veranschaulicht Abb. 5. Der Nachteil dieser Schaltung ist der Verlust an Drehmoment, da der Strom im Nebenwiderstand die elektrodynamische Wirkung der Drehspule verringert. Man wird deshalb trachten müssen, das Verhältnis vom Drehspul- zum Nebenwiderstand-Strom so groß wie möglich zu wählen. Dies hat jedoch wiederum zur Folge, daß bei höheren Spannungsmeßbereichen die Ausgleichfähigkeit dieser Schaltung unwirksamer wird. Es ist vielleicht angezeigt, auf die etwas verwickelteren Vorgänge in dieser Schaltung bei Temperatur-Änderungen näher einzugehen.[4])

Zufolge der Temperaturerhöhung im Meßwerkraum durch die Anwärmung der Feldspulen und Vorwiderstände wird der Widerstand der Dreh-

[4]) Siehe auch Dr. Keinath, Die Technik der elektrischen Meßgeräte, S. 172.

Digitized by Google

spule R_1 sowie des aus Kupfer bestehenden Widerstandes R_2 anwachsen, R_4 jedoch unverändert bleiben. Unter der Annahme, daß der Gesamtstrom J trotz dieser Widerstandsänderungen konstant bleibt, was nur bei entsprechend großem R_5 praktisch der Fall ist, wird einerseits eine Verminderung des Drehspulstromes i_D und andererseits eine Vergrößerung des Nebenstromes i_n stattfinden und dadurch eine Ausschlagsverminderung eintreten. Damit das Meßgerät bei Temperatur-Erhöhungen keine Fehlweisungen gibt, soll die Verminderung des Drehspulstromes gerade den Fehlbetrag des Federn-Gegendrehmomentes ausgleichen. Letzterer ist rechnerisch wegen kleiner Verschiedenheiten im Federnmaterial und auch sonstiger thermo-mechanischer Änderungen im Meßwerk nicht zu erfassen und muß deshalb durch Versuche bestimmt werden.

Die zur Kompensation desselben notwendige Stromänderung in der Drehspule ist der Berechnung eher zugänglich; wenn auch dabei Veränderungen hineinspielen, die schließlich Unterschiede bis zu 10 vH ergeben, so beziehen sich die-

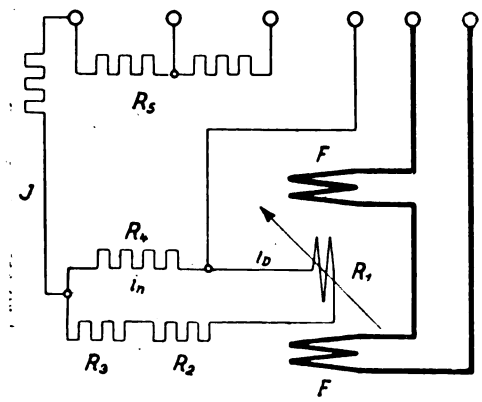


Abb. 5.

F = Feldspulen
R_1 = Drehspule, Aluminium
R_2 = Kupferwiderstand
R_3 = Manganinwiderstand
R_4 = Nebenwiderstand, Manganin
R_5 = Vorwiderstände, Manganin

selben doch auf die Fehlweisung, was bei der ersten gemachten Annahme von zirka 1 Skalenteil nur max. 0·1 Skalenteil ergibt.

Wenn man wieder, um bei dem ersten Beispiel zu bleiben, 20 Grad C als Übertemperatur annimmt, und die Prüfung des nicht auf Anwärmefehler kompensierten Meßgerätes gibt eine negative Fehlweisung von 0·6 vH vom Skalenendwert, das heißt, der Ausschlag ist bei einer bestimmten aufgedrückten Leistung größer als der Sollwert, so müßte zur Ausgleichung dieses Fehlers der Drehspulstrom durch die in Abb. 5 angegebene Schaltung um den gleichen Betrag vermindert werden

Die Drehspulstromverminderung berechnet sich nach folgender Formel in Prozenten:

$$f\,\text{vH} = \frac{100}{\frac{R_z + R_1 + R_2 + R_3}{\alpha\, t\,(R_1 + R_2)} + 1};$$

in dieser bedeutet

$$R_z = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5}$$

und α den Temperatur-Koeffizienten für Kupfer pro 1 Grad C.

Der vollkommene Ausgleich wurde für den Meßbereich 150 V bestimmt. Rechnet man nun mit niederen und höheren Werten für R_5, das heißt, für über und unter 150 V liegende Meßbereiche den Wert von f aus, so erhält man die Kurve I (Abb. 6). Wie man sieht, würde die Kompensation für Meßbereiche unter 150 V viel zu groß werden,

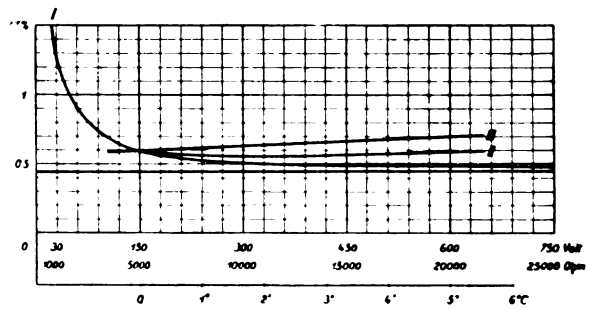


Abb. 6.

während diese bei höheren Meßbereichen, zum Beispiel bei 300 und 600 V, bzw. unbedeutend verkleinert wird, sie nähert sich assymptotisch dem Grenzwert für $R_5 = \infty$.

Der flache Ast der Schaulinie I hebt sich in die Lage II, wenn man die zusätzliche Anwärmung durch die Vorwiderstände in Betracht zieht, in gleichem Sinne hebt sich die Fehlerkurve III der Federn, die sonst unter Bezugnahme auf I eine Parallele zur Abszissenachse darstellt. Die Werte für die Federfehler-Kurven sind negativ zu nehmen und nur der besseren Anschaulichkeit wegen positiv gezeichnet. In Abb. 7 sind Fehlerkurven zusammengestellt, die bei der Überprüfung eines Norma-Wattmeters mit den Meßbereichen 2·5/5/10 A und den Spannungsmeßbereichen 150/300/600 V erhalten wurden, welches nach der in Abb. 5 angegebenen Kompensationsschaltung ausgeführt wurde. Die

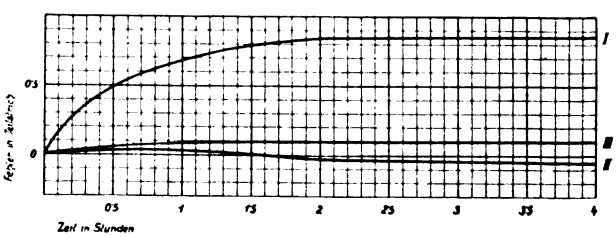


Abb. 7.

Schaulinie I zeigt die Ausschlagsänderung entsprechend der Einschaltzeit, wenn das noch nicht kompensierte Meßgerät mit den Nennwerten der Spannung und des Stromes eingeschaltet wurde. Die Kurve II veranschaulicht das Verhalten des kompensierten Meßgerätes, wenn dasselbe mit 5 A und 150 V und die Kurve III, wenn das Instrument mit 5 A und 600 V dauernd eingeschaltet wurde.

Digitized by Google

Die Auswertung der gesamten Versuchsresultate liefert jedenfalls die Tatsache, daß die mit dem Einbau höherer Spannungsmeßbereiche in das Meßgerät selbst verbundene Umsetzung etwas größerer Wattzahlen an sich keine besonderen Fehlweisungen verursacht. Ein gegenteiliges Ergebnis wäre auch nicht verständlich, da die beschriebene Temperatur - Kompensationsschaltung jede Temperatureinwirkung auf das Meßwerk, gleichgültig aus welcher Quelle dieselbe stammt, ausgleicht.

Der Vollständigkeit halber wäre noch einiges über die Ausgleichung des Phasenfehlers, wie er durch die Selbstinduktion der Drehspule in dem Spannungspfad des Wattmeters hervorgerufen wird, zu erwähnen. Die Drehspulen haben einen Selbstinduktionskoeffizienten von ungefähr 0·005 vH. Bei einem Widerstand von 5000 Ohm des Meßbereiches 150 V verursacht derselbe in Schaltung Abb. 4 einen Phasenfehler von zirka 1 min, bei 50 Per/s durch Erhöhung des induktionsfrei gewickelten Vorwiderstandes vermindert sich derselbe und würde Null bei Vorwiderstand unendlich. Etwas anders äußert sich der Phasenfehler bei Verwendung der in Abb. 5 angegebenen Temperaturkompensation. Durch den zur Drehspule gelegten Widerstand R_4 erhöht sich der Phasenfehler bei Meßbereich 150 V in dem angegebenen Beispiel auf $2^1/_2$ min., vermindert sich bei höheren Spannungen, zum Beispiel 600 V, auf zirka 2 min. und nähert sich weiterhin dem Grenzwert 1 min. 40 sek.

Während also in der Schaltung ohne Nebenschluß der Phasenfehler bei Erhöhung des Vorwiderstandes auf immer kleinere Werte herabsinkt, erreicht dieser bei Anlegung eines induktionsfreien Nebenwiderstandes zur Drehspule nie den Nullwert. Die Ausschlagfehler, welche durch diese Phasenfehler hervorgerufen werden, betragen unter Annahme einer 150 teiligen Skala maximal 0·10 Teilstriche. Dieser Fehler kann deshalb bei den meisten Messungen vernachlässigt werden, nur bei sehr großen Phasenverschiebungen des Meßstromes gegen die Spannung und vor allem höheren Periodenzahlen verlangen dieselben eine entsprechende Berücksichtigung.

Von S. & H. wurde im D.R.P. 245360 eine Methode[5]) angegeben, diese Phasenfehler für eine bestimmte Frequenz und ein Meßbereich vollkommen zu beseitigen und zwar wird zu diesem Zwecke der Nebenwiderstand R_4 induktiv ausgeführt. Es läßt sich aber auch in der Schaltung Abb. 5 nach einem Vorschlag des Verfassers eine Phasenfehler-Kompensation für sehr weite Frequenzbereiche und für alle Spannungsbereiche erreichen. Die ausführliche Beschreibung dieser Methode würde über den Rahmen dieses Aufsatzes hinausgehen und soll einer besonderen Arbeit vorbehalten bleiben.

[5]) Siehe auch W. Skirl, Meßgeräte und Schaltungen für Wechselstromleistungsmessungen, Seite 30.

Verlustlose Kompoundierung und Kompensierung großer Drehstrommotoren.

Von Dr. L. **Dreyfus**, Västerås (Schweden).

(Schluß aus Heft 12, Seite 221.)

4. Anwendung der Theorie zur Vorausberechnung von Phasenkompensatoren.

Der Inhalt des vorigen Abschnittes über die Konstruktion und die wichtigsten Eigenschaften des Kreisdiagrammes war beinahe ausschließlich analytischer Natur. Der vorliegende Abschnitt will zeigen, wie man zu verfahren hat, um die Ergebnisse der Theorie zur Vorausberechnung von Phasenkompensatoren zu verwenden.

Dies ist eine wesentlich andere Aufgabe als die im vorigen Abschnitt gelöste. Denn wir können nur noch einen Teil der Konstanten als bekannt ansehen. Zwar liegen die Daten des Hauptmotors fest und auch die Typengröße und die Ankerwicklungsdaten des Phasenkompensators kann auf Grund von Überschlagsrechnungen festgelegt werden. Was aber unbekannt ist, ist die Dimensionierung sämtlicher Ständerwicklungen mit alleiniger Ausnahme der Kompensationswicklung. Wir haben also die 6 Konstanten d_2, d_3, r_3, x_3, c_4, c_5 erst noch zu berechnen.

Zur Bestimmung dieser 6 Konstanten sind uns nur 5 Bedingungen gegeben:

Erstens und zweitens: Der Phasenkompensator soll sich bei Synchronismus des Hauptmotors mit Gleichstrom erregen. Hierfür haben wir Gleichung (4) und (5) mit den Aussagen:

$$\frac{d_3}{r_3} = \frac{d_2 + r_2}{r_2} \quad \ldots\ldots (4),$$

$$\frac{c_5}{r_3} = \frac{c_4}{r_2} \quad \ldots\ldots (5).$$

Drittens: Der Leerlaufstrom des Hauptmotors soll eine bestimmte Größe

$$j_{10} = \frac{jE_1}{x_1(1-\lambda)} \quad \ldots\ldots (16)$$

besitzen. Damit ist uns λ gegeben. Für „richtige" Erregung ($J_{10}=0$) ist $\lambda=\infty$, für Übererregung ist $|\lambda|>1$ und negativ.

Viertens: Der Mittelpunkt des Kreisdiagrammes soll eine bestimmte Lage besitzen. Das Kreisdiagramm kann nämlich bis auf den Punkt der

Digitized by Google

unendlichen Tourenzahl, den es mit dem gewöhnlichen Ossannakreis gemeinsam hat, ganz willkürlich angenommen werden. Man kann zum Beispiel große Überlastbarkeit dadurch erreichen, daß man den Kreismittelpunkt hebt ($\eta_m/\xi_m > 0$). Doch muß man sich erinnern, daß dies nur durch Anwendung einer Tourenregelungs- und Phasenkompensierungswicklung möglich ist, was die Konstruktion verteuert. In jedem Falle ist mit der angenommenen Lage des Kreismittelpunktes auch das Verhältnis

$$-\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\eta_m}{\xi_m} \cdot \frac{\lambda - 1 - \sigma_{12}}{\lambda - 1 + \sigma_{12}} + 2\frac{r_1}{x_1} \cdot \frac{1}{\lambda - 1 + \sigma_{12}} \quad (33)$$

[vgl. (23)]

gegeben. Für unsere Rechnungen kann das letzte Glied in Gleichung (3) vernachlässigt werden.

Fünftens: Der Tourenabfall soll eine bestimmte Größe besitzen. Für den normalen Drehstrommotor ohne Phasenkompensator ist

$$\frac{ds}{dP_1} = \frac{1}{m_1 E_1^2} \frac{1}{1 - \sigma_{12}} \frac{x_1}{x_2} r_2 \quad . \quad . \quad (34).$$

Für den Drehstrommotor mit Phasenkompensator ist (Gleichung 28)

$$\frac{ds}{dP_1} = \frac{1}{m_1 E_1^2} \times$$

$$\times \frac{(\lambda - 1)^2}{\lambda(\lambda - 1 + \sigma_{12})} (1 - \sigma_{12}) \frac{x_1}{x_2} d_2 \varrho \left[1 + \frac{\alpha^2}{\beta^2}\right].$$

Für einen Motor mit richtiger Erregung ($\lambda = \infty$) und synchroner Leerlauftourenzahl ($\alpha = 0$) ist daher der Tourenabfall im Verhältnis

$$\frac{d_2 \varrho}{r_2}(1 - \sigma_{12})^2 = k(1 - \sigma_{12})^2 \quad . \quad . \quad . \quad (35)$$

größer. Die neu eingeführte Verhältniszahl k ist uns bekannt, wenn wir den Phasenkompensator für einen bestimmten Tourenabfall zu berechnen haben.

Da uns zur Berechnung von 6 Wicklungskonstanten nur 5 Bedingungen gegeben sind, so ist es klar, daß in der Dimensionierung der Wicklungen ein gewisser Spielraum gelassen ist. Nun wird sich zeigen, daß wir bei der billigsten Bauart, bei der sich die Hauptfeld- und Shuntfeldwicklungen gegenseitig induzieren, eine Vorschaltedrosselspule im Shuntkreis benötigen.[3]) Es wird sich daher empfehlen, die Rechnungen so abzufassen, daß die Reaktanz dieses notwendigen, aber innerhalb gewisser Grenzen willkürlich wählbaren Hilfsapparates durch ein besonderes Symbol bezeichnet wird. Mit Rücksicht hierauf drücken wir diejenigen Kraftlinien der Selbsterregungs- bzw. Tourenregelungswicklung, welche mit den gleichachsigen Hauptfeldwicklungen und dem Anker verkettet sind durch die Reaktanzen x_{30} bezw. x_{40} aus, und setzen:

$$x_3 = (x_{30} + x_{50})(1 + \sigma_3) \quad . \quad . \quad . \quad (36).$$

Dann ist $x_3 \frac{\sigma_3}{1 + \sigma_3}$ die Streureaktanz des Shuntkreises einschließlich x_2' und Vorschaltdrossel.

[3]) Eine andere Möglichkeit ist die nochmalige Verkettung von Hauptstromkreis und Nebenschlußkreis außerhalb der Maschine durch einen Serientransformator, welcher die innere Verkettung ganz oder teilweise kompensiert.

Gleichzeitig müssen wir auf irgend eine Weise zum Ausdruck bringen, daß mit x_{30} auch gleichzeitig c_3 bekannt ist, wenn die Ankerwicklung gegeben ist und daß x_{30} dem Quadrate, c_3 dagegen der ersten Potenz der Windungszahl proportional ist. Daher setzen wir

$$x_{30} = \frac{c_3^2}{w}, \quad x_{50} = \frac{c_5^2}{w} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (37),$$

wobei die Konstante w (Dimension Ohm) von den Ständerwindungszahlen unabhängig ist. Außerdem folgt aus der Definition von x_{30} und x_{50} für die Wechselreaktanzen

$$\left.\begin{aligned} y_{23} + x_2' = x_{23} + x_{45} = x_{30}\frac{c_2}{c_3} + x_{50}\frac{c_4}{c_5} \\ y_{34} = x_{34} - x_{25} = x_{30}\frac{c_4}{c_3} - x_{50}\frac{c_2}{c_5} \end{aligned}\right\} \quad (38),$$

Sind für Nebenschlußfeld und Hauptstromfeld verschiedene magnetische Kreise vorgesehen, so werden die Wechselreaktanzen gleich Null, was die Annahme $w = \infty$, $\sigma_3 = \infty$ fordert. Da jedoch nach (36) und (37) allgemein

$$x_3 = (c_3^2 + c_5^2) \cdot \frac{1 + \sigma_3}{w} \quad . \quad . \quad . \quad (39).$$

so ist für diese spezielle Bauart

$$\frac{1 + \sigma_3}{w} = \frac{1 + \sigma_3'}{w'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (40')$$

zu setzen. $\frac{x_3}{1 + \sigma_3'}$ umfaßt dann den gemeinsamen, das heißt mit Shuntkreis und Anker verketteten Flux $\frac{x_3 \sigma_3'}{1 + \sigma_3}$, ist die Streureaktanz einschließlich x_2' und etwa angewandter Drosselspule. w' ist durch Gleichung (39) und (40) definiert.

Nach diesen vorbereitenden Erklärungen dürfte es nicht mehr schwer sein, dem folgenden Rechnungsgang zu folgen, den wir der Einfachheit halber unter Vernachlässigung der kleinen Zusatzwerte r_2' und x_2' durchführen. Die Wechselreaktanzen eliminieren wir durch die Gleichung

$$\left.\begin{aligned} y_{23} = \frac{d_2}{w}(d_2 + c_4\gamma) \\ y_{34} = \frac{d_2}{w}(c_4 - d_2\gamma) \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (41)$$

mit

$$\gamma = \frac{c_4}{d_2 + r_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (42).$$

γ ist dabei als gegeben zu betrachten, da es wie später nachgewiesen wird, durch bereits bekannte Größen (λ, α/β, k) ausgedrückt werden kann, und damit ist auch das Verhältnis zwischen c_4 und d_2 bekannt. Ferner findet man leicht

$$\frac{x_3}{1 + \sigma_3} = \frac{d_2^2}{w}(1 + \gamma^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (43),$$

$$\sigma_{23} = 1 - \frac{d_2^2 + c_4^2}{x_2 w} \frac{1}{1 + \sigma_3} \quad . \quad . \quad (44).$$

In Gleichung (44) kann in allen praktischen Fällen das letzte Glied vernachlässigt und $\sigma_{23} = 1$ gesetzt werden. Dieselbe Vernachlässigung werden wir uns auch in der Folge mehrmals erlauben.

Digitized by Google

Für die weitere Rechnung ist es zweckmäßig, alle Wicklungskonstanten auf eine einzige Konstante zurückzuführen, nämlich auf die Konstante d_2 der Kompoundierungswicklung. Für c_4 ist dies bereits geschehen (Gleichung 42). Für die anderen Konstanten ergibt sich:

$$\left.\begin{aligned} d_3 &= \frac{w}{(1+\gamma^2)(1+\sigma_3)}\,\frac{1}{k}\,\frac{x_2}{r_2}\,\frac{d_2}{d_2+r_2} \\ r_3 &= \frac{w}{(1+\gamma^2)(1+\sigma_3)}\,\frac{1}{k}\cdot\frac{x_2\,d_2}{(d_2+r_2)^2} \\ x_3 &= \frac{w}{(1+\gamma^2)(1+\sigma_3)}\cdot\left(\frac{1}{k}\cdot\frac{x_2}{r_2}\,\frac{d_2}{d_2+r_2}\right)^2 \end{aligned}\right\} \quad (45).$$

Führt man Gleichung (41) und (45) in Gleichung (11) und (12) ein, so erhält man

$$\frac{1-\sigma_{12}}{\lambda} = 1 - \frac{1}{k} - \frac{d_2}{r_2\,k}\,\frac{\sigma_3}{1+\sigma_3} - \frac{d_2^2+c_4^2}{x_2\,w}\cdot\frac{d_2+r_2}{d_2} \quad (46),$$

$$\mu(1-\sigma_{12}) = 1 - \frac{d_2}{r_2\,k}\,\frac{\sigma_3}{1+\sigma_3} - \frac{d_2^2+c_4^2}{x_2\,w} \quad (48)$$

Aus Gleichung (46) berechnet man unter Vernachlässigung des letzten Gliedes:

$$d_2 = r_2\left[k\left(1-\frac{1-\sigma_{12}}{\lambda}\right)-1\right]\frac{1+\sigma_3}{\sigma_3} \quad . \quad (49)$$

und erhält aus Gleichung (42) und (45)

$$c_4 = \gamma\,.\,r_2\left[k\left(1-\frac{1-\sigma_{12}}{\lambda}\right)-\frac{1}{1+\sigma_3}\right]\frac{1+\sigma_3}{\sigma_3} \quad (50),$$

oder gemäß Gleichung (48):

$$c_4 = -\,r_2\,k\,\frac{1+\sigma_3}{\sigma_3}\cdot\frac{\alpha}{\beta}\left(1-\frac{1-\sigma_{12}}{\lambda}\right) \quad (54).$$

Aus dem Vergleich mit (50) folgt daher:

$$\gamma = -\,\frac{\alpha}{\beta}\,\frac{1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}}{1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}-\dfrac{1}{k(1+\sigma_3)}} \quad (55).$$

Führt man Gleichung (54*a*) in Gleichung (15) ein, so erhält man auch die Leerlaufschlüpfung, ausgedrückt in den von vorneherein bekannten Konstanten (λ, α/β, k):

$$s_0 = \frac{r_2}{x_2}\,k\,.\,\frac{\alpha}{\beta}\cdot\frac{\mu(1-\sigma_{12})-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}}{1-\mu(1-\sigma_{12})} = \frac{r_2}{x_2}\,.\,k\,\frac{\alpha}{\beta}\cdot\frac{r_2}{d_2}\,\frac{1+\sigma_3}{\sigma_3}$$

oder endgültig

$$s_0 = \frac{r_2}{x_2}\cdot\frac{\alpha}{\beta}\cdot\frac{1}{1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}-\dfrac{1}{k}} \quad . \quad (56).$$

Man sieht daraus, daß es sich bei günstiger Lage des Kreisdiagrammes (α/β klein) stets nur um sehr kleine Abweichungen von der synchronen Tourenzahl handeln kann. Zur Tourenregelung ist also die vorliegende Schaltung bei Einhaltung der Selbsterregungsbedingung (Gleichung 4, 5) nicht geeignet.

$$d_3 = \frac{w}{(1+\gamma^2)(1+\sigma_3)}\cdot\frac{1}{k}\cdot\frac{x_2}{r_2}\cdot\frac{k\left(1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}\right)-1}{k\left(1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}\right)-\dfrac{1}{1+\sigma_3}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (51),$$

$$r_3 = \frac{w\,\sigma_3}{(1+\gamma^2)(1+\sigma_3)^2}\,\frac{1}{k}\cdot\frac{x_2}{r_2}\cdot\frac{k\left(1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}\right)-1}{\left[k\left(1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}\right)-\dfrac{1}{1+\sigma_3}\right]^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (52),$$

$$x_3 = \frac{w}{(1+\gamma^2)(1+\sigma_3)}\cdot\left[\frac{1}{k}\,\frac{x_2}{r_2}\,\frac{k\left(1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}\right)-1}{k\left(1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}\right)-\dfrac{1}{1+\sigma_3}}\right]^2 \quad . \quad (53).$$

Damit ist unsere Aufgabe, die Konstanten der Statorwicklungen zu berechnen, gelöst. Alle Gleichungen enthalten σ_3 als willkürliche Konstante. Je kleiner σ_3, das heißt je kleiner die Vorschaltedrossel im Shuntkreis, desto stärker müssen die Kompoundierungswicklung (d_2) und Phasenkompensierungswicklung (c_4) gemacht werden. Mit Rücksicht darauf ist es empfehlenswert $\sigma_3 > 4$ auszuführen. Kleine Werte von σ_3 sind nach Gleichung (49) ausgeschlossen.

Bleibt nur noch die Berechnung von γ, für welche wir auf Gleichung (21) zurückgreifen. Aus dieser folgt nämlich

$$c_4 = -\,d_2\,\frac{\alpha}{\beta}\cdot\frac{1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}}{1-\mu(1-\sigma_{12})} \quad . \quad (54\,a)$$

Der Maßstab der Schlüpfungsgeraden läßt sich ebenfalls durch $\lambda, \alpha/\beta$ und k ausdrücken und liefert

$$f_s = \frac{1}{E_1}\,\frac{\left(1-\dfrac{1}{\lambda}\right)^2}{1-\dfrac{1-\sigma_{12}}{\lambda}} \times \times \frac{x_1(1-\sigma_{12})}{x_2}\,r_2\,k\sqrt{1+\frac{\alpha^2}{\beta^2}} \quad . \quad . \quad (57).$$

Wenn man schließlich auch noch die Berechnung des Shuntstromes aus dem Kreisdiagramm auf dieselben Konstanten zurückführen kann, so wird bei der Vorausberechnung die in Abschnitt 3 mitgeteilte Theorie vollkommen entbehrlich. In der Tat lassen sich Gleichung (31) und (32) entsprechend umformen und liefern dann sogar einfachere Lösungen:

Digitized by Google

$$\dot{J}_{13} = \frac{E_1}{r_1 - jx_1 \dfrac{\sigma_{12} + \dfrac{d_2}{r_2 k}\dfrac{1}{1+\sigma_3}}{1 + \dfrac{d_2}{r_2 k}\dfrac{1}{1+\sigma_3}}} = j\frac{E_1}{z_{13}} e^{-j\alpha_{13}} \quad \ldots\ldots (58)$$

mit

$$z_{13} = \sqrt{r_1^2 + x_1^2 \left(\frac{\sigma_{12} + \dfrac{d_2}{r_2 k}\dfrac{1}{1+\sigma_3}}{1 + \dfrac{d_2}{r_2 k}\dfrac{1}{1+\sigma_3}} \right)^2} \quad (59).$$

Da der Endpunkt des Vektors $\dot{J}_{13}$ auf dem Leerlaufkreise liegt (Abb. 5) kann α_{13} graphisch bestimmt werden. Mit Hilfe von $\dot{J}_{13}$ findet man $\dot{J}_3$ gemäß folgende Gleichung

$$\dot{J}_3 = (\dot{J}_{13} - \dot{J}_1)\frac{x_1 x_2}{x_3 x_{21}}\left[\left(\sigma_{12} + \frac{d_2}{r_2 k}\frac{1}{1+\sigma_3}\right) + j\frac{r_1}{x_1}\left(1 + \frac{d_2}{r_2 k}\frac{1}{1+\sigma_3}\right)\right]\cdot\frac{d_2 + jc_4}{r_2 + d_2 + jc_4}$$

$$\doteq (\dot{J}_{13} - \dot{J}_1)\cdot\frac{z_{13} x_2}{x_3 x_{21}}\cdot\left(1 + \frac{d_2}{r_2 k}\frac{1}{1+\sigma_3}\right)\sqrt{\frac{d_2^2 + r_2^2}{(d_2 + r_2)^2 + c_4^2}}\, e^{j(\alpha_{13} + \alpha_4)}$$

$$= (\dot{J}_{13} - \dot{J}_1)\cdot f_3 \cdot e^{j(\alpha_{13} + \alpha_4)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (60)$$

mit

$$\alpha_4 = \operatorname{arctg}\frac{c_4}{d_2} - \operatorname{arctg}\frac{c_4}{d_2 + r_2} \quad . (60\,a).$$

5. Zahlenbeispiel.

Hauptmotor: $c:a$, 500 PS, 300 U/min synchron
$E_1 = 220$ V, $J_1 \cos\varphi = 600$ A,
$r_1 = 0{\cdot}01$,
$x_1 = 0{\cdot}50$,
$x_{12} = 0{\cdot}727$,
$r_2 = 0{\cdot}03$,
$x_2 = 1{\cdot}2$,
$\sigma = 0{\cdot}12$.

Kompensator: $w = 0{\cdot}25$,
$\sigma_3 = 5$.

Folgende Forderungen werden gestellt:

1. Leerlaufstrom 110 A voreilend.
2. Lage des Kreisdiagrammes entsprechend $\eta_m/\xi_a = 0{\cdot}2$ zirka,
3. 10 vH Tourenabfall zwischen Leerlauf und Vollast.

Aus der Bedingung (1) folgt

$$\lambda = 5.$$

Aus Bedingung 2

$$-\frac{\alpha}{\beta} = 0{\cdot}2\,\frac{3{\cdot}88}{4{\cdot}12} + \frac{0{\cdot}04}{4{\cdot}12} = 0{\cdot}188 + 0{\cdot}010 = 0{\cdot}198$$

oder genau genug

$$\frac{\alpha}{\beta} = 0{\cdot}2.$$

Aus Bedingung 3:

$$\frac{ds}{dP_1} = \frac{0{\cdot}1}{3.220.600} = \frac{1}{3.220^2}\cdot\frac{16.088}{5.4{\cdot}12}\cdot\frac{0{\cdot}5}{1{\cdot}2}.0{\cdot}03.1{\cdot}04.k,$$

$$k = 4{\cdot}12$$

oder genau genug

$$k = 4.$$

Hierzu berechnet sich nach Gleichung (49)ff:

$$d_2 = 0{\cdot}03.(4.0{\cdot}824 - 1).1{\cdot}2 = 0{\cdot}083,$$
$$c_4 = 0{\cdot}12.1{\cdot}2.0{\cdot}2.0{\cdot}824 = 0{\cdot}0238,$$
$$\gamma = 0{\cdot}21,$$
$$d_3 = \frac{0{\cdot}25}{1{\cdot}044.6}\cdot\frac{1{\cdot}2}{0{\cdot}12}\cdot\frac{2{\cdot}3}{3{\cdot}13} = 0{\cdot}293,$$
$$r_3 = \frac{0{\cdot}25.5}{1{\cdot}044.36}\cdot\frac{1{\cdot}2}{0{\cdot}12}\cdot\frac{2{\cdot}3}{3{\cdot}13^2} = 0{\cdot}0778,$$
$$x_3 = \frac{0{\cdot}25}{1{\cdot}044.6}\left[\frac{1{\cdot}2}{0{\cdot}12}\cdot\frac{2{\cdot}3}{3{\cdot}13}\right]^2 = 2{\cdot}15.$$

Kontrolle: Gleichung (4)

$$\frac{0{\cdot}293}{0{\cdot}0778} = \frac{0{\cdot}113}{0{\cdot}03} = 3{\cdot}77.$$

Gl. (43)

$$\frac{2{\cdot}15}{6} = \frac{0{\cdot}293^2}{0{\cdot}25}.1{\cdot}044 = 0{\cdot}358.$$

Ferner berechnen wir nach Gleichung (56) ff.

$$s_0 = -\frac{0{\cdot}03}{1{\cdot}20}.0{\cdot}2.\frac{1}{0{\cdot}574} = -0{\cdot}0087,$$

$$f_s = \frac{1}{220}\cdot\frac{0{\cdot}64}{0{\cdot}824}\cdot\frac{0{\cdot}5.0{\cdot}88}{1{\cdot}2}.0{\cdot}12.1{\cdot}02 = 0{\cdot}00016,$$

$$z_{13} = \sqrt{0{\cdot}01^2 + \left(0{\cdot}5.\frac{0{\cdot}12 + 0{\cdot}115}{1{\cdot}115}\right)^2} = 0{\cdot}1058,$$

$$J_{13} = \frac{220}{0{\cdot}1058} = 2080,$$

$$f_3 = \frac{0{\cdot}1058.1{\cdot}2}{2{\cdot}15.0{\cdot}727}.1{\cdot}115.\frac{0{\cdot}0864}{0{\cdot}1155} = 0{\cdot}0675,$$

$$\alpha_4 = 16^0 - 12^0 = 4^0.$$

Gleichung (30)

$$f_2 = \frac{0{\cdot}5}{0{\cdot}727} = 0{\cdot}688,$$

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{0{\cdot}01}{0{\cdot}5} = 0{\cdot}02.$$

Gleichung (17)

$$z_\infty = \sqrt{0{\cdot}0001 + 0{\cdot}0036} = 0{\cdot}0608,$$

$$J_{1\infty} = 3620.$$

Eine wertvolle Kontrolle für die Richtigkeit der durchgeführten Rechnungen erhält man durch Aufzeichnung des vollständigen Spannungsdiagrammes für Stator, Rotor bzw. Arbeitsstromkreis des Kollektormotors und Shuntkreis. Da an Hand der gefundenen Konstanten alle Spannungen und Ströme berechnet werden können und auch deren Phase aus dem Kreisdiagramm zu entnehmen ist, so braucht man nur die Spannungsvektoren so an-

Digitized by Google

einander zu reihen, wie es die Gleichungen (1), (2a) und (3a) vorschreiben. Etwaige Rechenfehler werden dann dadurch entdeckt, daß sich die Spannungsdiagramme nicht schließen.

In Abb. 6 ist diese Kontrolle durchgeführt. Der Primärstrom beträgt

$$J_1 = 615,$$
$$\cos\varphi_1 = 0{\cdot}08,$$
$$J_1 \cos\varphi = 600.$$

Der Sekundärstrom $J_2 = 565$,
Der Shuntstrom $J_3 = 150$.

1. Spannungsdiagramm des Stators des Hauptmotors.

$$E_1 = 220,$$
$$J_1 r_1 = 615 \cdot 0{\cdot}01 = 6{\cdot}1,$$
$$J_1 x_1 = 615 \cdot 0{\cdot}0305 = 1{\cdot}9,$$
$$E_{1g} = 218.$$

2. Spannungsdiagramm für den Rotorkreis des Hauptmotors inklusive Arbeitsstromkreis des Kollektormotors ($s = 0{\cdot}1$).

$$E_{2g} \cdot s = E_{1g} \frac{x_{12}}{x_1} s = 218 \cdot \frac{0{\cdot}727}{0{\cdot}5} \cdot 0{\cdot}1 = 31{\cdot}7,$$

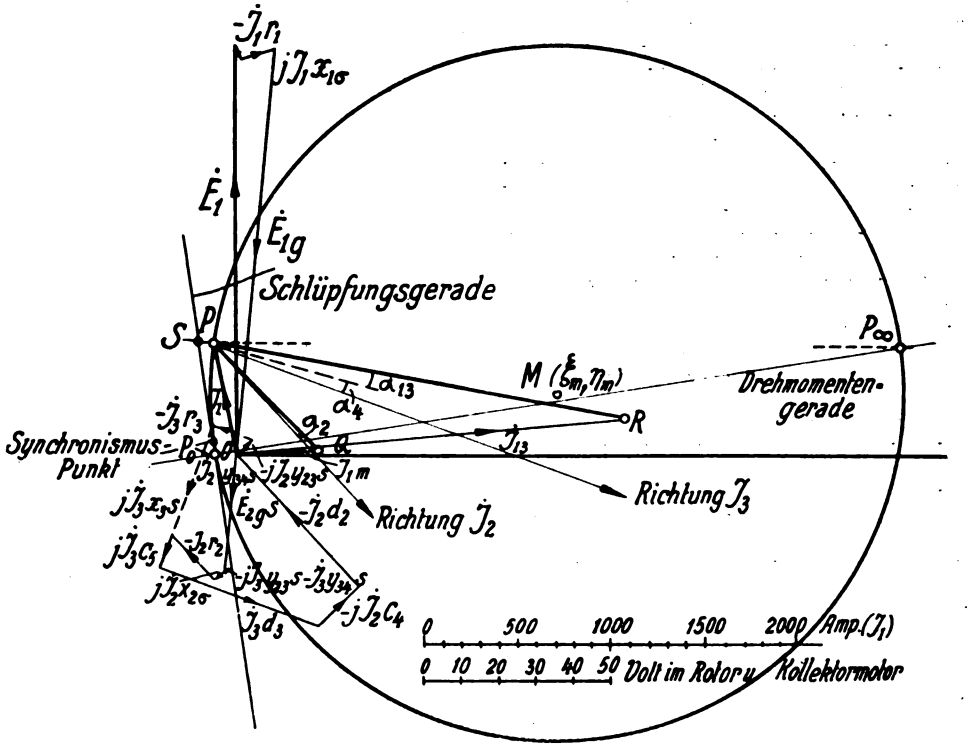


Abb. 6. Strom- und Spannungsdiagramme für den Hauptmotor und Kollektormotor des Zahlenbeispieles.

Dem allgemeinen Gebrauch folgend sind als induktive Spannungsabfälle in Stator und Rotor nicht $J_1 x_1$ bzw. $J_2 x_2 s$ sondern nur die Spannungsabfälle der Streuung $J_1 x_{1\sigma}$ bzw. $J_2 x_{2\sigma} s$ eingetragen; der primäre und sekundäre Streukoeffizient wurde dabei gleich groß angenommen, also

$$(1+\sigma_1) = (1+\sigma_2) = \sqrt{\frac{1}{1-\sigma_{12}}} = 1{\cdot}065,$$

$$x_{1\sigma} = x_1 \frac{\sigma_1}{1+\sigma_1},$$

$$x_{2\sigma} = x_2 \frac{\sigma_2}{1+\sigma_2}.$$

Die in der Abbildung mit $\dot{E}_{1g}$ bezw. $\dot{E}_{2g}s$ bezeichneten Spannungsvektoren sind die von dem gemeinsamen Luftspaltfelde in Stator und Rotor induzierten Spannungen.

$$J_2 r_2 = 565 \cdot 0{\cdot}03 = 17,$$
$$J_2 x_{2\sigma} s = 565 \cdot 0{\cdot}073 \cdot 0{\cdot}1 = 4{\cdot}2,$$
$$J_2 d_2 = 565\ 0{\cdot}083 = 47,$$
$$J_2 c_4 = 565 \cdot 0{\cdot}0238 = 13{\cdot}5,$$
$$J_3 d_3 = 150 \cdot 0{\cdot}293 = 44,$$
$$J_3 c_5 = 150 \cdot 0{\cdot}0238 \cdot \frac{0{\cdot}0778}{0{\cdot}03} = 150 \cdot 0{\cdot}0616 = 9{\cdot}2,$$
$$J_3 y_{23} s = 150 \cdot 0{\cdot}103 \cdot 0{\cdot}1 = 1{\cdot}5,$$
$$J_3 y_{34} s = 150 \cdot 0{\cdot}0075 \cdot 0{\cdot}1 = 0{\cdot}1.$$

Diese beiden letzten EMKe sind also praktisch zu vernachlässigen.

3. Spannungsdiagramm des Shuntstromkreises.

$E_{2g}s$, $J_2 r_2$ $J_2 x_{2\sigma} s$ $J_3 y_{23} s$ $J_3 y_{34} s$ wie oben,
$$J_3 r_3 = 150 \cdot 0{\cdot}0778 = 11{\cdot}6,$$
$$J_3 x_3 s = 150 \cdot 2{\cdot}15 \cdot 0{\cdot}1 = 32{\cdot}3,$$
$$J_2 y_{23} s = 565 \cdot 0{\cdot}103 \cdot 0{\cdot}1 = 5{\cdot}8,$$
$$J_2 y_{34} s = 565 \cdot 0{\cdot}0075 \cdot 0{\cdot}1 = 0{\cdot}4.$$

Digitized by Google

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Der Rotor des Asynchronmotors in Form des massiven Eisenzylinders. Prof. Claudius Schenfer, Moskau, berichtet über Versuche, durch entsprechende Änderungen einen massiven Rotor praktisch verwendbar zu machen, so daß der Motor nicht mehr die Nachteile des hohen Ohmschen Widerstandes und des schlechten Leistungsfaktors aufweist. Zur Verringerung des Ohmschen Widerstandes wird der Rotor mit Stirnringen aus gut leitendem Material (Kupfer, Bronze) versehen, analog den Kurzschlußringen normaler Rotoren. Diese Ringe werden angeschraubt, zur Vermeidung von Übergangswiderständen zwischen Ring und Eisen ein Zinkbelag gebracht. Weiters wird der Rotor mit einer Anzahl tiefer, schmaler Nuten versehen. Durch diese Maßnahme wird gleichfalls der Rotorwiderstand verringert, und zwar aus folgendem Grund. Die Wirbelströme bleiben infolge des Skinneffektes an der Eisenoberfläche. Durch die Anbringung von Nuten wird diese zur Leitung der induzierten Rotorströme zur Verfügung stehende Flächenschicht vergrößert und damit der Ohmsche Widerstand verkleinert. Durch die Nutung wird aber gleichzeitig auch eine Verbesserung des Leistungsfaktors erzielt, da durch sie infolge Vergrößerung des magnetischen Widerstandes der Streuflüsse die Rotorreaktanz herabgesetzt wird. Die experimentelle Untersuchung wurde mit einem 7·5 PS Motor durchgeführt. Der Läufer war aus weichem Stahl (0·15 vH Kohlenstoffgehalt) der zur Verminderung der Hysteresisverluste und zur Vergrößerung der Permeabilität ausgeglüht wurde. Ein Vergleich zweier derartiger Läufer, von denen einer die gleiche Länge hatte wie der Stator, während der andere um 85 mm länger war, ergab annähernd gleiche Resultate, sodaß die weiteren Versuche nur mit dem normal langen Rotor fortgesetzt wurden.

Die Untersuchung wurde durchgeführt vor Anbringung von Nuten, mit und ohne Preßringe, (Versuch 1 und 2) nach Anbringung von 8 Nuten mit und ohne Preßringe (Versuch 3 und 4) und schließlich mit 16 (Versuch 5), und 32 Nuten (Versuch 6) und Preßringen. Die Versuche ergaben:

1. Der Kurzschlußstrom im Stator ist am größten bei Versuch 6 (32 Nuten und Preßringe), 135 A gegen 82 A bei Versuch 1. Von ausschlaggebender Bedeutung sind die Preßringe. 8 Nuten ohne Preßringe ergeben 76 A, mit Preßringen 112 A. Der Kurzschlußstrom bei Einbau eines normalen Rotors betrug 180 A. Es liegt also bei größerer Nutenzahl und Preßringen bezüglich des Kurzschlußstromes gegenüber normalen Motoren kein wesentlicher Unterschied vor.

2. Die Schlüpfung nimmt bei zunehmender Nutenzahl bedeutend ab. Für einen bestimmten Statorstrom (50 A) beträgt der Schlupf zum Beispiel bei Versuch 1 (ohne Nut und Preßringe) rund 37 vH, bei Versuch 6 (32 Nuten und Preßringe) rund 34 vH.

3. Während bei Verwendung eines normalen Rotors der Leistungsfaktor des Motors etwa 0·87 ist, bleibt infolge der verhältnismäßig großen Streureaktanz beim massiven Rotor der Leistungsfaktor niedrig und zwar 0·63 bei Versuch 1 und 0·77 bei Versuch 6. Durch Vergrößerung der Nutzahl ließe sich der Leistungsfaktor weiter verbessern.

4. Bei kleiner Nutenzahl erfolgt der Anlauf mit dem maximalen Drehmoment, bei höherer Nutenzahl ist das Anlaufdrehmoment etwas kleiner als das maximale (im vorliegenden Fall Versuch 6 um etwa 7 vH). Dieses günstige Anlaufmoment ist darin begründet, daß durch den Skinneffekt bei Anlauf also hoher Frequenz des Rotorstromes der Effektivwiderstand des Läufers groß ist und mit zunehmender Tourenzahl, also abnehmender Rotorfrequenz ebenfalls abnimmt.

Der massive Rotor wirkt daher wie ein Schleifringläufer, dem beim Anlauf ein Ohmscher Widerstand vorgeschaltet ist, der nach und nach abgeschaltet wird. Mit zunehmender Nutenzahl sinkt wie erwähnt der Ohmsche Widerstand des Rotors und damit das Anzugsmoment. El.

(Archiv f. Elektrotechnik, Bd. XVI., Heft 2. 1926.)

Einige Probleme des Turbogenerators. E. Gallizia behandelt die Gesichtspunkte, die im modernen Großmaschinenbau zu beachten sind. Generatorleistungen von 45 000 kVA bei 1800 U/min und 25 000 kVA bei 3000 U/min sind die jetzt in großen amerikanischen Zentralen mit mehreren Einheiten üblichen Höchstleistungen, die man mit Rücksicht auf die Reserve nicht gern überschreitet. Diese Leistungen sind aber nur erreichbar bei Umfangsgeschwindigkeiten bis zu 145 m/sec, bei Lagerumfangsgeschwindigkeiten bis zu 40 m/sec und bei großer Statorkernlänge und Rückenhöhe, wodurch nicht nur der Platzbedarf von Turbine und Generator auf ein Minimum (etwa 3·25 m²/1000 kW) heruntergedrückt wird, sondern auch das Gewicht des Aggregates und damit der Preis desselben so klein als möglich gemacht werden (etwa 15 t/1000 kW). Da an das Material, besonders im Rotor, hohe Anforderungen in mechanischer Hinsicht gestellt werden, ist nicht nur bei der Wahl desselben, sondern auch bei dessen Erzeugung besondere Sorgfalt nötig. Da sich kleine Materialfehler unter Umständen beim Schleudern nicht zeigen, ja vielleicht bei der Schleuderprobe erst auftreten, sich aber im Laufe des Betriebes immer mehr ausbilden können, bis es schließlich zu einer Katastrophe kommt, befaßt sich der Autor besonders mit den Materialprüfmethoden. Während die auf akustischen, optischen, chemischen und Röntgenstrahlen fußenden Methoden wohl wertvolle Hilfsmittel für einen Fachmann darstellen, ist die Spannungsabfall-Methode, wie sie beispielsweise von der G. E. Co. entwickelt wurde, die für ein Hüttenwerk bequemste, ohne daß hiebei große Fehler übersehen werden könnten. Rotoren bis zu 45 t Gewicht werden zu diesem Zweck mit Gleichstrom gespeist und Haarrisse aus der durch Abtasten längs eines Stromfadens ermittelten Spannungsabfallkurve festgestellt. Da unter Umständen infolge ungleicher Ablagerung der einzelnen Lösungsbestandteile des Eisens Unregelmäßigkeiten in die Potentialkurve kommen, läßt sich durch Messung der thermoelektrischen EMK leicht feststellen, wovon der Fehler herrührt, da die Größe der EMK von der Materialzusammensetzung abhängt. Für den Widerstand des Eisens gilt die Formel von Benedicks

$$O = 7{\cdot}6 + 26{\cdot}8\,\Sigma C \text{ in } 10^{-6}\,\Omega\text{hm/cm},$$

wobei O den spezifischen Widerstand in Mikroohm pro cm³, $7{\cdot}6\ 10^{-6}$ Ohm/cm den spezifischen Widerstand von chemisch reinem Eisen und

$$\Sigma C = \text{Summe } C\,\text{vH} + \frac{12}{28{\cdot}4}\,\text{Si vH} + \frac{12}{55}\,\text{Mn vH} + \frac{12}{32}\,\text{S vH} + \frac{12}{58{\cdot}7}\,\text{Ni vH} \ldots$$

darstellt.

Für den mechanischen Aufbau des Rotors kommen drei Bauarten in Betracht: der einteilige Rotor mit aus dem Vollen gefrästen Rotornuten (BBC), der aus Welle und Scheiben aufgebaute Rotor und die zweipolige, ungarische Bauart[1]).

Bedeuten für den Konstrukteur die Beherrschung der mechanischen Kräfte in Eisen, Wicklung und Tragkappen des Rotors die Hauptschwierigkeiten, so liegen diese für den Stator in der Kühlung und in der Herabsetzung der Wirbelstromverluste im Kupfer. Obwohl die Wasserkühlung gegenüber der Luftkühlung infolge der viel größeren Wärmekapazität des Wassers gegenüber Luft die naheliegendere wäre, haften ihr noch so viele Nachteile an, daß selbst Einheiten von 50 000 kVA bei 1800 U/min noch vorteilhafter mit Luft gekühlt werden. Die je Minute erforderliche Kühlluftmenge kann nach der Formel 0·115 kVA/min gerechnet

[1]) Vgl. E. Wilczek, „Schnellaufende Turbogeneratoren ungarischer Bauart", Bericht der I. Weltkraftkonferenz, Sektion G, Juli 1924.

Digitized by Google

werden und ist dieselbe sowohl in achsialen, als auch in radialen Nuten durch den Stator zu treiben bei einer Druckhöhe von maximal etwa 30 cm Wassersäule. Die modernste Art der Kühlung ist die Kreisluftkühlung, wobei ein Luftquantum von 2·84 l/kVA als vollständig ausreichend angegeben wird. Der Kraftbedarf der vorteilhafter Weise langsamlaufenden, getrennt aufgestellten Ventilatoren beträgt 6·5 kW/1000 kVA.

Als Isolationsmaterial kommt nur hochprozentige, harte Mika in Frage, die wohl den Vorteil einer hohen Durchschlagfestigkeit hat, dafür aber mit dem Nachteil einer sehr kleinen Wärmeleitfähigkeit $\left(0{\cdot}00118\ \frac{\text{Cal}}{^{\circ}\text{C cm sec}}\right)$ behaftet ist. Dieselbe ist auch die Ursache für den hohen Temperaturabfall, der zwischen Kupfer und außerhalb der Isolation angeordnetem Thermoelement gemäß der Beziehung:

$$\text{Verlust Watt/cm}^2\ \text{Kupferoberfläche} \times \text{Dicke der Isolierhülse in cm:}\ \text{Wärmeleitfähigkeit in}\ \frac{\text{Cal}}{^{\circ}\text{C cm sec.}}$$

auftritt und bis 30° C beträgt. Als für die Isolation maximal zulässige Temperatur werden 130° C angegeben. K. M. L.
(Journal Inst. El. Eng., London, Bd. 64, Nr. 351, 1926.)

Stromverteilung.

Normalisierung von elektrischen Spannungen in Niederländisch-Indien. Die rasch fortschreitende Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in Niederländisch-Indien[1]) ließ eine rechtzeitige Normalisierung der Spannungen notwendig erscheinen, die auf Grund einer 1923 erfolgten Besprechung aller beteiligten Kreise nunmehr vorliegt. Um bestehenden Verhältnissen Rechnung zu tragen, mußten, so wie anderwärts, Hauptnormalspannungen und Nebennormalspannungen, die in besonderen Fällen an Stelle ersterer zulässig sind, festgelegt werden. Unter Betriebsspannung wird die Spannung bei unbelastetem Netz an der Verbrauchsstelle verstanden. Als Normalspannung für Gleichstrom gelten 110, 220 und 600 V, während 440 V nur als Nebenspannung angeführt ist. 110 V ist für kleine Einzelanlagen gedacht, 220 V allgemein, auch für Licht, wo Gleichstrom aus irgend einem Grunde notwendig ist, 600 V für Kraftnetze, insbesondere für Straßenbahnbetrieb. Für Drehstrom gilt als einheitliche Periodenzahl 50 sec. Für Niederspannungsanlagen gelten als normal: 220/127 V, 220 V für Kraft, 127 V für Beleuchtung; auf Grund eingehender Erwägungen wurde diese Spannung wegen der ökonomischen Wirkungsweise und Lebensdauer der Metallfadenlampen bevorzugt; ferner 380 V nur für größere Kraftanlagen mit sachkundiger Bedienung. Die Spannungen 380/220 V werden infolge häufigen Fehlens solcher als unter den obwaltenden Verhältnissen gefährlich abgelehnt. Als Nebenspannungen sind noch, da in alten Anlagen vorhanden, 110, 190 und 500 V angeführt. Für Hochspannungsanlagen sind normal: 6000 V als Spannung großer Generatoren (wofür 10 000 V der klimatischen Verhältnisse wegen zu hoch ist) und großer Hochspannungskabelverteilnetze, ferner 30 000 V für Überlandleitungen, als Nebenspannungen 3000, 15 000 und 25 000 V. Höhere Spannungen sowie Gleichstromspannungen für Bahnbetrieb wurden vorläufig nicht normalisiert. Gn.
(Mitteilung Nr. 4, Dienst für Wasserkraft und Elektrizität in Niederländisch-Indien, Bandoeng, Java, 1926.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Die elektrischen Einrichtungen einer Zeitungsdruckerei. A. Nullau beschreibt die elektrischen Einrichtungen beim „General-Anzeiger in Dortmund". Der aus dem Ortsnetze vorläufig mit 2600 V Spannung (später 10 400 V) bezogene Drehstrom mit 50 Per/s wird in zwei gleichen 200 kW-Einankerumformern in Gleichstrom mit 220 V Spannung umgeformt. Jeder Umformer reicht für den vollen Betrieb der regelbaren Antriebe, insbesondere der Rotationsmaschinen aus. Die Umformer-Transformatoren, sowie die Kraft- und Licht-Transformatoren des 220 V-Drehstromnetzes sind so gewickelt, daß sie nach Umschaltung ohne weiters mit 10 400 V betrieben werden können. Wie in der Umformeranlage ist auch im Hauptverteilnetz für höchste Betriebssicherheit durch Verlegung von Reservekabel Vorsorge getroffen. Zur Notbeleuchtung, die erforderlichenfalls selbsttätig erfolgt, dient eine Akkumulatorenbatterie mit Ladeumformer der gleichzeitig zum Laden von Elektromobilen für die Beförderung der Zeitungen verwendet wird. Die Verteilung der durch die Hauptkabel den einzelnen Arbeitsstätten zugeführten Drehstromleistung erfolgt sicherheitshalber in gußeisengekapselten Schaltkastengruppen. Die Herstellung der Matrizen beginnt mit dem Gießen der maschingesetzten Zeilen aus elektrisch beheizten Gießtöpfen. Die Setzmaschinen sind mit Sonderantriebsmotoren ausgerüstet, die bei der stark wechselnden Belastung mit praktisch gleichbleibender Drehzahl arbeiten. Sodann werden die gegossenen Zeilen in Rahmen vereinigt, von denen auf der mit einem 3 kW-Motor betriebenen Matrizenpresse Pappmatrizen bei 450 000 kg/m² höchsten Flächendruck hergestellt werden. Die Matrizen werden bei Warmprägungen unter Absaugung des Wasserdampfes elektrisch vorgetrocknet und nach halbkreisförmiger Biegung in gasbeheizten Trockentrommeln fertig getrocknet. In vier preßgasbeheizten und elektrisch bedienten Schnellgießmaschinen werden minutlich zwei abdruckfertige Druckplatten erzeugt. Die für die gesamten Druckmaschinen erforderliche Druckfarbe wird ständig in einem etwa 4000 l fassenden Behälter gerührt und gewärmt, sodann durch ein Filter in den Verteilerkessel gedrückt und zu den Druckmaschinen geleitet. Der Überdruck im Kessel wird selbsttätig geregelt. In dieser Anlage wurde im Jahre 1926 die größte Zeitungsdruckmaschine der Welt in Betrieb gesetzt. Sie besteht aus 15 aneinander gereihten Einzeldruckmaschinen für je 16 Seiten, also mit insgesamt 30 Druck- und 30 Plattenzylindern und 15 Papierrollen. Je 2 bis 4 Einzelmaschinen zusammen können als voneinander unabhängige Druckmaschinen laufen. Die Druckwalzen machen durchschnittlich 10 000, höchstens 18 000 Umdrehungen in der Stunde, wobei stündlich etwa 150 000 Bogen mit je 16 Seiten gedruckt werden. Die bemerkenswerten Abmessungen der 240 t schweren Maschine sind: 42 m Länge, 5 m Breite und 5 m Höhe. Die Maschine liefert bei 15 000 U/h etwa 720 000 m² bedruckte Fläche. Das hiezu erforderliche Papier ist 230 km lang und wiegt rund 18 t. Bei 18 000 U/h erhöhen sich diese Werte entsprechend. Je zwei Einzelmaschinen sind gemeinsam mit einem 22 kW-Hauptmotor und einem 22 kW-Hilfsmotor zum Einziehen des Papieres und mit zwei Rollenaufzugmotoren ausgerüstet. Insgesamt sind 8 Farbpumpen-, 8 Zeitungs- und 1 Platten-Transport-Motoren vorgesehen. Die Drehzahl der Hauptmotoren ist zwischen 250 bis 1800 U/min regelbar. Die Antriebsausrüstung wird mittels Druckknopfsteuerung betätigt und arbeitet vollkommen selbsttätig. Anlaß- und Steuergeräte samt Widerständen und Meßgeräten sind in 4 Schaltpulten untergebracht; davon sind 3 als Doppelschaltpulte für je 2 nebeneinanderliegende, das vierte als Einzelpult für den restlichen Einzelantrieb eingerichtet. Die jeweilige Arbeitsweise der Antriebe wird durch färbige Glühlampen angezeigt. Wird in der Maschine gearbeitet, so werden die sonst von mehreren Stellen aus bedienbaren Antriebe von der Druckknopftafel aus gesperrt. Die mit Strom- und Spannungszeigern ausgerüsteten Schaltpulte enthalten ferner die Hauptschalter samt Sicherungen, 2 Ausgleichregler samt Antrieben zur gleichmäßigen Aufteilung der Last auf beide Antriebsmotoren bei gekuppelten Pressenteilen in jeder Geschwindigkeitsstufe, einen Kupplungsschalter zur elektrischen Kupplung zweier mechanisch gekuppelter Pressenteile und 2 Hebel für Umschaltung von Hand auf elektrischen Betrieb, wobei die Steuerwalzen mit ihren Antriebsmotoren mechanisch gekuppelt werden und die Druckknopfsteuerung wirksam wird.

[1]) E. u. M. 1926, „Das Elektrizitätswerk", S. 83.

Digitized by Google

Bei Handantrieb werden die Steuerwalzen mittels seitlich am Schaltpulte angebrachter Handräder betätigt. An den Hauptbedienungsstellen sind je 2 Druckknopftafeln angebracht und zwar 1 mit 3 Druckknöpfen für die Hilfsantriebe mit den Knöpfen „Vorrücken", „Halt", und „Lauf". An den Knöpfen „Halt" befindet sich die oben erwähnte Sperrvorrichtung. Wird der Knopf „Vorrücken" betätigt, so läuft der Hilfsmotor an, wobei millimeterweise eingestellt werden kann. Bei „Lauf" läuft der Hilfsmotor zum Reinigen oder Papiereinziehen so lange bis auf „Halt" gedrückt wird, oder der Hauptmotor beim Anlauf den Hilfsmotor überholt und mittels der Überholungskupplung die Maschine sanft und stoßfrei beschleunigt, so daß das unliebsame Papierreißen vermieden wird. Die Druckknopftafeln mit 2 Knöpfen „Schneller" und „Langsamer" dienen zum Steuern der Hauptmotoren. Bei Überlast, Ausbleiben der Spannung oder Betätigung des Druckknopfes „Halt" wird der Antrieb selbsttätig abgeschaltet und durch die mit Bremslüftmagnet ausgerüstete Bremse stillgesetzt. Durch sogenannte Handantriebssicherungsschalter wird das gefährliche Ingangsetzen der Motoren bei Antrieb einer Druckmaschine durch Handkurbel sicher verhindert, solange die Handkurbel eingerückt ist. Hiebei werden die Steuerleitungen unterbrochen und die Leitungen zum Bremslüftmagnet geschlossen. — Bemerkenswert sind die sinnreichen Einrichtungen für den Antrieb und das Auswechseln der Papierrollen. Die Papierrollen werden durch endlose an ihrem Umfange auflaufende Gummibänder mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit wie die Druckwalzen angetrieben, so daß das Papier nicht wie früher von der Rolle abgezogen, sondern ohne besonderen Zug abläuft. Mit der Abnahme des Rollendurchmessers wird die Rolle selbsttätig stetig gehoben und liegt dadurch mit gleichbleibendem Druck am Gummiband an. Nach Erreichen der höchsten Lage läuft die nahezu verbrauchte Papierrolle in die oberen festen Hilfslager ein, während die beweglichen Hauptlager wieder nach unten geschraubt werden, worauf in sie eine neue Papierrolle eingelegt werden kann. Bei auf 1/6 herabgesetzter Geschwindigkeit wird das neue Papier angeklebt. Das stetige Heben und Herablassen der beweglichen Rollen geschieht mit motorisch angetriebenen Schraubenspindeln. — Die Stereotypieplatten — für die volle Belegung sind 240 Stück erforderlich — werden der Druckmaschine auf einem elektrisch betriebenen, druckknopfgesteuerten Plattentransporteur zugeführt und ebenso wieder abgelegt. Die fertig gedruckten, gefalzten und beschnittenen Zeitungen kommen nun in den Versandraum, wo sie automatisch gezählt und auf elektrisch betriebenen Paketpressen zu Paketen gepreßt, sodann verpackt und freigemacht werden. H. H.

(Bergmann-Mitteilungen, 4. Jahrg., Heft 3. 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Neue Speichertriebwagen der Deutschen Reichsbahn. M. Breuer und H. Kempf beschreiben die neue Form der Speichertriebwagen, welche man auf Grund der 14 bis 20jährigen Erfahrung mit mehr als 150 Doppelwagen[1]) entwickelt hat. Während ein Doppelwagen der Bauart 1912 bei 69 t Betriebsgewicht 84 Sitze und 24 Stehplätze, das heißt, 640 kg je Platzeinheit hatte, wiegen die neuen, von der Waggonfabrik Görlitz zusammen mit den Siemens Schuckert Werken und der Akkumulatorenfabrik A.-G. gebauten Doppelwagen 70 t und haben 56 Sitze 4. Klasse, 58 Sitze 3. Klasse und 40 Stehplätze, das heißt, 455 kg je Platzeinheit. Die nutzbare Grundfläche beträgt 68 m² gegenüber 48 m². Diese bessere Ausnützung wurde dadurch erreicht, daß der größte Teil der Batterien in vier Kästen an den Längsseiten jeder Wagenhälfte und nur ein kleiner Teil wie bisher vor den Führerständen untergebracht wurde. Entsprechend dem erhöhten Fassungsraum wurden außer den beidseitigen Einstiegen bei den Führerständen bei den kurzgekuppelten und durch einen Faltenbalg verbundenen Enden auf jeder Seite ein Einstieg angebracht, demgegenüber in dem 3. Klasse-Wagen ein Postabteil und im 4. Klasse-Wagen ein Abort untergebracht werden konnte. Die Personenräume sind durch Schiebetüren abgeschlossen. Da das Batteriegewicht längs des ganzen Wagens verteilt ist, ist das Drehgestell der alten Wagen überflüssig und ist in jeder Hälfte eine dritte Mittelachse angeordnet. Die beiden Achsen beim gekoppelten Ende tragen die beiden Motoren von 74 kW Stundenleistung bei 310 V und 650 U/min. Die Zahnradübersetzung ist 1 : 4·06. Die Motoren haben Eigenlüftung. Die Steuerung erfolgt mittels acht Schützen in sechs Stellungen für Reihenschaltung und fünf Stellungen für Parallelschaltung der Motoren. In jeder Schaltung sind zwei Stufen für 33 vH und 50 vH Feldschwächung. Der Doppelwagen erreicht in der Ebene bei vollem Feld 47 km/h und bei größter Feldschwächung 64 km/h. Die entsprechenden Geschwindigkeiten in 25 vT. sind 27·5 und 32 km/h. Die Wagen sind für Vielfachsteuerung eingerichtet. Die Führerkontroller haben nur den Schützenstrom zu schalten. Ein Hilfsschütz das auf der ersten Stellung geschlossen wird ermöglicht erst die Einschaltung der Fahrschützen. Eine Totmannvorrichtung unterbricht den Einschaltstrom dieses Hilfsschütz, das beim Abfallen ein Alarmsignal einschaltet, wenn der Wendeschalter auf einer Fahrstellung steht. Die Batterie besteht aus 168 Elementen IX TM 450/5 mit Gitterplatten. Sie hat eine Kapazität von 950, 830, 711, 621 bzw. 477 Ah bei 10, 5, 3, 2 bzw. 1 stündiger Entladung. Der garantierte Fahrbereich des Doppelwagens in der Ebene ist 200 km gegenüber 130 bis 165 km bei älteren Wagen. Es besteht die Möglichkeit, durch Vergrößerung der Batterie den Fahrbereich auf 250 km zu bringen, doch ist ein Weg von 200 km ausreichen groß, um Zwischenladungen unter Tags entbehrlich zu machen. Zahlreiche Messungen ergaben einen durchschnittlichen Wirkungsgrad der Batterie von 0·72, der Gesamtwirkungsgrad zwischen Ladedose und Triebrad ist zwischen 30 PS und 40 PS des Triebwagens 0·59 bis 0·66. Der Wattstundenverbrauch für 1 PSh ist hiebei zirka 1240 bis 1110 Wh/PSh. Der Wattstundenverbrauch für 1km steigt mit der Fahrgeschwindigkeit von 9 Wh/km bei 31 km/h auf Fahrstellung 4 bis auf 15·8 Wh/km bei 64·5 km/h auf Fahrstellung 11. Der Fahrwiderstand des Doppelwagens wurde zu 2·5 kg/t bei 15 bis 20 km/h und zu 9·8 kg/t bei 60 km/h gemessen. Wl.

(Elektrische Bahnen, 2. Jahrg., Heft 9, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 476.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Townsends Theorie und der Durchschlag der Luft bei Stoßspannungen. Von W. Rogowski. Die Theorie von Townsend hat sich, soweit man sie bisher auf die verwickelten Erscheinungen des Durchschlages von Gasen anwandte, sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht bestens bewährt. Dies ist für statische und langsam veränderliche Vorgänge von Townsend selbst und seinen Mitarbeitern, außerdem neuerdings von Schumann mit großem Erfolg geschehen. Versucht man aber die experimentellen Ergebnisse über den Stoßdurchschlag der Luft mit der Theorie von Townsend in Beziehung zu setzen, so ergeben sich erhebliche Schwierigkeiten. — Über den Durchschlag der Luft bei kurzdauernden Spannungen wurden zuerst von Algermissen[1]) Versuche angestellt. Dieser arbeitete mit gedämpften Schwingungen. Seine Versuche wurden von Leontiewa[2]) wiederholt und ergänzt. Reine Spannungsstöße wurden von Peek[3]) und Pedersen[4]) angestrebt. Wenn auch zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Beobachter gewisse Unstimmigkeiten bestehen, so ergibt sich doch mit hinreichender Sicherheit, daß bei homogenem Feld und rechteckigen Spannungsstößen sicherlich bis zur

[1]) Ann. d. Phys. 19, 1906; S. 1007.

[2]) Physik. Zeitschrift 23, 1922, S. 33.

[3]) E. T. Z. 1916, S. 246.

[4]) Ann. d. Phys. 71, 1923, S. 317.

Digitized by Google

Stoßdauer von 10^{-6} Sek., vielleicht sogar bis zu einer solchen von 10^{-7} Sek. die Durchschlagsspannung bei rund 1 cm Funkenlänge und bei Atmosphärendruck praktisch nicht von der bei Dauerspannung abweicht. Erst bei einer Abnahme der Stoßdauer auf 10^{-8} Sek. steigt die erforderliche Spannung an. Dieser Anstieg ist aber klein im Verhältnis zur Verkürzung der Stoßdauer. Nach der Townsendschen Theorie wird nun der Durchschlag in der Weise vorbereitet, daß einige Primärelektronen, die etwa an der Kathode lichtelektrisch ausgelöst werden, durch das starke Feld getrieben, infolge von Stoßionisation ein lawinenförmiges Ansteigen des Stromes bewirken. Soll es aber zum Durchschlag kommen, dann müssen auch die so gebildeten positiven Ionen ionisierend wirken. Ionisieren die positiven Ionen auch, dann wird der dunkle Vorstrom

$$i = i_0 \frac{(\alpha-\beta)e^{(\alpha-\beta)d}}{\alpha-\beta e^{(\alpha-\beta)d}}$$

(d Elektrodenabstand, α bzw. β Zahl der Ionen, die pro cm Weg von einem Elektron, bzw. pos. Ion durch Stoß neu gebildet werden). Die formale Bedingung des Durchschlages besteht nun nach Townsend in einem Unendlichwerden des dunklen Vorstromes. Dies tritt ein, wenn der Nenner des obigen Ausdruckes verschwindet. Tatsächlich muß natürlich der Strom nicht unendlich, sondern nur „groß" werden. Rogowski reduziert diese Forderung noch weiter. Er sucht die Zeit zu berechnen, in der der dunkle Vorstrom auf das doppelte seines Anfangswertes ansteigt. Der wirkliche Durchschlag würde erst nach wesentlich längerer Zeit eintreten. Durch näherungsweise Integration der Differentialgleichungen für die Ionenbewegung läßt sich nun zeigen, daß erst in einer Zeit, die ein positives Ion benötigen würde, um die Distanz zwischen den beiden Elektroden zurückzulegen, der dunkle Vorstrom sich verdoppeln würde. In einem Felde von 30 000 V/cm (Durchbruchsfeldstärke der Luft bei Atmosphärendruck) beträgt nun die Geschwindigkeit der positiven Ionen etwa 10^5 cm/sec. Bei einem Elektrodenabstand von 1 cm würde also der Durchschlag zu seiner Ausbildung wesentlich mehr als 10^{-5} Sek. benötigen. Das sind aber Zeiten, die um Größenordnungen höher liegen, als die experimentell gefundenen. Man könnte versuchen, einen Anschluß an die Townsendsche Theorie in der Weise zu finden, indem man der Raumladung, die infolge der im Vergleich zu den Elektronen langsamen Wanderungsgeschwindigkeit der positiven Ionen entsteht und die eine Verzerrung des homogenen Feldes bewirkt, eine wesentliche Rolle zuschreibt. Aber auch dann kommt man nicht viel weiter. Sind die Versuchsergebnisse aber zutreffend, dann spielen die positiven Ionen beim Durchschlag nicht die Rolle, die ihnen die Townsendsche Theorie zuschreibt.

H. Schiller.

(Archiv f. El., Bd. XVI., Nr. 6, 1926.)

Die Verbindung des infraroten und des elektrischen Wellenspektrums behandelt E. F. Nichols und J. D. Tear. Das untersuchte Gebiet der elektrischen Wellen reicht von 1 cm bis 0·025 cm Wellenlänge und greift hiemit bereits in das bis 0·032 cm bekannte Gebiet der infraroten Wellen. Die elektrischen Wellen wurden mit Hilfe eines abgeänderten Hertzschen Oszillators erzeugt, der aus einem Paar winziger zylindrischer Wolframelektroden bestand, die in die Enden von Glasröhren eingesiegelt waren. In die Glasröhren wurden Zuleitungsdrähte von den Klemmen eines Induktoriums bis auf 2 mm Abstand von den Elektroden eingeführt. Die genau einstellbare Funkenstrecke (beim kleinsten Oszillator nur wenige 10^{-3} mm) lag in Petroleum. An der Rückseite des Gehäuses war ein Hohlspiegel aus Gold angebracht, dessen Krümmungsmittelpunkt mit der Funkenstrecke zusammenfiel; die Strahlen traten durch ein Fenster aus Kristallquarz aus, wurden durch eine Paraffinlinse parallel gerichtet und nach dem Passieren der Interferenzapparate zur Messung der Wellenlänge durch eine zweite gleiche Linse wieder in einen Brennpunkt vereinigt. Als Empfangsapparat dienten zwei lineare Resonatoren aus Platinfolie oder 0·001 mm Draht auf Glimmer, die im Vakuum aufgehängt und als Radiometer ausgerüstet waren, so daß ihnen die Erwärmung durch die absorbierte Strahlung ein Drehmoment verlieh. Die entstehende Ablenkung wurde mit Spiegel und Skala beobachtet. Die folgende Zusammenstellung enthält Angaben über diese Empfänger.

Empfänger	Gesamtabmessungen mm	Elementabmessungen mm	Grundwellenlänge mm	Begünstigte Oberwellen mm
1	5	1·3 × 0·01	3·2	1·6
		(Platin auf Quarzfaden)		
2	3	0·5 × 0·15	0·9	—
3	9.5 × 0·3	0·5 × 0·3	22·0	11, 1·7, 0·33
4	5 × 0·15	5 × 0·15	11·0	3·7
	4	0·8 × 0·1	1·6	0·4
6	4	0·2 × 0·2	0·4	—

Zur Messung der Wellenlänge wurden drei Arten von Interferenzapparaten verwendet; die Boltzmann-Spiegel, ein Interferometer von Fabry und Perot

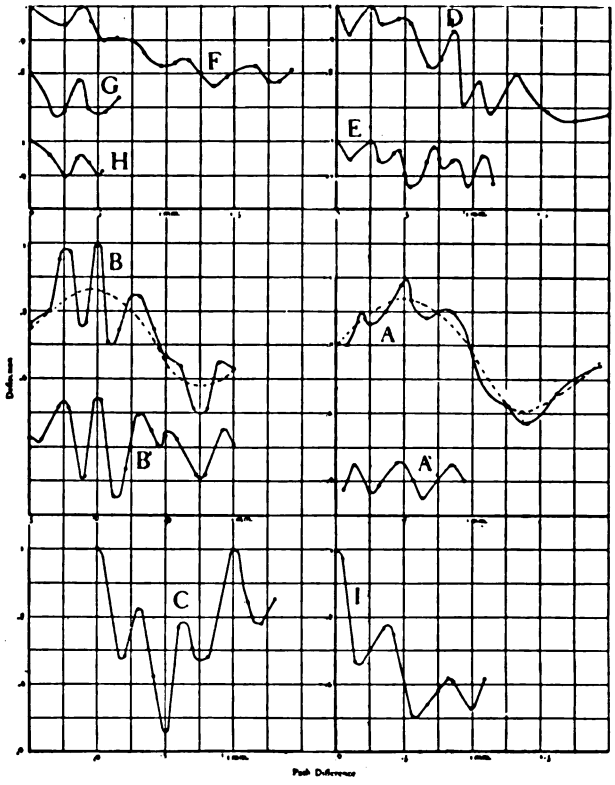


Abb. 1.

und eine Reflexionsstaffel. Die Boltzmann-Spiegel wurden mit nahe vertikalem Einfall benützt. Mit der Verschiebung des einen der beiden Spiegel änderte sich der Ausschlag des Empfängers von Null bis zu einem Maximum, wenn Resonanz stattfand, andernfalls traten durch die Oberwellen des Oszillators und Empfängers verwickeltere, aber immerhin analysierbare Verhältnisse auf. Das Fabry-Perotsche Interferometer besaß zwei 3 mm dicke Quarzplatten von 4 cm Durchmesser, die nach den Angaben von Rubens und Hollnagel[1]) montiert waren. Dieser Apparat lieferte schärfere Maxima; der theoretische Unterschied zwischen Maximum und Minimum betrug nur 40 vH von der Höhe des Maximums. Die Reflexionsstaffel bestand aus einer Säule von zehn sorgfältigst hergestellten Messingparallelepipeden (5 × 10 × 1 cm),

[1]) Phil. Mag. 19, 764, 1910.

Digitized by Google

die sich gegen einen geneigten ebenen Glasstreifen lehnten. Die Neigung der Glasplatte und damit die Steigung der Treppe (gewissermaßen die Gitterteilung) konnte durch eine Mikrometerschraube eingestellt werden. Die Teile eines Parallelstrahles wurden von der Vorderseite der Treppe reflektiert und durch die Paraffinlinse auf dem Empfänger vereinigt. Bei der Änderung der Steilheit trat eine Reihe scharfer Maxima und Minima nacheinander auf. Die erhaltenen Kurven waren leichter zu interpretieren, als die mit den anderen beiden Instrumenten erhaltenen. Die Grundwellen der Oszillatoren hatten eine Wellenlänge von 0·4 bis etwa 27 mm. Häufig traten aber Oberschwingungen auf, die mittels der Boltzmann-Spiegel und des Fabry-Perotschen Interferometers nachgewiesen werden konnten, und die die Verfasser auf die teilweise Einbettung der Oszillatoren in Glas und Öl zurückführen.

Abb. 1 zeigt solche Interferenzkurven. *A*, *B* und *C* wurden mittels der Boltzmann-Spiegel aufgenommen; *A'* und *B'* zeigen die Oberwellen nach Abzug der Grundwelle. *D* bis *I* wurden mit dem Interferometer aufgenommen. Die entsprechenden Wellenlängen der Oberwellen sind:

Kurve:	*A*	*B*	*C*	*D* *E*	*F G H I*
Oszillatorlänge in mm	0·1 × 0·22	0·1 × 0·2	0·1 × 0·24	0·2 × 0·2[2])	—
Grundwelle in mm	3·5	1·5	1·0	2·1	1·2
Oberwelle in mm	0·7	0·28 0·33[1])	0·33	0·27, 0·22 0·33[1]) 0·33[1])	0·4[3])

[1]) Vermutlich Oberwelle des Empfängers.
[2]) Elektroden von *E* dieselben wie bei *D*; jedoch durch den Gebrauch kürzer geworden.
[3]) Die Wellenlänge des Empfängers (0·1 × 0·8 mm) war 1·6 mm; die Oberwelle ist 1/4 von der Grundwelle des Empfängers und 1/3 von der des Oszillators. Die Kurve I wurde mit einem besonderen Empfänger mit der Grundwelle 0·4 aufgenommen.

Der Radiometerempfänger wurde auch zur Untersuchung des infraroten Spektrums der Quarzquecksilberlampe verwendet. Es ergaben sich — mit einem Filtersystem nach Rubens und Wood zur Isolation der langen Wellen — aufnehmbare Interferenzspektren, welche Wellenlängen nahe 228, 294 und 512, vielleicht auch 685 μ entsprechend den von der Quantentheorie für die Molekularrotation im Quecksilberdampf vorausgesagten Wellenlängen anzeigten. R. H.
(Abstr. Bull. of Nela Research Laboratory, 1., 523; 1925.)

Elektromedizin.

Die Einführung von Heilmitteln mit Hilfe von Elektrolyse. Dr. A. Laquerrière erörtert zusammenfassend die Eigenschaften und Aussichten dieses bereits 1804 von Rossi zuerst versuchten Verfahrens. Lösungen von Stoffen, welche mit der Haut lediglich in Berührung gebracht ins Innere des Körpers nicht eindringen und auch keine oder nur rein äußerliche Wirkungen hervorrufen können, wandern bei gleichzeitiger Anlegung einer Gleichspannung in ihre elektropositiven und -negativen Bestandteile zerlegt entsprechend der Stromrichtung ins Innere des Organismus. An Versuchstieren kann auf diese Weise durch Anlegen von Elektroden zum Beispiel Vergiftung mit Cyankali oder Strychnin hervorgerufen werden, wenn die Haut mit den entsprechenden Lösungen befeuchtet und eine bestimmte Stromrichtung gewählt wird. Die Möglichkeiten der medizinischen Anwendung sind jedoch beschränkt dadurch, daß die wirksamen Stoffe nur in unmittelbarer Nähe der Elektroden in größerer Menge sich ansammeln und mit sehr geringer Geschwindigkeit vordringen, was lange Behandlungsdauer bedingt und infolge der relativ sehr geringen ohne Schädigung erträglichen Stromstärken bessere Erfolge nicht erwarten läßt.
(Bulletin Soc. Franç. Electriciens, Oktober 1926.)

Literaturberichte.

3482 **Anleitung zur Entwicklung elektrischer Starkstromschaltungen.** Von Dr. Ing. Georg J. Meyer. 159 Seiten, 16 × 23 cm, mit 167 Abbildungen. Verlag von Julius Springer, Berlin 1926. Preis geb. Mk. 12·—.

Das Gebiet elektrischer Schaltungen umfaßt viele, mannigfaltig verknüpfte und verschlungene Einzelaufgaben und Lösungen. Es mag daher nicht einfach sein, dafür eine logische Einteilung zu finden, und zweifelhaft, ob ein solches System in jenem innigen Zusammenhang mit der technischen Praxis stünde, der ihm allein Bedeutung verleihen kann. So ist es verständlich, daß der Verfasser nach einem einleitenden Abschnitt, dessen schön getroffene Einteilung sich durch die Schlagworte: Serienschaltung, Parallelschaltung und Arbeitsstromgerät, Ruhestromgerät ungefähr kennzeichnen läßt, es vorzieht, den übrigen Stoff nach den Gebieten zu ordnen, in welchen die behandelten Schaltungen praktische Verwendung finden. Einzelne dieser Kapitel, Widerstandsschaltungen, Funkenentziehung und -dämpfung, Relaisschaltungen, Fernschaltung und Fernanzeige von Schalterstellungen, Batterieschaltungen, Synchronisierschaltungen werden ausführlicher behandelt, andere sind knapper gehalten und es ist natürlich, daß die Grenze von der Schaltlehre zum Apparatebau manchmal überschritten werden mußte. — Das Buch erhebt keinen Anspruch darauf, eine Sammlung möglichst vieler fertiger Schaltbilder zu sein, es will nur einige markante Beispiele ihrem Wesen nach entwickeln und tut es in recht anschaulicher Weise. Die Auswahl muß natürlich mehr oder weniger willkürlich sein und der Wunsch nach größerer Vollständigkeit an einzelnen Stellen wird wohl stark vom Geschmack des Lesers abhängen. Zu vermeiden wären aber einige Fehler; so ist bei der praktischen Ausführung des Überspannungsableiters nach Abb. 151 *b* die Magnetspule an das geerdete Ende des Widerstandes gelegt, während die Anordnung nach Abb. 151 *a*, die wohl den bekannten Bendmannapparat darstellen sollte, unter Umständen geeignet ist, einen Dauererdschluß herbeizuführen.

Die zeichnerische Darstellung der Schaltungen ist recht übersichtlich; eine aufmerksame Lektüre des Buches wird wohl jedem manchen Nutzen bringen. Die Ausstattung ist mustergültig. Anton Fritz.

2537 **Die Fernsprechanlagen mit Wählerbetrieb.** (Automatische Telephonie.) Von Dr. Ing. Fritz Lubberger, Oberingenieur der Siemens & Halske A.-G., Berlin. Dritte Auflage, München und Berlin 1926, Druck und Verlag von R. Oldenbourg. Preis geh. Mk. 11·—, geb. Mk. 13·—.

Der Entwicklung der automatischen Fernsprechanlagen entsprechend wurde der Umfang des Buches gegenüber der zweiten Auflage[1]) ungefähr um ein Drittel erweitert. Es wurden zahlreiche kleinere Abschnitte aufgenommen. Unter die Nummernschalter ist der Nummernschalter der englischen Post eingereiht und die Bedingungen für Nummernschalter sind unter Verwendung von Arbeiten von G. Grabe und M. Chavasse ausführlich behandelt. Im Kapitel über den Bau der Wähler finden sich auch neuere Wähler: der Drehwähler der Bell Telephone Mfg. Co., Antwerpen, und der Koordinatenwähler der Western Electric Co., New-York. Der Hebdrehwähler von Siemens & Halske wird an Hand einiger sehr instruktiver photographischer Reproduktionen erläutert. Die allgemeinen Bedingungen für den Wählerbau sind in einem besonderen Kapitel „Allgemeine Wählerkritik" zusammengefaßt. In das Kapitel über die Nummernwahl ist die Beschreibung eines Mitlaufwerkes aufgenommen. Das Kapitel „Die Leitungswahlstufe" ist durch die Beschreibung einiger Kleinautomaten erweitert. Das Kapitel „Fernbetrieb und Vorortverkehr" ist durch einige Bemerkungen über selbsttätigen Fernverkehr ergänzt. Unter den Anlagen mit verschiedener Berechtigung findet sich eine aus-

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 759.

Digitized by Google

führliche Beschreibung einer Nebenstellenanlage von Siemens & Halske. Neu aufgenommen ist ein Abschnitt über die wichtigsten Fragen der Stromlieferung für Wählerämter. Unter den vollständigen Systemen sind außer dem Berliner Reichspostsystem noch folgende beschrieben: Automatic Electric Co., Direktor-System der Automatic Electric Co., Drehwählersystem der Bell Telephone Manufacturing Co., Antwerpen, und L. M. Ericsson, Stockholm. Zum Schluß ist eine Übersicht über die Wählersysteme gegeben. Bei der Darstellung der Stromläufe ist ein neues Verfahren verwendet; die Stromläufe sind in Felder eingeteilt, die mit Ziffern versehen sind. Bei Erläuterung der Stromläufe sind außer den üblichen Relaisbezeichnungen usw. auch diese Ziffern angeführt, wodurch das Lesen der Stromläufe wesentlich erleichtert wird. Die Zahl der Abbildungen ist dem erweiterten Umfang entsprechend wesentlich erhöht. Klein.

3168 **Lehrbuch der Technischen Physik.** Von Dr. Dr.-Ing. Hans Lorenz, ordentlicher Professor an der Technischen Hochschule Danzig. 1. Band. Technische Mechanik starrer Gebilde. 2. vollständig neu bearbeitete Auflage der Techn. Mechanik starrer Gebilde. Zweiter Teil. Mechanik räumlicher Gebilde. Mit 144 Textabbildungen. Berlin, Verlag von Julius Springer. 1926. 294 S. 16 × 24 cm. Preis Mk. 21—.

Dem Leser des ersten Teiles der „Technischen Mechanik starrer Gebilde“[1]) erscheinen die eigenartigen von Lorenz eingeführten neuen Begriffsbezeichnungen zum großen Teile schon bekannt. Es soll durchaus nicht abgesprochen werden, daß vielen dieser Bezeichnungen im Gegensatz zu den in der Literatur üblichen ein hoher Grad von Bildhaftigkeit innewohnt. In der Mechanik der räumlichen Gebilde besitzt die Vektorrechnung viel größere Bedeutung als in der Mechanik der ebenen Gebilde und findet daher auch umfassendere Verwendung. Es werden aber auch an allen wichtigen Stellen die Formeln in der üblichen Koordinatenschreibweise gebracht, wodurch der Weg zur zahlenmäßigen Behandlung von Beispielen erleichtert wird. Das Buch bringt zunächst drei allgemeine Abschnitte: Die Kinematik, die Statik und die Dynamik räumlicher Gebilde. Dann folgt als vierter Abschnitt die Kreiselbewegung. Unter „Kreisel“ versteht Lorenz hiebei in Übereinstimmung mit dem allgemeinen Sprachgebrauch und im Gegensatz zu anderen Schriften über Mechanik achsialsymmetrische Gebilde nicht aber um einen festen Punkt drehbare starre Körper von beliebiger Form und Massenverteilung. Hier ebenso wie in den früheren Abschnitten treten die praktischen Anwendungen hervor, und zwar sowohl auf technisch als auf kosmisch-physikalische Probleme. Der fünfte und letzte Abschnitt ist „Allgemeine Dynamik“ betitelt. Er umfaßt drei Kapitel: Die Variationssätze der Mechanik (Lagranges Gleichungen erster und zweiter Art, die Sätze von Hamilton und Gauß) die statische Mechanik und die Ähnlichkeitsmechanik. Ein Sach- und ein Namensregister erleichtern die Benützung des auch auf schwierige Probleme der technischen Mechanik gründlich eingehenden Werkes.

A. Basch.

3311 **Wasserkraft-Jahrbuch 1925/26.** Von Prof. Dantscher und Ing. Reindl, München. Verlag von R. Pflaum. Mit 382 Seiten, 168 Abb. und 7 Tafeln.

Auf den ersten Jahrgang (1924) des Jahrbuches[2]), der großem Interesse begegnete, da es bisher tatsächlich an einer Sammlung der Fortschrittsarbeiten auf dem Gebiete des Wasserbaues und der Energieerzeugung fehlte, folgte nun nach fast zweijähriger Pause der zweite Jahrgang. Entgegen der seinerzeit in dieser Zeitschrift erfolgten Anregung mußte der Umfang des Werkes aus wirtschaftlichen Gründen sogar noch verringert werden. Das Vorkommen und die Verwertungsmöglichkeiten der einzelnen Energiearten drücken der Energiewirtschaft und den Veröffentlichungen der Fachliteratur jedes Landes ein besonderes Merkmal auf. Es wäre zu begrüßen, wenn in einem der nächsten Jahrbücher auch über die Auswirkungen dieser Umstände etwas aufzufinden wäre, da dies viel zur einheitlichen Bewertung und Klarstellung energiewirtschaftlicher Grundsätze beitragen würde.

Dem ersten Abschnitt des Buches, welcher die Entwicklung der Wasserkraftnutzung behandelt, ist eine Schilderung der geschichtlichen Entwicklung des Wasserbaues vorangesetzt, welche die im vorhergehenden Jahrbuch gegebene Beschreibung der Entwicklung der maschinellen Einrichtungen der Wasserkraftnutzung bezüglich der baulichen Ausgestaltung insbesondere der Wasserkraftstraßen ergänzt. Aus den verschiedenen zum Teil statistisch belegten Berichten geht hervor, daß die Ausbautätigkeit der Wasserkraftanlagen in einigen Ländern in einen gewissen Stillstand geraten ist, der zur Intensivierung der Ausnützung, teils durch Verbesserung des Absatzes, teils durch Regulierung der Wasserführungsverhältnisse benutzt wird.

In eingehender Weise wird im zweiten Abschnitt die Verwertung der Wasserkraftenergie für technisch-metallurgische Zwecke beschrieben, wobei ein besonderer Aufsatz der Aluminium-Industrie und ihrer wirtschaftlichen Beziehung zur Elektrizitätswirtschaft gewidmet ist.

Ein für österreichische Verhältnisse besonders interessanter und lesenswerter Aufsatz von Dr. Ing. Kraus, befaßt sich mit dem Belastungsausgleich in großen alpinen Wasserkraftnetzen, wie er zwischen der Schweiz, Nordfrankreich und verschiedenen deutschen Netzen bereits durchgeführt ist. Die Berechnungsweise und wirtschaftliche Bedeutung insbesondere von natürlichen hydraulischen Speicheranlagen wird hierin beschrieben und die Wichtigkeit der systematischen Berücksichtigung der Ausnützung eines Flußlaufes auf seiner ganzen in Betracht kommenden Länge betont, welchen Ausführungen im Hinblick auf die Vorteile derartiger Kettenwerke nur zugestimmt werden kann.

Die hydraulische Speicherung thermisch erzeugter Energie behandelt ein weiterer Aufsatz, der sich zum Teil auf Annahmen stützt, die sich mit den Prinzipien moderner Verbundwirtschaft nicht in Einklang bringen lassen. Hydraulische Pumpenspeicherung thermischer Energie wird zumindestens für Wasserkraftnetze, die die Grundlage der Verbundwirtschaft im Großen bilden, nicht in größerem Maßstab in Betracht kommen.

Sehr vieles von Interesse bietet der dritte Abschnitt. Unter anderem schreibt Dr. Ing. Schoklitsch über die Bemessung von Wasserschlössern, eine Frage, die häufig entweder technisch oder wirtschaftlich unzureichend bearbeitet wurde. Über die Bedeutung der Fliegeraufnahmen und neue Methoden für ihre Auswertung für die Planung von Wasserbauten berichtet Ing. Lüscher.

Im vierten Abschnitt wurde den Niederdruckanlagen und insbesondere der Kaplanturbine ein breiterer Raum gewidmet. Popoff berichtet über die Ermittlung der Grundlagen für die vorbereitende Turbinenwahl. Englesson teilt Ergebnisse der Prüfung ausgeführter Kaplanturbinen mit. Dubs behandelt die sehr aktuelle Frage der Beeinflussung des Turbinenwirkungsgrades durch das Saugrohr.

Der vorliegende zweite Jahrgang des Wasserkraft-Jahrbuches hat im allgemeinen die Erwartungen erfüllt, die nach dem ersten Jahrgang an dieses übersichtliche Handbuch gestellt werden konnten, er wird sich gewiß viele neue Freunde erwerben.

Baurat K. Krenner.

Eingelaufene Bücher.

3500 Die einfache und doppelte Buchhaltung des Kaufmannes und Gewerbetreibenden. (Ein leichtfaßliches, praktisches Lehr- und Nachschlagebuch.) Von Prof. Hans Spira. Tagblatt-Bibliothek, Steyrermühl-Verlag. 192 Seiten. Wien 1927. Preis S 2·—.

Das Büchlein gibt eine Einführung in das Gebiet der Buchhaltung und kann auch bei umständlicheren Fragen zu Rate gezogen werden.

[1]) Vgl. „Technische Mechanik ebener Gebilde“, E. u. M. 1925, S. 569.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 220.

Digitized by Google

Transformatoren. Von Prof. Dipl. Ing. Fr. Sallinger. Sammlung Göschen, Bd. 952. 114 Seiten mit 66 Textabb. und 12 Tafeln. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1927. Preis Mk. 1·50.

Die Messung der elektrischen Größen. Von Dipl. Ing. C. Aron. 107 Seiten mit 45 Textabb. und 116 Aufgaben nebst Lösungen. Technische Fachbücher. Herausgegeben von Dipl. Ing. A. Meyer. Heft 16. C. W. Kreidel's Verlag, München 1926. Preis Mk. 2·25.

Meßtechnische Übungen der Elektrotechnik. Von Obering. K. Gruhn. 176 Seiten mit 305 Textabb. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 10·50.

Die Eigenschaften elektrotechnischer Isoliermaterialien in graphischen Darstellungen. Eine Sammlung von Versuchsergebnissen aus Technik und Wissenschaft. Von Dr. U. Retzow. 250 Seiten mit 330 Abb. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 24·—.

Neue Druckschriften.

Die Grundlagen der Berechnung von Ledertreibriemen nebst Berechnungstabellen. Von Ing. O. Riethof und Ing. F. Weinberger. 30 Seiten mit 8 Abb. und 1 Tafel. Paul Schulze-Verlag, Leipzig o. J. (1927). Preis Mk. 3·—.

Auf acht Tabellen sind die auf Grund der bisherigen Forschungen, Untersuchungen und praktischen Erfahrungen ermittelten zulässigen Beanspruchungen von Lederriemen verschiedener Stärke unter den vorkommenden Betriebsverhältnissen zusammengestellt. Die Einleitung gibt eine Übersicht über die Berechnungsgrundlagen und eine Literaturzusammenstellung, in der allerdings die neuesten Veröffentlichungen fehlen.

Voigt & Haeffner A.-G., Frankfurt a. M.

Liste vom März 1927. Einheitliches Installationsmaterial, Drehschalter Zugschalter, Steckdosen auf Putz, gekapselt und Einsätze: Stecker; Versenkapparate; Zubehör- und Ersatzteile. (Technische Bemerkungen, Preise und Gewichte.) 16 Seiten.

Chronik.

Eine Internationale elektrotechnische Ausstellung findet im Rahmen der Feierlichkeiten anläßlich der hundertjährigen Gedenkfeier des Todes Alexander Voltas in der Zeit von Mai bis Oktober 1927 in Como statt. Die Ausstellung und der mit ihr verbundene Kongreß umfassen in erster Linie die Drahttelegraphie und das Telephon und die drahtlose Übertragung. Es sollen Elemente und Akkumulatoren, Apparate, Kabel und sonstiges Leitungsmaterial, Radioapparate, Anlagen und Zubehör aller Art ausgestellt werden. Nähere Auskünfte erteilt das Komitee der Volta-Ausstellung in Como, Villa Olmo. Prospekte sind beim Außenhandelsdienst der österreichischen Handelskammern einzusehen.

Technik im Haushalt. Die österr. Gesellschaft für Technik im Haushalt mit dem Sitz in Wien IX., Severingasse 9, hat Mitte Februar ihre ersten „Mitteilungen" veröffentlicht, in denen die Aufgaben und Ziele der Geselschaft dargelegt werden. Diese ist, wie in dieser Zeitschrift, Jahrg. 1926, TWN, Seite 156, bereits berichtet wurde, unter Mithilfe der Frauenorganisationen begründet worden und hat es sich zur Aufgabe gestellt, den Hausfrauen bei der Anschaffung von hauswirtschaftlichen Geräten und Behelfen beratend zur Seite zu stehen. Unter Mitwirkung der Gesellschaft für Wärmewirtschaft wurde auch die den Mitgliedern kostenlos zur Verfügung stehende Beratungsstelle für rationelle Wärmewirtschaft im Haushalt angegliedert. Alle im Haushalt zur Verwendung gelangenden Maschinen, Geräte, Verfahren und Hilfsmittel werden über Auftrag der betreffenden Firmen in der Versuchsstelle der „Technik im Haushalt" einer wissenschaftlichen Untersuchung und einer hauswirtschaftlich praktischen Erprobung unterzogen und die Ergebnisse dieser Prüfungen in den Mitteilungen der Gesellschaft veröffentlicht. In erster Linie soll durch diese Prüfungen der Hausfrau der Weg zur Anschaffung wirklich brauchbarer und praktischer Geräte usw. gewiesen werden, daß sie nichts Unbrauchbares oder Minderwertiges für ihren Haushalt anschafft und weiters soll die Industrie angeregt werden, zweckentsprechende und preiswürdige Gegenstände herzustellen.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Kohlenwirtschaft in Österreich und den Nachfolgestaaten im Jahre 1926. (Nach Berichten der Montanistischen Rundschau.) In Österreich wurden 156 931 t Steinkohle (145 200 t i. J. 1925) und 2·96 Mill. t Braunkohle (3·03 Mill. t) gefördert. Eingeführt wurden 4·1 Mill. t Steinkohle (davon mehr als die Hälfte aus Polen, der Rest in der Hauptsache aus der Tschechoslowakei und Deutschland), 493 275 t Braunkohle und 489 710 t Koks. Die Tschechoslowakei förderte 14·4 Mill. t Steinkohle (12·75 Mill. t i. J. 1925) und 18·6 Mill. t Braunkohle (18·8 Mill. t). Die Kokserzeugung war 1·5 Mill. t (1·56 Mill. t). Die Kohlenförderung Ungarns belief sich auf 6·65 Mill. t (davon 827 000 t Steinkohle, sonst Braunkohle und 172 000 t Lignitkohle) gegen 6·3 Mill. i. Vj. Die Kohlenausfuhr betrug 678 000 t gegen 533 000 t i. J. 1925 und 276 000 t i. J. 1924. Die Einfuhr ist von 1·04 Mill. t i. J. 1925 auf 960 000 t zurückgegangen.

Die schweizerische elektrochemische und elektrometallurgische Industrie im Jahre 1925. In der Kalziumkarbidindustrie hielt die im Vorjahre eingetretene Besserung nicht an, weil die Ausfuhr nach Frankreich und Deutschland durch die hohen Zölle unmöglich gemacht wurde. Die Ausfuhr ist von 35 900 t im Werte von 7·8 Mill. Fr. im Jahre 1914 bis auf 75 880 t (35·2 Mill. Fr.) i. J. 1918 gestiegen und hatte nach einem Rückgang auf 6100 t (1·6 Mill. Fr.) i. J. 1923 im folgenden Jahre wieder 15 100 t (3·8 Mill. Fr.) erreicht, während sie 1925 nur 13 900 t (3·3 Mill. Fr.) betrug. Die Ausfuhr ging zum vorwiegenden Teile nach den Niederlanden und nach Belgien, sowie nach England. Der mittlere Wert einer t war 1914 217 Fr., 1919 547 Fr., 1924 253 Fr. und 1925 239 Fr. Für den Inlandsbedarf wurden im Berichtsjahre etwa 32 500 t erzeugt, die zum allergrößten Teile auf Cyanamid verarbeitet wurden, das wieder fast zur Gänze ausgeführt wurde. Die Aluminiumindustrie litt während des Winters 1924/25 unter den ungünstigen Wasserverhältnissen, konnte aber durch die Inbetriebnahme des Kraftwerkes Turtmann ihre Erzeugung vermehren. Die Ausfuhr erreichte mit 17 390 t (51·8 Mill. Fr.) der Menge nach ihren bisherigen Höchstwert gegen 7470 t (14·9 Mill. Fr.)) i. J. 1914, 11 370 t (63·4 Mill. Fr.) i. J. 1918 und 15 700 t (47·2 Mill. Fr.) i. J. 1924. Die Ausfuhr von Ferrosilizium und anderen Eisenlegierungen war mit 3130 t (1·9 Mill. Fr.) wohl etwas größer als im Vorjahre, blieb aber gegen das Jahr 1914 mit 16 570 t (6·7 Mill. Fr.) und besonders gegen den Kriegszeit-Höchstwert 1917 22 780 t (22·4 Mill. Fr.) sehr stark zurück. Die Erzeugung von Elektrogußeisen und Salpetersäure aus Luftstickstoff wurde als unrentabel aufgegeben, bei der Erzeugung von Aluminatzement (Elektrozement) die 500 bis 600 t betrug, erhofft man eine weitere Entwicklung. Außerdem werden unter anderen noch Kupfer-, Zink- und Nickelsulfate (Erzeugung von Kupfersulfat i. J. 1925 600 bis 700 t) sowie Kupferplatten auf elektrischem Wege erzeugt.

(Schweiz. Bauz., 6. November 1926.)

Digitized by Google

Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. (Aus dem Geschäftsbericht für die Zeit vom 1. Oktober 1925 bis bis 30. September 1926.) Der Umsatz stieg über den des Vorjahres. Es wurden aus dem Bestellungsvortrag noch manche Anlagen, die eine längere Bauzeit benötigten, fertiggestellt und abgerechnet. Das Arbeiten in diesem Geschäftsjahre war dadurch gekennzeichnet, daß die vielen ungewöhnlichen Störungen, die in den früheren Jahren mit dem Verfall des Geldwertes, den schwankenden Preisen und den dauernden Verhandlungen über Arbeitsbedingungen verknüpft waren, nunmehr fortgefallen sind. Die wenig günstige Lage auf dem Inlandsmarkt ließ dem Auslandsgeschäft erhöhtes Interesse zuwenden, obgleich der Absatz nach zollgeschützten Ländern und solchen mit Inflation immer schwieriger wird, und auch der Wettbewerb nach wie vor sehr stark bleibt. Dem schon im vorjährigen Bericht erwähnten Bauauftrag für die gesamten Anlagen zum Ausbau der Wasserkräfte des Shannon[1]) und der Elektrifizierung des gesamten irischen Freistaates folgte die Vergebung umfangreicher elektrischer Lieferungen. Auch an dem russischen Geschäft nahm das Unternehmen wesentlichen Anteil. Die mit Unterstützung der SSW errichtete Fabrik in Japan leidet unter den dortigen wirtschaftlichen Schwierigkeiten. Die Anwendung elektrischer Antriebe unter Tage hat nicht nur im Kalibergbau, sondern auch auf den Steinkohlenbergwerken und hier auch in den Schlagwettergruben Fortschritte gemacht. Auf der Zeche Minister Stein wurde eine im Förderturm unmittelbar eingebaute Fördermaschine in Betrieb genommen und damit eine im Steinkohlenbergbau bisher nicht erreichte Schichtleistung erzielt. In der Hütten- und Stahlindustrie zeigte sich am Schlusse des Jahres eine Belebung des Auftragseinganges. Für ein von einer führenden deutschen Maschinenbau-Gesellschaft nach den Vereinigten Staaten geliefertes schweres Rohrwalzwerk wurde der elektrische Antrieb ausgeführt. Die Sonderantriebe für die Textil-, Papier- und Metallindustrie wurden weiter entwickelt. Die Anwendung des elektrischen Stromes für Schweißzwecke stellte vor neue Aufgaben, die mit Spezialmaschinen erfolgreich gelöst werden konnten. Auch der Holzbearbeitungsindustrie wurden eine Reihe neuer Elektroantriebe bereitgestellt. Von den Ausführungen für die Lederindustrie verdient eine Hochdruckkraftanlage für bessere Wärmewirtschaft Beachtung, bei welcher Fabrikationsrückstände unter Kohlezusatz verfeuert werden. Der Auftragseingang aus der chemischen Industrie war befriedigend. Auf dem Gebiete der elektrischen Gasreinigung sind für die verschiedensten Anwendungsarten Aufträge auf Elektrofilter eingegangen. Auch die Arbeiten zur Entwicklung der industriellen Beheizung machen gute Fortschritte. Das Hebezeuggeschäft im Inland war nicht lebhaft. Es kam jedoch eine sehr umfangreiche Bestellung für eine überseeische große Hafenanlage. Von den Aufträgen, die der Schiffbau zu vergeben hatte, sind Ausrüstungen für größte elektrische Ruderantriebe zu erwähnen. Es konnten ferner Aufträge auf elektrische Anlagen von Wasserbauwerken, darunter auch solche aus dem Ausland hereingenommen werden.

Das Geschäft mit den Elektrizitätsunternehmungen hielt sich, einschließlich der Auslandsaufträge ungefähr auf der gleichen Höhe wie im vorigen Jahre. Der fortschreitende Zusammenschluß auf dem Gebiete der Energieerzeugung bewirkte, daß die Bestellungen auf Großmaschinen und Großtransformatoren in die Höhe gingen, während die Aufträge auf mittlere und kleinere Maschinen und Transformatoren abnahmen: dafür hat sich das Geschäft in Drehstrom- und Gleichstrom-Umformern aller Art gehoben. Auch der Absatz von Großgleichrichtern war gut. Das Kabelgeschäft war zufriedenstellend. Die Entwicklung der Höchstspannungskabel für Spannungen bis zu 100 000 V wurde bis zu einer solchen Betriebssicherheit gefördert, daß Aufträge auf derartige Kabel angenommen werden können. Gute Fortschritte machte der Absatz an Löschtransformatoren. Aufträge auf größere Schaltanlagen liefen in gleicher Höhe wie im Vorjahre ein. Auf dem Gebiete des Freileitungsbaues war eine rege Tätigkeit zu verzeichnen. Besonders bemerkenswert ist der vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk erteilte Auftrag auf Lieferung und Montage von 480 km Kupferhohlseile von 400 mm² Querschnitt für die 800 km lange Sechsleiterstrecke Neuenahr—Koblenz—Hanstätten mit der Rheinkreuzung bei Koblenz und der besonders schwierigen Lahnkreuzung. Als Isolatoren für diese Leitung, die zunächst mit 220 kV betrieben werden wird, aber für eine Spannung von 380 kV eingerichtet ist, wurden die bewährten V-Ring-Isolatoren in erheblichem Umfange verwendet. Die immer fortschreitende Zusammenschaltung der Fernleitungen benachbarter Großkraftwerke bedingt in steigendem Maße die Verwendung von betriebssicheren Spannungs-Regulier-Apparaten und Zusatztransformatoren. Erwähnenswert sind zwei Doppelaggregate für das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk für eine Durchgangsleistung von 42 000 kW.

Die Reihen der Leuchten für Verkaufsräume, Schaufenster, Werkstätten usw. wurden durch neue Modelle ergänzt. Als besonders zweckmäßig erwiesen sich die Luzetten; sie fanden in fast allen führenden Waren- und Kaufhäusern Eingang. Für die Beleuchtung größerer Verkehrs-Zentren wurden besondere Konstruktionen durchgebildet und mit Erfolg angewandt. Beim Motorengeschäft für gewerbliche Benutzung kamen die Fortschrittsarbeiten in der Fertigung, die eine Preissenkung ermöglichten, sehr zu statten. Der mechanische Anlasser für Drehstrommotoren findet immer weitere Verbreitung. Bei den Verkehrsunternehmungen machte sich nach der großen Steigerung im Vorjahre, die hauptsächlich auf Ersatzbeschaffungen zurückzuführen war, zu Anfang dieses Jahres ein Rückgang der Bestellungen bemerkbar, am Schlusse trat wieder eine Besserung ein. Die zunehmende Verwendung von Elektrizität bei den Industriebahnen brachte eine Steigerung auf diesem Gebiete. Die Einführung des elektrischen Betriebes bei der Berliner Stadt- und Ringbahn läßt im neuen Geschäftsjahr größere Aufträge erwarten.

Außer der im Geschäftsbericht der Siemens & Halske A.-G.[1]) erwähnten 24 Mill. Doll.-Anleihe wurden 25 Mill. Mk., wieder gemeinsam mit S. & H., in Deutschland untergebracht. Die deutsche Anleihe erscheint erst im nächsten Jahre in den Bilanzen. Aus dem Reingewinn von 12·2 Mill. Mk. werden 8·5 vH Dividende auf das Stammkapital von 90 Mill. Mk. ausgeschüttet. In der Bilanz erscheinen dauernde Beteiligungen mit 19·6 Mill. Mk., Rohmaterial mit 15·4 Mill. Mk, angefangene und Fertigfabrikate und Anlagen im Bau mit 49·2 Mill. Mk., Grundstücke mit 20·9 Mill. Mk., Gebäude mit 25·3 Mill. Mk; Werkzeugmaschinen, Betriebsmaschinen, Heizungs- und Beleuchtungsanlagen, Geräte und Werkzeuge, Modelle, Fuhrwerke und Automobile sind auf je 1 Mk. abgeschrieben. Neben dem Stammkapital sind auf der Sollseite noch 17 Mill. Mk. Rücklage, 30 Mill. Mk. unkündbares Darlehen der Gesellschafter, 6·9 Mill. Mk. Markanleihen und Dollaranleihen in gleicher Höhe wie bei S. & H. zu erwähnen. Die Bilanzschlußzahlen sind 312·8 Mill. Mk.

Berichtigung. Im Literaturbericht von Heft 6 d. J., Seite 119, ist im Texte der Besprechung des Buches von Dr. Ing. Gustav Maier „Grundzüge der Elektrotechnik", und zwar im Zitat von Seite 124 dieses Buches ein sinnstörender Druckfehler stehen geblieben; es soll daselbst an Stelle von „und ist gegebenenfalls Null' richtig lauten: „und ist ebenfalls Null". D. S.

[1]) Vgl. „Das Elektrizitätswerk" 1925, S. 326.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 237.

Digitized by Google

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz)

	Mk. je 100 kg 15. III. 1927	17. III. 1927	18. III. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	128	128	128
(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland)	Mk. je 100 kg		
Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	57½-58½	57½-58½	57½-58½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	105—110	105—110	105—110

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 18. März 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	17	6	63	2	6
Wire bars	63	2	6	—	—	—
Standard { Kassa . .	56	5	0	56	7	6
Standard { 3 Monate .	56	15	0	56	17	6
Zinn:						
Engl. ingots	311	10	0	312	10	0
Standard { Kassa . .	314	5	0	314	10	0
Standard { 3 Monate .	300	5	0	300	10	0
Blei:						
Engl. pig common . .	29	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	30	17	6	31	1	3
Remelted	31	10	0	—	—	—
English Swansea . .	31	7	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 22 p. Unze nom.

Vereins-Nachrichten.

Tätigkeitsbericht über das Vereinsjahr 1926/27.

Die Vereinsleitung erstattet im Nachfolgenden Bericht über die Tätigkeit und über die Arbeiten des Vereines im abgelaufenen Vereinsjahre 1926/27 — im besonderen über die fachtechnischen Arbeiten, welche Gegenstand der Beratungen im Vereinsausschuß und in den einzelnen Komitees und Arbeitsausschüssen des Vereines waren — sowie über die Entwicklung unserer Vereinszeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau". Auch über die Arbeiten befreundeter Korporationen, an welchen unser Vereln mitwirkt, wird kurz berichtet:

Über die Neubearbeitung der Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" hat der Obmann des Regulativkomitees, Direktor Ing. L. Kallir, bei der am 14. April 1926 abgehaltenen 44. ordentlichen Generalversammlung einen eingehenden Bericht erstattet; der Entwurf der neuen Vorschriften sollte damals — da der für die Beschlußfassung der eingelaufenen Abänderungs- und Ergänzungsvorschläge eingesetzte Sonderausschuß seine Arbeiten beendigt hatte — zum Satz gegeben werden und war beabsichtigt, den Entwurf nach Beschlußfassung im Regulativkomitee und im Vereinsausschuß einer außerordentlichen Geschäftsversammlung vorzulegen. Auf Grund eines in der Generalversammlung von Ziviling. Perl gestellten Antrages wurde das Regulativkomitee jedoch ermächtigt, die Drucklegung der neuen „Sicherheitsvorschriften" nach endgültiger Redigierung und nach Berichterstattung im Vereinsausschuß zu veranlassen, ohne vorher nochmals den Beschluß einer Geschäftsversammlung einzuholen. Das Regulativkomitee hat nunmehr den Entwurf einer abermaligen eingehenden Beratung unterzogen, wobei im besonderen der „Dritte Teil" — die Betriebsvorschriften — auf Grund eingelangter Anregungen noch wesentlich ergänzt und ausgestaltet wurde, und die neuen „Sicherheitsvorschriften" mit dem Geltungsbeginn 1. September 1927 beschlossen. Die beschlossenen Vorschriften wurden sodann dem Bundesministerium für Handel und Verkehr mit der Bitte um Anerkennung vorgelegt; die Anerkennung ist inzwischen bereits erfolgt, der Anerkennungserlaß wird in den Abdruck der Vorschriften mitaufgenommen. Die Herausgabe der neuen Vorschriften steht unmittelbar bevor.

Im § 1 (Geltungsbereich) der neuen „Sicherheitsvorschriften" ist festgelegt, daß die im Text angeführten besonderen Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen eine wesentliche Ergänzung der „Sicherheitsvorschriften" beinhalten. Es betrifft dies die

Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen,

Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren,

Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten,

Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen,

Leitsätze für Erdung und Nullung in Anlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde,

Leitsätze für Schutzerdungen in Anlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde, weiters

Leitungsvorschriften,

Freileitungsvorschriften,

verschiedene Prüfvorschriften, Schaltbilder und Schaltzeichen usw. Bei den vorangeführten „Regeln" und „Leitsätzen" wurden die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker unverändert übernommen und erfolgt deren Herausgabe in nächster Zeit. „Schaltbilder und Schaltzeichen", sowie die „Vorschriften für die Prüfung von Schmelzsicherungen", von „Dosenschaltern", von „Steckvorrichtungen", sowie von „Glühlampenfassungen", „Beleuchtungskörpern" und „Handlampen" sind bereits beschlossen und erscheinen gleichzeitig mit den „Sicherheitsvorschriften". Über die „Leitungsvorschriften", die „Freileitungsvorschriften" und verschiedene Sondervorschriften wird im folgenden berichtet.

Das Regulativkomitee hat mit der Verabschiedung der neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" eine wichtige der gesamten Elektrotechnik und ihrer weiteren Entwicklung dienende Arbeit abgeschlossen und es gebührt allen Mitarbeitern besonderer Dank.

Der „Arbeitsausschuß für Leitungen" (Obmann Direktor Ing. Maerz) hat im Berichtsjahre die auf Grund der Veröffentlichungen des Entwurfes der „Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen" eingelangten Vorschläge beraten und den Entwurf einer neuerlichen Redigierung unterzogen; hiebei wurden die bisherigen Leitungstypen wesentlich erweitert. Die Arbeiten sind abgeschlossen; der Entwurf wird nunmehr dem Regualtivkomitee zur Beschlußfassung vorgelegt werden; sodann erfolgt unmittelbar die Herausgabe der neuen „Leitungsvorschriften".

Der „Arbeitsausschuß für Freileitungen" (Obmann Direktionsrat Ing. Moser), hat einen Entwurf von „Vorschriften für Freileitun-

Digitized by Google

gen" ausgearbeitet, der in den Heften 12 und 13 unserer Vereinszeitschrift zur Stellungnahme veröffentlicht wird; nach Verarbeitung der eingelangten Abänderungs- und Ergänzungsvorschläge wird das Regulativkomitee über den Entwurf Beschluß fassen und die Herausgabe erfolgen.

Der „Arbeitsausschuß für Bergwerksvorschriften" (Obmann Sektionschef Ing. Pokorny) hat einen Entwurf von „Sondervorschriften für Bergwerke" fertiggestellt, welcher bereits im Bürstenabzug vorliegt und in allernächster Zeit zur Stellungnahme veröffentlicht werden wird.

Die Sondervorschriften für elektrische Heiz- und Kochgeräte" liegen bereits im Bürstenabzug vor und werden in nächster Zeit vom Regulativkomitee zum Beschlusse erhoben.

Der Entwurf von „Sondervorschriften für die Ausführung elektrischer Anlagen in landwirtschaftlichen Betrieben" wird in nächster Zeit in der Vereinszeitschrift zur Veröffentlichung gelangen.

Über die Normungsarbeiten in der Elektrotechnik, die unser Verein als Abteilung E des ÖNIG führt, ist zu berichten:

Obwohl eine Anzahl Normblätter in den Arbeitsausschüssen in Behandlung stehen, konnten im Berichtsjahre neue Blätter nicht herausgegeben werden; der Grund liegt bei vielen Entwürfen darin, daß die neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" und die zugehörigen „Sondervorschriften" — welche ja für die Normung in der Elektrotechnik in vielen Belangen grundlegend sind — vorerst fertiggestellt werden mußten, bevor die Normblattentwürfe einer weiteren Bearbeitung unterzogen werden konnten.

Es betrifft dies vornehmlich die Normblätter über: Leitungsdrähte und -Seile für Starkstromfreileitungen; Drähte für Starkstromfreileitungen; Kupferdraht rund; Kupferdraht rund, genauest gezogen; Kupferdraht rund, Lackauftrag; Kupferdraht rund, Isolationsauftrag; Klemmen für Inneninstallationen; Kennfarben für blanke Leitungen; verschiedene Isolierrohre usw. Da die „Sicherheitsvorschriften" nunmehr fertiggestellt sind, werden die Blätter nach neuerlicher Beratung im zuständigen Arbeitsausschuß zur Veröffentlichung gelangen.

Einzelne Entwürfe über „Sicherungsockel" und „Schraubstöpselsicherungen" mußten zurückgestellt werden, bis die Normung der Apparateschrauben, die für diese Blätter benötigt werden, vorliegen wird.

In Angelegenheit der Normung für elektrische Maschinen ist zu berichten, daß verschiedene Entwürfe im Arbeitsausschuß in Behandlung stehen, von welchen einzelne in nächster Zeit zur Veröffentlichung gelangen werden.

In der Rundfunknormung stehen im zuständigen Arbeitsausschuß folgende Entwürfe in Behandlung: Funkempfangsgeräte: Röhrensockel- und Büchse; Einfachstecker und Büchse; Knöpfe und Skalen; Rundfunkgeräte: Drehkondensatoren; Klemmenbezeichnung für Rundfunktransformatoren; Stecksnulen; Wicklungszahlen; Wickelsinn. Die Veröffentlichung ist für die nächste Zeit in Aussicht genommen.

Das Normblatt für Periodenzahl und Spannungen ÖNORM E 1001 soll über Beschluß des Regulativkomitees einer Neubearbeitung unterzogen werden; der Neuentwurf steht derzeit im Arbeitsausschuß für elektrische Maschinen in Behandlung; auch in Deutschland ist eine Neubearbeitung des bezüglichen Normblattes in Aussicht genommen.

Das Regulativkomitte hat in letzter Zeit einen 22. Anhang zu den noch bis 31. August 1927 geltenden „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" beschlossen; der Anhang betrifft „Vorschriften für das Rundfunkwesen", und zwar: „Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen", sowie „Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte)". Diese Vorschriften gelten ab 1. Mai d. J.

Die „Statistik der Elektrizitätswerke und elektrischen Bahnen Österreichs" ist nach einer mehrjährigen Unterbrechung — die letzte Auflage erschien im Jahre 1921 — in neuer Auflage herausgegeben worden; die „Statistik" ist gegenüber der letzten Auflage gänzlich umgearbeitet und hinsichtlich der statistischen Angaben wesentlich erweitert worden. Sie enthält als 1. Abschnitt ein alphabetisch geordnetes Verzeichnis der Elektrizitätswerke, als 2. Abschnitt die statistischen Angaben aller Werke mit mehr als 20 kW Anschlußwert, als 3. Abschnitt Angaben über die Betriebsmittel der Werke mit mehr als 500 kW Leistung, als 4. Abschnitt die elektrischen Bahnen und als 5. Abschnitt tabellarische Zusammenstellungen. Der Umstand, daß die „Statistik" durch einige Jahre nicht bearbeitet worden ist, machte einen vollkommenen Neuaufbau notwendig; dies, sowie die bei einzelnen Werken erst nach mehrmaligen Urgenzen erhaltene Beantwortung der Fragebogen hat die Arbeiten sehr erschwert und die Herausgabe verzögert. Der Verein hofft, daß diese Erschwernisse bei der nächsten Auflage nicht mehr zu erwarten sind.

Das „Vortragskomitee" (Obmann Direktor Ing. Maerz) hat auch im Berichtsjahre eine sehr ersprießliche Tätigkeit entfaltet und es ist den Bemühungen der Mitglieder des Komitees zu verdanken, daß ein reichhaltiges und interessantes Vortragsprogramm ermöglicht war.

Wir haben auch im Berichtsjahre an den Tagungen befreundeter Korporationen teilgenommen, und zwar an der Hauptversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Wiesbaden (vertreten durch Prok. Dr. techn. Ing. Markt und Kommerzialrat Ing. Bonwitt), sowie an der Jahresversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke in Innsbruck (vertreten durch Präsident Direktor Ing. Beron und Sekretär Ing. Marx) und an der Hauptversammlung des Schweizer Elektrotechnischen Vereines in Basel (vertreten durch Präsident Direktor Ing. Beron).

Über den Mitgliederstand des Vereines ist folgendes zu berichten:

Anfang 1926 zählte der Verein 2415 Mitglieder; im Jahre 1926 sind neu eingetreten 195 Mitglieder (1925, 364), gestorben 13 Mitglieder (1925, 9), ausgetreten sind 270 Mitglieder (1925. 232), abgeschrieben wurden 248 Mitglieder (1925, 290). Der Verein zählte somit Ende 1926 2079 Mitglieder.

Im Jahre 1927 sind bis nun 88 neue Mitglieder (i. Vj. 71) beigetreten, so daß der Verein, da bis zur ordentlichen Generalversammlung eine Neuaufnahme nicht mehr möglich ist, am Tage der Generalversammlung 2167 (i. Vj. 2486) Mitglieder zählen wird.

Das „Österreichische Elektrotechnische Komitee der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (I. E. C.)", das der Verein zu Beginn des abgelaufenen Jahres wieder ins Leben gerufen hat, ist mit der Ausarbeitung der ihm von der Zentralleitung in London zugewiesenen Arbeiten vollauf beschäftigt. So wurden Beiträge und Gutachten für die Herausgabe eines elektrotechnischen Wörterbuches ausgearbeitet, ein umfangreicher Fragebogen betreffend die Vorschriften für Freileitungen beantwortet u. a. m. Gegenwärtig steht eine Reihe von Maschinennormalien in Beratung.

Die Hauptaktionen des „Wasserwirtschaftsverbandes der österreichischen Industrie" zu dessen delegierenden Körperschaften unser Verein zählt, waren in der Berichtsperiode die Veranstaltung der reichhaltigen österreichischen Abteilung auf der Internationalen Ausstellung für Kraftnutzung in Basel und die Mitarbeit an der ebenda abgehaltenen Weltkraftkonferenz. Über beide Unternehmungen, die in jeder Hinsicht als wohlgelungen und erfolgreich gewertet werden können, haben wir in unserer Zeitschrift ausführliche und aufschlußreiche Referate veröffentlicht, an die sich noch die Anerkennung der engeren Fachgenossen für die verdienstvolle Initiative und die gedeihliche Förderung des Energieproblems und seiner nutzbaren Ausbildung knüpfen mag. Daneben entfaltete der Verband eine überaus schätzbare Tätigkeit in der

Digitized by Google

Ausgestaltung des Normungswesens für den Ausbau der Wasserkräfte, das auf streng wissenschaftliche und richtungsweisende Grundlage gestellt wurde. In letzter Zeit hat die Verwertung der Wasserkräfte der Donau die besondere Aufmerksamkeit des Verbandes in Anspruch genommen. Über Veranlassung des Verbandes ist das Werk Ornigs über „Österreichs Energiewirtschaft" herausgegeben worden, das es sich zur Aufgabe setzt, eine lehrreiche und übersichtliche Darstellung der heimischen Kraftwirtschaft nach der technischen, ökonomischen und rechtlichen Seite zu bieten. Der Wasserwirtschaftsverband darf mithin auf ein Jahr emsiger und ergiebiger Wirksamkeit zurückblicken, an der natürlich auch die Delegierten unseres Vereines ihren rechtschaffenen Teil haben.

Die „Österreichische Lichttechnische Gesellschaft", eine Gründung des Vereines, entfaltet auf allen Arbeitsgebieten dieser neuen Wissenschaft eine rege Tätigkeit. Die von der Gesellschaft bearbeiteten Definitionen zu den „Lichttechnischen Einheiten und Grundgrößen" sind angenommen worden und haben nunmehr Gültigkeit erlangt. Ein Entwurf zu „Leitsätzen für Bewertung und Prüfung von Lampen und Beleuchtung" wird in kürzester Zeit in Kraft treten. Die durchberatenen „Leitsätze für die Innenbeleuchtung" wurden der öffentlichen Beurteilung vorgelegt und vorbereitende Schritte zum Entwurfe von Richtlinien über „Fabriksbeleuchtung" unternommen; ein Betriebsblatt soll die Bedeutung der Beleuchtung in Betrieben gemeinverständlich dartun, um derart auf die Betriebe unmittelbar einzuwirken. Die Gesellschaft hat auf Ersuchen Schulen, Kirchen und Fabriken in Beleuchtungsangelegenheiten beraten. Als Einleitung zum künftigen Entwurf für Schulbeleuchtung wurden einige Schulräume mit Probeleuchtungen ausgestattet. Die Gesellschaft hat, einer Einladung Folge leistend, den Beitritt zur Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission beschlossen.

Die Zeitschrift hat gegenwärtig den Umfang der Vorkriegszeit erreicht. Der Einlauf an wertvollen Arbeiten ist befriedigend, der Kreis der Mitarbeiter erhielt eine sehr erwünschte Erweiterung. So war es wieder möglich, wichtigen Ereignissen auf unserem Fachgebiete besonders reichhaltige Hefte zu widmen. Die Beilage „Technische und Wirtschaftliche Nachrichten" ist im laufenden Jahr aufgelassen, jedoch die beschreibenden, aus der Praxis der Elektrotechnik stammenden und für sie bestimmten Aufsätze beibehalten und vermehrt worden. Auch die Beilagen der Zeitschrift „Die Lichttechnik", „Die Radiotechnik" und „Das Elektrizitätswerk" haben eine Bereicherung erfahren; letztere wird nunmehr vorzugsweise das Gebiet der Elektrizitätswirtschaft bearbeiten.

Die Zahl der ausländischen Zeitschriften, die in Tauschverkehr mit unserer Zeitschrift treten, nimmt stetig zu; gegenwärtig liegen an 120 Zeitschriften im Lesezimmer auf. Auch die Neuerscheinungen auf dem Büchermarkt kommen der Zeitschrift fast lückenlos zur Besprechung zu.

Die Bibliothek des Vereines ist neu gesichtet worden. Eine große Anzahl von Zeitschriften wurde eingebunden und zur Einsichtnahme für die Leser aufgestellt. Ein Zettelkatalog, nach Autoren und Materien geordnet, erleichtert das Aufsuchen der einschlägigen Werke. Es ist beabsichtigt, einen Bücherkatalog im Druck erscheinen zu lassen. Eine neue Büchereiordnung regelt nunmehr den Geschäftsgang in zufriedenstellender Weise.

Wien, im März 1927.

Für die Vereinsleitung:

Der Präsident: Ing. R. Beron e. h. — Der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 6. April d. J., um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, **45. ordentliche Generalversammlung.** (Einladung siehe Heft 12, Seite 244.)

Nachher Vortrag des Herrn Direktor Dr. Ing. H. Probst (Berlin). I. Teil: In memoriam Klingenberg. II. Teil: Die elektrischen Schalteinrichtungen der städtischen Großkraftwerke in Frankreich, England, Amerika und Deutschland. (Mit Lichtbildern.)

Österr. Verband des Vereins deutscher Ingenieure.

Montag, den 4. April, 3/4 6 Uhr abends, im Österr. Museum für Kunst und Industrie, I., Wollzeile 41, Vortrag des Herrn Universitätsdozenten Dr. Kurt Konstantinowsky, Wien, Leiter des physikalischen Laboratoriums der Kabelfabrik A.-G., Bratislava, über: **„Technik und Wissenschaft in Amerika (Eindrücke einer Studienreise)".** (Mit Lichtbildern.)

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Entwurf von Vorschriften für Freileitungen.

(Schluß aus Heft 12, Seite 239.)

§ 19. Festigkeitsberechnung der Holzmaste.

1 Bei Berechnung der Holzmaste ist gerader Wuchs und eine Zunahme des Stangendurchmessers von 0·8 cm je m der Stangenlänge anzunehmen.

2 Dem Festigkeitsnachweis für Holzgestänge sind gleichfalls die Vorschreibungen des § 17 zugrunde zu legen, jedoch mit der Einschränkung, daß bei Einfach- und Doppelmasten mit und ohne Strebe, sowie bei jenen A-Masten und drei- oder vierseitigen Pyramiden, bei welchen die Eckstiele aus einem Stück bestehen, die Berücksichtigung der Torsionsfälle unterbleiben kann.

a) Einfachmaste.

Bei der Berechnung von einfachen Holzmasten, welche keine besondere Fußausbildung erhalten, ist die Lage des Einspannquerschnittes in halber Eingrabtiefe anzunehmen. Für einfache Holzmaste in der geraden Strecke kann an Stelle der Berechnung nach § 17 die Ermittlung der erforderlichen Zopfstärke Z nach folgender Näherungsformel erfolgen:

$$Z = 0{\cdot}65\,L + k\sqrt{Da}$$

D = Summe der Durchmesser aller an dem Mast verlegten Leiter in mm,

L = Gesamtlänge des Mastes in m,

a = Spannweite in m,

k = eine Zahl, welche nachstehender Zahlentafel zu entnehmen ist.

Zahlentafel 4.

Zulässige Biegungsbeanspruchung in kg/mm² gemäß § 20	0·80	1·20	1·70	2·00	2·80
k	0·32	0·25	0·20	0·14	0·14

b) Doppelmaste.

Bei verdübelten oder sonst gleichwertig verbundenen Holzstangen darf als größtes Widerstandsmoment das dreifache Widerstandsmoment der Einzelstangen eingesetzt werden, wenn die Kraftrichtung in der durch die beiden Stangenachsen gehenden Ebene liegt und die Holzstangen je nach ihrer Länge 3 bis 6 mal verdübelt und verschraubt oder gleichwertig miteinander verbunden werden; in allen anderen Fällen darf nur mit dem zweifachen Widerstandsmoment einer Stange gerechnet werden.

Digitized by Google

Der Einspannquerschnitt der Doppelmaste ist, wenn keine besondere Fußausbildung vorgesehen wird, für alle Belastungsrichtungen in halber Eingrabtiefe anzunehmen.

c) A-Maste.

Diese sind für Belastungen senkrecht zu ihrer Ebene auf Biegung zu rechnen. Wenn keine besondere Fußausbildung vorgesehen wird, ist der Einspannquerschnitt gleichfalls in halber Eingrabtiefe liegend, anzunehmen. Für die Druckkräfte, welche von Lasten, die in der Ebene des A-Mastes angreifen, hervorgerufen werden, sind die Stangen auf Knickung gemäß Önorm B 1002 unter Zugrundelegung der in § 20 festgelegten zulässigen Beanspruchungen für reinen Druck zu rechnen, wobei bei eingegrabenen Masten als Knicklänge die Entfernung von Dübelmitte (bei mehreren Dübeln von jener des untersten Dübels) bis zur halben Eingrabtiefe anzusehen ist.

§ 20. Zulässige Beanspruchungen.

1 Für die Bemessung der Holzmaste sind nachstehende Beanspruchungen als höchstzulässige Werte zu betrachten:

	Für fäulnisgefährdete Bauteile kg/mm²	Für nicht fäulnisgefährdete Bauteile kg/mm²
a. Für Zug, Druck in der Faserrichtung und Biegung:		
Gegen Fäulnis geschützte Harthölzer	2·00	2·80
Harthölzer, Lärchen und gegen Fäulnis geschützte Nadelhölzer	1·20	1·70
Gegen Fäulnis nicht geschützte Nadelhölzer außer Lärche	unzulässig	0·80
b. Für Druck quer zur Faserrichtung	¼ der in Punkt *a.* angeführten Werte	
c. Für Abscherung in der Faserrichtung:		
Harthölzer	0·20 kg/mm²	
Nadelhölzer	0·15 „	
d. Für Abscherung senkrecht zur Faserrichtung	das doppelte der in Punkt *c.* angeführten Werte	

2 Die zulässigen Beanspruchungen für die zur Verbindung der Hölzer dienenden Schrauben sowie für alle sonst noch bei Holzmasten zur Anwendung kommenden Eisenteile sind aus § 22 zu entnehmen.

III. Eiserne Gestänge.

§ 21. Allgemeines.

1 Das Gestänge ist unter Zugrundelegung der im § 17 vorgeschriebenen Lastfälle zu bemessen. Die Berechnung gedrückter Bauteile hat auf Knickung zu erfolgen. Soferne es sich um Flußeisengestänge handelt, ist die Rechnung nach ÖNORM B 1002 vorzunehmen, unter Zugrundelegung der in § 22 angegebenen zulässigen Beanspruchung für reinen Druck. Bei Zuggliedern ist die Querschnittschwächung durch Niet- bezw. Schraubenlöcher zu berücksichtigen; bei Profileisen darf die Fläche des nicht angeschlossenen abstehenden Schenkels nur mit ⅓ ihres Wertes in den Nutzquerschnitt einbezogen werden.

2 Für tragende Glieder des Flußeisengestänges sind Profilbreiten unter 35 mm, Profilstärken unter 4 mm unzulässig.

Es empfiehlt sich jedoch, bei rechnungsmäßig schwach belasteten Stäben größerer Länge durch Wahl entsprechend stärkerer Querschnitte auf die beim Transport sowie beim Besteigen der Maste möglichen Verbiegungen Rücksicht zu nehmen.

3 Alle Eisenteile müssen einen ausreichenden Rostschutz erhalten.

§ 22. Zulässige Beanspruchungen.

1 Für flußeiserne Bauteile von Leitungstragwerken sind die folgenden Beanspruchungen zulässig:

Zug, Druck und Biegung	15·00	kg/mm²
Scherbeanspruchung der Nieten	10·00	„
Lochwandungsdruck der Nieten	20·00	„
Scherbeanspruchung der Schrauben	7·00	„
Lochwandungsdruck der Schrauben	14·00	„
Zug in den Schrauben	7·50	„

2 Für eiserne Gestänge aus hochwertigem Stahl (zum Beispiel Tragwerke aus Mannesmann-Stahlrohren) kann die vorstehend angegebene zulässige Beanspruchung für Zug, Druck und Biegung im Verhältnis der Bruchfestigkeiten erhöht werden, wobei für Flußeisen ein Wert von 36 kg/mm² anzunehmen ist; sie darf jedoch in keinem Falle mehr als 80 vH der Elastizitätsgrenze betragen. Die Bruchfestigkeit sowie die Elastizitätsgrenze der betreffenden Baustoffe sind nachzuweisen.

IV. Gestänge aus besonderen Baustoffen.

§ 23. Eisenbetontragwerke.

1 Für die Berechnung und Herstellung von Eisenbetonmasten gelten die Vorschriften des ehemaligen k. k. Ministerium für öffentliche Arbeiten vom 15. Juni 1911, Z. 42/30-IX d, samt den inzwischen erschienenen Nachträgen (15. September 1918, Z. 29767, 22. Dezember 1920, Z. 2736-IX e) über die Herstellung von Tragwerken aus Eisenbeton oder Stampfbeton bei Hochbauten.

2 Für die Berechnung und Ausführung von Eisenbetontragwerken außergewöhnlicher Bauart, auf welche die vorerwähnten Vorschriften nicht anwendbar sind oder solcher noch unerprobter Bauart, sowie bei Verwendung von Baustoffen außergewöhnlicher Beschaffenheit (Stahleinlagen, besondere Zemente oder dgl.) sind die Vorschreibungen des § 24 maßgebend.

§ 24. Gestänge aus anderen Baustoffen.

Bei Verwendung anderer Baustoffe für die Herstellung des Leitungsgestänges als in §§ 18 bis 23 behandelt, hat die Bemessung der Tragwerke derart zu erfolgen, daß der Bruch erst bei dem Dreifachen der in § 17 angeführten Belastungen eintritt. Die Bruchlast ist durch eine glaubwürdige Bescheinigung über angestellte Versuche an den in Betracht kommenden oder ähnlich gebauten Tragwerken nachzuweisen.

V. Fundierung der Tragwerke.

§ 25. Allgemeines.

1 Die Befestigung des Gestänges im Boden hat derart zu erfolgen, daß bei allen auf das Gestänge übertragenen, gemäß § 17 anzunehmenden Lasten einschließlich der auf die Fundamentteile noch außerdem wirksam werdenden Angriffskräfte (Auftrieb, Druck fließenden Wassers und dergleichen) bei den jeweils in Betracht kommenden Bodenverhältnissen eine ausreichende Standsicherheit gewährleistet wird und unzulässige Bewegungen des Tragwerkes mit Sicherheit vermieden werden können.

2 Eisenmaste müssen entweder Betonfundamente oder an ihrem Fußende eine aus Schwellen, Platten, Blechen usw. bestehende und so große Standfläche erhalten, daß die auftretenden Bodenpressungen die jeweils zulässige Größe nicht überschreiten.

3 Holzmaste sollen, soweit sie nicht eine besondere Fundierung erhalten, bei Boden mittlerer Beschaffenheit nicht weniger als ⅐ ihrer Gesamtlänge, mindestens aber 1·5 m tief in den Boden eingegraben und gut verrammt werden.

§ 26. Berechnung von Betonfundamenten.

1 Die Berücksichtigung des seitlichen Erdwiderstandes ist bei festem, gewachsenem Boden zulässig, wenn der Betonkörper ohne Schalung hergestellt wird

Digitized by Google

und den Aushub vollständig ausfüllt oder aber bei Herstellung des Fundamentes mit Schalung das Erdreich zwischen Fundamentkörper und gewachsenem Boden sorgfältig verstampft wird.

Eine einfache Berechnungsweise gibt Dr. Ing. Fröhlich in „Beitrag zur Berechnung von Mastfundamenten", 2. Auflage, Verlag von W. Ernst & Sohn, Berlin 1921; vgl. auch Zeitschrift für Bauwesen 1915, Heft 10 und 12.

2 Soferne die Voraussetzungen für die Berücksichtigung des seitlichen Erddruckes nicht gegeben sind, ist das Fundament so zu berechnen, daß ohne Rücksicht auf den seitlichen Erdwiderstand die Bodenpressung unter der Fundamentsohle den zulässigen Wert nicht überschreitet und die einfache Sicherheit gegen Kippen gewährleistet ist. Bei der Berechnung kann das Gewicht des das Fundament belastenden Erdreiches bis zu einem Winkel von 30° gegen die Lotrechte in Rechnung gestellt werden. Das Gewicht des Betons ist mit 2200 kg je m³, dasjenige des Erdreiches mit 1600 kg je m³ anzunehmen.

3 Als zulässige Bodenpressung sind die in der nachstehenden Zahlentafel 5 enthaltenen Werte zu betrachten.

Zahlentafel 5.

Bodengattung	Zulässige Bodenpressung in kg/cm²
1. Weicher Ton und sehr feuchter, feinkörniger Sandboden	bis 1·0
2. Lehm, mittelfester Ton und mäßig feuchter oder stark tonhältiger, jedoch trockener Sandboden	„ 2·0
3. Tegel, fester Ton und trockener, wenig tonhältiger Sandboden	„ 4·0
4. Festgelagerter, grober Sand, Kies und Schotter	„ 6·0

§ 27. Berechnung von Mastfüßen.

Mastfüße aus Eisen, Beton, Eisenbeton oder anderen Baustoffen müssen den Vorschreibungen für die Berechnung von Tragwerken gleichen Baustoffes entsprechen.

§ 28. Ausführung der Fundamente.

1 Das Mischungsverhältnis des Betons ist den Beanspruchungen der Fundamentkörper sowie der Güte des zu verwendenden Baustoffes anzupassen und hat mindestens 1 : 10 zu betragen (Raummischungsverhältnis). Besteht das Fundament aus einer Grundplatte und einem erst nach Aufstellen des Mastes zur Ausführung kommenden Oberteil, so kann die Grundplatte bei der Fundamentberechnung nur berücksichtigt werden, wenn sie mit dem Oberteil durch entsprechende Eiseneinlagen verbunden wird. Um ein Abbrechen nichtbewehrter, vorkragender Betonteile bei Stufenfundamenten zu vermeiden, sind diese Teile im Anschlußquerschnitt genügend stark zu halten (Höhe mindestens gleich der 1·5fachen Auskragung). In humussäurehältigem Boden sind Betonfundamente nur dann gestattet, wenn sie einen zuverlässigen Schutz gegen die Einwirkung der Humussäure erhalten. Bei Verwendung von Platten-, Schwellen- oder sonstigen Fundamenten, bei welchen der Mastfuß nicht vollständig mit Beton umgeben ist, sind die in der Erde liegenden Eisenteile mit heißem Asphaltteer gut zu streichen oder gleichwertig gegen Rost zu sichern. Holzschwellen sind mit fäulniswidrigen Stoffen zu tränken oder in anderer Weise gegen Zerstörung zu schützen, wenn sie nicht dauernd in feuchtem Boden liegen oder von Natur aus der Zerstörung genügend Widerstand bieten.

2 Das unmittelbare Einbetonieren von Holzmasten ist unzulässig. Die Verbindung zwischen Holzteilen und Betonfüßen hat derart zu erfolgen, daß der Luftzutritt möglichst wenig behindert wird.

VI. Erdungen.

§ 29. Holzmastleitungen.

1 Bei Holzmastleitungen sollen die isolatortragenden Eisenteile der Maste im allgemeinen nicht geerdet werden; wenn jedoch derartige Maste unmittelbar neben verkehrsreichen Wegen zur Aufstellung kommen, so sind bei den betreffenden Masten diese Eisenteile zu erden.

2 Eisenmaste oder Eisenbetonmaste im Zuge von Holzmastleitungen müssen geerdet werden, es sei denn, daß sie mit Kettenisolatoren ausgerüstet sind und die Ketten um mindestens 1 Glied mehr erhalten, als der Betriebspannung nach § 13 entspricht. Stehen jedoch diese Maste unmittelbar an verkehrsreichen Wegen, dann müssen sie auf jeden Fall geerdet werden.

§ 30. Leitungen mit Eisenmasten oder Eisenbetonmasten.

Bei derartigen Leitungen ohne Erdseil sind sämtliche Maste zu erden; sind die Leitungen jedoch mit einem die Maste verbindenden Erdseil versehen, welches bei jedem Mast mit dessen Eisenteilen leitend verbunden ist, so genügt es, wenn eine entsprechende Anzahl der Maste (auf die gesamte Leitungslänge möglichst gleichmäßig verteilt) geerdet wird.

§ 31. Ausführung der Erdungen.

1 Die Zuleitungen zu den Erdern sind für die volle, bei Erdschluß zu erwartende Stromstärke zu bemessen, wobei im Falle des Vorhandenseins eines die Maste verbindenden Erdseiles die gemäß § 30 auszuführende mehrfache Erdung des letzteren berücksichtigt werden kann. Keinesfalls dürfen jedoch für Zuleitungen zu den Erdern Querschnitte unter 16 mm² für Kupfer, bezw. unter 35 mm² für Eisen verwendet werden.

2 Bei geerdeten Eisenbetonmasten sind die Bewehrungseisen, ferner etwa vorhandene eiserne Leitungsträger und Isolatorenstützen mit der Erdleitung leitend zu verbinden.

Im übrigen werden für die Ausführung der Masterdung die „Leitsätze für Schutzerdungen in Starkstromanlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde" empfohlen.

E. Sonderbestimmungen für Kreuzungen und Entlangführungen.

§ 32. Kreuzungen.

1 Wenn Hochspannungsfreileitungen über stark benützte öffentliche Verkehrswege (Straßen, Fahrwege in geschlossenen Ortsgebieten), bewohnte Grundstücke und fremde gewerbliche Anlagen oder Starkstromfreileitungen geführt werden, so ist das Kreuzungsspannfeld mit erhöhter Sicherheit gemäß § 34 auszuführen. Bei Kreuzungen von Starkstromleitungen gilt diese Bestimmung für das Spannfeld der oberhalb liegenden Leitung.

2 Die mechanische Sicherheit der Leiter des Kreuzungsfeldes gegen Überlastung darf nicht geringer sein als die in der laufenden Strecke.

Es darf deshalb, wenn zum Beispiel im Kreuzungsfeld Leiter aus gleichen Baustoffen und Querschnitt wie in der laufenden Strecke verlegt werden, die Höchstbeanspruchung derselben in diesem Felde bei Anwendung ungefähr gleicher Spannweiten nicht größer gewählt werden als in der übrigen Leitungstrecke. Die Spannweite des Kreuzungsfeldes wird im übrigen nicht begrenzt.

3 Bei Kreuzungen mit Starkstromleitungen muß der lotrechte Abstand zwischen den zunächstliegenden Leitern mindestens 20 vH des größten in beiden Kreuzungspannfeldern vorkommenden Durchhanges betragen und darf in keinem Falle geringer als 1 m sein. Wenn eine der sich kreuzenden Leitungen oder beide

Digitized by Google

eine höhere Betriebspannung als 30 kV führen, so ist der genannte Mindestabstand für jedes kV über 30 kV um 1 cm zu vergrößern, wobei die höhere Betriebsspannung in Betracht zu ziehen ist. Wenn in einem oder in beiden Kreuzungspannfeldern Hängeisolatoren mit in der Leitungsrichtung beweglichen Klemmpunkten zur Verwendung gelangen, so ist der Abstand noch um die Hälfte der größten in Frage kommenden Kettenlänge zu erhöhen.

§ 33. Entlangführungen.

Führen Hochspannungsfreileitungen entlang starkbenützter öffentlicher Verkehrswege (Straßen, Fahrwege in geschlossenen Ortsgebieten) so ist für den als Entlangführung im Sinne des § 3 in Betracht kommenden Teil der Leitung erhöhte Sicherheit gemäß den Bestimmungen des § 34 anzuwenden.

§ 34. Erhöhte Sicherheit.

1 Für Leitungen mit erhöhter Sicherheit gelten die folgenden Bestimmungen:

a) Es dürfen nur seilförmige Leiter verlegt werden. Der kleinste zulässige Querschnitt beträgt bei Kupfer und Eisen 16 mm², bei Reinalumniium 35 mm²; bei anderen Baustoffen wird ein Querschnitt von mindestens 600 kg Tragfähigkeit vorgeschrieben. Vorstehende Bestimmungen gelten auch für die Fernmeldeleitungen am Hochspannungsgestänge, doch dürfen für solche auch eindrähtige Leiter verwendet werden.

b) Holzmaste, welche das Kreuzungspannfeld begrenzen, müssen mindestens 18 cm Zopfstärke besitzen.

Im übrigen können bei allen Mastbaustoffen die gleichen Bauarten und Ausführungsformen gewählt werden, wie für die Maste der laufenden Strecke. In der geraden Flucht stehende Maste können daher bei Anwendung der gleichen Baustoffe, Querschnitte und Beanspruchungen der Leiter wie in der laufenden Strecke als normale Tragmaste gemäß § 16 *a)* ausgeführt werden.

c) Zur Befestigung der Leiter sind entweder Isolatoren zu verwenden, welche eine mindestens 10 vH größere elektrische Sicherheit gegen Überschlag aufweisen als die Isolatoren der laufenden Strecke (Verwendung größerer Isolatoren oder Vermehrung der Gliederzahl bei Isolatorenketten) oder es ist bei der Wahl der gleichen Isolatoren wie auf der laufenden Strecke Doppelaufhängung der Leiter anzuwenden. Zu diesem Zwecke sind bei Stützenisolatoren zwei Isolatoren vorzusehen, wobei der Leiter an einem derselben mittels eines normalen Bundes befestigt werden kann, während der zweite Isolator ein mit dem durchlaufenden Leiter verbundenes Hilfsseil trägt. Bei Anwendung von Hängeisolatoren sind bei Doppelaufhängung zwei Hängeketten für die Befestigung jedes Leiters vorzusehen. Bei Masten, welche mit Abspannketten ausgestattet sind, kann das Anbringen einer zweiten Kette entfallen; Voraussetzung dabei ist jedoch, daß bei Vorhandensein einer Verbindungstelle in der losen Seilschlaufe ein für die Aufnahme des Leiterzuges geeigneter Verbinder (§ 12) vorgesehen wird.

Bei Verwendung von Hängeketten sind Vorrichtungen anzubringen, die das Durchschmelzen der Leiter und die Beschädigung der Isolatoren bei einem Lichtbogenüberschlag wirksam verhüten (Lichtbogenhörner, Schutzringe u. dgl.). Das Durchgleiten des Seiles im Falle eines Leiterrisses im Nachbarfelde ist bei Hängeklemmen durch Anbringung von Sicherheitsklemmen am Seile, bei Stützenisolatoren durch Verwendung von Sicherheitsbügeln oder besonders starken Bünden zu verhindern.

2 Für Fernmeldeleitungen am Hochspannungsgestänge können die im Punkt 1 *c)* vorgeschriebenen Maßnahmen entfallen.

§ 35. Bahnen und oberirdische Fernmeldeleitungen.

Bei Kreuzungen von Bahnlinien und Fernmeldeleitungen, sowie bei Entlangführungen längs solcher kommen die diesbezüglichen Vorschriften in Betracht.

F. Sonstige Bestimmungen.

§ 36. Verschiedene Leitungen auf demselben Gestänge.

1 Die Führung von Hoch- und Niederspannungsleitungen auf demselben Gestänge ist, wenn möglich, zu vermeiden. Läßt sich die gemeinsame Führung nicht umgehen, so sind die Niederspannungsleitungen stets unterhalb der Hochspannungsleitungen anzuordnen, und Vorkehrungen zu treffen, die den Übertritt der Hochspannung in die Niederspannungsleitung unschädlich machen (zum Beispiel geerdete Spannungsicherungen).

2 Wenn mit einer Niederspannungsleitung, welche auf demselben Gestänge mit einer Hochspannungsleitung geführt ist, eine vom gemeinschaftlichen Gestänge abzweigende Leitung verbunden wird, so ist letztere an der Stelle, wo sie das Gestänge der Hochspannungsleitungen verläßt, mit einer geerdeten Spannungsicherung zu versehen.

3 Bei Führung von Hochspannungsleitungen verschiedener Betriebspannung auf demselben Gestänge ist jede der Leitungen für sich entsprechend den für sie geltenden Vorschriften auszuführen, insbesondere muß jede der Leitungen die ihrer Betriebspannung gemäß § 3 entsprechenden Mindestabstände aufweisen.

§ 37. Fernmeldeleitungen am Hochspannungsgestänge.

1 Fernmeldeleitungen, die am gleichen Gestänge mit Hochspannungsleitungen geführt werden, sind unterhalb der letzteren anzuordnen und ansonsten wie Hochspannungsleitungen zu behandeln.

2 Bezüglich Kreuzungen und Entlangführungen gelten die diesbezüglichen Bestimmungen der §§ 32 bis 34.

§ 38. Verschiedenes.

1 An Winkelpunkten, bei welchen der Leitungswinkel kleiner ist als 120°, ist bei Verwendung von Stützenisolatoren jeder Leiter an zwei Isolatoren zu befestigen.

2 Die Verwendung von Schutznetzen und Erdungsbügel ist zu vermeiden.

3 Bei Hochspannungsleitungen ist mindestens jeder dritte Mast mit einem Warnungszeichen zu versehen. Jedenfalls müssen alle jene Maste, welche in unmittelbarer Nähe von verkehrsreichen Straßen oder Wegen, sowie Gebäuden, Hausgärten und Höfen stehen, ein Warnungszeichen erhalten.

4 Das Warnungszeichen hat aus einem Gefahrzeichen (roter Blitzpfeil) und einer entsprechenden Aufschrift oder aus einem roten 30 cm breiten Anstrich des Tragwerkes in etwa 2·5 m Höhe zu bestehen.

5 Werden Hochspannungsleitungen durch Waldbestände geführt, so wird empfohlen, beiderseits der Leitung einen der Wichtigkeit der Leitung angemessenen Schutzstreifen baum- und astfrei zu halten, wobei jedoch dessen Breite mindestens 5 m beiderseits der Leitungsachse betragen soll; überdies sind auch alle infolge krankhaften Wuchses oder nicht ausreichender Wurzelbildung der Windbruchgefahr ausgesetzten Bäume, soweit sie bei einem etwaigen Umsturz die Leitungen treffen können, zu fällen. Unbeschadet vorstehender Bestimmungen ist die Anlage einer Niederwaldkultur bis zu einer fallweise zu bestimmenden Höhe auch in diesem Schutzstreifen zuläsisg.

Zweiter Teil.

Niederspannungsfreileitungen.

§ 39. Geltungsbereich.

Als Niederspannungsfreileitungen gelten alle Leitungsanlagen, bei welchen die Spannung zwischen zwei Leitern 300 V bei Wechselstrom und 600 V bei

Digitized by Google

Gleichstrom nicht überschreitet, sowie Drehstromleitungen bis einschließlich 380 V verketteter Spannung mit geerdetem Nullpunkt und verkettete Zweiphasenleitungen mit verkettetem Phasenpunkt und Phasenspannungen bis einschließlich 220 V. Diese Spannungsgrenzen gelten mit einem Spiel von 10 vH für Spannungsschwankungen.

§ 40. Allgemeines.

Für Niederspannungsfreileitungen gelten die gleichen Vorschriften wie für Hochspannungsfreileitungen (Erster Teil, §§ 3 bis 38), insoweit dieselben nicht durch die folgenden Bestimmungen abgeändert oder aufgehoben werden.

§ 41. Vorkehrungen gegen zufällige Berührung.

1 Zu § 3, Abs. 2 a): Niederspannungsfreileitungen können an Stellen, wo dies nicht zu vermeiden ist, auch in geringerer Höhe über dem Boden geführt werden als im § 3 *a)* vorgeschrieben ist, doch muß der Abstand vom Boden mindestens 3 m betragen.

2 An Stellen, wo die Leitungen nicht so geführt werden können, daß eine zufällige Berührung ausgeschlossen ist, sind Leitungen mit wetterfester Isolation zu verwenden.

3 Zu § 3, Abs. 2 *c*): Bei Kreuzungen von schiefen nicht begehbaren Dachflächen, Annäherungen an solche und Entlangführungen an denselben, kann auch unter 3 m herabgegangen werden; die Leitungen sind aber in einer solchen Entfernung von der Dachfläche anzuordnen, daß die Instandhaltungsarbeiten auf dem Dache bei entsprechender Vorsicht möglich sind.

4 Zu § 3, Abs. 2 *d*): Bei Kreuzungen von Straßen oder verkehrsreichen Fahrwegen muß ein Mindestabstand von 6 m, bei Entlangführungen der Leiter längs solcher Verkehrswege ein Mindestabstand von 5 m über Boden eingehalten werden.

§ 42. Anordnung der Leiter.

Zu § 4, Abs. 1: Bei Niederspannungsfreileitungen sind zwischen den Leitern, soferne dieselben nicht unausschaltbare gleichpolige Parallelzweige bilden, folgende Mindestabstände einzuhalten:

Bei Kupfer, Bronze und Eisen: $\frac{1}{100}$ des Abstandes der Stützpunkte, mindestens aber 200 mm.

Bei Aluminium: Die vorstehenden Abstände, vermehrt um 100 mm.

§ 43. Beschaffenheit und Festigkeitsberechnung der Leiter.

1 Zu § 5, Abs. 1: Die Verwendung von Drähten oder Seilen mit wetterfester Isolation (zum Beispiel Hackethal-Drähte oder -Seile) ist zulässig.

2 Zu § 5, Abs. 2: Für Niederspannungsfreileitungen ist Kupfer auch in Form von halbharten Drähten, bezw. aus solchen Drähten bestehenden Seilen zulässig.

3 Zu § 6, Abs. 2: Bei Spannweiten bis einschließlich 50 m dürfen auch Kupferdrähte von 6 mm², Reinaluminiumseile von 16 mm² verlegt werden; bei anderen Baustoffen wird bei diesen Spannweiten ein Querschnitt von mindestens 180 kg Tragfähigkeit vorgeschrieben.

4 Zu § 6, Abs. 3: Eindrähtige Leiter aus Kupfer, Bronze oder Eisen dürfen in Querschnitten bis einschließlich 25 mm² verlegt werden.

5 Zu § 8, Zahlentafel 3: Für halbhartes Kupfer gelten mit Ausnahme der Bruchfestigkeit die gleichen Festwerte wie für Hartkupfer.

6 Zu § 9, Abs. 1 *b*): Bei isolierten Leitern ist in der Formel $180 \times \sqrt{d}$ für d der Durchmesser des dem Leiterquerschnitt einschließlich Isolierhülle umschriebenen Kreises einzusetzen.

7 Zu § 10, Abs. 1: Für Leiter aus halbhartem Kupfer gelten als zulässige Höchstbeanspruchungen:

für eindrähtige Leiter . . . . 10 kg/mm²,
für Seile . . . . . 15 kg/mm².

8 Zu § 10, Abs. 2: Drähte aus halbhartem Kupfer müssen mindestens eine Bruchfestigkeit von 30 kg haben.

§ 44. Holzmaste.

1 Zu § 18, Abs. 1: Es werden folgende Mindestzopfstärken der Holzmaste vorgeschrieben:

Bei einfachen oder verstrebten Masten . . . 15 cm,
bei Anschlußleitungen mit höchstens 4 Leitern 12 „ ,
bei A-Masten oder verdübelten Doppelmasten . 12 „ ,
bei nicht verdübelten Doppelmasten . . . . 10 „ .

2 Zu § 18, Abs. 3: Die Anwendung von Draht- oder Seilankern wird nicht eingeschränkt; es kann hiebei auch die Erdung und das Anbringen von Isolatoren entfallen.

3 Zu § 18, Abs. 6: Die Verwendung von nicht gegen Fäulnis geschützten Holzmasten ist auch für fäulnisgefährdete Bauteile allgemein zulässig.

4 Zu § 20, Abs. 1: Die Beanspruchung von nicht gegen Fäulnis geschützten Holzmasten aus Nadelhölzern (außer Lärche), auf Zug, Druck in der Faserrichtung und Biegung bei Verwendung derselben an fäulnisgefährdeten Stellen darf den Wert 0·70 kg/mm² nicht überschreiten.

§ 45. Erdung.

1 Zu § 29, Abs. 1: Die Erdung der die Isolatoren tragenden Eisenteile ist bei Holzmasten auch dann nicht erforderlich, wenn die Maste unmittelbar an verkehrsreichen Wegen stehen.

2 Zu § 31, Fußnote:

Im übrigen wird auf die Leitsätze für Erdungen und Nullung in Starkstromanlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde verwiesen.

§ 46. Kreuzungen und Entlangführungen.

Zu §§ 32 bis 34: Die Anwendung der Sonderbestimmungen für Kreuzungen und Entlangführungen kann unterbleiben.

§ 47. Fernmeldeleitungen am gleichen Gestänge mit Niederspannungsleitungen.

Werden Fernmeldeleitungen am gleichen Gestänge mit Niederspannungsleitungen geführt, so sind sie nach den für letztere geltenden Bestimmungen auszuführen.

§ 48. Verschiedenes.

1 Zu § 38, Abs. 1: Die Verwendung von zwei Isolatoren an Winkelpunkten kann entfallen.

2 § 38, Abs. 3: Die Anbringung von Warnungszeichen ist nicht erforderlich.

3 Zu § 38, Abs. 5: Bei Führung der Freileitungen durch Waldbestände, Gärten oder in unmittelbarer Nähe von Bäumen sind Baumwipfel so auszuästen, daß selbst bei starkem Winde keine Berührung zwischen den nächstliegenden Zweigen und den Leitern der Freileitung eintreten kann. Dieser freie Abstand ist durch Nachschneiden der wachsenden Zweige dauernd zu erhalten.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 3. April 1927 | Heft 14

INHALT:

Die österreichischen Fernkabelanlagen. Von Min.-Rat Ing. Rudolf Heider, Wien. S. 269.
RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 281. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 282. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 283. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 284.
LITERATURBERICHTE. S. 286.
BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 287.
VEREINSNACHRICHTEN. S. 287.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 288.

Die österreichischen Fernkabelanlagen.

Von Min.-Rat Ing. Rudolf **Heider**, Wien[1]).

Die Ausgestaltung des europäischen Fernkabelnetzes hat durch die am 4. Jänner 1927 erfolgte Eröffnung und Inbetriebsetzung der Fernkabellinie Wien—Passau, die auf deutscher Seite bis Nürnberg fortgesetzt wurde, einen ganz bedeutenden Fortschritt zu verzeichnen. Die so oft erwähnte kabellose Insel von Europa ist verschwunden und an ihre Stelle ein Festland getreten, in welchem vielleicht die wichtigsten internationalen Fernsprechleitungen für die Verbindung von West- mit Ost- und von Nord- mit Südeuropa geführt werden. Die Lage Österreichs im Herzen Europas bedingt es, daß für die Führung der so wichtigen Verbindungen von Frankreich und England mit Ungarn und den östlich anschließenden

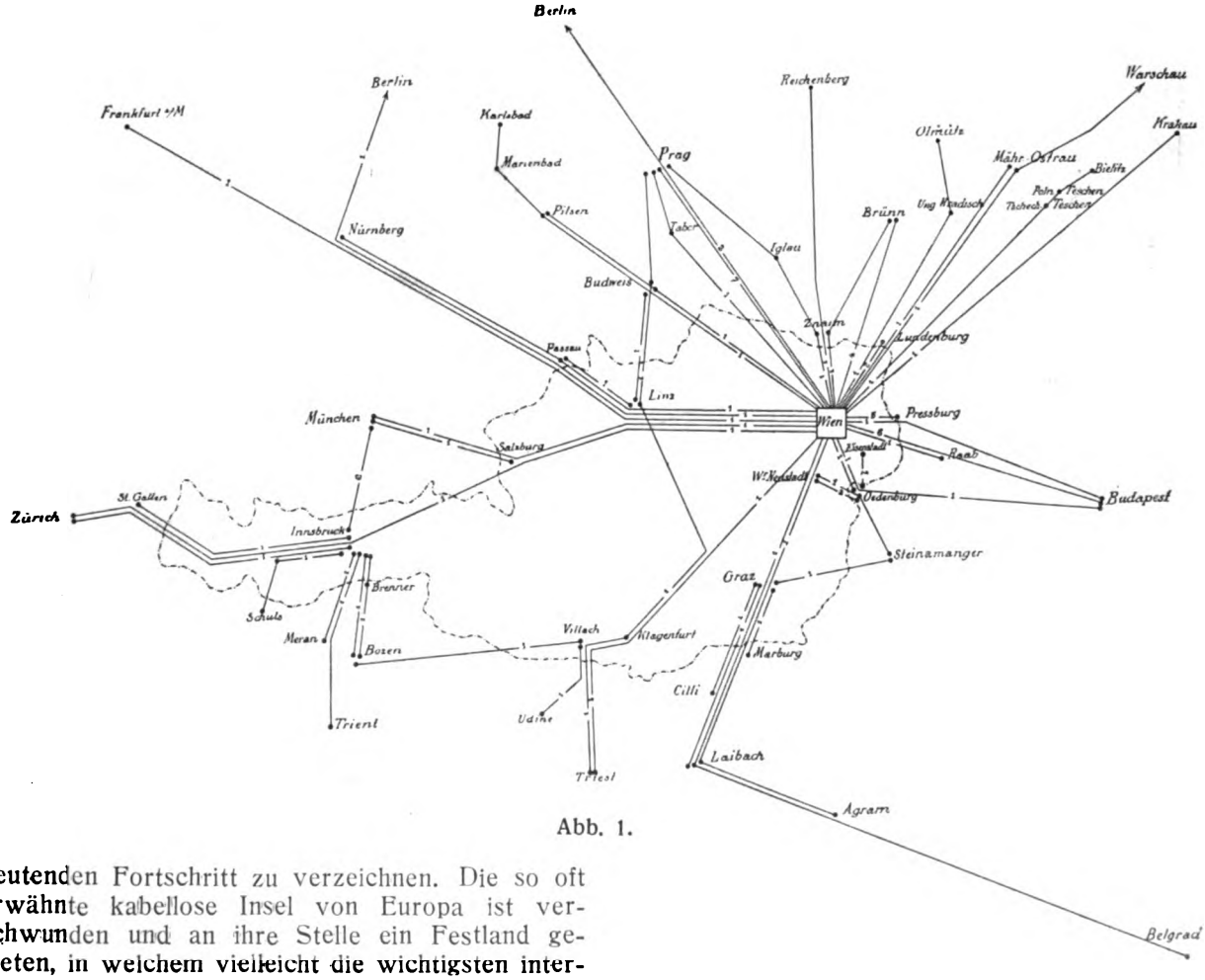


Abb. 1.

Ländern, sowie von Deutschland und Polen mit Italien und Jugoslawien Vorsorge getroffen werden muß.

[1]) Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 3. Februar 1927.

Digitized by Google

Schon diese Erwägungen allein lassen die Notwendigkeit erkennen, daß an den Ausbau der österreichischen Fernkabelanlage geschritten werden mußte; noch viel mehr aber erscheint dieses Erfordernis begründet, wenn man den bisherigen innerösterreichischen Sprechverkehr und die Möglichkeit der Sprechverbindungen mit dem Auslande betrachtet.

In Abb. 1 ist der Stand der wichtigsten In- und Auslandsverbindungen Österreichs mit Ende 1926 aufgenommen. Abgesehen von den kaum ausreichenden Inlandsverbindungen verfügt Österreich nur über Anschlußverbindungen zu den größeren Städten des benachbarten Auslandes, während darüber hinaus nur unter besonderen Voraussetzungen Fernsprechverbindungen durchgeführt werden konnten. Die Zahl der zu diesen Städten führenden Fernsprechleitungen war jedoch so gering, daß eine geregelte Abwicklung des Verkehres nicht erreicht werden konnte.

Um eine Verbesserung dieses spärlichen Auslandsverkehres herbeizuführen, wäre die Herstellung einer großen Zahl neuer Leitungen erforderlich, was im Hinblicke auf den bedeutenden Fortschritt der Fernsprechtechnik in den letzten Jahren am besten durch den Ausbau eines entsprechenden Fernkabelnetzes erreicht werden kann. Das von der österreichischen Telegraphenverwaltung ausgearbeitete Fernkabelprojekt erscheint in Abb. 2 dargestellt.

Durch seine zentrale Lage ist Österreich gezwungen, bei der Ausgestaltung seiner Fernkabelanlage auf den Durchgangsverkehr ganz besonders Rücksicht zu nehmen, sowie den In- und Auslandsverkehr gleichmäßig auszubauen. Als eine der wichtigsten Linien ist die von Ost nach West führende zu bezeichnen, weshalb die den Anschluß an das deutsche Fernkabelnetz[2]) vermittelnde Linie von Passau über Linz nach Wien zuerst in Angriff genommen wurde. Hiedurch erscheint nicht nur der Fernsprechanschluß an Deutschland durchgeführt, sondern es werden auch die Sprechbeziehungen über Frankfurt a. M. nach Paris, London, Brüssel, Antwerpen und Hamburg sowie über Berlin nach Danzig, Stockholm und Kopenhagen sichergestellt.

Als weitere wichtige Verbindung kommt jene nach der Schweiz in Betracht, die von Linz über Salzburg, Innsbruck, Bludenz und Oberried sich an das Schweizer Kabelnetz anschließt. Diese Relation soll nicht nur den Verkehr von Österreich mit der Schweiz vermitteln, sondern auch Sprechmöglichkeiten von Ungarn, dem Balkan, Mähren und Polen nach der Schweiz über Österreich schaffen. Als Anschluß für den Verkehr von und nach dem Osten kommt die Kabellinie Wien über Halbturn nach Budapest in Betracht, für den Verkehr nach der Tschechoslowakei die Kabelverbindung Wien—Lundenburg nach Brünn, sowie die Strecke Linz—Budweis nach Prag.

Nach dem Süden sind die Kabelstrecken Wien—Bruck a. M.—Graz nach Marburg für den Anschluß nach Agram und Belgrad und die Linie von Bruck a. M. über Leoben, Klagenfurt und Villach nach Italien in Aussicht genommen.

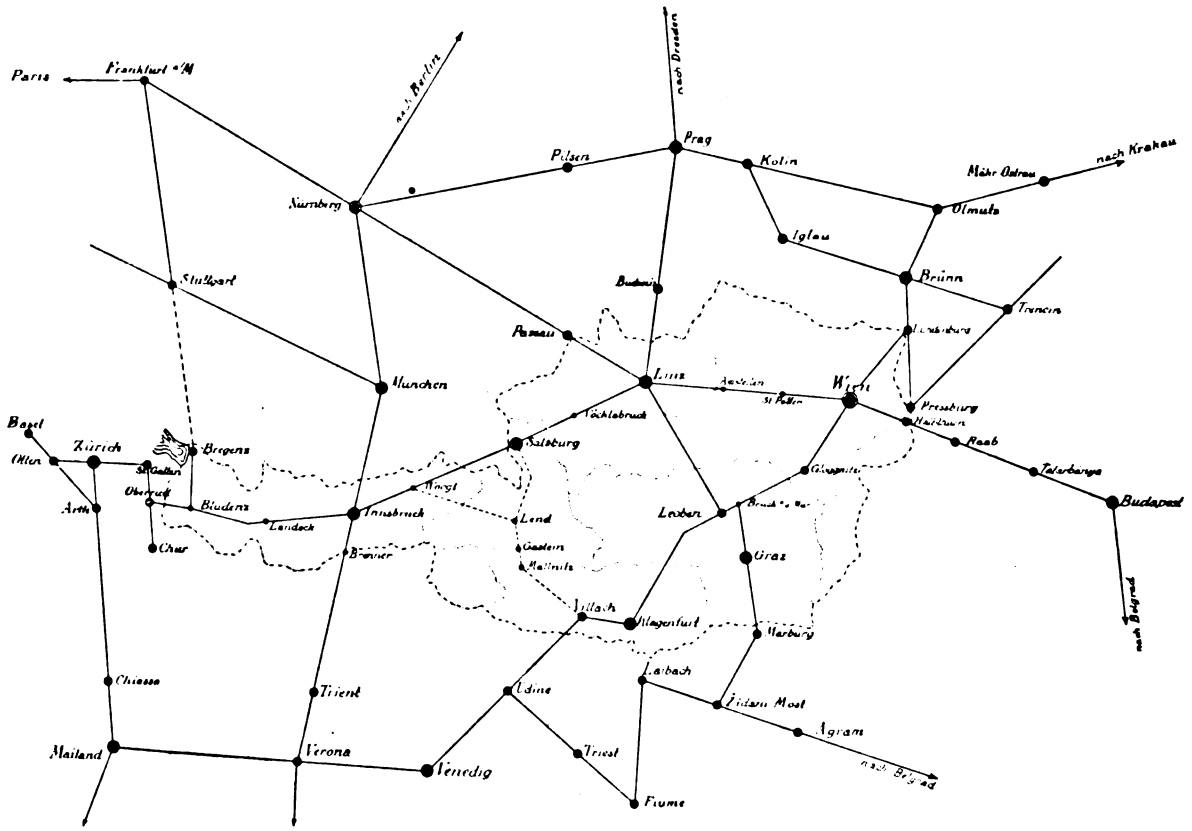


Abb. 2.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 147, 303, 367, 938, 1021.

Digitized by Google

Weiters wird auch noch eine Verbindung von Süddeutschland nach Oberitalien durch die Kabellinie von Scharnitz über Innsbruck zum Brenner und eine durchgehende Verbindung von Deutschland und der Tschechoslowakei nach Jugoslawien und Italien durch eine Kabelstrecke Linz—Bruck an der Mur vorzusorgen sein.

Durch dieses in Aussicht genommene Kabelprojekt, bei dessen Ausführung nahezu 2000 km Kabel zur Verlegung kommen werden, dürfte wohl den wichtigsten Bedürfnissen im europäischen Fernsprechverkehre entsprochen und allen Wünschen des innerösterreichischen Verkehres nachgekommen werden können.

Was den Ausbau dieses Kabelprojektes betrifft, so ist die Strecke Wien—Linz—Passau mit 273 km Länge bereits fertiggestellt und dem Betriebe übergeben. Als nächste Strecke wird jene nach Budapest in Angriff genommen, die bereits mit 1. Juli 1927 fertiggestellt sein soll und sodann die Verbindung nach der Schweiz, die mit Ende 1927 dem Betriebe übergeben werden dürfte. Im Jahre 1928 soll die Kabelverlegung von Wien gegen Lundenburg zum Anschlusse an das tschechoslowakische Netz und auch der Ausbau der Strecke Wien—Bruck—Marburg zum Anschlusse an das jugoslawische Netz erfolgen.

Wie schon erwähnt, wird das österreichische Fernkabelnetz nicht nur für den internen Betrieb, sondern zum großen Teil für den Auslands- und besonders für den Durchgangsbetrieb herangezogen werden müssen. Diesem Umstande mußte bei der Auswahl der Kabeltype Rechnung getragen werden, da uns in der Fernkabeltechnik verschiedene Schaltungsmöglichkeiten für die verschiedenen Längen der Sprechbeziehungen zur Verfügung stehen.

Aus den aufgestellten Berechnungen hat sich ergeben, daß der Aderndurchmesser für die zur Verlegung kommenden Kabel nicht zu groß gewählt werden darf, mit Rücksicht auf die dadurch hervorgerufenen hohen Anschaffungskosten. Es wurden daher auch für Österreich die bisher überall in Verwendung genommenen Aderndurchmesser von 0·9 und 1·4 mm gewählt.

Mit derartigen Adern könnte ohne Anwendung von besonderen Hilfsmitteln für eine gute Sprechübertragung noch eine Reichweite von 22 km für die 0·9 mm Adern und von 34 km für die 1·4 mm Ader erzielt werden. Durch den Einbau von Selbstinduktionsspulen in die einzelnen Adern wird diese Reichweite bei 0·9 mm Adern auf 75 km und für 1·4 mm Adern auf 150 km erhöht.

Für die Festsetzung der Sprechweite ist die sich infolge der elektrischen Eigenschaften der Leitung ergebende Dämpfung

$$b = \beta l = \log \text{nat} \frac{J_a}{J_e}$$

maßgebend, wobei β die Dämpfung pro km, l die Länge der Leitung in km, J_a und J_e die Stromstärken am Anfang und am Ende der Leitung bedeuten. Eine sehr gute Sprechverständigung wird nun erzielt, wenn die Dämpfung $b = \beta l = 1$ ist, was bei einer 5 mm Bronzeleitung bei einer Länge von 500 km erreicht wird. Eine Dämpfung $b = 2$ ergibt noch eine gute, $b = 3$ eine hinreichende Sprechverständigung. Bei einer Dämpfung von $b = 3{\cdot}5$ bis 4 muß die Sprechverständigung bereits als unzureichend bezeichnet werden.

Für die Kabelleitung ergibt sich bei normaler Einschaltung von Selbstinduktionsspulen für die 0·9 mm Adern bei 75 km und für die 1·4 mm

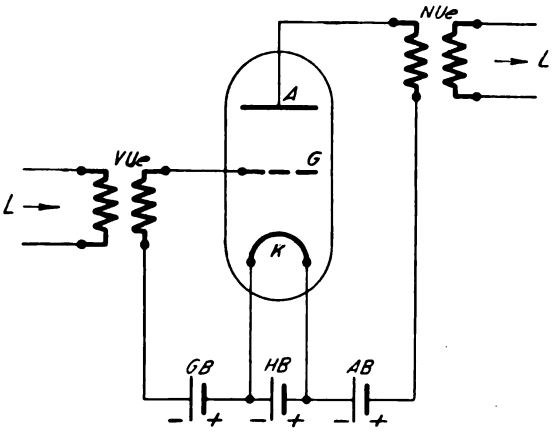


Abb. 3.

Adern bei 150 km eine Dämpfung von $b = 1{\cdot}4$, bei leichterer Belastung durch Selbstinduktion eine Dämpfung von $b = 2{\cdot}3$ bei den 0·9 mm Adern und einer Entfernung von 75 km. Da an die Kabelleitung meist noch Freileitungen oder Teilnehmerleitungen angeschlossen werden, die aber wieder

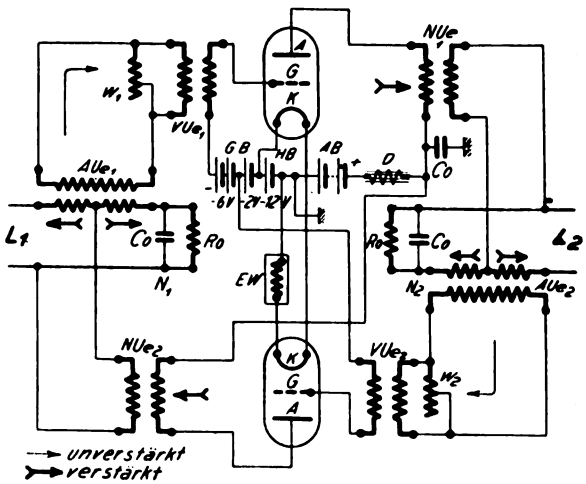


Abb. 4.

eine gewisse Dämpfung aufweisen, so wurde als Grenze für die Benützung der Kabelleitungen die Länge von 75 km für 0·9 mm Adern und 150 km für 1·4 mm Adern festgesetzt, wodurch sich in beiden Fällen die Dämpfung $b = 1{\cdot}4$ ergibt.

Um größere Reichweiten zu erzielen, kommen besondere Verstärkereinrichtungen für die Fernsprechströme in Verwendung. Als solche dienen bekanntlich Elektronenröhren in Verstärkerschaltung (Abb. 3).

Digitized by Google

Die ankommenden Telephonieströme werden über einen Vorübertrager *V Ue* an das Gitter *G* der Röhre geleitet, durch die Stromschwankungen wird die Ladung des Gitters im Rhythmus der Sprechströme fortwährend geändert, wodurch auch der Anodenstrom im selben Rhythmus eine Abänderung erfährt und als verstärkter Sprechstrom über den Nachübertrager *N Ue* weitergeleitet wird. Für den Heizstrom von zirka 1·1 A steht eine 12 V-Heizbatterie *HB* zur Verfügung, die Regulierung des Heizstromes auf konstante Stromstärke erfolgt durch eine besondere Widerstandslampe (Eisenwiderstand in Wasserstoffgas). Die Anodenspannung 220 V wird aus der eigenen Anodenbatterie *AB* entnommen. Weiters erhält das Gitter eine Vorspannung von zirka 6 V aus der Gitterbatterie *GB*. Zu bemerken ist noch, daß die Verstärkung der Sprechströme in der Lampe nur in einer Richtung erfolgen kann, und nur solche Sprechströme, die an das Gitter gelangen, verstärkt weitergeleitet werden, im entgegengesetzten Sinne jedoch kein Stromdurchgang möglich ist.

Derartige Verstärker, mit welchen eine Dämpfung von $b = 3$ aufgehoben werden kann, werden nun, wie bei allen Kabelanlagen auch in der Strecke Wien—Passau verwendet, und zwar je nach der in Anwendung stehenden Betriebsart in der Zwei- oder Vierdrahtschaltung.

Für den normalen Betrieb auf zwei Drähten, der Hin- und Rückleitung, der im allgemeinen angewendet wird, ist eine besondere Schaltung der Verstärker erforderlich, da ja im Zweidrahtbetrieb die Gespräche in beiden Richtungen geführt werden und der Verstärker nur in einer Richtung arbeitet (Abb. 4). Die Schaltung wird so bewerkstelligt, daß für die beiden Gesprächsrichtungen von links je ein Weg über eine Verstärkerlampe geschaffen wird, und zwar derart, daß durch eine Art Stromweiche die auf der Leitung L_1 ankommenden Ströme über den Übertrager $A\,Ue_1$ und den Vorübertrager $V\,Ue_1$ zum oberen Verstärker geleitet und verstärkt und sodann über den Nachübertrager $N\,Ue_1$ in die Leitung L_2 geleitet werden. Eine Rückübertragung über den unteren Verstärker kann nicht erfolgen, wenn es möglich ist, die Nachbildung N_2 für den Frequenzbereich der Sprache in ihrem Scheinwiderstande gleich dem der Leitung zu machen. Ist diese Bedingung erfüllt, so teilt sich der vom Nachübertrager $N\,Ue_2$ kommende Strom im Anschlußpunkt des Ausgleichsübertragers $A\,Ue_2$ in gleiche aber entgegengesetzt fließende Ströme; daher ist die auf dessen Sekundärwicklung induzierte EMK gleich Null. Die auf Leitung L_2 ankommenden Ströme werden über den Ausgleichs-Übertrager $A\,Ue_2$ und den Vorübertrager $V\,Ue_2$ zum unteren Verstärker geleitet, dort verstärkt und zur Leitung L_1 weitergeführt. Beim Übergang zur Leitung L_1 ist ebenfalls eine Leitungsnachbildung N_1 eingeschaltet, so daß wieder eine Überleitung zum oberen Verstärker theoretisch nicht erfolgen kann.

Die Herstellung der Nachbildungen N_1 N_2 durch einfache Anordnungen von Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten bietet Schwierigkeiten. Je besser sich die Nachbildung der Leitung anpaßt, umso kleiner wird der Differenzstrom in der Primärwicklung des Ausgleichsübertragers sein und damit die Rückkopplung. Nun gelingt ein vollkommen gleicher Widerstandsverlauf der Nachbildung mit dem der Leitung nicht und außerdem ist eine absolute Symmetrie der beiden Primärwicklungen des Ausgleichsübertragers fabrikationsmäßig nicht herstellbar, weshalb immer ein kleiner Differenzstrom vorhanden sein wird. Dadurch ist die Ausnützung des Verstärkers begrenzt. Sind nun mehrere Verstärker in bestimmten Entfernungen in einem Leitungszuge eingeschaltet, so muß die Verstärkung jedes Verstärkers noch mehr vermindert werden, da nicht nur der eigene Differenzstrom, sondern auch die der anderen Verstärker auf ihn rückwirken. Man kann also sagen, je mehr Verstärker eingeschaltet sind, umso geringer ist ihre Ausnützung. Praktisch geht man

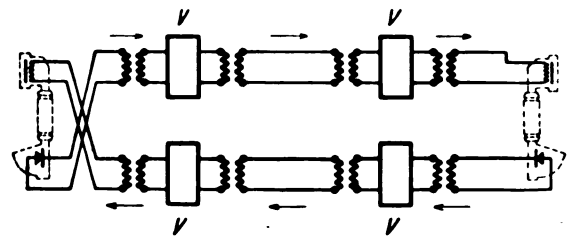


Abb. 5.

nicht über vier Verstärker, da sonst die Anlage unwirtschaftlich wird.

Es müßte daher für lange Verbindungen eine andere Anordnung des Sprechverkehres als auf Zweidraht gesucht werden. Da liegt es nahe, die

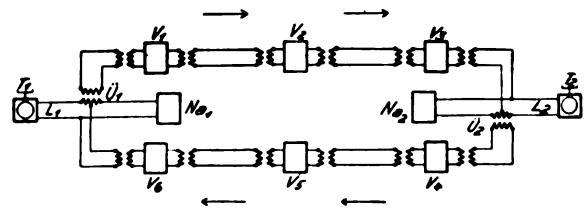


Abb. 6.

Störelemente, das heißt, die Ausgleichsübertrager und Leitungsnachbildungen im Leitungszuge, auf ein Mindestmaß herabzudrücken. Dies ist erreicht im Vierdrahtbetrieb mit Vierdrahtverstärkern. Bei dieser Schaltung (Abb. 5) stehen vier Drähte in Anwendung, und zwar die beiden oberen für das Gespräch von links nach rechts, die beiden unteren für das Gespräch in entgegengesetzter Richtung, wie es die Pfeile anzeigen. Die Einschaltung der Verstärker in die Leitung kann ohne welche Nebenschaltungen erfolgen. Diese Schaltung würde jedoch bedingen, daß nicht nur die Fernleitung selbst, sondern auch jede Teilnehmerleitung aus vier Drähten — und zwar ein Paar für den Sprechstrom, ein Paar für den Hörstrom — bestehen müßte; um dies zu vermeiden und die normal in

Digitized by Google

Anwendung stehende Zweidrahtleitung in den Lokalfernsprechnetzen beibehalten zu können, wird, wie in Abb. 6 dargestellt, eine besondere Schaltung angewendet, und zwar wird der Vierdrahtkreis nur in der Fernleitung von Zentrale zu Zentrale in Verwendung genommen, von dort zum Teilnehmer dagegen die Zweidrahtschaltung benützt. Die Verbindung zwischen diesen beiden Systemen wird durch eine Art Gabelschaltung, wie früher bei den Verstärkersätzen der Zweidrahtschaltung, hergestellt. Diese Gabelschaltung besteht wieder aus einem Übertrager $\dot{U}_1$ und der Leitungsnachbildung Na_1, die in ihren elektrischen Eigenschaften der zum Teilnehmer führenden Zweidrahtleitung entspricht. Die vom Teilnehmer kommenden Sprechströme werden über den Übertrager $\dot{U}_1$ zum oberen Drahtpaare übertragen und dort über die Verstärker V_1, V_2 und V_3 bis zur Gabel bei der anderen Zentrale weitergeleitet. Diese Gabel ist ebenfalls mit einem Übertrager $\dot{U}_2$ und einer der Teilnehmerleitung entsprechenden Nachbildung Na_2 ausgerüstet. Für die von links kommenden Sprechströme erfolgt vor Überleitung in die Zweidrahtleitung L_2 in der Gabel eine Stromteilung, und zwaar fließt ein Teil des Stromes in die Teilnehmerleitung L_2, der andere in die Nachbildung Na_2 ab. Da Teilnehmerleitung und Nachbildung gleich sind, so sind auch die beiden Ströme gleich, so daß in

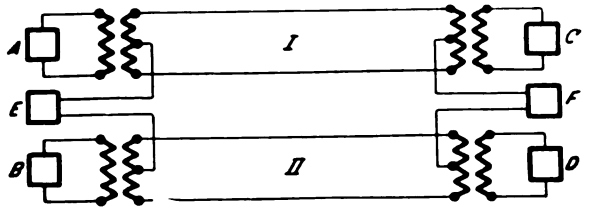


Abb. 7.

der primären Spule des Übertragers $\dot{U}_2$ gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete Ströme fließen, daher eine Übertragung auf die sekundäre Spule, bzw. auf den unteren Stromkreis nicht erfolgen kann. Die Sprechströme von Teilnehmer T_2 gelangen über den Übertrager $\dot{U}_2$ in den unteren Stromkreis und werden über die Verstärkersätze V_4, V_5 und V_6 nach links geleitet. Eine Ableitung dieses Stromes durch die Gabelschaltung bei L_2 zum oberen Stromkreis kann keinen Einfluß haben, da die Verstärker im oberen Stromkreis nur in der Richtung von links nach rechts verstärken, daher die von rechts kommenden Ströme nicht weitergeleitet werden.

Vor dem Übergang in L_1 werden die auf dem unteren Stromkreise ankommenden Ströme in gleicher Weise, wie früher L_2 beschrieben, zum Teilnehmer weitergeleitet.

Außer diesen beiden Schaltungen wird bei den Fernsprechleitungen auch noch die sogenannte Phantomschaltung angewendet (Abb. 7). Außer den beiden Stromkreisen auf den Stammleitungen I und II kann durch Einschaltung von Übertragern und Abzweigung in der Mitte der primären Spulen noch ein dritter Stromkreis durch die beiden Stammleitungen gebildet werden. Während die Gespräche auf den beiden Stammleitungen I und II über die Übertrager von den Teilnehmerstellen *A*, *B* zu *C*, *D* geleitet werden, erfolgt für die von den Sprechstellen *E* und *F* ausgehenden Sprechströme eine Teilung an den Abzweigpunkten der primären Spulen der Übertrager, wodurch eine Weiterleitung an die Sprechstelle *A*, *B*, *C*, D nicht erfolgen kann. Diese Schaltung wird sowohl bei den Zweidraht- als auch bei den Vierdrahtkreisen für die Herstellung von Sprechstromkreisen angewendet.

Die früher besprochene Zweidrahtschaltung kann infolge der Anwendung der Gabelschaltungen bei jedem Verstärkersatz nur in verhältnismäßig kurzen Strecken angewendet werden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß mehr als vier Verstärkersätze in eine Zweidrahtleitung nicht eingeschaltet werden sollen, wenn eine reine Sprechübertragung ohne Verzerrung erreicht werden soll. Da durch einen Zweidrahtverstärkersatz, wie erwähnt, eine Leitungsdämpfung von $\beta l = 1{\cdot}4$ überbrückt werden kann und sich bei einer 0·9 mm Ader bereits nach 75 km eine Dämpfung von $b = 1{\cdot}4$ ergibt, bzw. bei den 1·4 mm Adern bei 150 km, so können bei Anwendung von vier Verstärkersätzen

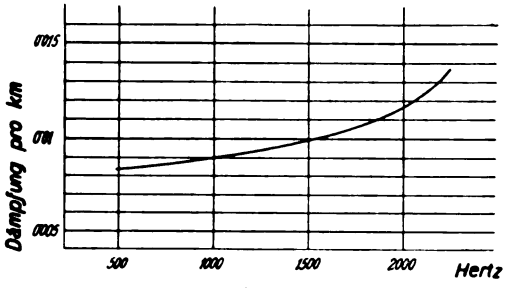


Abb. 8.

in den 0·9 mm Adern nur Reichweiten von 375 km, mit 1·4 mm Adern solche von 750 km erzielt werden. Über diese Entfernungen hinaus muß die in Abb. 6 dargestellte Vierdrahtschaltung angewendet werden.

Bei der Kabelanlage Wien — Linz — Passau kommen sonach für den internen Verkehr zwischen Wien und Linz und den dazwischen liegenden Orten Zweidrahtkreise in Anwendung. Desgleichen kann noch der Verkehr Wien—Nürnberg und Wien—München in der Zweidrahtschaltung bei Verwendung von 1·4 mm Adern abgewickelt werden. Für alle weiteren Verbindungen wie Wien—Frankfurt, Wien—Hamburg, Wien—Berlin und natürlich für Wien—Paris, Wien—London und Wien—Stockholm usw. müssen Vierdrahtschaltungen benützt werden.

Eine weitere Unannehmlichkeit, die sich bei Kabelleitungen bemerkbar macht, ist die Ungleichförmigkeit, mit welcher die einzelnen Frequenzen der Sprechströme weitergeleitet werden. Die Sprechströme, die ja dieselben Schwingungen aufweisen, wie die Schallwellen, die durch das gesprochene Wort hervorgerufen wurden, setzen sich aus Strömen verschiedener Periodenzahlen

Digitized by Google

und Amplituden zusammen. Für die gute Übertragung der Sprache kommen nur die Schwingungen von 300 bis 3000 Hertz in Betracht, während das Frequenzband für eine gute musikalische Übertragung weit größer ist. Alle Schwingungen, die unter 300 liegen, können, ohne daß eine besondere Verzerrung der Sprache eintritt, vernachlässigt werden. Bei der Weiterleitung in den Kabeladern erfahren nun die Frequenzen mit geringer Schwingungszahl eine geringere Dämpfung als jene mit größerer Schwingungszahl, wie dies aus Abb. 8 zu ersehen ist. Dies hat zur Folge, daß Töne mit niederer Frequenzzahl lauter übertragen werden, als jene mit höheren Frequenzen, wodurch alle Laute, bei denen die Schallwellen höhere Schwingungszahl aufweisen, mit etwas größerer Dämpfung übertragen werden, als jene, mit niederen Schwingungszahlen. Aus dem Bilde ist aber auch zu ersehen, daß dieser Unterschied in der Dämpfung bei den höheren Frequenzen am Anfang nur

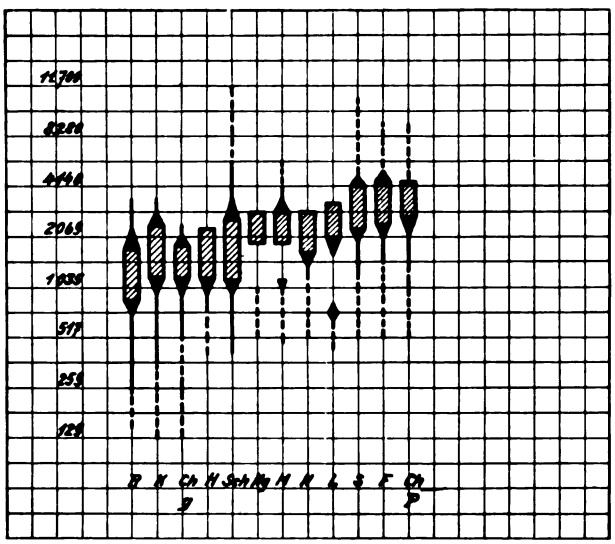


Abb. 9.

unbedeutend ist, jedoch zunimmt, je größer die Zahl der Schwingungen wird.

Diese Abhängigkeit der Dämpfung von der Frequenz bedingt eine besondere Ausbildung der Verstärker in der Art, daß durch diese wieder die höheren Frequenzen (in gleichem Maße wie die Dämpfung zunimmt) mehr verstärkt werden. Dies ist nur in einem bestimmten Frequenzbereich möglich, weshalb man gezwungen ist, die über der oberen noch ausgleichbaren Frequenz liegenden Schwingungen abzudrosseln.

In Abb. 9 sind die Frequenzgebiete der verschiedenen Konsonanten dargestellt. Um eine reine Übertragung aller Laute zu erzielen, müßten alle Frequenzen bis zu 6000 übertragen werden. Würden nur die Frequenzen bis zu 4800 übertragen, die höheren dagegen abgeschnitten werden, so würde wohl noch eine gute Verständigung zu erzielen sein, doch ist das „s" schon stark abgestumpft, da die oberen Schwingungen bereits verloren gehen. Werden die Frequenzen bei 2870 abgeschnitten, so ist das „s" und „f" schon schwer voneinander zu unterscheiden. Das „ch" klingt wie ein stumpfes „s" und das „l" und „i" dunkel, etwas heiser und blasend. Die Sprechübertragung kann aber noch als gut bezeichnet werden. Wird die Grenze für die zu übertragenden Frequenzen noch tiefer gesetzt, werden also zum Beispiel nur mehr Frequenzen bis zu 1430 zugelassen und alle höheren abgeschnitten, so ist die Sprechübertragung schlecht, da das „i" wie „u", „e" wie „ö", „k" wie „t" klingen würde und die übrigen Konsonanten kaum mehr voneinander zu unterscheiden sind.

Es muß sonach getrachtet werden, das zu übertragende Frequenzband so breit als möglich zu machen und dabei den Unterschied in den Dämpfungen zwischen den niederen und höheren Frequenzen tunlichst klein zu gestalten.

Früher wurden als Frequenzband die Schwingungen zwischen 300 bis 1900 angenommen, während für die neueren Kabelanlagen und auch für Wien—Passau dieses Frequenzband mit dem Bereiche von 300 bis 2400 festgesetzt wurde. Um

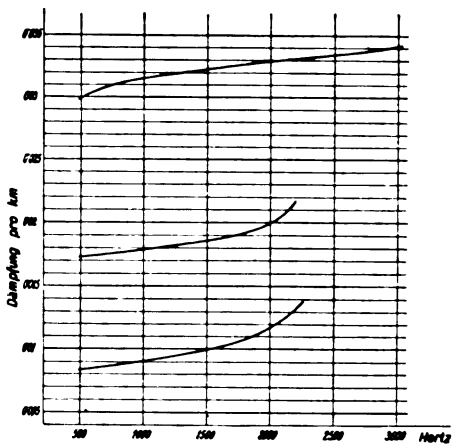


Abb. 10.

nun auch hier eine gute Sprechübertragung zu erreichen, mußte getrachtet werden, im Frequenzbande von 300 bis 2400 und in besonderen Fällen bis 2800 dem unvermeidlichen Anstieg bei den höheren Frequenzen in der Dämpfungskurve tunlichst weit hinauszuschieben. Dieses Ansteigen ist nun von der sogenannten Eigenfrequenz der Kabelader abhängig. Es ist dies jene Frequenz, die dem Schwingungskreis entspricht, der durch die vorhandene Selbstinduktion und Kapazität der Kabelader gebildet wird. Für diese Eigenfrequenz des Kabels, die als Grenzfrequenz bezeichnet wird, tritt theoretisch eine vollkommene Dämpfung für die Übertragung ein.

In Abb. 10 sind drei verschiedene Dämpfungskurven dargestellt, und zwar für verschiedene Adernstärken und verschiedene Grenzfrequenzen, wie sie bei der Kabelanlage Wien—Passau angewendet werden. Die untere Kurve zeigt die Dämpfung für eine 1·4 mm Ader mit der Grenzfrequenz $f_0 = 2700$ Hertz, die mittlere Kurve die Dämpfung für eine 0·9 mm Ader mit der Grenzfrequenz von $f_0 = 2700$ Hertz und die obere Kurve

Digitized by Google

die Dämpfung für eine 0·9 mm Ader mit der Grenzfrequenz von $f_0 = 5400$ Hertz. Die Form der drei Kurven ist in allen drei Fällen dieselbe, doch wird durch die Wahl höherer Grenzfrequenzen der Anstieg der Kurve verschoben und dadurch der Dämpfungsunterschied im Bereiche des zu übertragenden Frequenzbandes von 300 bis 2400 bzw. 2800 wesentlich günstiger gestaltet.

Diese für die Übertragung so wichtige Grenzfrequenz der Kabeladern ist von der in die Kabeladern eingeschalteten Selbstinduktion abhängig, wenn der Einbau durch Spulen in bestimmten Abständen erfolgt. Diese Grenzfrequenz wird umso größer, je kleinere Werte für die Selbstinduktion gewählt werden. Von der Größe der eingebauten Selbstinduktion ist jedoch wieder die Größe der Dämpfung des Kabels abhängig, leider ist hier das Verhältnis umgekehrt, denn je kleiner die Selbstinduktion, desto größer die Dämpfung, daher die Reichweite der Übertragung geringer. Es ist dies aus der Abb. 10 zu ersehen. Bei der unteren Kurve mit der Grenzfrequenz $f = 2700$ beträgt die durchschnittliche Dämpfung pro km nur 0·0107. Die Kurve zeigt aber bei 2150 Frequenzen bereits ein merkliches Ansteigen, würden daher derartige Stromkreise für längere Strecken Verwendung finden, so würde sich durch mehrfache Verstärkung schon eine ganz bedeutende Verzerrung der Sprache ergeben. Ein ähnliches Bild zeigt die mittlere Kurve. Die Grenzfrequenz hat denselben Wert; durch den geringeren Aderndurchmesser, daher höheren Ohmschen Widerstand, steigt die mittlere Dämpfung pro km auf $\beta = 0{\cdot}019$ an. Dafür zeigt die Dämpfungskurve im Bereiche des zu übertragenden Frequenzbandes nicht so große Unterschiede. Günstiger gestaltet sich die Übertragung bezüglich des Dämpfungsunterschiedes in der obersten Kurve, da die Grenzfrequenz hier einen höheren Wert erreicht. Die mittlere Dämpfung beträgt in diesem Falle $\beta = 0{\cdot}032$. Die Erhöhung der Dämpfung im Fall 2 und 3 wird durch die Einschaltung einer größeren Zahl von Verstärkern ausgeglichen.

Bei der Kabelanlage wird der erste Fall bei den Zweidrahtverbindungen mit 1·4 mm Adern unter Verwendung von vier oder höchstens fünf Verstärkern angewendet. Da mit Rücksicht auf die auftretende geringe Dämpfung die Entfernung zwischen zwei Verstärkern ungefähr 150 km beträgt, so können mit dieser Schaltung 600 bis 750 km überbrückt werden. Fall 2 kommt vereinzelt auch in der Zweidrahtschaltung in Anwendung. Da aber hier eine große Dämpfung auftritt, so müssen bereits nach 75 km Kabellänge Verstärker eingeschaltet werden, so daß bei Verwendung von vier bis fünf Verstärkern eine Sprechweite von nur 300 bis 400 km erreicht werden kann. Der zweite Fall wird in weit größerem Ausmaße bei der Vierdrahtschaltung, Fall 3 ausschließlich in dieser Schaltung angewendet, wobei im zweiten Fall durch die bessere Ausnützung der Verstärker (siehe Abb. 6) die Verstärkung alle 150 km, im dritten Fall zufolge der größeren Dämpfung wieder alle 75 km eingebaut werden muß.

Wegen der günstigen Gestaltung der Frequenzkurve wird die letztere Anordnung für Sprechverbindungen mit besonders großen Entfernungen, und zwar für Wien—London, Wien—Paris, Wien—Brüssel, Wien—Stockholm und andere in Verwendung genommen, also bei Verbindungen über 1000 km, während der Fall 2 in der Vierdrahtschaltung bei Entfernungen bis zu ungefähr 1000 km angewendet wird. Durch die Heranziehung der einzelnen Kabeladern für verschiedene Gesprächsentfernungen und die Verschiedenheit der Selbstinduktion in einzelnen Kabeladern sind natürlich besondere Kabeltypen erforderlich.

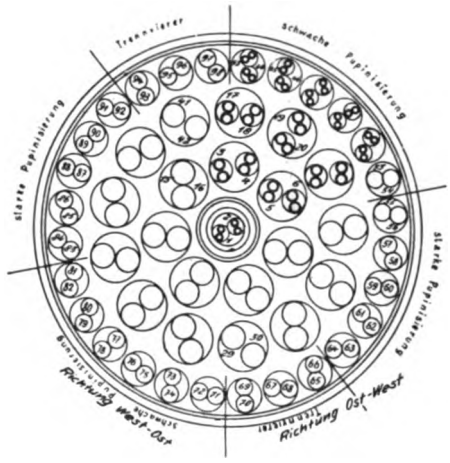


Abb. 11*a*.

Das Kabel Wien—Passau—Nürnberg enthält 98 Adernpaare und ist im Querschnitte in Abb. 11*a* dargestellt. Die einzelnen Adern bestehen aus Kupferdrähten mit Papierisolation und werden immer zwei Adern zu Paaren verseilt, zwei solche Adernpaare wieder zu einer Gruppe, dem sogenannten Vierer vereinigt, wie dies in Abb. 11*b* dargestellt erscheint. Im Inneren des Kabels befindet sich ein solcher Vierer aus 0·9 mm Adern, der mit einem Bleimantel umgeben ist. Von diesem Vierer dienen die beiden Adernpaare zu Meßzwecken und für die Dienstkorrespondenz zwischen den Verstärkerämtern. Außerdem sollen diese Adernpaare in der Phatomschaltung (Abb. 7) noch zur Übertragung von Musik herangezogen werden.

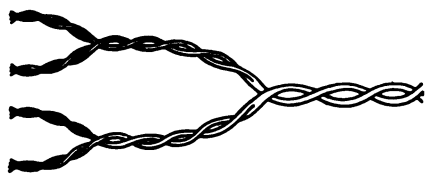


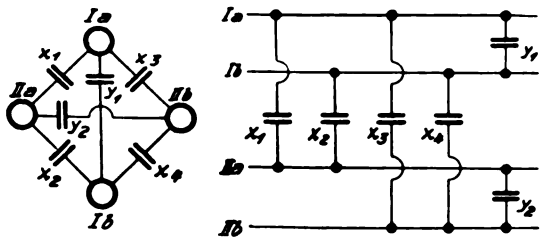
Abb. 11*b*.

Über den Kernvierer sind sieben Vierer aus 1·4 mm Adern gelegt, über diese weitere 13 Vierer, ebenfalls aus 1·4 mm Adern. Die letzte Lage bilden 28 Vierer aus 0·9 mm Adern. Um alle Adern wird ein Bleimantel von 3 mm Stärke gepreßt, über

Digitized by Google

welchen noch eine Juteumhüllung und eine Band- oder Flachdrahtumhüllung kommt.

Die einzelnen Adernpaare mit 1·4 mm Querschnitt werden bei der Kabelanlage Wien—Passau nur in der Zweidrahtschaltung verwendet, und zwar mit einer normalen Belastung von Selbstinduktion. Die 0·9 mm Adern werden dagegen für die Vierdrahtschaltung herangezogen, das heißt, es werden, wie früher erwähnt, immer zwei Paare für einen Stromkreis benützt, wobei ein Paar für die abgehenden, ein Paar für die ankommenden Sprechströme zur Verfügung steht. Um nun eine gegenseitige ungünstige Beeinflussung zu vermeiden, werden diese zwei Paare für den Vierdraht nicht aus einem Vierer selbst genommen, sondern aus zwei diametral gegenüber liegenden Vierern, so daß zum Beispiel ein Vierdrahtkreis aus dem Paare 43 und dem Paare 71 zusammengesetzt wird. Dies wird bei allen Vierern in dieser Weise durchgeführt und sonach die eine Seite der Vierer von Paar 43 bis 64 für die ankommenden Vierdrahtstromkreise, die Paare 71 bis 92 für die



bb. 12.

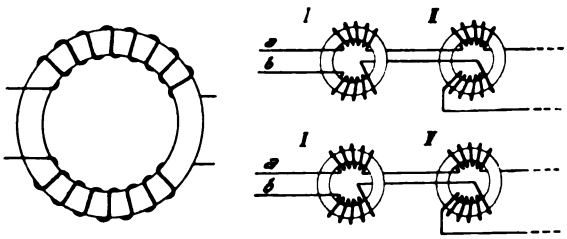


Abb. 13.

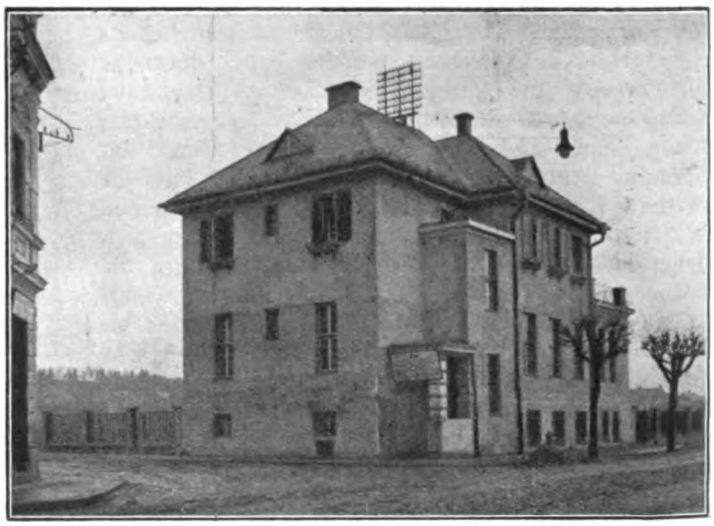


Abb. 14.

abgehenden Stromkreise benützt. Zwischen diesen beiden Lagen werden sogenannte Trennvierer eingeschaltet, (Paar 65 bis 70 und 93 bis 98) die teils für Zweidrahtverbindungen, teils für Telegraphie herangezogen werden können. Von den Vierdrahtkreisen werden zwölf mit leichter Selbstinduktionsbelastung, und zwar die Paare 43 bis 54 und 71 bis 82 ausgestattet, und zehn mit normaler Belastung (Paar 55 bis 64 und 83 bis 92). Auf Grund dieser Einteilung der Kabeladern stehen folgende Stromkreise zur Verfügung:

2 Stammleitungen und ein aus ihnen gebildeter Kernvierer, der zur Musikübertragung geeignet ist,
40 Zweidrahtstämme aus 1·4 mm Adern,
12 Zweidrahtstämme aus 0·9 mm Adern,
12 Vierdrahtstämme aus 0·9 mm Adern,
10 Vierdrahtstämme aus 0·9 mm Adern mit normaler Belastung.

Da außerdem noch aus je zwei Stromkreisen der Zwei- oder Vierdrahtschaltung noch je ein Phantomkreis gebildet werden kann, so stehen uns im Fernkabel Wien—Passau

2 Dienstleitungen und eine Musikübertragungsleitung im Kernvierer,
78 Zweidrahtkreise,
18 Vierdrahtkreise für den Weitverkehr über 1000 km,
15 Vierdrahtkreise für den Weitverkehr bis 1000 km,

demnach 114 Stromkreise zur Verfügung.

Was die elektrischen Eigenschaften des Fernkabels betrifft, so beträgt der vom Drahtquerschnitt der Kupferader abhängige Ohmsche Widerstand bei den 0·9 mm Adern 57·8 Ohm/km, bei den 1·4 mm Adern 23·8 Ohm/km. Die Isolation der einzelnen Adern gegen Erde beträgt mehr als 5000 Megohm. Von besonderer Wichtigkeit sind die Werte der Betriebskapazität der einzelnen Adern, da diese die Dämpfung beeinflussen, sowie die Werte für das Übersprechen oder Mithören von einem Adernpaare auf das andere.

Dadurch, daß die einzelnen Adern im Kabel sehr knapp nebeneinander liegen und nur durch eine Papierlage und Luft getrennt sind, so können sie wie in Abb. 12 dargestellt erscheint, als Belege von Kondensatoren aufgefaßt werden. Durch diese kapazitive Einwirkung der einzelnen Adern auf die anderen ergibt sich eine gegenseitige Beeinflussung der Adern, was durch ein Überhören von einer Ader auf die andere wahrgenommen wird. Dieses Überhören kann durch einen entsprechenden Ausgleich der zwischen den einzelnen Adern vorhandenen Kapazitäten und zweckmäßige Lagerung der Kabeladernpaare gegeneinander bedeutend herabgemindert werden. Diese zweckmäßige Lagerung der Adernpaare gegeneinander erfolgt durch Verseilung der Adern zu Paaren und der Paare zu Vierern. Hiedurch wird eine Verkreuzung der einzelnen Stromkreise durchgeführt. Der für die Verminderung des Überhörens noch notwendige Ausgleich wird durch den Einbau von Kondensatoren zwischen einzelnen Kabeladern herbeige-

Digitized by Google

führt. Als Grenze für das Überhören wird eine Dämpfung von mindestens $b = 9$ vorgeschrieben, doch wurden bei der Kabelanlage Wien—Passau weit höhere Werte (bis $b = 14$) erreicht.

Zwecks Einhaltung solcher ziemlich strenger Bedingungen sind für die Fabrikation besondere Spezialmaschinen und besondere Meßeinrichtungen erforderlich, und steht sowohl die Fabrikation unter steter Kontrolle, als auch die verlegten Kabel genauen Übernahmsmessungen unterzogen werden.

Was die Hinzufügung der Selbstinduktion in die Kabelader betrifft, wodurch einerseits die Dämpfung vermindert, andererseits, im Falle des Einbaues von Spulen, aber auch die früher erwähnte Grenzfrequenz der Stromkreise beeinflußt wird, so wurde bei der Kabelanlage Wien—Passau das System der Pupinisierung angewendet.

Die Pupinspulen (Abb. 13) bestehen aus einem

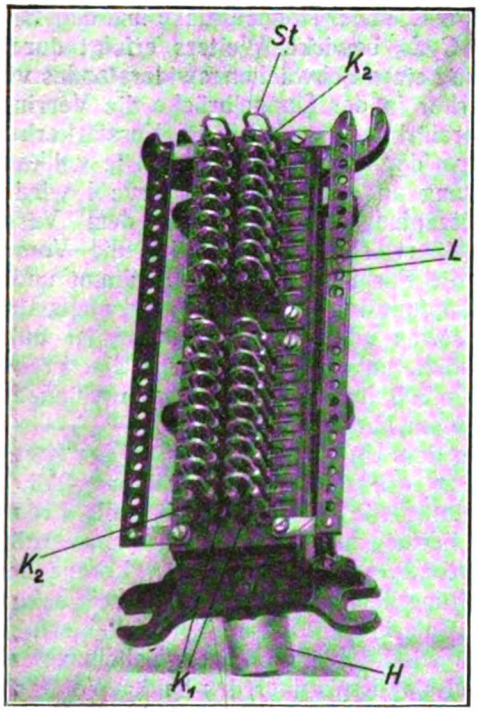


Abb. 15.

Eisenkern von bestimmter Zusammensetzung, um welchen eine Anzahl von Drahtwindungen geführt werden. Die Selbstinduktion dieser Spulen beträgt für die normale Pupinisierung 200 mH und für die aus den Stammleitungen gebildeten Phantom- oder Kunstleitungen (siehe Abb. 7) 70 mH; bei schwacher Pupinisierung, welche eine höhere Grenzfrequenz erreicht, aber auch eine größere Dämpfung bedingt, beträgt die Selbstinduktion der Stammleitung 50 mH, die der Phantomkreise 20 mH. Die Spulen selbst werden alle zusammen in einem Kasten, dem Pupinkasten, eingebaut und wie schon erwähnt alle 2 km in die einzelnen Adern eingeschaltet.

Die Einschaltung der Spulen in die Leitungen selbst ist in Abb. 13 rechts dargestellt. Spulen I und II dienen für die Pupinisierung der beiden Stammleitungen und wird die Bewicklung der Spulen für beide Leitungen, *a* und *b*, im gleichen Sinne durchgeführt. Die Spulen III und IV dienen für die Pupinisierung der Phantomleitungen auf beiden Stammleitung. Hier ist die Bewicklung der Spulen für die *a*- und *b*-Leitung im verkehrten Sinne, da ja die *a*- und *b*-Leitung als ein Leiter (siehe Abb. 7) anzusehen ist.

Soviel über die Kabelanlage selbst.

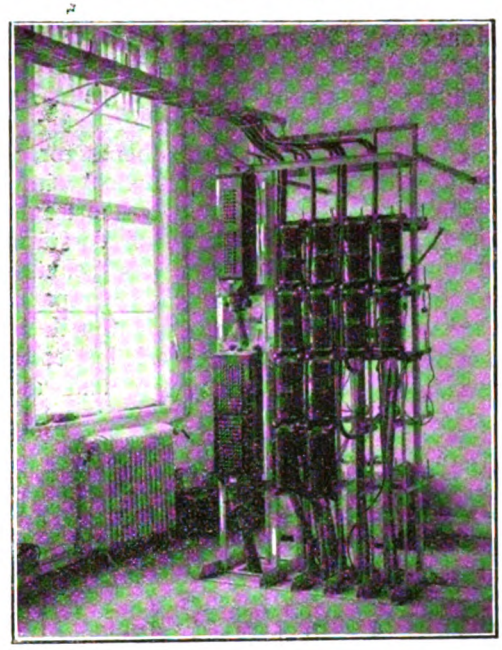


Abb. 16.

Was nun die einzubauenden Verstärker betrifft, so werden die Kabel zwecks Einschaltung dieser Einrichtungen in eigene Verstärkerhäuser eingeführt. Für die Kabelanlage Wien—Passau wurden Verstärkerstationen außer in Wien noch in

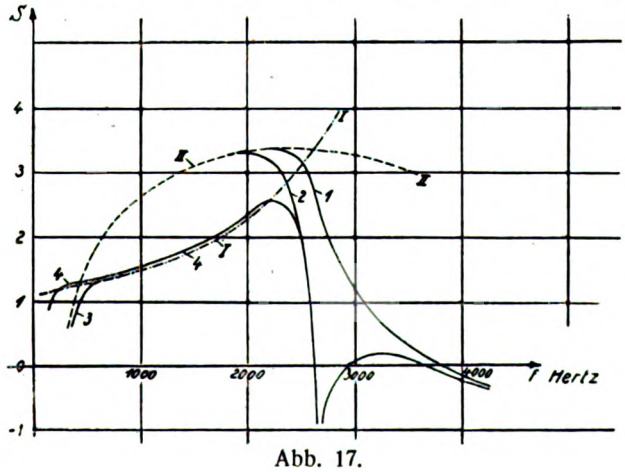


Abb. 17.

St. Pölten, Amstetten (Abb. 14) und Linz errichtet, so daß die früher erwähnte notwendige Entfernung von 75 km annähernd eingehalten erscheint.

In den Verstärkerhäusern werden die Kabel zunächst an die Endverschlüsse geführt, die an der vorderen Seite von eigenen Gestellen, den Steggestellen, montiert sind. Abb. 15 zeigt einen solchen

Digitized by Google

Endverschluß, „Trennendverschluß" genannt. Das 98 paarige Kabel wird in fünf 20 paarige Kabel aufgeteilt und jedes 20 paarige Kabel durch den Hals *H* in das Innere des Endverschlusses geführt und dort die einzelnen Andern an die beiden inneren Reihen des Steckers K_1 angelötet. Die beiden äußeren Reihen der Klemmen K_2 sind mit Lötspitzen *L* versehen, an welchen die Verstärker angeschlossen werden. Die Verbindung von K_1 mit K_2 erfolgt durch eigene Stecker *St*. Abb. 16 zeigt die Montierung dieser Trennendverschlüsse auf den Eisengestellen, wie dies im Amte St. Pölten durchgeführt erscheint. Von diesen Endverschlüssen führen dann Kabel zu den Zusatzgestellen, auf welche die Abschluß-Ringübertrager, sowie etwa nötige Leitungszusätze montiert sind. Der Abschluß der Leitungen mit Ringübertragern ist sowohl wegen der Anpassung der Verstärker an die Leitungen als auch wegen des Schutzes der angeschlossenen Apparate gegen Überspannungen nötig. Von den Ringübertragern führen Kabel zum Hauptverteiler. Auf diesem Verteiler enden auf einer Seite sämtliche Leitungen und auf der

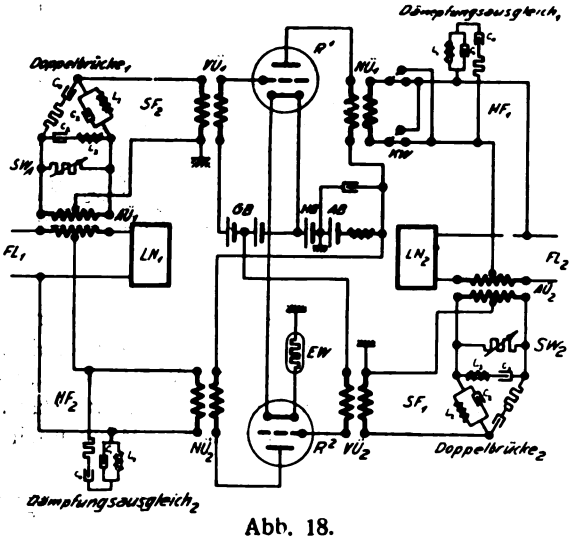


Abb. 18.

anderen die anzuschließenden Apparate, wie Verstärker usw. Die Verbindung einer Leitung mit einem Verstärker erfolgt mittels Rangierdrähten.

Nun einiges über die Verstärker selbst.

Bei den Zweidrahtverstärkern muß, wie bereits erwähnt, (Abb. 4) eine Art Stromweiche vorhanden sein, um im Hinblicke auf die nur einseitige Wirkungsweise der Verstärkerlampe eine Verstärkung in beiden Stromrichtungen zu erzielen. Da jedoch in einem Verstärker die einzelnen Frequenzen nicht gleichmäßig verstärkt werden, muß der Verstärker an die Frequenzkurve des Kabels angepaßt werden.

Wie aus der Abb. 17 zu ersehen ist, erfolgt die Verstärkung der einzelnen Frequenzen nach der Kurve II, das heißt, der niederen Frequenzen werden weniger, die mittleren mehr und die höheren wieder weniger verstärkt. Die Dämpfungskurve des Kabels, ist in Kurve I dargestellt.

Die Verstärkerkurve muß nun derart ausgebildet werden, daß durch den Verstärker die Dämpfung der einzelnen Frequenzen aufgehoben wird, das heißt, es muß die Verstärkerkurve der Dämpfungskurve des Kabels angepaßt und die niedrigen Frequenzen weniger, die höheren mehr verstärkt werden. Zu diesem Zwecke werden, wie in Abb. 18 dargestellt, sowohl vor als auch nach den Verstärkern Schwingungskreise (C, L_1 und C_2 L_2) eingebaut, die durch die entsprechende Bemessung der Kapazitäts- und Selbstinduktionswerte teils eine Verminderung, teils eine Hebung der Verstärkung bei den einzelnen Frequenzen hervorrufen. So werden zunächst die oberen Frequenzen von der Verstärkung und Weiterleitung ganz abgeschnitten, das heißt, es muß die Kurve II im oberen Teil stark abfallen und die Form nach Kurve 1 bzw. 2 annehmen. Dieses Abschneiden der oberen Frequenzen wird durch die Einschaltung des Schwingungskreises C_2L_2 und des Kondensators C_1 in der Doppelbrücke und dem Brückenzweig C_3 L_3 bewirkt. Weiters erfolgt durch Einschaltung eines Schwächungswiderstandes vor dem Verstärker in der Doppelbrücke die Verringerung der Verstärkung, wodurch die Verstärkerkurve II die Form der Kurve 4 annimmt. Die vollkommene Anpassung an die Dämpfungskurve I wird durch den Dämpfungsausgleich nach dem Verstärker durchgeführt, so daß schließlich die Verstärkerkurve die Form der Kurve 4 annimmt und daher der Dämpfungskurve I vollkommen angepaßt wird. Diese etwas schwierige Schaltung ist unbedingt notwendig, um tatsächlich nur die Frequenzen zwischen 300 und 2200 dem Verstärker zuzuführen, alle übrigen aber abzuschneiden.

Aus dem Umstande, daß die bei der Zweidrahtschaltung erforderliche Nachbildung der Zweidrahtleitung nie vollkommen für alle Frequenzen an die Leitung angepaßt werden kann, ergibt sich, daß besonders bei den höheren Frequenzen eine Überleitung der im unteren Stromkreis ankommenden Ströme in den oberen Verstärker erfolgt, dies weiters wieder beim zweiten Gabelpunkt eintritt, wodurch der Kreis über den beiden Verstärkungen in Schwingungen versetzt werden würde, wenn nicht diese Frequenzen abgeschnitten werden würden. Um dies zu vermeiden und eine möglichst hohe Verstärkungsziffer zu erreichen, stehen die früher besprochenen Schaltungen in Anwendung.

Zu erwähnen wäre noch, daß die Signalisierung auf diesen Zweidrahtleitungen mit normalem Rufstrom von 25 Per/s erfolgt, der jedoch nicht über den Verstärker geleitet werden kann, da eine Übertragung dieser geringen Perioden nicht eintritt. Es muß daher bei jedem Verstärkersatz eine eigene Einrichtung für die Weiterleitung des Rufstromes getroffen werden.

Bedeutend einfacher gestaltet sich der Verstärkersatz für die Vierdrahtschaltung, wie sie in Abb. 19 dargestellt ist. Hier ist lediglich für die Anpassung der Verstärkerkurve des Verstärkers an die Frequenzkurve des Kabels vorzusorgen, was durch Entzerrer erfolgt, die entweder vor oder hinter dem Verstärker eingeschaltet sind. Diese

Digitized by Google

Entzerrer bewirken, daß die niedrigen Frequenzen eine größere Dämpfung erhalten, als die höheren; sie setzen sich aus dem Schwingungskreise L_0, C_0, dem Ohmschen Widerstande R_1 und dem Kondensator C_1 zusammen.

An den Endpunkten der Vierdrahtleitungen befinden sich, wie erwähnt, die Gabelpunkte für den Übergang in die Zweidrahtleitung zu den Teilnehmern.

Bei diesen Gabelpunkten sind dieselben Schaltungen in Anwendung, wie bei jenen der früher besprochenen Zweidrahtkreise. Es ist, wie in Abb. 20 dargestellt, auch hier wieder eine Doppelbrücke vorgesehen, um nur die Frequenzen von 300 bis 2700 der Zweidrahtleitung zuzuführen und alle übrigen abzuschneiden. Diese Doppelbrücke ist hier jedoch nicht im abgehenden, sondern im ankommenden Stromkreise eingebaut.

Die Signalisierung auf den Vierdrahtleitungen erfolgt mit einem 500 periodigen, in der Sekunde 25 mal unterbrochenen, Rufstrom, der durch die Verstärkerlampen durchgeleitet werden kann, wo-

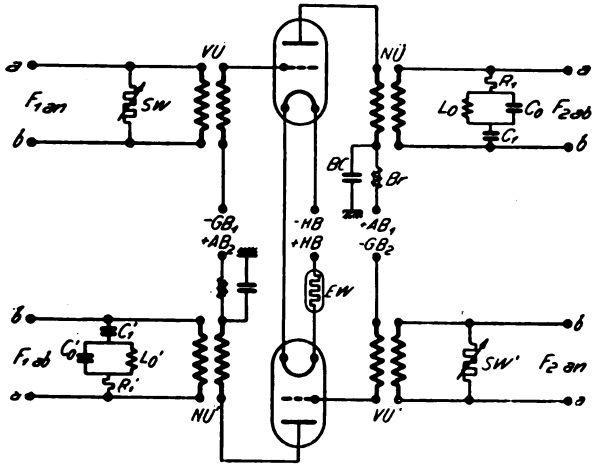


Abb. 19.

durch die bei der Zweidrahtleitung notwendige Überbrückung vermieden wird. In der an die Vierdrahtleitung angeschlossenen Zweidrahtleitung ist jedoch noch der normale Rufstrom in Verwendung, so daß im Gabelpunkte durch eine eigene Übersetzung der 25 periodige Rufstrom in einen 500 periodigen oder umgekehrt umgewandelt werden muß.

Durch die bei der Gabel in Verwendung stehenden Schaltungen wird wohl für eine gute und reine Sprechübertragung vorgesorgt, doch kann nicht vermieden werden, daß infolge der sich immer wieder ergebenden Ungleichheiten zwischen der Nachbildung und der an den Vierdrahtkreis angeschlossenen Zweidrahtleitung, dennoch Teilströme auch zum oberen Stromkreise für die abgehenden Sprechströme geleitet werden. Infolge dieses Umstandes ergibt sich, daß bei sehr langen Leitungen (über 1000 km) das gesprochene Wort nach einem Bruchteil einer Sekunde in der Ausgangsstation wieder gehört wird, so daß eine Art Echowirkung eintritt, die sich sehr unangenehm bemerkbar macht. Diese Erscheinung wird als Echoeffekt bezeichnet. Um diese störende Wirkung zu vermeiden, werden in entsprechenden Punkten der Vierdrahtleitungen sogenannte Echosperren eingebaut.

Diese Echosperren (Abb. 21) bezwecken, daß die von A_1 ausgehenden Sprechströme, die über die Verstärker V_4 und V_1 geleitet werden, wenn sie bei der Gabel A_2 einlangen und infolge der unvollkommenen Nachbildung von N_2 nicht nur in die Zweidrahtleitung sondern teilweise auch in den unteren Stromkreis eintreten, dort eine Sperrung

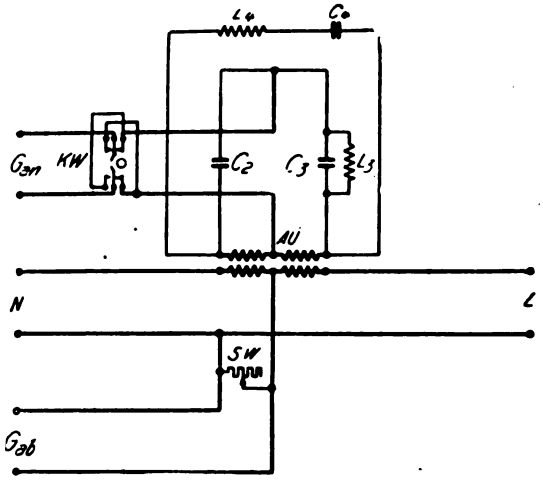


Abb. 20.

für die Weiterleitung erfahren. Diese Sperrung für den unteren Kreis wird vom Verstärker V_1 über eine besondere Schaltung (ES_1) bewirkt, indem der Verstärker V_3 durch Änderung seiner Gitterspannung für die Weiterleitung der Sprechströme unbrauchbar gemacht wird. Für die von A_2 kommenden Sprechströme wird diese Sperre durch den Verstärker V_2, der über die Einrichtung ES_2 die Sperrung bei Verstärker V_4 erwirkt, durchgeführt.

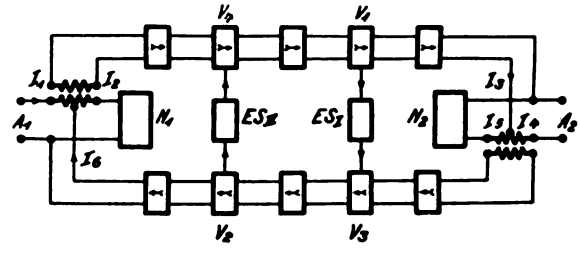


Abb. 21.

Die soeben beschriebenen Zwei- und Vierdrahtverstärker sind nun in den Verstärkerämtern auf besonderen Gestellen zu Sätzen von je zehn Stück zusammengebaut.

Abb. 22 zeigt links ein Vierdrahtverstärkergestell für zehn Vierdrahtverstärker, oben und unten sind je fünf Verstärkersätze angebracht. Zu jedem Verstärkersatz ist ein Relaissatz zugeordnet, um die Zwischenämter aufrufen zu können.

Digitized by Google

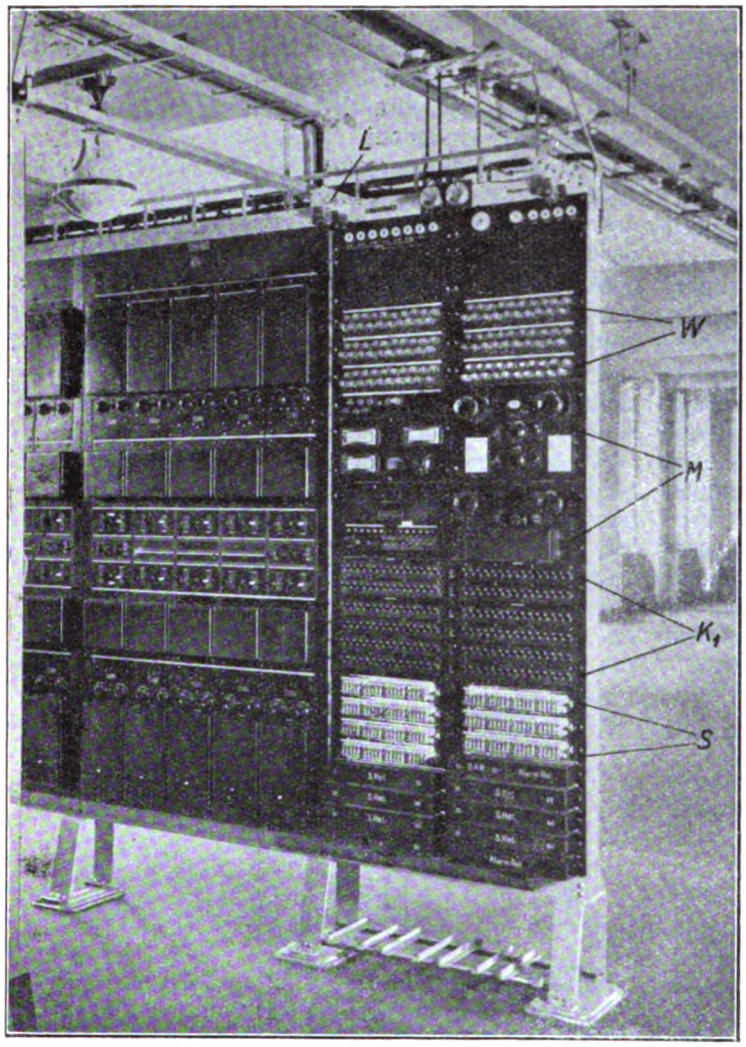


Abb. 22.

Die Klinken und Kipper in der Mitte des Gestelles dienen für das Mithorchen, Überprüfen und für die Untersuchung der Leitungen.

In gleicher Weise werden auch die Zweidrahtverstärker und die Gabelschaltungen für die Vierdrahtleitungen zu je zehn Stück auf einem Gestell montiert. Je 60 Verstärkersätze bilden eine Einheit und sind an ein Prüf- und Sicherungsgestell angeschlossen, das in Abb. 22 rechts dargestellt ist. Der Heiz- und Anodenstrom für jeden Verstärkersatz einer Gruppe wird über dieses Gestell geführt und kann durch Umlegen der Kipper K_1 gemessen werden. Auch führt jeder Strom über Sicherungen S, die auf diesen Gestellen angebracht sind. Das Durchbrennen einer Sicherung oder einer Verstärkerlampe zeigt sich automatisch durch ein Lichtsignal der am oberen Teile des Gestelles angeordneten Signallampen L an, so daß der diensthabende Beamte sofort von dem Auftreten einer Störung an den Verstärkern in Kenntnis gesetzt wird. Weiters sind an diesem Gestelle noch Meßeinrichtungen M für die Verstärkung sowie Widerstandslampen W für den Anodenstromkreis vorhanden. Auf diese Weise ist für die Sicherheit und Aufrechterhaltung des Betriebes Vorsorge getroffen und können auftretende Störungen sofort behoben werden.

Was nun die Stromversorgung der Verstärkereinrichtungen betrifft, so kommen mit Rücksicht auf die große Zahl der Verstärkersätze ganz bedeutende Elementtypen in Betracht.

Jede Verstärkerlampe benötigt, wie bereits erwähnt, einen Heizstrom von 1·1 A bei 12 V, eine Anodenspannung von 220 V. Entsprechend der Zahl der eingeschalteten Verstärker müssen daher die Heizbatterien eine entsprechende Amperestundenzahl besitzen. Es gelangen im Verstärkeramt St. Pölten Akkumulatoren der Type J_{40} mit 1080 Ah, in Amstetten Akkumulatoren der Type J_{24} mit 648 Ah und in Linz mit Rücksicht auf den künftigen weiteren Ausbau ebenfalls die Akkumulatorentype J_{40} mit 1080 Ah zur Aufstellung.

Für die Anodenbatterie, bei der keine besondere Stromentnahme eintritt, werden überall Akkumulatorenbatterien der Type J_1 mit 27 Ah verwendet.

Im Maschinenraum muß sowohl für die Ladung der Heiz- als auch der Anodenbatterien Vorsorge getroffen werden, sowie für entsprechende Reserven.

Abb. 23 zeigt die Ansicht des Maschinenraumes im Verstärkerhaus Amstetten. Rechts ist die Schalttafel mit den Zuführungen zum Akkumulatorenraum zu ersehen. Links sind die Maschinen für die Ladung der Heizstrom- und Anodenbatterie sowie die Rufstrommaschine für den 25 periodigen Rufstrom.

Für den Fall, als der für die Umformeraggregate notwendige Starkstrom aus dem je-

Abb. 23.

Digitized by Google

weiligen Werke infolge von Störungen nicht zur Verfügung gestellt werden kann, ist für die Betreibung der Lade- und Rufstromeinrichtungen ein eigenes Benzinaggregat (Abb. 23, im Vordergrund) vorgesehen, um jede Unterbrechung im Betriebe vermeiden zu können.

Was nun die Kosten der ganzen Anlage Wien—Passau betrifft, so stellen sie sich auf ungefähr 20 Mill. Schilling. Durch die Anlage werden, wie schon erwähnt, 114 Stromverbindungen von Wien nach auswärts geschaffen, auf welchen stündlich 1800 bis 1900 Gespräche abgewickelt werden könnten.

Schließlich wäre noch zu bemerken, daß für die Instandhaltung der Kabel ebenfalls besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen, da ja jede Störung mit Rücksicht auf die Zahl der hiedurch verloren gehenden Gespräche bedeutende Verluste verursacht. Um auftretende Fehler infolge Beschädigung des Kabels oder aus sonstigen Ursachen hervorgerufen, raschestens beheben zu können, stehen eigene Meß- und Geräte-Autos in Wien und Linz zur Verfügung, die im Innern mit den entsprechenden Meßgeräten für Gleich- und Wechselstrommessungen ausgerüstet sind.

Durch diese Kabelanlage stehen derzeit vier Leitungen nach Berlin, drei Leitungen nach Frankfurt, zwei Leitungen nach München, eine nach Leipzig und eine Leitung nach Nürnberg zur Verfügung. Hierdurch ist eine Verbindung von Wien nach allen größeren Orten nach Deutschland, sowie nach Amsterdam, Haag, Stockholm und Paris ermöglicht. In nächster Zeit werden zwei weitere Leitungen nach Berlin und eine direkte Leitung nach Hamburg, sowie späterhin auch je eine direkte Leitung nach Paris, London und Brüssel zur Verfügung stehen. So erscheint die gestellte Aufgabe, die Schaffung von ausreichenden Fernsprechverbindungen nach dem Auslande, in vollem Ausmaße gelöst; die in allen diesen Relationen vorgenommenen Sprechversuche haben ein äußerst günstiges Resultat ergeben. Aber nicht nur der europäische Verkehr erscheint hiedurch gesichert, sondern auch der Verkehr von Wien nach Amerika, sobald die direkte Linie Wien—London dem Betriebe übergeben sein wird.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Turbotriebdynamo für Frisch- und Speicherdampf und Speicheranlage im Bahnkraftwerk Mitteisteine (Schlesien). Den großen plötzlichen Schwankungen der Maschinenleistung im Bahnbetrieb kann von den Kesseln unmittelbar nur unter Verwendung von unter Feuer gehaltenen Reservekesseln und auch da nur bei sehr starker Senkung des Kesseldruckes Rechnung getragen werden. Ferner wird mit Rücksicht auf die kleine Periodenzahl der Bahngeneratoren die mit dem Generator unmittelbar gekuppelte Turbine sehr groß und daher teuer, sie ist aber auch wegen der kleinen Umlaufzahl unwirtschaftlicher als eine raschlaufende. Aus diesen beiden Gründen wurde, wie Prof. Dr. E. A. Kraft in den „AEG-Mitteilungen", Heft 7, 1926, berichtet, eine Dampfspeicheranlage aufgestellt und die raschlaufende Turbine (8000 kW Normal- und 12 000 kW Höchstleistung bei 3000 U/min) mit dem mit 1000 U/min laufenden Generator durch ein Zahnradvorgelege verbunden. Die von der AEG gebaute Kondensations-Turbine (den Generator lieferten die SSW) hat zwei gesonderte Dampfzuleitungen mit vollständig von einander getrennten Einströmkasten für Frischdampf (15 atü und 325°) und Speicherdampf. Den letzteren liefert eine aus zwei Ruthsspeichern von zusammen 360 m³ Inhalt und 15·5 atü Speicherdruck bestehende Anlage, die bis 38 000 kg Dampf/h von 5 atü abgeben kann. Normal arbeitet die Turbine mit Frisch- und Speicherdampf gleichzeitig. Die angegebene Menge benötigt sie neben 22 500 kg Frischdampf zur Abgabe der Normalleistung von 8000 kW (bei höherem Speicherdruck und gleicher Speicherdampfmenge ist natürlich die Frischdampfmenge entsprechend kleiner). Der Läufer der Turbine besteht aus einem zweikränzigen Geschwindigkeitsgrad und fünf einkränzigen Gleichdruckrädern. Das Abdampfgehäuse ist, um die Verluste in der Überströmleitung zum Kondensator gering zu halten und hohe Luftleere gut ausnützen zu können, als Diffusor mit getrennter Dampfführung aus dem oberen und dem unteren Gehäuseteil ausgebildet. Die beiden Einströmkasten haben je 5 Düsensegmente und je 5 Gruppenventile. Die Regelung muß den drei Betriebszuständen (reiner Frischdampf-, reiner Speicher- und gemischter Betrieb) Rechnung tragen. Bei reinem Frischdampfbetrieb (bei kleiner und mittlerer Leistung) arbeiten nur die Ventile der einen Gruppe in der üblichen Weise. Etwa von den Kessel gelieferter Überschußdampf stömt in die Speicher. Bei steigender Belastung wird vom Regler dem Speicherdampf der Weg zur Turbine freigegeben, wenn der Kesseldruck sinkt, wobei aber gleichzeitig die Frischdampfsteuerung geschlossen wird. Ist der Speicherdampfdruck kleiner als der Höchstdruck vor der ersten Stufe, so wird die Speicherdampfzufuhr geschlossen, damit nicht Dampf aus der Turbine in den Speicher zurückströmen kann. Damit ferner bei gemischtem Betrieb durch Sinken des Speicherdruckes bei Dauerentladung nicht auch ein Sinken der Leistung eintritt, wird durch einen besonderen Regler der Füllungsgrad der Speicherdampfeinlaßorgane dem Speicherdruck entsprechend eingestellt. Es könnten sonst bei Parallelbetrieb mit nicht für Speicherbetrieb eingerichteten Maschinen diese beim Sinken der Leistung der Speicherturbine höher belastet werden, die Kesselanlage würde auch höher beansprucht werden und der Kesseldruck würde weiter sinken, statt durch den Speicher unverändert gehalten zu werden. Bei reinem Speicherbetrieb arbeitet die andere Ventil- und Düsengruppe allein ebenfalls in der allgemein üblichen Weise. Bemerkenswert ist auch das von der AEG gelieferte Zahnradvorgelege, das bei der Höchstleistung mit einem einzigen Ritzel etwa 16 000 PS übertragen muß. Das Ritzel und die beiden auf den Gußeisenkörper aufgeschrumpften Zahnkränze des großen Rades, das selbst auf seine Welle aufgeschrumpft ist, bestehen aus hochwertigem Sonderstahl. Die Verzahnung ist nach dem Abwälzverfahren hergestellt. Die Zähnezahlen sind 39 und 117, die Zahnneigung 45°, die Zahnnormalteilung 8 π, die Teilkreisdurchmesser 441·2 und 1323·7 mm, die Umfangsgeschwindigkeit im Teilkreis 69·4 m/sec., die Gesamtverzahnungsbreite 2450 mm. Mit Rücksicht auf diese großen Abmessungen wurde

Digitized by Google

für die Verzahnung und die Vorgelegelager eine eigene Ölpumpe vorgesehen. Vorgelege und Turbine sind durch eine Doppelverzahnungskupplung von 600 mm Durchmesser und 1000 mm Länge verbunden, damit das Ritzel sich etwas axial verschieben kann. Die Kupplung zwischen Vorgelege und Generator ist starr. Die Anlage ist bereits seit einigen Monaten in Betrieb und hat ohne Anstände bei den großen Belastungsschwankungen und dem selbsttätigen Umschalten auf Speicher- und Frischdampf gearbeitet.

Genauere Angaben über die Speicheranlage selbst und den Betrieb enthält ein Aufsatz von F. Burghardt und W. Usbeck über Wärmespeicher in Bahn-Kraftwerken (Elektr. Bahnen, H. 8 v. 1926). Die Dampfversorgung geschieht durch 10 Kessel von je 450 m² Heizfläche für 16 atü, die mit Pluto-Stokern ausgerüstet sind. An Kraftmaschinen sind außer der beschriebenen noch zwei ältere 4000 kW Zoellyturbinen vorhanden, die unter Benutzung der Überlastungseinrichtung für Speicherbetrieb umgebaut wurden und aus Speicherdampf allein je 2000 kW erzeugen können. Die Kapazität der Speicheranlage in kWh ist etwa 3000. Diese Leistung ermöglicht nur den Ausgleich der Belastungen während mehrerer Stunden, nicht aber der gesamten Tagesschwankungen. Hiezu wäre eine Speicherkapazität von etwa 11 000 kWh erforderlich gewesen und eine so große Speicheranlage wäre unwirtschaftlich, da sie gegenüber dem teilweisen Ausgleich kaum Wärmeersparnisse bei viel höheren Anlagekosten gebracht hätte. Es muß bei dem kleineren Speicher die Zahl der im Betrieb stehenden, dauernd gleichmäßig belasteten Kessel während eines Tages mehrmals verändert werden. Bei Speicherbetrieb werden 7 der Kessel von 3 Mann bedient und es wird möglich sein, auf 2 herunterzugehen. Als wesentlich wird noch die Bedeutung des Wasserinhaltes der Kessel für den Ausgleich von Belastungsschwankungen hervorgehoben, weil der Speicher erst bei Druckabfall also nach einer gewissen, wenn auch kurzen Zeit eingreifen kann und inzwischen die Kessel selbst die Stöße aufnehmen müssen. Als Hauptvorteil der Speicher für Bahnkraftwerke wird die Erhöhung der Betriebssicherheit angegeben, die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit tritt dagegen zurück. Für die Wahl eines Ruthsspeichers war die dadurch mögliche hohe Spitzendeckung und große Elastizität des Betriebes maßgebend, die bei einem Gleichdruckspeicher nicht erreichbar sind. J.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Zwei 60 000 kVA Transformatorgruppen mit Spannungsregulierung für die Philadelphia Electric Company. Arthur Palme und H. O. Stephens von der General Electric Company berichten über diese in der Schuylkill Station in der Verbindungsleitung zur Chester Station eingebauten Transformatorgruppen von je drei einphasigen Kerntransformatoren mit Selbstkühlung, gegenwärtig die größten dieser Art, für 20 000 kVA, 60 Per/s, 72 450 V in Stern hochspannungsseitig auf 13 800 V in Dreieck niederspannungsseitig, deren Übersetzungsverhältnis der Belastung entsprechend geändert werden muß. Vor den Nullpunkt der Hochspannungsseite jeder Gruppe ist ein dreiphasiger Reguliertransformator angeordnet. Die Haupttransformatoren haben die gewöhnliche Ausführung mit zweischenkeligem Eisenkern und konzentrischer Wicklung, die Hochspannungswicklung besitzt vier Anzapfungen mit etwa 2·5 vH der vollen Spannung zur Einstellung durch den Deckel, jedoch nicht zum Wechsel der Anzapfung bei Belastung geeignet. Sie können daher den Reguliertransformator im Notfalle ersetzen, indem der Wechsel der Anzapfung bei abgeschalteter Gruppe erfolgt. Die Schaltung einer Phase des dreiphasigen Reguliertransformators, eines Autotransformators, die an die Enden der Wicklung des Haupttransformators gelegt ist und mit Anzapfungen zur Speisung der Niederspannungswicklung eines dreiphasigen Serientransformators versehen ist, zeigt Abb. 1. Die Sekundärwicklung des Serientransformators liegt auf der Seite des Nullpunktes. Jede der neun Anzapfungen der Autotransformatorwicklung ist zu zwei neunstufigen Kontaktvorrichtungen *RA* geführt, deren

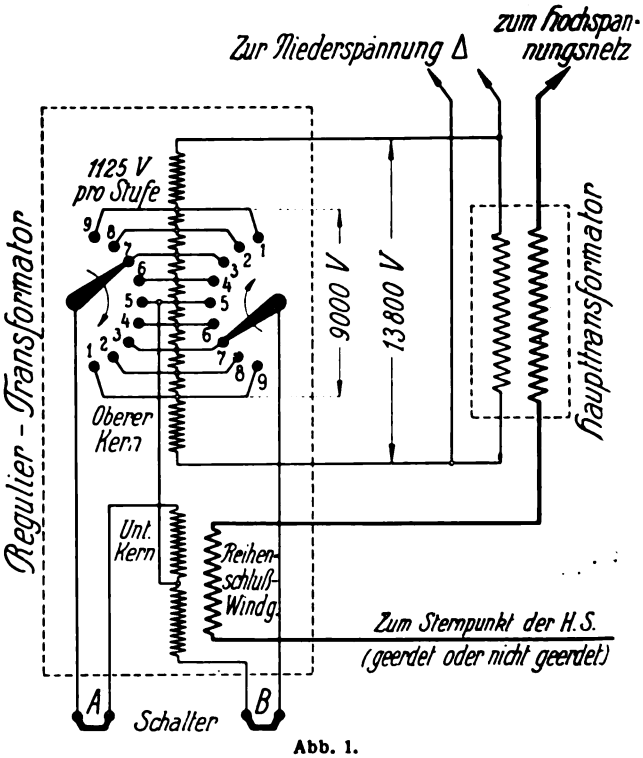


Abb. 1.

Kontaktarme zur Erregerwicklung des Serientransformators geführt sind. Die Wicklungsmitten von

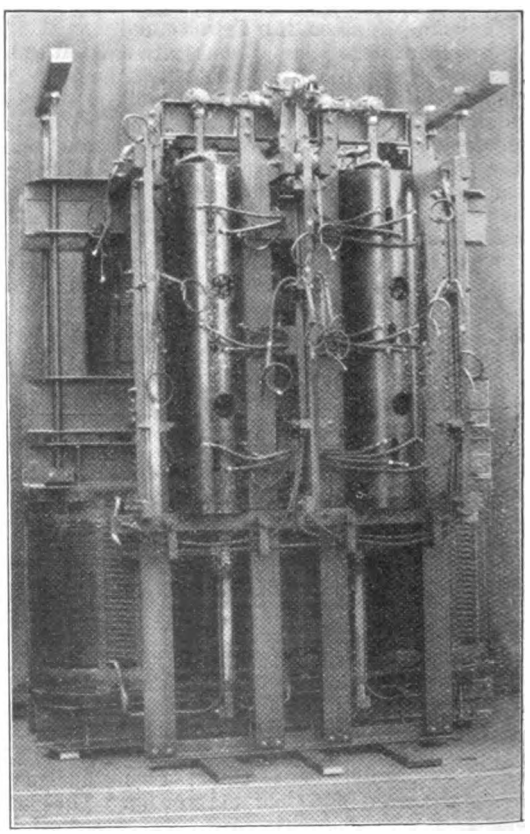


Abb. 2.

Autotransformator und Serientransformator sind verbunden. Wenn die beiden Kontaktarme auf Kontakt 5

Digitized by Google

stehen erhält der Serientransformator keine Spannung zugeführt und die Haupttransformatoren geben ihre normale Spannung. Bewegen sich die Kontaktarme einen Schritt in der Pfeilrichtung und kommen dadurch auf Kontakt 4, so wird vom Serientransformator in die Sekundärwicklung eine Gegenspannung induziert. So sind 4 Stufen ab- und aufwärts möglich. Kontaktvorrichtungen sind zwei pro Phase demnach im ganzen sechs vorhanden. Der Schaltvorgang geht wie folgt vor sich: Schalter *A* wird geöffnet, der zugehörige Kontaktarm um eine Stufe verstellt, Schalter *A* wird geschlossen, Schalter *B* geöffnet, der zugehörige Kontaktarm um eine Stufe verstellt, Schalter *B* geschlossen. Da nur ein Schalter jeder Phase auf einmal verstellt werden kann, so muß der Vorgang von je drei Kontaktarmen auf einmal durchgeführt werden. Es muß daher ein in zwei Absätzen arbeitendes Getriebe vorgesehen sein. Der Reguliertransformator ist selbstkühlend und gibt eine Spannungsregelung auf- oder abwärts um 5 vH in den 69 000 V Kreis. Dabei kann jede beliebige der 4 Anzapfungen der Haupttransformatoren eingeschaltet sein. Der Regulierantrieb besitzt einen 1 PS Motor, der mit Zahnradübersetzung durch eine vertikalen öldicht in den Kessel geführten Welle das Reguliergetriebe betätigt. Von der Schalttafel aus kann mittels zweier Druckknöpfe der Motor nach jeder Richtung in Gang gesetzt werden. Nach einer Umdrehung der vertikalen Welle entsprechend vollständiger Weiterschaltung um eine Anzapfung wird der Motor abgestellt und ist für die nächste Schaltung bereit. Eine Schaltung dauert 15 Sekunden. Ein Fernzeiger macht an der Schalttafel die jeweilige Stellung des Schaltmechanismus und dessen Weiterschreiten während des Schaltvorganges ersichtlich. Zahlreiche elektrische und mechanische Sicherungseinrichtungen sind vorgesehen, um bei der Regulierung einer Leistung von 60 000 kVA jedes Versagen auszuschließen. Eine elektromagnetische Sperre verhindert durch Auskupplung des Motors, eine Bewegung des Kontaktarmes, wenn der zugehörige Schalter nicht geöffnet hat. Damit nicht beide Schalter gleichzeitig öffnen können, wodurch der Transformator die ganze Regelung verlieren würde, sind ihre Hilfsschalter für den Antrieb gegenseitig gesperrt. Außerdem ist eine mechanische Sperre vorgesehen. Ein Endausschalter verhindert Überschreiten der letzten Schaltstufe. Wenn der Motor stromlos wird, so wird er durch eine elektromagnetische Bremse augenblicklich zum Stillstand gebracht. Für Motor- und Schalterantrieb sind zwei unabhängige Gleichstromquellen, eine als Reserve, vorhanden. Versagt der Motorantrieb, so kann Bedienung von Hand erfolgen, auch in diesem Falle wirken die Sicherungen gegen Verstellen des Kontaktarmes bei geschlossenem Schalter oder Überschreiten der Endstellung. Wenn die Welle nach einer teilweisen Umdrehung, also unvollendeter Schaltung stehen bleibt, ist dies nicht nur durch den Fernzeiger ersichtlich, sondern wird auch durch ein Signal angezeigt, jedoch nur, wenn dieser Zustand länger als 15 Sekunden andauert, denn während der Schaltung befindet sich die Welle stets in Zwischenstellungen. Der Reguliertransformator bildet mit den beiden Kontaktvorrichtungen und den beiden dreipoligen Schaltern eine fahrbare Einheit, die an den Haupttransformatorgruppen herangeführt und angeschaltet wird. Gn.

(General Electric Review, Ed. 17, Heft 9, Sept. 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die Entstehung von Lichtbögen bei Gleichstrombahnen. In einem Referat über dieses Thema legt Gratzmüller Gründe für die oft sehr starken und verheerenden Überschläge mit Lichtbogen dar, die bekanntlich eine der schwierigsten Fragen der Gleichstromtraktion darstellen. Jeglicher Stromübergang zwischen zwei sich berührenden Körpern geht unter Benützung einer, wenn auch oft sehr dünnen Haut von ionisierter Luft vor sich, da 2 Körper sich nur in 3 Punkten berühren können. (Dies gilt streng im allgemeinen nur unter Vernachlässigung des Anpreßdruckes an den Kontaktstellen. Anm. d. Ber.) Es wird daher bei jedem Stromübergang auch ohne Schaltung ionisierte Luft erzeugt. Bei Schaltern hängt der Lichtbogen nicht nur von der Spannung zwischen den Unterbrechungspunkten, von ihrer Entfernung, von der Schaltgeschwindigkeit, vom magnetischen Blasfeld und von der Größe des Stromdurchganges durch die Kontakte ab, sondern auf ihn ist in hohem Maße der Ionisationszustand der Umgebung von Einfluß. Die Ionisation richtet sich wieder nach der Anzahl der vorhergegangenen Schaltungen, nach der Dauer des Stromdurchganges durch die Kontakte und nach der Lufterneuerung (insbesonders bei einem geschlossenen Raum), so daß man ein richtiges Bild über einen Schalter am Prüfstand nur dann gewinnen könnte, wenn man eine so große Anzahl von Schaltungen ausführen würde, wie sie im Betriebe zwischen zwei Revisionen liegen. Für die Spannung zwischen den Kontakten in jedem Augenblick ist nicht nur die Klemmenspannung des abzuschaltenden Stromkreises maßgebend; diese kann nämlich durch Selbstinduktionsspannungen bei raschem Abschalten wesentlich vergrößert werden. Hingegen können EMKe von Maschinen im Stromkreis die Abschaltbedingungen wieder verbessern. Die großen Selbstinduktionsspannungen bei raschem Abschalten sind auch der Grund, warum die Westinghouse Company sich von allem Anfang gegen den Einbau der bekannten Schnellschalter auf Fahrzeugen gewehrt hat, und heute bemüht man sich allgemein, die Unzukömmlichkeiten durch das zu rasche Abschalten der Schnellschalter dadurch zu vermeiden, daß der Schalter keine Stromunterbrechung, sondern bloß eine Widerstandseinschaltung vornimmt. (Auf jeden Fall muß die Verwendung von Schnellschaltern auf Lokomotiven, insbesondere für die Motoren mit ihrer Selbstinduktion, als gefährlich angesehen werden, Anm. d Ber.) Die Abschaltung von beträchtlichen Strömen ist bei Gleichstrom überhaupt schwierig und erfolgt praktisch im allgemeinen entweder unter Serienschaltung mehrerer Unterbrechungsstellen oder abgestuft durch Widerstände.

Bei elektrischen Maschinen mit Kollektor, wie sie bei der Gleichstromtraktion benötigt werden, ist hauptsächlich das Kollektorrundfeuer als ebenso bekannte wie gefürchtete Überschlagserscheinung zu nennen. Infolge eines solchen Rundfeuers können bekanntlich auf Entfernungen schwere Überschläge auftreten, die bei den verwendeten Spannungen unmöglich scheinen. Die Ursache für die Erscheinung liegt in den Verhältnissen am Kollektor. Beim Stromübergang an den Bürsten bildet sich immer etwas ionisierte Luft auf der Kollektoroberfläche, die bei der Drehung mitgenommen wird. Hiedurch können Überschläge zwischen zwei benachbarten Kollektorlamellen entstehen, wenn eine genügend ionisierte Schicht bei Lamellen vorhanden ist, die eine zum Überschlag dann ausreichende Spannung gegeneinander haben. Der Lichtbogen bleibt leicht stehen und erzeugt weitere Verseuchung. Starke Ionisation tritt dann auf, wenn unter den Bürsten Ausgleichströme von beachtenswerter Größe entstehen (bei schlechter Kommutierung) sowie bei starker Überlastung der Bürsten, also bei Überströmen. Die beiden Gründe können auch leicht zugleich entstehen, insbesonders, wenn das zu stark gesättigte Wendepolfeld bei Überlast nicht genügend zunimmt. Sind die Voraussetzungen vorhanden, so wird ein Überschlag zwischen zwei Lamellen dort zuerst eintreten, wo die (bekanntlich von Bürste zu Polmitte zunehmende) Lamellenspannung einen bestimmten Wert erreicht und es kann dann die der Drehung folgende Ionisationsschicht mit der Zeit eine aufeinanderfolgende Kette von kleinen Lichtbögen bilden, die sich schließlich zu einem großen Lichtbogen von Bürste zu Bürste und endlich rund um den Kollektor vereinigen. Meist reißt dieser aus elektrodynamischen Gründen bald ab, wenn auch noch oft genug, insbesonders bei zu kleinen Schutzabständen, der Lichtbogen stehen bleibt. Zur Vermeidung dieser Erscheinung ist es vor allem notwendig

Digitized by Google

die Entstehung von zusätzlichen Strömen unter den Bürsten zu verhindern, aber auch die Überschlagsmöglichkeit zwischen zwei Kollektorlamellen auszuschalten. Das erstere läßt sich streng nicht vollkommen erreichen, doch kann durch richtige Einstellung des Kommutierungsfeldes der Wendepole, an sich kleine Reaktanzspannung, geringe Größe der Zahnharmonischen (große Nutenzahl pro Pol) die Spannung zwischen zwei kommutierenden Lamellen auf ein zulässiges Minimum herabgesetzt werden. Hiefür ist auch ein großer Luftspalt günstig und als Folge davon eine (auch wegen der Feldverzerrung gewünschte) Vergrößerung des Verhältnisses von Feld- zu Anker-AW. Zur Vermeidung des Überschlages zwischen zwei Lamellen ist es vorteilhaft, einerseits die Lamellenspannung nicht zu groß zu wählen und andererseits die Glimmerisolation zwischen zwei Lamellen von genügender Dicke vorzusehen (bis 1·5 mm Stärke). Ferner sind Isolationszwischenwände zwischen den Bürsten von Vorteil gegen Rundfeuer. Endlich läßt es sich vorstellen, daß durch einen Schalter mit höchster Schaltgeschwindigkeit (Schnellschalter) die Überlast früher abgeschaltet wäre, bevor noch die Ausbreitung des Lichtbogens von Lamelle zu Lamelle über eine Polteilung vollzogen wäre.

Bei Anwendung dieser Theorie auf die Bahnmotoren ist festzustellen, daß die Kommutierungsbedingungen für diese infolge des konstanten Verhältnisses zwischen Feld- und Ankeramperewindungen (Serienmotoren) im allgemeinen günstig sind. Dieser Vorteil kann bei Shuntung der Felder, die tatsächlich, wenn sie zu weit getrieben, leicht Überschläge hervorruft, vermindert werden, wie auch die Nutzbremsung mit ihrer Fremderregung ungünstig wirkt. Die bei Bahnmotoren wegen des Reversierens leicht eintretenden Bürstenvibrationen können auch die Kommutierung verschlechtern. Interessant ist, daß bei den älteren Bahnmotoren ohne Wendepole trotz starken Funkens verhältnismäßig selten Rundfeuer auftrat. Der Grund liegt darin, daß infolge der Verdrehung der Feldachse durch die Ankerrückwirkung die bei den Bürsten erzeugte ionisierte Schicht im Verlaufe der Drehung zuerst an Stellen kam, wo keine Spannung zwischen zwei benachbarten Lamellen vorhanden war, und sich verflüchtigen konnte, bevor sie Schaden anrichtete. Dahingegen hatten Wendepolmotoren anfänglich sehr unter Rundfeuer zu leiden, bis man den Zwischenraum zwischen Haupt- und Wendepol vergrößerte und die Kommutierung auch bei Überlastungen durch richtige Wahl der magnetischen Sättigung und des Wendepolluftspaltes korrekt machte.

Bei Einankerumformern heben sich bekanntlich die Ankerfelder von Gleich- und Wechselstrom fast vollkommen gegeneinander auf, doch bleibt ein stark flackerndes Restfeld übrig, so daß, um zusätzliche Ströme unter den Bürsten zu vermeiden, Wendepole unverläßlich sind. Die äußerst rasche Abschaltung des Stromes bei Überlastungen und Kurzschlüssen innerhalb von rund einer Hundertstel Sekunde erscheint notwendig; doch ist es bei Umformern möglich, daß nach Abschaltung des Gleichstromes noch zusätzliche Ströme unter den Bürsten entstehen können. Denn der plötzliche Belastungsübergang kann zu vorübergehender Aufhebung des Stromgleichgewichtes im Anker führen.

B. G.

(Bulletin de la Société Française de Electriciens Bd. VI. Nr. 61, 1926.)

Elektrischer Schiffsantrieb[1]). W. V. Vivian (AEG, Berlin) erinnert einleitend an den Diesel-elektrischen Antrieb der Unterseeboote. Der unerträgliche Lärm, die Schwierigkeit der Fortschaffung der Auspuffgase und der Mitführung größerer Mengen komprimierter Luft oder Sauerstoffes verursachte die Verwendung von Sammlerbatterien, von denen die Motoren während der Unterwasserfahrt gespeist wurden und die bei Fahrt an der Oberfläche von einem Dieselsatz geladen wurden. Für die Auslegung desselben war dies von Vorteil, da Belastungsstöße nur von der Batterie aufzunehmen waren. Nachteilig war die Anreicherung der eingeschlossenen Luft mit Wasserstoff und SO_2, herrührend vom Arbeiten des Sammlers. Die Drehzahlregelung erfolgte durch Serien- und Parallelschaltung von Batterieteilen, sowie der Motoren und durch Feldänderung. Der Dieselmotor konnte ferner einer eigenen Anlaßvorrichtung entbehren, da er vom Generator und Sammler aus angeworfen wurde. Die vollkommen geschlossenen Antriebsmotoren waren wegen länger dauernder Fahrten bei geringer Geschwindigkeit fremd belüftet, was auch die Bauart der Lüfter nur für eine Drehrichtung begünstigte.

Abgesehen von kleinen Änderungen durch Seegang und Stellung des Steuerruders, kann bekanntlich das Propellerdrehmoment dem Quadrat und der Leistungsbedarf der dritten Potenz der Geschwindigkeit verhältnisgleich gesetzt werden. Wegen des mangelnden Durchziehens des Propellers ist das Anfahrdrehmoment meist geringer als das normale. Dagegen ist Überlast beim Befahren von Kurven kleinen Radius zu erwarten und zwar sind die Motoren der innen liegenden Schrauben stark überlastet, die der außen liegenden aber entlastet. Desgleichen wurde an dem 3500 t-Passagierschiff „Cuba", ausgerüstet mit Synchronmotoren einer Gesamtleistung von 3000 HP, festgestellt, daß eine 100-prozentige Überlastung zum Stillsetzen nötig war. Hiebei waren die Schiffsschrauben nach 2·5 Sekunden in Ruhe, nach 7·5 Sekunden auf volle Drehzahl für den Rückwärtsgang gebracht und das Schiff nach 140 Sekunden im Stillstand.

Bezüglich der Stromart verdient Gleichstrom wegen der Einfachheit der Drehzahländerung und Umkehrbarkeit der Motoren den Vorzug. Alle Regulier- und Anlaßvorgänge erfolgen verlustlos durch Änderung im Feld der Erregergeneratoren der einzelnen Maschinen. Größere Leistungen mit der hiebei wirtschaftlichen höheren Spannung und Drehzahl erfordern wegen der Schwierigkeit der Kommutierungsbeherrschung — bis 1800 V läßt sich diese bei niederer Drehzahl einwandfrei durchführen — die Anwendung von Drehstrom von 2000 bis 5000 V. Hiebei fallen jedoch die Antriebsmotoren wegen der hohen Polzahl schwer und teuer aus und arbeiten, sofern es sich um Induktionsmotoren handelt, mit schlechtem Leistungsfaktor. Außerdem sind im Falle eines Phasenrotors stark dimensionierte Anlaßwiderstände nötig, wenn man nicht vorzieht, einen Doppelkäfig-Rotor zu verwenden. Drehzahlregelung erfolgt zumeist durch Polumschaltung im Motor, unterstützt durch Frequenzänderung. Letztere findet auch bei Verwendung von Synchronmotoren sinngemäße Anwendung im Anlaßvorgang, indem die Drehzahl des Generatorsatzes auf ein Drittel der vollen verlangsamt wird, bei welcher man dann den Motor mit Hilfe seiner Dämpferwicklung asynchron anlaufen läßt.

St. Schw.

(The Electrician, Bd. 97, Nr. 2526, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 308; 1922, S. 105; 1923, S. 754; 1924, S. 86.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Die Theorie der Absorption in festen Isolierstoffen entwickelt zum Zwecke der technischen Kennzeichnung dieser Stoffe Vladimir Karapetoff, indem er von der Anschauung ausgeht, daß in jedem unvollkommenen Dielektrikum drei Arten von Fasern die Verbindung zwischen den Kondensatorbelegungen herstellen: 1. vollkommen dielektrische; 2. solche die ausschließlich Leitungswege von hohem Ohmschen Widerstand darstellen und 3. viskos dielektrische, die in verschieden Viskositätsgraden vorhanden sein können. Die mechanische Analogie eines Dielektrikums mit nur einem Viskositätsgrade zeigt Abb. 3. Gewichte G_1, G_2 entsprechen der aufgedrückten Spannungsdifferenz an den Kondensatorplatten AB und CD; die Federn S_1, S_2 entsprechen den vollkommen dielektrischen, die in AB mit Reibung verschiebbaren Stäbe K_1, K_2 den leitenden und die Feder c mit der in einer viskosen Flüssigkeit sich bewegenden Platte q den viskos dielektrischen Bestandteilen. Ist E die aufgedrückte Spannungsdifferenz und a

Digitized by Google

die Plattendicke, so ist das Spannungsgefälle $G = E/a$; ferner ist, wenn die Ladung gleich Q und die Kondensatorfläche gleich A ist, die dielektrische Verschiebung $D = Q/A$, und die Stromdichte $u = dD/dt$. Im Augenblicke $t = 0$ der Anlegung einer Gleichspannung E ist die Stromdichte Null, steigt dann rasch bis zu einem Maximum an und nimmt hierauf wieder annähernd nach einer Exponentialkurve bis auf den reinen Leitungsstrom ab. Die dielektrische Verschiebung hat im Anfange den Wert D_0 und steigt ebenfalls annähernd nach einer Exponentialkurve bis zu einem Grenzwerte $D_f = (1 + k) D_0$, (k = „Absorptionskoeffizient") an. Ist $\varkappa_0$ die ursprüngliche Dielektrizitätskonstante, so ist $D_0 = \varkappa_0 G$; wird ferner durch $\varphi(t)$ das zeitliche Änderungsgesetz der Verschiebung bezeichnet, wobei $\varphi(0) = 1$ und $\varphi(\infty) = 0$ anzunehmen ist, so wird die Verschiebung zur Zeit t nach Anlegen der Spannung

$$D = D_f - k \varkappa_0 G . \varphi(t) = \varkappa_0 G[(1 + k) - k \varphi(t)] \quad (1)$$

$$u = - \varkappa_0 k . G . d\varphi/dt \quad . . . . . (2),$$

Setzt man ferner $D_f = \varkappa_f G$, so ist

$$k = (\varkappa_f - \varkappa_0)/\varkappa_0 = \Delta(\varkappa)/\varkappa_0 \quad . . . . . (3).$$

$\Delta(\varkappa)$ ist der scheinbare Zuwachs der Dielektrizitätskonstanten infolge der Absorption. Bei Änderungen des Spannungsgefälles G wird die lineare Superposition der

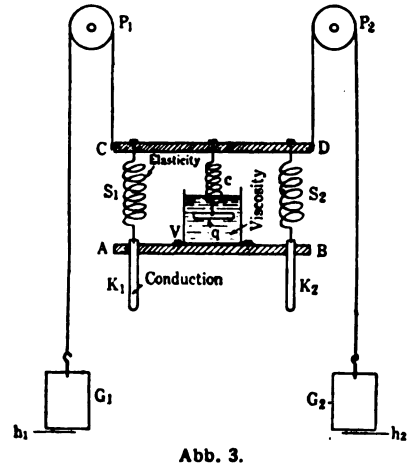


Abb. 3.

Vorgänge angenommen; wird nach der Zeit τ das ursprüngliche Spannungsgefälle G_1 auf $G_1 + G_2$ erhöht, so tritt zu D_1 im Zeitpunkte τ die Verschiebung $D_{20} = \varkappa_0 G_2$ hinzu, die wieder nach dem Gesetze unter (1) zunimmt, wobei nur an Stelle von $\varphi(t)$ die Funktion $\varphi(t - \tau)$ tritt, ohne daß die nach ihrem anfänglichen Gesetze fortschreitende Änderung von D_1 beeinflußt würde. Die schließliche Verschiebung ist daher $D_{1f} + D_{2f}$. Ändert sich G von Null ansteigend stetig, so ist die Gesamtverschiebung zur Zeit t:

$$D = \varkappa_0 (1 + k) G_t - \Delta \varkappa \int_{t_0}^{t} (dG_\tau/d\tau) . \varphi(t - \tau) d\tau \quad (4).$$

Zerlegt man das Integral durch partielle Integration und berücksichtigt

$$G_\tau \varphi(t - \tau) \Big|_{t_0}^{t} = G_t \varphi(0) - G_{t_0} \varphi(t - t_0) = G_t \quad . (5),$$

[$\varphi(0) = 1$ und $G_{t_0} = 0$], so erhält man:

$$D = \varkappa_0 G_t + \Delta \varkappa \int_{t_0}^{t} G . [d\varphi(t - \tau)/d\tau] . d\tau \quad . . (6)$$

$$u = \varkappa_0 (dG_t/dt) + \Delta \varkappa \int_{t_0}^{t} G [d^2 \varphi(t - \tau)/dt . d\tau] . d\tau +$$

$$+ \Delta \varkappa G_t [d\varphi(t - \tau)/d\tau]_{\tau = t} \quad . . . . . (7).$$

Kann $\varphi(t) = e^{-\alpha t}$ gesetzt werden, so stellt α den „Relaxationsfaktor" des betreffenden Dielektrikums dar. In der Regel genügt aber ein einziger Parameter nicht zur Kennzeichnung des Dielektrikums, man muß daher nach Wagner allgemeiner

$$\varphi(t) = \int_0^\infty F(\alpha) . e^{-\alpha t} d\alpha \quad . . . . . (8)$$

setzen, das heißt der Stoff ist als inhomogen und aus Partikeln von unendlich vielen Viskositätsgraden zusammengesetzt zu betrachten. Die Funktion $F(\alpha)$ wird als „Verteilungsfunktion" bezeichnet und muß die Bedingung $\int_0^\infty F(\alpha) d\alpha = 1$ erfüllen. Dann wird:

$$\varphi(t - \tau) = \int_0^\infty F(\alpha) . e^{-\alpha(t - \tau)} d\alpha \quad . . . . (9),$$

$$D = \varkappa_0 G_t + \Delta \varkappa \int_0^\infty \alpha F(\alpha) . e^{-\alpha t} \left(\int_{t_0}^{t} G_t e^{\alpha \tau} d\tau \right) d\alpha \quad (10),$$

$$u = \varkappa_0 d G_t/dt - \Delta \varkappa \int_{t_0}^{t} \int_0^\infty G_\tau \, F(\alpha) . e^{-\alpha(t - \tau)} d\alpha d\tau +$$

$$+ \Delta \varkappa G_t \int_0^\infty \alpha F(\alpha) d\alpha \quad . . . . . (11).$$

Für eine konstante Gleichspannung G geht Gl. (11) über, in

$$u = \Delta \varkappa G . \int_0^\infty \alpha F(\alpha) . e^{-\alpha t} d\alpha \quad . . . . (12).$$

Ist γ_f die Leitfähigkeit zur Zeit $t = \infty$, so ist $\gamma_t = u_t/G + \gamma_f$; daher $\gamma_0 = \Delta \varkappa \int_0^\infty \alpha F(\alpha) d\alpha + \gamma_f$ und

$$\int_0^\infty \alpha F(\alpha) d\alpha = (\gamma_0 - \gamma_f)/(\varkappa_f - \varkappa_0) \quad . . . . (13).$$

Das Integral ist also auf 4 Materialkonstanten zurückgeführt. Bei Wechselspannung erhält man $G_t = G_m . e^{j\omega t}$. Wird hier zur Ausschaltung der anfänglichen Ausgleichsvorgänge $t_0 = -\infty$ gesetzt, so ist:

$$D = G_m e^{j\omega t} \left[\varkappa_0 + \Delta \varkappa \int_0^\infty [\alpha^2 F(\alpha)/(\alpha^2 + \omega^2)] d\alpha - \right.$$

$$\left. - j\omega \Delta \varkappa \int_0^\infty [\alpha F(\alpha)/(\alpha^2 + \omega^2)] d\alpha \right] \quad . . . (14).$$

Betrachtet man eine Parallelschaltung aus einer vollkommenen Kapazität C mit einer Leitfähigkeit g, so ist

$$I = E . e^{j\omega t} (j\omega C + g); \quad Q = E . e^{j\omega t} (C - j g/\omega) \quad (15).$$

Wird die zweite Gleichung auf die Volumeinheit bezogen, so liefert sie in Verbindung mit (14):

$$u = G m . e^{j\omega t} (j\omega \varkappa_\omega - \gamma_\omega) \quad . . . . . (16)$$

worin

$$\varkappa_\omega = \varkappa_0 + \Delta \varkappa \int_0^\infty [\alpha^2 F(\alpha)/(\alpha^2 + \omega^2)] d\alpha;$$

$$\gamma_\omega = \Delta \varkappa \omega^2 \int_0^\infty [\alpha F(\alpha)/(\alpha^2 + \omega^2)] d\alpha \quad . . . (17).$$

Der Energieverlust pro Volumeinheit ist $G^2_{\text{eff}} . \gamma_\omega$; zieht man davon den Gleichstromverlust $G^2_{\text{eff}} \gamma_f$ ab, so erhält man $P_\omega = G^2_{\text{eff}} (\gamma_\omega - \gamma_f)$; eine Größe, die als Ordinate zu ω als Abszisse aufgetragen laut Gl. (17) einen gewissen Aufschluß über den Verlauf der Funktion $F(\alpha)$ liefert. Der Verlustwinkel ψ_ω wird durch $\operatorname{tg} \psi_\omega = \gamma_\omega/\omega \varkappa_\omega$, der Leistungsfaktor durch $\sin \psi_\omega$ bestimmt. Betreffs der Funktion $F(\alpha)$ kann man annehmen, daß sie für einen bestimmten Relaxationsfaktor α ein Maximum hat, bei kleineren α allmählig (tangential zur Abszissenachse) auf $F(0) = 0$ abnimmt und sich bei größeren α asymptotisch, der Nullinie nähert. Ein einfacher Ausdruck für $F(\alpha)$, der auch eine genügende Anzahl von Parametern zur Anpassung an verschiedene Dielektrika besitzt, ist:

Digitized by Google

$$F(\alpha) = H \cdot \alpha^{m-1} \cdot e^{-n\alpha};$$

$$d F(\alpha)/d\alpha = H \cdot \alpha^{m-2} \cdot e^{-n\alpha}(m - 1 - n\alpha) \quad . (18).$$

m und $n\alpha$ sind einfache Verhältniszahlen. Damit die Funktion den oben geschilderten Verlauf besitzt, muß $m \geq 2$ und $n > 0$ sein. Sie besitzt im Punkte $n\alpha = m - 1$ ein Maximum. Es ist ferner

$$\int_0^\infty F(\alpha)\, d\alpha = H \cdot \int_0^\infty \alpha^{m-1} e^{-n\alpha} d\alpha = H \cdot \Gamma(m)/n^m = 1$$

oder

$$H \cdot \Gamma(m) = n^m.$$

Ferner liefert Gl. (13):

$$H \cdot \int_0^\infty \alpha^m e^{-n\alpha} d\alpha = H \cdot \Gamma(m+1)/n^{m+1} =$$

$$= (\gamma_0 - \gamma_f)/(\varkappa_f - \varkappa_0) = \Delta\gamma/\Delta\varkappa$$

und mit $\Gamma(m+1) = m\,\Gamma(m)$:

$$m/n = \Delta\gamma/\Delta\varkappa \quad . . . . . (19).$$

Die Funktion $F(\alpha)$ nach Gleichung (18) unterscheidet sich von der bekannten Wahrscheinlichkeitsfunktion, die von Wagner gewählt wurde. Diese ist aber zur Kennzeichnung der praktisch vorkommenden Isolierstoffe gänzlich ungeeignet, da sie keine ausreichende Anzahl von Parametern besitzt. Es hätte daher eine Summe solcher Funktionen mit verschiedenen Parametern gebildet werden müssen. Dann ist aber der vom Verfasser geschilderte Weg vorzuziehen, da er nicht nur einfacher ist, sondern auch die sehr komplizierten Integrale vermeidet, auf die die Wahrscheinlichkeitsfunktion führt. Die Bestimmung der Funktion $F(\alpha)$ ist natürlich für verschiedene Temperaturen vorzunehmen. (Da sich nach den Untersuchungen von Poole, dann in letzter Zeit von H. Schiller und E. Mündel, worüber in dieser Zeitschrift 1926, Seite 537, berichtet wurde, die Leitfähigkeit und vielleicht auch die Dielektriziätskonstante bei hohen Spannungen ändern, wäre zur Kennzeichnung eines Isolierstoffes nicht nur die Änderung von $F(\alpha)$ mit der Temperatur, sondern auch die mit der Spannung zu ermitteln. Der Ber.)

R. H.

(Journ. of the A. I. E. E., Bd. 45, Heft 3, März 1926.)

Literaturberichte.

2214 **Lehrbuch der Vektorrechnung** nach den Bedürfnissen der technischen Mechanik und Elektrizitätslehre von Jean Spielrein, Dipl. Ing., Professor an der technischen Hochschule in Moskau. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage, 434 Seiten mit 62 Textabb. und einer Formelsammlung. Stuttgart 1926, Verlag von K. Wittwer. Preis Mk. 27·—.

Die neue Auflage des heute erfreulicherweise schon recht bekannten Spielreinschen Lehrbuches weist im Umfange zwar eine Vergrößerung auf, stimmt in der allgemeinen Anlage aber mit der früheren Auflage[1]) überein. Der Verfasser hat sich im wesentlichen darauf beschränken können, die anschauliche geometrische Bedeutung einer Reihe von Beziehungen schärfer zu betonen. Recht augenscheinlich werden die Vorteile dieser Erweiterungen im dritten Teil des Buches, der Affinorrechnung, dessen einführende Kapitel früher vielleicht etwas zu formal gehalten waren. Für den Elektrotechniker von besonderem Interesse sind die aus der Feder Emdes stammenden Bemerkungen über den Zusammenhang zwischen Vektoren und komplexen Zahlen[2]).

Der neuen Auflage dieser gleichwohl als Lehrbuch, wie Nachschlagewerk vorzüglichen Arbeit ist die weiteste Verbreitung zu wünschen. E. Groß.

[1]) Vgl. E. u. M. 1919, S. 134.

[2]) Vgl. a. Emde, Sinusrelief und Tangensrelief in der Elektrotechnik, S. 96 ff., Braunschweig 1924 (E. u. M. 1924, S. 424).

3345 **Theorie des Wechselstromes in Einzeldarstellungen.** Von Dipl. Ing. H. Loewe. Band II: Magnetische und elektrische Felder. Mit 42 Abb., 88 Seiten. Verlag Hachmeister & Thal in Leipzig, 1926. Preis geh. Mk. 3·80.

Der Verfasser hat sich in diesem zweiten Band[1]) zur Aufgabe gestellt, die wichtigsten Begriffe aus der Potentialtheorie, so weit sie für das Verständnis der Lehre vom Wechselstrom nötig sind, zu entwickeln und die Zusammenhänge zwischen ihnen klarzulegen; hiebei bedient er sich einer originellen Darstellungsweise, die außerordentlich viel zum Verständnis der Probleme beiträgt und dem didaktischen Zweck, den er mit diesem Buche verfolgt, vortrefflich dient.

Wie von den theoretischen Ergebnissen in besonderen Fällen Gebrauch zu machen ist, wird an zahlreichen Beispielen gezeigt, so die induktive Beeinflussung von Telephon- und Telegraphenleitungen durch Starkstrom-Wechselfelder, die induktiven Störungen im Bereich von Drehstromleitungen usw. Den Magnetisierungsverlusten durch Hysteresis und Wirbelströme und den Methoden ihrer Ermittlung und Verminderung ist in dem Buche ein lesenswerter Abschnitt gewidmet. Das elektrische Feld in Leitern und Isolatoren, die dielektrische Beanspruchung und Kapazität der praktisch wichtigsten Leiteranordnungen finden eine ebenso eingehende Besprechung wie die dielektrischen Verluste infolge der Ableitung, der dielektrischen Nachwirkung, sowie der zeitweisen Überbeanspruchung des Nulleiters bei starken Spannungserhöhungen durch Wanderwellen. — Das Buch kann von Studierenden und Praktikern mit gleichem Erfolge benützt werden.

Kusminsky.

[1]) Vgl. die Besprechung des 1. Bandes, E. u. M. 1926, S. 500.

3490 **Schaltungsaufgaben und Ergänzungszeichnen. Fachzeichenheft für Elektriker.** Bearbeitet von Friedrich Jeß, Ingenieur und Gewerbe-Oberlehrer in Cassel und Friedrich Köhne, Ingenieur und Gewerbe-Oberlehrer in Bielefeld. Creutz'sche Verlagsbuchhandlung in Magdeburg. 40 Blatt, geheftet.

Das Heft enthält auf 40 aus gutem Zeichenpapier hergestellten Blättern eine Sammlung von Schaltungsaufgaben, die, von Einfachem zu Schwierigerem aufsteigend, das ganze Gebiet des Installationswesens behandeln. Die Aufgaben werden nicht bloß textlich gestellt, sondern die Schaltskizze ist bereits im Vordrucke angefangen und von dem Lernenden zu ergänzen, wobei ein Quadratraster das Linienziehen erleichtert. An die Bestimmung der Polarität und des richtigen Wicklungssinnes von Magneten schließen sich Schaltungen von Elementen; von Klingel- und Telephonanlagen, Lichtinstallationen mit verschiedenen Schalteranordnungen, Motoren, Transformatoren, Licht- und Kraftanlagen für Gleich- und Drehstrom. Die Bezeichnungen der Klemmen und Leitungen entsprechen den VDE-Vorschriften, deren wichtigste auf der Innenseite des hinteren Umschlages zusammengestellt sind. (Auf Blatt Nr. 25 dürften im Wohnzimmer statt der beiden angedeuteten Serienschalter wohl Umschalter anzunehmen sein.) Der Gedanke, der dem Werke zugrundeliegt, ist jedenfalls sehr originell. Der Schüler wird zu selbständigem Erarbeiten des Stoffes angeregt, da er gezwungen ist, sich die Schaltpläne selber herzustellen, statt sie aus Vorlagen abzuzeichnen. Wenn das Heft auch nicht die alleinige Grundlage für den Unterricht bilden kann, so erscheint es doch als wertvoller Behelf besonders für jene Schulen, an denen wenig Zeit zu einer Durcharbeitung des einschlägigen Stoffes vorhanden ist. Haubner.

3470 **VDI-Taschenbücher.** Band 4. Flüssige Brennstoffe mit besonderem Bezug auf ihre Verwendung in Motoren. Von Ing. H. Jentzsch. 231 Seiten mit 75 Abb. und 40 Zahlentafeln, Preis geb. Mk. 4·50. — Band 5. Abwärmeverwertung zur Heizung und Krafterzeugung. Von Dr. Ing. Hans Balcke. 208 Sei-

Digitized by Google

ten mit 68 Abb. und 20 Zahlentafeln. Preis geb. Mk. 4·80. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1926.

Die Sammlung bringt bisher ausschließlich aus dem Gebiete der Wärmewirtschaft knappe Monographien, die als ganz ausgezeichnete Einführungen in die einzelnen Sondergebiete, aber auch als Nachschlagsbehelfe für den Praktiker anzusehen sind. Im Band 4 werden das Vorkommen, die Verarbeitung und Verwendung flüssiger Brennstoffe, die Unterbringung und Zuführung sowie die Entzündungs- und Verbrennungsvorgänge behandelt und Prüfungsregeln und Sicherheitsvorschriften angeführt. Besonders ausführlich sind aber die Verfahren zur Prüfung flüssiger Brennstoffe, auch bezüglich ihres Verhaltens im Motor, besprochen. Das Büchlein bildet eine äußerst wertvolle Zusammenstellung eines bisher in der Literatur über Verbrennungsmotoren meist vernachlässigten Gebietes. Band 5 behandelt Richtlinien zur Ausnutzung der Abwärmequellen, Ausführungen und Berechnungen von einzelnen zur Abwärmeverwertung dienenden Apparaten, die Wärmeaustauschvorrichtungen, wie Abdampf- und Abgasverwerter (auch die Maßnahmen zur Reinhaltung der Wärmeübergangsflächen, die zur Erreichung eines guten Wärmeaustausches besonders wichtig sind), die Wärmespeicher, auch Wasserspeicher für elektrischen Abfallstrom und die in diesem Fall noch in Betracht kommenden Speicher mit fester Füllung, die Wärmefernleitung und Maßnahmen für den Wärmeschutz.

J e l l i n e k.

3501 **Rechentafeln für den Hebezeugbau.** Von Dipl.-Ing. P. L e y b o l d. NBW-Verlag in Ulm a. D. und Geislingen-Stg. (Auslieferung für Österreich. Ing. L. S c h n e i d e r, Wien, IX., Pichlergasse 1. Preis S 12·—.

Von diesen R e c h e n t a f e l n (NBW) liegen s e c h s S t ü c k vor und z w e i d a z u g e h ö r i g e N e t z t a f e l n, die sich alle nur auf den Hebezeugbau beziehen. Die ersten zwei Tafeln bringen Nomogramme für die Berechnung von Wellen und Hohlwellen, die folgenden drei lassen die Zahnräderteilung auf drei Arten bestimmen: Aus dem Zahndruck, der Zahnbreite und einer aus der Umfangsgeschwindigkeit und dem Werkstoff vermittelst Netztafel erhältlichen Konstante c; aus dem Zahndruck und dem Verhältnis $c \cdot \psi$, das aus einer Netztafel zu entnehmen ist; aus dem Drehmoment, der Zähnezahl und dem Verhältnis $c \cdot \psi$. Die letzte Tafel ermöglicht die graphische Berechnung der Teilung des Schneckengetriebes aus Drehmoment, Gängigkeit und dem Verhältnis $c \cdot \psi$. Die Tafeln bestehen aus Karton im Normformat A_4 und haben noch zur Erleichterung der Ablesungen eine Ableseschiene aus Zelluloid mit Haarstrich und drei Schwenkpunkten beigelegt; alles das ist in einem Schutzkarton untergebracht. Für den Bürogebrauch geeignet, sollten diese Tafeln an den technischen Lehranstalten jeden Grades, zumindest in deren Fachbibliotheken vorhanden sein.

J. O n d r a c e k.

Eingelaufene Bücher.

3495 D e r S p r i t z g u ß u n d s e i n e A n w e n d u n g. Herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. 40 Seiten mit 25 Abb. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis Mk. 1·50.

Die Schrift gibt einen Einblick in das Wesen und die Herstellungsverfahren des Spritzgusses und geht auch auf die in Betracht kommenden Legierungen und deren Eigenschaften ein. Ferner werden Richtlinien für die Konstruktion von Spritzgußteilen gegeben und durch anschauliche Gegenüberstellungen von falschen und richtigen Ausführungen verdeutlicht. Schließlich wird hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Spritzgusses an einer Reihe von Beispielen gezeigt, wie nur ein genauer Vergleich aller bei der Herstellung entfallenden Kosten entscheidend ist für die Herstellung eines Teiles in Spritzguß oder auf anderem Wege. Die Schrift wird den Verbraucherkreisen, in der Elektrotechnik den Erzeugern von Installationsmaterial und Schwachstrom-Apparate-Bestandteilen gute Dienste leisten.

Briefe an die Schriftleitung.

Über den Erdschlußschutz von parallelen Leitungen. Von Dr. F. A h r b e r g, Berlin-Halensee, E. u. M. 1926, Heft 34, Seite 613 ff. und 1927, Heft 4, Seite 66.

Im Jahre 1909 wurde von E. Z a c h r i s s o n ein Patent in Schweden (Nr. 30594) auf ein Erdstromrelais angemeldet, welches mittels drei Stromwandler am Netz angeschlossen war. Unabhängig hiervon hatte L. C. N i c h o l s o n im Jahre 1908 in Amerika ein Patent (Nr. 959787) angemeldet, welches ein auf diesem Prinzip gebautes Erdstromrelais in Verbindung mit einem Erdstromrichtungsrelais für den Erdschlußschutz von zwei parallelen Leitungen ausnutzte. Das Erdstromrichtungrelais wurde in den Patentzeichnungen mit zwei Wicklungen dargestellt, von welchen die eine durch die drei Stromwandler in der Leitung und die andere durch einen Stromwandler in der Nullpunktsverbindung betätigt wurde.

Im Jahre 1911 verwendete T. H o l m g r e n als Leitungsschutz in Trollhättan ein solches Relais, welches als doppeltwirkendes Leistungsrelais mit der beweglichen Spule durch einen in der Nullpunktsverbindung eingesetzten Spannungswandler erregt ausgeführt wurde. Der Nullpunkt des Netzes war dabei durch einen ohmschen Widerstand geerdet, weshalb das Relais nur auf die ohmsche Komponente des Erdschlußstromes ansprach. Das nur für die kapazitiven Komponenten des Erdschlußstromes ansprechende Leistungsrelais wurde zuerst von S. N o r b e r g im Jahre 1921 angegeben und in Schweden durch Patent (Nr. 52778) geschützt. Daß man die vielseitige Verwendbarkeit eines solchen Relais früher übersah, beruht mit großer Wahrscheinlichkeit darauf, daß bei einer Leitung ohne geerdeten Nullpunkt der kapazitive Gesamtstrom an den Leitungsenden auch beim Erdschluß gleich Null ist. An übrigen Stellen der Leitung bezw. bei Verzweigungsstellen zwischen mehreren Leitungen weicht der Strom dagegen von Null ab. (Eine vollständige Beschreibung der Wirkungsweise findet sich in der T e k n i s k T i d s k r i f t, 3. Jänner 1925.)

Västeras, 10. Dezember 1926. ***Birger Nordfeldt.***

E r w i d e r u n g:

Die Ausführungen von Herrn N o r d f e l d t über die historische Entwicklung haben mich sehr interessiert. Danach dürfte allerdings die in Deutschland häufig verwendete Bezeichnung der Dissymmetrieschaltung als Holmgren-Schaltung nicht ganz berechtigt sein.

Der Aufsatz von N o r b e r g in der „Teknisk Tidskrift" behandelt die Wirkungsweise des Erdschlußschutzes im allgemeinen, wie es im wesentlichen von S c h l e i c h e r und G a a r z in der „Siemens-Zeitschrift" 1923, Heft 11, geschehen ist. Meine Arbeiten beschäftigen sich ausführlicher mit einem besonders wichtigen Spezialgebiet, dem Schutz von zwei parallelen, am Anfang und Ende durch eine Sammelschiene verbundene Leitungen.

Siemensstadt, 18. März 1927. ***Ahrberg.***

Vereins-Nachrichten.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

V o r s c h r i f t e n f ü r d a s R u n d f u n k w e s e n.

Über Beschluß des Regulativkomitees des Vereines gelangen als 22. Anhang der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen"

A) „V o r s c h r i f t e n f ü r V e r b i n d u n g s g e r ä t e, d i e d i e V e r w e n d u n g v o n S t a r k s t r o m l e i t u n g e n b i s 440 V N e n n s p a n n u n g a l s A n t e n n e o d e r E r d e e r m ö g l i c h e n" und

B) „V o r s c h r i f t e n f ü r G e r ä t e, d i e z u r E n t n a h m e v o n H e i z - o d e r A n o d e n s t r o m a u s S t a r k s t r o m n e t z e n b i s 400 V N e n n s p a n n u n g d i e n e n (N e t z a n s c h l u ß g e r ä t e)"

zur Herausgabe, welche ab 1. Mai d. J. in Kraft treten;

Digitized by Google

die Vorschriften sind in der Beilage „Die Radiotechnik"; Seite 45, abgedruckt.

Um die behördliche Anerkennung des 22. Anhanges wurde angesucht.

Im Auftrage der Vereinsleitung:

Der Sekretär:

Ing. A. Marx e. h.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 6. April d. J., um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, **45. ordentliche Generalversammlung.** (Einladung siehe Heft 12, Seite 244.)

Nachher Vortrag des Herrn Direktor Dr. Ing. H. Probst (Berlin). I. Teil: In memoriam Klingenberg. Der Einfluß Klingenbergs auf die Entwicklung der Hochspannungsschaltanlagen. II. Teil: Die elektrischen Schalteinrichtungen der städtischen Großkraftwerke in Frankreich, England, Amerika und Deutschland. (Im besonderen die großen Schaltanlagen der im Bau begriffenen Großkraftwerke Buenos Aires und in Rummelsburg bei Berlin.) (Mit Lichtbildern.)

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Vereinigung Křižik-Prager A. E. G. Nach einem Berichte des „Österr. Volkswirt", Beilage „Die Bilanzen", haben die Elektrotechnischen Werke Franz Křižik A. G. mit der erst jüngst konstituierten tschechoslowakischen A. E. G., Elektrizitäts-A.-G. einen weitgehenden Kooperationsvertrag abgeschlossen. Ein Teil der zum Konzern der Křižik A.-G. gehörenden Bergmannwerke in Bodenbach, und zwar die Fabrik zur Erzeugung elektrischer Maschinen, wird von der Křižik A.-G. abgetrennt und mit der Prager A. E. G. vereinigt. Das Kabelwerk der Bergmann-Gesellschaft bleibt weiterhin bei der Křižik A.-G. Der Betrieb der Bodenbacher Maschinenfabrik war für Křižik nicht mehr rationell, da der Produktionsplan identisch war mit dem ihres Prager Werkes. Eine Umstellung in der Form, daß in Bodenbach lediglich schwere elektrische Maschinen erzeugt werden, in Prag-Karolinenthal hingegen elektrische Apparate, stieß auf Schwierigkeiten, besonders auf solche technischer Natur. So hat man sich entschlossen, die Maschinenfabrik an die A. E. G. abzutreten, die dort die Erzeugung von elektrischen Maschinen, Motoren und Transformatoren auf Grund ihrer eigenen Patente vornehmen wird. Gleichzeitig erhält sie, die bisher in der Tschechoslowakei eine Verkaufsgesellschaft war, eine inländische Produktionsstätte. Zum Zwecke der Übernahme wird die Prager A. E. G. ihr gegenwärtig 5 Mill. čK betragendes Aktienkapital voraussichtlich auf 11 Mill. čK erhöhen. Als Kaufpreis erhält die Křižik A. G. 50 vH des erhöhten Aktienkapitals. Im zweiten Teile des Vertrages stellt die A. E. G. der Křižik A.-G. ihre sämtlichen Patente, welche die Erzeugung elektrischer Apparate betreffen zur Verfügung, so daß die Křižik A.-G. in ihrem Karolinenthaler Werke die Erzeugung technisch hochstehender elektrischer Apparate vornehmen kann. Gleichzeitig übernimmt die Prager A. E. G. den Vertrieb dieser Apparate, wodurch die Křižik A.-G. ihre Verkaufsorganisation auf ein Minimum zu reduzieren vermag bei gleichzeitiger Herabsetzung der Verkaufsspesen. Die sonstigen Konzernunternehmungen verbleiben bei der Křižik A.-G., und zwar die Kabelfabrik der Bergmannwerke und die Isolierrohrwerke. Ob die Chaudoir-Metallwaren-Werke A.-G. in Bodenbach im Konzern der Křižik A.-G. verbleiben werden, ist ungewiß.

Aus der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft und Industrie. (Nach den Berichten des Handelsamtes für November und Dezember 1926 sowie Jänner 1927.) Die Detroit Edison Co. beabsichtigt den Bau eines neuen Kraftwerkes mit acht 50 000 kW Einheiten. Die Virginia Electric & Power Co., wird im Jahre 1927 für Erweiterungen und Verbesserungen ihrer Anlagen 10 Mill. Doll. aufwenden. Die Stromerzeugungsgesellschaften, die Straßenbahnen, die Telephongesellschaften und die elektrotechnische Industrie der V. St. A. verfügen über Werksanlagen, Einrichtungen usw. im Werte von 20 Milliarden Doll. und investieren jährlich etwa 1·5 Milliarden Doll. Zwei 16 km voneinander entfernte Großkraftwerke der Commonwealth Edison Co. in Chicago sind durch zwei 66 kV Kabel für je 55 000 kW Leistung verbunden worden. Die Westinghouse Ges. hat für die Great Northern die erste Umformerlokomotive für 11 000 V vollendet. Die Lokomotive, die Züge von 200 Wagen ziehen soll, ist rund 31 m lang, wiegt 340 t und ist für Stromrückgewinnung eingerichtet. Die Einnahmen der Allis Chalmers Co. für das dritte Vierteljahr 1926 beliefen sich auf 7·8 Mill. Doll. (+ 500 000 Doll. gegen 1925). Am 1. Oktober 1926 waren Aufträge im Wert von 13·3 Mill. Doll. (+ 3 Mill. gegen 1925) vorhanden. Die Gesamterzeugung der V. St. A. an Glühlampen im Jahre 1926 war über 520 Mill. Stück. Von den gesamten 17 790 000 Telephonen der V. St. A. (zu Ende 1926) sind 46 vH in den Städten von 100 000 und mehr Einwohnern, wobei auf je 100 Einwohner 19·1 Telephone entfallen. 61 vH aller Telephone der Erde befinden sich in den V. St. A., 28 vH in Europa. Das kürzlich vollendete Telephonkabel von New-York nach Chicago ist mit einem Aufwand von 7 Mill. Doll. um 500 km bis St. Louis verlängert worden. Radioapparate sind im vergangenen Jahre in den V. St. A. um etwa 520 Mill. Doll. verkauft worden gegen 445 Mill. i. J. 1925 und 46·5 Mill. i. J. 1922. Die Gesamtzahl aller Empfangsapparate beläuft sich auf rund 5·2 Mill., davon 702 000 in New-York City. Die New-York Edison Co. hat infolge der Zunahme des Rundspruchwesens durch den Strombedarf für das Laden von Batterien und längere Verwendung von Licht am Abend eine jährliche Mehreinnahme von 1 Mill. Doll.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg	21. III. 1927	23. III. 1927	25. III. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	128	128	127¾
(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg			
Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	57½-58½	57½-58½	57¼-58¼
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	100—105	105—110	110—115

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 25. März 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	12	6	63	2	6
Wire bars	63	2	6	—	—	—
Standard { Kassa . .	55	15	0	55	17	6
Standard { 3 Monate .	56	7	6	56	10	0
Zinn:						
Engl. ingots	308	15	0	309	15	0
Standard { Kassa . .	311	15	0	312	10	0
Standard { 3 Monate .	297	12	6	297	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	28	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	30	3	9	31	10	0
Remelted	31	5	0	—	—	—
English Swansea . .	30	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 22 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 10. April 1927 | Heft 15

INHALT:

Die Beurteilung neuer, gebrauchter und regenerierter Isolieröle. Von Dr. v. d. Heyden und Dr. Typke, Chemisches Laboratorium der AEG Transformatorenfabrik, Berlin-Oberschöneweide. S. 289. / Thomas Alva Edison. Von Arthur Palme, Pittsfield, Mass. S. 295. / Das Rechnen nach der Methode der symmetrischen Koordinaten. Von Dr.-Ing. Günther Oberdorfer, Wien. S. 296.

RUNDSCHAU: Elektrische Meßkunde. S. 301. / Stromverteilung. S. 303. / Leitungen und Leitungsbau. S. 303. Installationstechnik. S. 303. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 304. / Elektrische Apparate S. 305. Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 305. / Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie. S. 305.

LITERATURBERICHTE. S. 306.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 307.

VEREINSNACHRICHTEN. S. 309.

Die Beurteilung neuer, gebrauchter und regenerierter Isolieröle.

Von Dr. v. d. **Heyden** und Dr. **Typke**, Chemisches Laboratorium der AEG Transformatorenfabrik, Berlin-Oberschöneweide.

Inhaltsübersicht: Neue gebrauchte und regenerierte Öle müssen nach teilweise voneinander verschiedenen Gesichtspunkten beurteilt werden. Diese Gesichtspunkte werden in der vorliegenden Arbeit eingehend besprochen.

Von der Raffinerie bis zu dem Punkt, wo das alte Öl wegen zu weit vorgeschrittener Veränderung in den Transformatoren, Schaltern oder anderen Apparaten nicht mehr weiter verwendet werden darf, um dann nach seiner Regenerierung denselben Kreislauf wieder zu beginnen, ist ein weiter Weg. Viele Teilstrecken sind zu durchlaufen, auf jeder wird das Öl anderen Einflüssen ausgesetzt und dadurch in seinen Eigenschaften je nachdem verschlechtert oder verbessert; es ist deshalb klar, daß man das Öl in jeder Phase seines Kreislaufes unter einem anderen Gesichtspunkt beurteilen muß.

Die heute verwandten Isolieröle werden, — es wird darauf noch zurückgekommen werden, — ausschließlich aus Erdöl hergestellt. Erdöl wird in vielen Gegenden der Welt, hauptsächlich den Vereinigten Staaten von Nordamerika, Rußland, Mexiko, Persien, Niederländisch-Indien, Rumänien, Polen, neuerdings auch Venezuela und anderen südamerikanischen Staaten gewonnen. Auch in Deutschland wird etwas Erdöl gewonnen, aus dem sich sogar sehr gutes Isolieröl gewinnen läßt. Die Gewinnung des Rohöles geschieht zum überwiegenden Teil mittels Bohrlöchern, neuerdings hat man an einzelnen Stellen mit der Gewinnung mittels Schachtbau, die eine rationellere Ausbeutung der Erdölfelder gestattet, begonnen. Der erste Arbeitsgang, der an dem Öl vorgenommen wird, ist — nötigenfalls nach Reinigung von Verunreinigungen und Entwässerung, — die Destillation. Eine genauere Beschreibung der Destillationsmethoden würde hier zu weit führen, es sei nur darauf hingewiesen, daß man heute mehr und mehr bestrebt ist, unter Zuhilfenahme von Vakuum und Wasserdampf bei schonender Destillation möglichst hochwertige Destillate zu erhalten, die sich leicht und ohne zu große Verluste raffinieren lassen. Für die Herstellung von Isolierölen werden Destillate verwandt, die je nach dem Lande, in dem sie verkauft werden sollen, eine Viskosität von etwa 3·5 bis 14 Englergraden bei 20° und einen Flammpunkt von etwa 140 bis 200° im offenen Tiegel besitzen. Die Raffination dürfte meist nach dem üblichen Lauge-Schwefelsäure-Verfahren, oft unter Nachbehandlung mit Bleicherde vorgenommen werden; auf die Laugung dürfte nur in einzelnen Fällen verzichtet werden können. Die Menge der nach anderen Raffinationsmethoden gewonnenen Isolieröle ist geringer, aus bestimmten pennsylvanischen Erdölen lassen sich zum Beispiel brauchbare Isolieröle ohne eigentliche chemische Mittel durch eine Filtration über Bleicherde herstellen. Ein näheres Eingehen auf die Raffination von Transformatorenöl erübrigt sich wohl hier.

I. Die Beurteilung neuer Öle.

Für neues ungebrauchtes Öl sind für Deutschland die Lieferbedingungen durch die Vorschriften für Transformatoren- und Schalteröle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker festgelegt.[1]) Die Vorschriften unterscheiden im § 2 bereits scharf zwischen dem neuen ungebrauchten und dem im gebrauchsfertigen Apparat befindlichen Öl. Es wird genau angegeben, welche Vorschriften für jedes Öl und welche entweder nur für direkt von der Raffinerie angeliefertes oder nur für den gebrauchsfertigen Apparat entnommenes Öl gelten. Der § 2 besagt folgendes:

„Die Vorschriften der §§ 3 bis 7 beziehen sich sowohl auf neues, als auf im Apparat angeliefertes Öl. Die Vorschriften der §§ 8 bis 10 beziehen sich lediglich auf neues Öl, die Vorschrift des § 11 be-

[1]) Nur von den in Deutschland geltenden Vorschriften soll im Folgenden die Rede sein.

Digitized by Google

zieht sich auf ein dem im Betriebe befindlichen Transformator oder Apparat entnommenes Öl."

Diese Vorschrift ist außerordentlich wichtig, denn Öle, die den umständlichen Trockenprozeß der Transformatoren und anderer Apparate mitgemacht haben, wobei sich niemals der Luftsauerstoff ganz ausschließen läßt, können nicht mehr die Eigenschaften haben, die sie vorher besaßen. Insbesondere spielt dies bei der Bestimmung der Verteerungszahl eine Rolle; infolge des unvermeidlichen Kochprozesses sind ja die im gebrauchsfertigen Transformator oder Schalter befindlichen Öle bereits mehr oder minder „verteert".[2]) Andererseits ist es wichtig, daß sich die Vorschriften über die Durchschlagsfestigkeit nur auf dem gebrauchsfertigen Transformator oder Apparat entnommenes Öl beziehen. Bei dem Transport des Öles, besonders auch beim Ausfüllen der Kesselwagen, läßt es sich kaum vermeiden, daß das Öl mit feuchter Luft in Berührung kommt und Wasser anzieht. Da sich jedes Öl, das sonst den Liefervorschriften entspricht, durch Trocknung auf die nötige Durchschlagsfestigkeit bringen läßt, besagt eine zu geringe Durchschlagsfestigkeit bei der Anlieferung nicht das mindeste gegen die Qualität des Öles.[3]) Es ist darauf später noch zurückzukommen.

Der § 3 hat folgenden Wortlaut:

„Als Mineralöle dürfen in Transformatoren und Schaltern nur Raffinate verwandt werden. Auf Schiefer- und Braunkohlenteeröle beziehen sich diese Vorschriften nicht."

Aus Schiefer- und Braunkohlenteer haben sich noch keine brauchbaren Isolieröle herstellen lassen; die daraus hergestellten Öle neigen stark zur Veränderung. Mit den stellenweise im Kriege verwandten Teerölen sind sehr schlechte Erfahrungen gemacht worden. Harzöle werden heute nicht mehr verwandt. Der hohe Preis spielt dabei eine wesentliche Rolle, außerdem sind sie als Schalteröle wegen der starken Rußbildung nicht brauchbar. Nur Erdölprodukte kommen heute in Betracht.

Zum § 4, der folgenden Wortlaut hat, ist ebenfalls einiges zu bemerken:

„Das spezifische Gewicht darf nicht weniger als 0·85 und nicht mehr als 0·95 bei 20° betragen."

Die obere Grenze des spezifischen Gewichtes ist höher angegeben, als es wünschenswert ist. Bei Freiluft-Schaltern oder Transformatoren etwa gebildetes Eis darf nicht im oder auf dem Eise schwimmen, da es sonst zu Überschlägen Anlaß geben kann. Damit das Eis unter allen Umständen untersinkt, muß das spezifische Gewicht des Öles unter 0·895 liegen, wie die A.E.G. es auch in ihren Lieferbedingungen vorschreibt. Versuche im chemischen Laboratorium der A.E.G. Transformatorenfabrik haben ergeben, daß erst bei dieser Öldichte auch frei, das heißt, nicht unter Öl ausgefrorenes Eis, das stets mit Luftblasen durchsetzt ist, untersinkt. Das spezifische Gewicht spielt auch aus Wirtschaftlichkeitsgründen eine Rolle. Das Öl wird nach Gewicht gekauft aber nach Volumen verbraucht. Man braucht zum Beispiel von einem Öl vom spezifischen Gewicht 0·940 zum Füllen von je 1 m³ Rauminhalt 60 kg mehr als von einem Öl vom spezifischen Gewicht 0·880 (940 kg gegenüber 880 kg). Bei einem Öl vom spezifischen Gewicht 0·900 beträgt die Differenz immerhin noch 20 kg, fällt also auch noch recht sehr ins Gewicht. Auf die angegebene untere Grenze des spezifischen Gewichtes kann verzichtet werden; es dürfte kaum Öle geben, die sonst die Lieferbedingungen erfüllen, die ein so niedriges spezifisches Gewicht haben; abgesehen davon würde dies auch niemals schaden können.

Der § 5 der Lieferbedingungen besagt:

„Der Flüssigkeitsgrad (Viskosität) bezogen auf Wasser von 20° darf bei einer Temperatur von 20° nicht über 8° Engler sein."

Je dünnflüssiger ein Öl ist, um so schneller kann es zirkulieren und so die Wärme von den heißen Teilen des Transformators abtransportieren. Auch bei Schaltern ist ein dünnflüssiges Öl zur schnellen Löschung des Lichtbogens notwendig.

Der § 6 beschäftigt sich mit dem Flammpunkt des Öles:

„Der Flammpunkt nach Markusson im offenen Tiegel bestimmt, darf nicht unter 145° C liegen."

Diese Höhe des Flammpunktes ist für die Betriebssicherheit völlig ausreichend. Gegenüber einer Entzündung, die auf anderem als elektrischem Wege erfolgt, flammt das Öl bei reichlich hoher Temperatur; einer Entzündung durch einen stehenden elektrischen Lichtbogen sind auch Öle, die weit höher flammen, nicht gewachsen. Den Verhältnissen im Transformator oder Apparat weit mehr angepaßt wäre eine Bestimmung des Flammpunktes im geschlossenen Tiegel nach Pensky-Martens. Gegen diese international eingeführte Methode wird eingewendet, sie sei zu empfindlich. Dies ist jedoch nur sehr bedingt zutreffend; es ist im Gegenteil bei Transformatoren- und Schalterölen geradezu im Interesse der Vermeidung von Explosionen notwendig, kleine Mengen leichtflüchtiger Beimengungen zu erkennen, die im Pensky-Martens-Apparat den Flammpunkt beträchtlich herabdrücken, im offenen Tiegel sich dagegen oft gar nicht bemerkbar machen. Bei gut geschnittenen Isolierölen, die im offenen Tiegel einen Flammpunkt von 145° zeigen, findet man im geschlossenen Tiegel 135° und darüber.

Der § 7 hat folgenden Wortlaut:

„Der Stockpunkt des Schalteröles muß mindestens —15° C betragen, der Stockpunkt des Transformatoröles braucht nicht tiefer als —5° C zu liegen."

Im allgemeinen genügt dieser Stockpunkt; für Freiluftapparate in kalten Gegenden sollte man Öle mit einem Stockpunkt unter —40° C verwenden. Ein so tiefer Stockpunkt wird nur von Ölen bestimmter Provenienz erreicht.

§ 8. „Das neue Öl muß bei 20° C vollkommen klar sein; es muß frei sein von Mineralsäure. Der Gehalt an organischer Säure darf höchstens 0·2 be-

[2]) v. d. Heyden und Typke, Erdöl und Teer 1925, Nr. 1, S. 14.

[3]) v. d. Heyden und Typke, Erdöl und Teer 1925, Nr. 1, S. 14.

Digitized by Google

rechnet als Säurezahl betragen. Der Gehalt an Asche darf 0·01 vH nicht übersteigen."

Gutraffiniertes Öl ist selbstverständlich vollkommen klar. Die Säurezahl der Isolieröle liegt im allgemeinen erheblich unter 0·2, nur selten wird 0·1 überschritten.

§ 9. „Das neue Öl muß praktisch frei von mechanischen Verunreinigungen sein."

Das ist bei einem richtig raffinierten und in einem sauberen Kesselwagen oder Eisenfaß versandten Öl selbstverständlich.

Der § 10 hat folgende Fassung:

„Die Verteerungszahl des neuen ungekochten Öles darf 0·2 vH nicht überschreiten."

Es ist beabsichtigt, diesem Paragraphen in den neuen VDE-Vorschriften folgende Fassung zu geben:

a) Die Verteerungszahl des neuen ungekochten Öles darf 0·1 vH nicht überschreiten. Bei der Bestimmung der Verteerungszahl dürfen sich beim Erhitzen mit der Kissling'schen Lauge keine Ausscheidungen zeigen.

b) Das neue ungekochte Öl darf nach 70 stündiger Erhitzung auf 120° C unter Einleiten von Sauerstoff keinen benzinunlöslichen Schlamm bilden.

Es dürfen an dieser Stelle vielleicht einige Worte über das Wesen der Verteerungszahl eingeschaltet werden. Der Begriff „Teerzahl" stammt von Kissling. Die Bestimmung der Teerzahl wird so ausgeführt, daß das Öl mit einer vierprozentigen, gleiche Volumteile Wasser und Alkohol enthaltenden Natron-Lauge 20 Minuten auf dem Wasserbad erhitzt, fünf Minuten umgeschüttelt wird, und nach dem Absitzen die in die Lauge hineingegangenen Stoffe mit Salzsäure ausgefällt, mit Benzol aufgenommen und nach dem Abdampfen des Benzol gewogen werden. Die Verteerungszahl ist die in dem durch 70 stündiges Erhitzen auf 120° unter Sauerstoffeinleiten verteerten Öle bestimmte Teerzahl. Die Teerzahl besagt also, wieviel Teerstoffe von Anfang an in einem bestimmten Öl vorhanden sind, die Verteerungszahl gibt dagegen an, wieweit ein Öl oxydierenden Einflüssen zugänglich ist.

Der § 10 der Vorschriften besagt ausdrücklich, daß die Verteerungszahl im neuen ungekochten Öl bestimmt werden soll. Von Ölen im gebrauchsfertigen Transformator oder Apparat, bei denen das Öl regelmäßig einem Trocknungsprozeß ausgesetzt war, kann die Einhaltung der Verteerungszahl, und auch der in den beabsichtigten neuen Liefervorschriften geforderten Schlammprobe nicht mehr verlangt werden.

Die in den neuen Liefervorschriften beabsichtigte Schlammprobe wird so ausgeführt, daß 10 cm³ des verteerten Öles mit 30 cm³ Normalbenzin versetzt werden. Nach 24 stündigem Stehen wird festgestellt, ob sich Schlamm ausgeschieden hat. In Zweifelsfällen wird durch ein geeignetes Filter (Schleicher und Schüll · Weißband 589), filtriert. Wenn in dem verteerten Öl schon vor dem Benzinzusatz eine Schlammbildung sichtbar ist, braucht selbstverständlich die Schlammprobe mit Benzinzusatz nicht erst ausgeführt zu werden, sondern das Öl ist von vornherein als unbrauchbar zu bezeichnen. Die Ausführung dieser Probe hat den Zweck, Öle, die stark zur Schlammbildung neigen, von der Verwendung auszuschließen. Auch ein Seifengehalt im Öl läßt sich bei dieser Probe erkennen. Die Forderung, daß das Öl bei der Behandlung mit Kisslingscher Lauge keine Ausscheidung bilden darf, gestattet ebenfalls die Ausschaltung gewisser Klassen nicht ordnungsmäßig raffinierter Öle; auch bei Ölen, die in nicht richtig gereinigten Kesselwagen versandt wurden, hat man diese Ausscheidungen beobachtet.

Die Differenz Teerzahl — Verteerungszahl[4]) kann in manchen Fällen interessante Aufschlüsse über ein Öl geben. Bei gekochten Ölen darf man sie selbstverständlich, ebenso wie die Verteerungszahl, nicht zur Beurteilung anwenden. Die Differenz steigt selbstverständlich, soweit sie sich wegen Schlammausscheidung überhaupt bestimmen läßt, bei gekochtem Öl gegenüber neuem stark an.

Der von Steinbauer[5]) gemachte Vorschlag, die Teerstoffe kalorimetrisch zu bestimmen, kann leicht falsche Resultate ergeben; aus der Farbe des Benzolauszuges der Kisslingschen Lauge kann man meist nicht auf die Menge der Teerstoffe schließen, besonders, wenn es sich um Öle verschiedener Art handelt. Es gibt Öle, bei denen man bei einem sehr hellen Benzolauszug große Teermengen erhält und umgekehrt solche, bei denen der Benzolauszug stark gefärbt ist, die Menge der Teerstoffe aber nur gering ist.

§ 11. „Die dielektrische Festigkeit des dem im Betriebe befindlichen Transformator oder Apparat entnommenen Öles darf, gemessen nach den Prüfvorschriften, im Mittel 60 kV/cm nicht unterschreiten. Ist die dielektrische Festigkeit geringer, so muß das Öl gereinigt bzw. erneuert werden. Ergibt das Erhitzen im Reagenzglase auf zirka 150° das Vorhandensein von Wasser durch knackendes Geräusch, so erübrigt sich die Untersuchung der dielektrischen Festigkeit und das Öl muß getrocknet werden."

Im Gegensatz zur Verteerungszahl, die ausschließlich bei neuem, ungekochtem Öl bestimmt werden darf, bezieht sich die Durchschlagsfestigkeit nur auf dem gebrauchsfertigen bzw. im Gebrauche befindlichen Transformator oder Apparat entnommenes Öl. Die geforderte Durchschlagsfestigkeit ist reichlich niedrig und könnte unbedenklich erhöht werden. In der A.E.G. Transformatorenfabrik wird eine Durchschlagsfestigkeit von 130 kV/cm verlangt.

Schon Spuren Wasser oder minimale andere Verunreinigungen, die sich beim Transport kaum vermeiden lassen, können wie schon gesagt, die Durchschlagsfestigkeit sehr stark herabsetzen. Die Durchschlagsfestigkeit zeigt also nur an, ob ein Öl genügend getrocknet und mechanisch gereinigt worden ist, kann aber nicht als Wertmesser für die Qualität des Öles dienen. Aus diesem Grunde

[4]) v. d. Heyden und Typke, Petroleum 1926, S. 583.

[5]) ETZ 1926, S. 1291.

Digitized by Google

sehen die Vorschriften des Vereines Deutscher Elektrotechniker keine Prüfung der Durchschlagsfestigkeit des im Kesselwagen oder Fasse frisch entnommenen Öles vor.

Die Vorschriften machen also, wie noch einmal ausdrücklich hervorgehoben sei, einen scharfen Unterschied dazwischen, welche Prüfungen nur von dem neuen Öl und welche nur von dem gebrauchsfertigen Transformator oder Apparat entnommenen gefordert werden dürfen. Die chemischen Prüfungen, insbesondere die Verteerungszahl, sind nur in dem neuen Öl, wie es in Kesselwagen oder Eisenfässern von der Raffinerie angeliefert wird, zu bestimmen; die Durchschlagsfestigkeit wird nur von dem dem gebrauchsfertigen Transformator oder Apparat entnommenen Öl bestimmt.

Auf die Wichtigkeit der richtigen Verpackung etwa versandter Ölmuster muß ausdrücklich hingewiesen werden. Es ist im chemischen Laboratorium der AEG Transformatorenfabrik, ebenso wie anderwärts,[6]) festgestellt worden, daß sich Öle, die in hellen Glasflaschen unter Zutritt des Lichtes aufbewahrt werden, sehr stark verschlechtern. Ölmuster sollten also entweder in Blechkanistern oder wenigstens in lichtdicht verpackten Flaschen versandt werden. Übrigens können sich Isolieröle auch bei Aufbewahrung im Dunkeln verschlechtern,[7]) nur geht dies erheblich langsamer vor sich.

Als ungeeignet zur Beurteilung der Güte eines Öles muß die Schwefelsäureprobe bezeichnet werden, die von Baum[8]) und Baader[9]) empfohlen wurde. Als geradezu gefährlich muß die in der Gebrauchsanweisung zu dem Baaderschen Ölkontrollapparat stehende Bemerkung angesehen werden, daß jeder intelligente Arbeiter damit die Untersuchungen mit hinreichender Genauigkeit vornehmen könne. Was bei der Untersuchung von Ölen durch Personen, die mit der Materie nicht hinreichend bekannt sind, herauskommt, ist nachgerade genügend bekannt. Hier wird nicht nur der Fehler gemacht, daß eine Methode, über die noch gar keine hinreichend langen Erfahrungen vorliegen, als Kriterium für die Brauchbarkeit vorgeschlagen wird, sondern auch noch empfohlen, sie Leuten in die Hand zu geben, die gar keine Kritik über den Wert oder Unwert derselben besitzen können. Über die sachlichen Gründe, die gegen die Schwefelsäureprobe sprechen, ist an anderer Stelle berichtet worden.[10]) Der Hauptgrund ist der, daß ein Transformatorenöl gar nicht umso besser wird, je weniger in Schwefelsäure lösliche Bestandteile es enthält. Im Gegenteil ist es bei Ölen, die den deutschen Lieferbedingungen entsprechen sollen, sogar notwendig, daß sie gewisse, mit Schwefelsäure herausraffinierbare Substanzen noch enthalten. Mit den weit ausraffinierten non sludging Ölen, die nur eine sehr geringe oder gar keine Schwefelsäurereaktion geben, sind keine günstigen Erfahrungen gemacht worden; es liegt nicht der mindeste Grund dafür vor, anzunehmen, daß ein Öl, das eine geringere Schwefelsäurereaktion bei sonst gleichen Eigenschaften besitzt, besser ist, als ein anderes. Zumindest hätte eine derartig prinzipiell von allen bisherigen Erfahrungen abweichende Methode durch ein umfangreiches Erfahrungsmaterial gestützt werden müssen, bevor sie in der Öffentlichkeit empfohlen wurde.

[6]) v. d. Heyden und Typke, Petroleum 1926, S. 1024.

[7]) v. d. Heyden und Typke, Petroleum 1927, S. 15.

[8]) Z. f. ang. Chemie 1926, S. 474.

[9]) ETZ 1926, S. 701.

[10]) Typke, Erdöl und Teer 1926, Heft 29.

II. Die Beurteilung gebrauchter Öle.

Bekanntlich verschlechtern sich die Transformatoren- und Schalteröle im Gebrauch mehr oder minder schnell. Über die dabei stattfindenden Einflüsse und die Veränderungsvorgänge besteht eine umfangreiche Literatur[11]), so daß hier keine näheren Erörterungen notwendig sind.

Über die Kontrolle der Ölfüllungen von Transformatoren und Schaltern, die Probenahme usw. hat Schendell[12]) eine Reihe von Veröffentlichungen gemacht. Es kann denjenigen, die sich mit der Überwachung von Transformatoren und Schaltern zu befassen haben, nur angeraten werden, sich mit den Schendellschen Ausführungen zu beschäftigen.

Vorausgeschickt werden muß noch, daß Öle aus gebrauchsfertigen Transformatoren und Apparaten, auch, wenn sie noch nicht eigentlich im Gebrauch gewesen sind, in gleicher Weise, wie gebrauchte Öle zu untersuchen sind; das darin befindliche Öl ist zur Erzielung der notwendigen Isolierfestigkeit einem Kochprozeß unterzogen worden und es ist festgestellt worden, daß gerade beim Kochprozeß sehr beträchtliche Veränderungen vor sich gehen können, besonders wenn nicht in der liefernden Fabrik, sondern am Aufstellungsort gekocht wird. Erhitzungen des Öles auf eine beträchtlich oberhalb der Betriebstemperatur liegende Temperatur lassen sich dabei nicht vermeiden. Jedenfalls sind alle dem betriebsfertigen Transformator oder Apparat entnommenen Öle, einerlei ob sie noch gar nicht nur kurze Zeit oder lange Zeit im Betriebe waren, nach den im folgenden angegebenen Grundsätzen zu untersuchen. Daß man von Ölen, die noch nicht im eigentlichen Betriebe waren, andere Zahlenwerte innerhalb einzelner Prüfungen verlangen muß, als von lange im Gebrauch befindlichen Ölen, ist eine Selbstverständlichkeit. Hier sollen zunächst einmal die Anforderungen, die an ein schon im Betrieb gewesenes Öl zur Entscheidung der Frage

[11]) Vgl. v. d. Heyden und Typke, Allgemeine Öl- und Fettzeitung 21, S. 391, 409; Petroleum XX, S. 1323; ETZ 1924, S. 931; Zeitschr. f. ang. Chemie 37, S. 853. Frank, Petroleum XX, S. 1488; Erdöl und Teer 1926, S. 250. Stäger, Helv. Chimica Akta 6, S. 62, 396, 893; BBC-Mitt. 9, 159; Bulletin S. E. V. 15, S. 93 und viele andere Literaturstellen.

[12]) Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1924, Nr. 372; Elektrizitätswirtschaft 1926, S. 376; „Studien über die Prüfung der Isolieröle", S. 15; Sonderheft 77 des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik.

Digitized by Google

gestellt werden, ob es noch weiter benützt werden kann oder nicht, erörtert werden.

Als obere Grenze für ein Öl, das noch weiter verwendet werden darf, können etwa folgende Daten angegeben werden.[13])

Spezifisches Gewicht: Hier gilt dasselbe wie für neues Öl. Die obere Grenze sollte also wegen der Gefahr, daß etwa gebildetes Eis darin schwimmt, nicht viel über 0·895 liegen, da bisher jedoch darauf noch kein Gewicht gelegt wurde, muß es bei gebrauchten Ölen noch für einige Zeit bei der bisherigen Grenze von 0·950 bleiben. Dies ist auch insofern nicht weiter bedenklich, als nur in verhältnismäßig wenigen Fällen eine Eisbildung im Öl zu befürchten ist.

Das spezifische Gewicht nimmt im Gebrauche in geringem Maße zu; es erscheint ausgeschlossen, daß es durch die Veränderung im Gebrauche über die angegebene Grenze zunimmt. Nur wenn etwa ein ungeeignetes Öl zugefüllt worden ist, kann eine erhebliche Steigerung des spezifischen Gewichtes eingetreten sein. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes bei gebrauchten Ölen kann insbesondere zur Festestellung der Provenienz des Öles von Interesse sein. Pennsylvanische und russische Öle haben etwa 0·880 bis 0·890, sie lassen sich durch den verschiedenen Stockpunkt unterscheiden. Deutsche Öle wiegen 0·895 bis 0·900, Texas-Öle von 0·910 bis 0·920.

Viskosität: Nicht über zehn Englergrade bei 20°.[14]) Die Viskosität nimmt im Gebrauche zu, jedoch ist nur selten ein Überschreiten der Viskosität von zehn beobachtet worden. Wenn die Viskosität eines gebrauchten Öles wesentlich darüber liegt, so ist eine Vermischung mit Harzöl oder Zumengen eines ungeeigneten viskosen Mineralöles anzunehmen.

Flammpunkt: Im offenen Tiegel nicht unter 145°.

Der Flammpunkt verändert sich im Gebrauch nicht nennenswert; wenn etwa in einem gebrauchten Öl ein zu niedriger Flammpunkt gefunden wird, so läßt dies auf Nachfüllung eines ungeeigneten Öles schließen oder darauf, daß von vornherein ein Öl von zu niedrigem Flammpunkt verwendet worden ist.

Stockpunkt: Für Transformatorenöle sollte der Stockpunkt unter −5° liegen, bei Transformatoren in Innenräumen können aber noch Öle mit einem Stockpunkt bis +5° verwandt werden. Für Schalter im Freien sollte der Stockpunkt unter −40° liegen, bei Schaltern, die in Gebäuden aufgestellt sind, genügt im allgemein −15°. Russische Öle stocken meist bei −40 bis −50°, deutsche Öle stocken bei etwa −25°, Texas-Öle etwa ebenso oder eine Kleinigkeit höher, pennsylvanische Öle sind meist bei −20° schon gestockt, es gibt aber auch nordamerikanische Öle von niedrigerem Stockpunkt, unter −35° ist allerdings im chemischen Laboratorium der A.E.G. Transformatorenfabrik nicht beobachtet worden. Die Stockpunkte können oft als Anhalt der Feststellung der Provenienz eines Öles dienen.

Aschegehalt: Der Aschegehalt, der gleichzeitig den Seifengehalt des Öles anzeigt, soll nicht über 0·15 vH betragen. Öle mit hohem Seifengehalt können zwar eine gute Durchschlagsfestigkeit besitzen, doch ist die elektrische Leitfähigkeit von solchen Ölen oft recht ungünstig.

Säurezahl: Bei der Säurezahl sollte man einen Unterschied machen zwischen Ölen, die sich in dem im Gebrauch befindlichen Transformator oder Apparat befinden und Ölen, die in Transformatoren oder Apparaten enthalten sind, die aus irgendwelchen Gründen, zum Beispiel Reparatur, außer Betrieb gesetzt sind oder schon ausgefüllt sind. In im Betrieb befindlichen Transformatoren und Apparaten kann als obere Grenze für die Brauchbarkeit eine Säurezahl von 1·4 angegeben werden. Bei Außerbetriebsetzung bzw. wenn das Öl schon ausgefüllt ist, soll es bei einer Säurezahl von über 1·0 nicht mehr weiter verwendet werden.

Teerzahl: Die Verteerungszahl darf man, wie noch einmal ausdrücklich hervorgehoben werden muß, bei einem gebrauchten oder dem gebrauchsfertigen Transformator oder Apparat entnommenen Öl nicht als Maßstab für dessen Güte ansehen. Man darf natürlich Öle, die schon einem Verteerungsvorgange ausgesetzt worden sind, zur Feststellung der darin enthaltenen Teerstoffe nicht noch einmal verteeren. Ganz abgesehen davon läßt sich die Verteerungszahl in den meisten Fällen deshalb gar nicht bestimmen, weil sich bei der Erhitzung beträchtliche Mengen Schlamm ausscheiden, die von der Kisslingschen Lauge nicht aufgenommen und deshalb im Zahlenwert der Teerzahl nicht erfaßt werden. Ein Öl, das mehrere Prozent Schlamm bildet, ist selbstverständlich, selbst wenn es eine günstige Verteerungszahl zeigt, zur Weiterverwendung viel ungeeigneter, als ein Öl, das bei höherer Verteerungszahl schlammfrei bleibt. Übrigens dürfte es nur in Ausnahmefällen vorkommen, daß ein Öl aus einem gebrauchsfertigen oder gar gebrauchten Transformator oder Apparat bei der Bestimmung der Verteerungszahl nicht wenigstens geringe Mengen Schlamm bildet; die unvermeidliche Verschlechterung des Öles beim Kochprozeß ist doch recht bedeutend.

Aber auch die Bestimmung der Teerzahl hat zur Beurteilung dessen, ob ein Öl noch weiter verwendet werden kann, keinen großen Wert. Bei Ölen, die sich stark der Brauchbarkeitsgrenze nähern, scheiden sich in weitaus den meisten Fällen bei der Behandlung mit der Kisslingschen Lauge beträchtliche Schlammengen aus, so daß die Teerzahl ein falsches Bild ergibt. Man sollte deshalb die Teerzahl bei der Beurteilung der weiteren Verwendbarkeit eines gebrauchten Öles gänzlich ausschalten. Etwas anders liegt es bei der Beurteilung der Güte eines im gebrauchsfertigen Transformator oder Apparat angelieferten Öles, von der weiter unten noch die Rede sein wird.

[13]) Eine gesonderte Zusammenstellung derjenigen Daten, die am wichtigsten sind und in erster Linie zu untersuchen sind, wird weiter unten gegeben werden.

[14]) Die von der Vereinigung der Elektrizitätswerke herausgegebenen „Richtlinien für die Reinigung und Wiedergewinnung der Isolieröle" geben die zulässige Viskosität mit 11 an.

Digitized by Google

In den „Richtlinien für die Reinigung und Wiedergewinnung gebrauchter Transformatoren- und Schalteröle" wird die zulässige Teerzahl mit 0·6 angegeben. Dieser Wert erscheint im Verhältnis zu der dort angegebenen Säurezahl von 1·2 zu niedrig; Öle von dieser Säurezahl haben meist wesentlich höhere Teerzahlen. Aber, wie schon gesagt, sollte man bei der Untersuchung, ob ein Öl noch weiter verwendet werden kann, überhaupt von einer Bestimmung der Teerzahl absehen.

Schwefelsäureprobe: Auch bei gebrauchten Ölen besagt die Schwefelsäureprobe nichts darüber, wie sich das Öl bei weiterem Gebrauche verhalten würde. Sie zeigt auch nicht an, in welchem Veränderungszustand sich das Öl befindet, so daß ihre Bestimmung zwecklos erscheint.

Durchschlagsfestigkeit: Die Durchschlagsfestigkeit soll, bestimmt nach den Vorschriften des VDE, über 60 kV/cm betragen; dieser Wert ist sehr niedrig und müßte erhöht werden. In der AEG Transformatorenfabrik werden 130 kV/cm verlangt. Wie schon bei neuem Öl ausgeführt, zeigt die Bestimmung der Durchschlagsfestigkeit nur an, ob ein Öl genügend getrocknet und von mechanischen Verunreinigungen befreit worden ist. Auch Öle, die schon sehr weitgehend verändert sind, lassen sich durch Trocknen und Filtrieren auf eine sehr hohe Durchschlagsfestigkeit bringen. Wenn also ein Öl eine zu niedrige Durchschlagsfestigkeit besitzt, so liegt dies nicht an dem Öl an sich, sondern nur daran, daß es noch nicht genügend getrocknet ist, oder mechanische Verunreinigungen enthält.[15])

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß man zur Beurteilung, ob ein Öl zur weiteren Verwendung brauchbar ist oder nicht, in erster Linie zwei Bestimmungen auszuführen hat: die Bestimmung der Säurezahl und der Durchschlagsfestigkeit. Die Säurezahl zeigt an, ob das Öl ohne Gefahr für die Wicklungen weiter in Verwendung bleiben kann, die Durchschlagsfestigkeit zeigt an, ob das Öl genügend getrocknet und mechanisch gereinigt worden ist. Alle übrigen Bestimmungen brauchen eigentlich nur dann ausgeführt zu werden, wenn die Gefahr besteht, daß zum Nachfüllen ein ungeeignetes Öl verwendet worden ist.

Für die Beurteilung von Ölen aus gebrauchsfertigen Transformatoren und Apparaten bestehen noch keinerlei Vorschriften und Veröffentlichungen. Wie schon oben ausgeführt, sind die Gesichtspunkte, unter denen sie zu beurteilen sind, die gleichen, wie bei gebrauchten Ölen, nur daß die Zahlenwerte selbstverständlich wesentlich günstiger sein müssen. Als Daten, die das Öl eines unter normalen, das heißt, nicht besonders ungünstigen Umständen getrockneten gebrauchsfertigen Transformators oder Apparates besitzen soll, können genannt werden:

Säurezahl . . . unter 0·2
Teerzahl Kissling unter 0·2[16])

Von den übrigen Daten, insbesondere der Durchschlagsfestigkeit, war schon oben unter den Lieferungsbedingungen für neues Öl eingehend die Rede.

Bestrebungen, die Eigenschaften, die ein Öl aus dem gebrauchsfertigen Transformator oder Apparat besitzen soll, genauer festzulegen, sind gegenwärtig im Gange. Da das Problem, wie die Eignung eines schon gekochten Öles für den weiteren Gebrauch am besten festzustellen ist, nicht ganz einfach lösbar ist, sind noch eingehende Untersuchungen notwendig, über deren Ergebnis berichtet werden wird.

III. Die Beurteilung regenerierter Öle.

Bei der Regeneration sollen dem Öl nach Möglichkeit diejenigen Eigenschaften wieder verliehen werden, die es vor seiner Verwendung besaß. Die Untersuchung der regenerierten Öle muß infolgedessen im wesentlichen nach denselben Gesichtspunkten, wie die neuer ungebrauchter Öle, erfolgen. In den Zahlenwerten kann mit Rücksicht auf die besonderen Verhältnisse, die bei der Regeneration gebrauchter Öle vorliegen, eine gewisse Milderung zugelassen werden. Es müssen oft kleinere Ölmengen von wechselnder Beschaffenheit regeneriert werden; dabei läßt sich natürlich nicht die gleiche Konstanz der Ergebnisse, wie in den Großraffinerien, wo große Mengen eines gleichen Materials raffiniert werden, erreichen.[17])

Bei der Regeneration treten im allgemeinen nennenswerte Änderungen von Flammpunkt und Stockpunkt nicht ein, spezifisches Gewicht und Viskosität sinken etwas. Zur Beurteilung der Brauchbarkeit eines regenerierten Öles muß man diejenigen Eigenschaften prüfen, die bei der Regeneration eines Öles verbessert werden sollen: den Säuregehalt und die Verteerungszahl des Öles. Eine niedrige Säurezahl und Verteerungszahl des Öles geben die Gewähr dafür, daß die schädlichen Stoffe entfernt sind und das Öl sich im Gebrauch günstig verhalten wird.

Ein gutes regeneriertes Öl soll folgende Eigenschaften aufweisen:

Säurezahl . . . unter 0·1
Aschegehalt . . unter 0·05 vH
Verteerungszahl . unter 0·2.

Eine Säurezahl von 0·2 und eine Verteerungszahl von 0·3 darf aber auch noch als ausreichend betrachtet werden. Es gibt Öle, besonders aus der Krieg- und Nachkriegszeit, die sich wegen ihrer Herstellung aus wenig geeignetem Material nicht auf eine niedrigere Verteerungszahl bringen lassen.[18])

[15]) v. d. Heyden und Typke, ETZ 1924, S. 1059; Petroleum 1924, S. 1428.

[16]) Bei ungünstigen Umständen, zum Beispiel Kochung mit Heizwiderständen am Aufstellungsort, können diese Daten nicht immer eingehalten werden.

[17]) v. d. Heyden und Typke, Elektrizitätswirtschaft 1926, S. 523.

[18]) Es sind natürlich nur ungeeignete Erdöle gemeint, Teeröle scheiden für die Regeneration gänzlich aus.

Digitized by Google

Ein höherer zulässiger Aschegehalt als bei neuem Öle ist deshalb angegeben, weil sich insbesondere bei Verfahren, bei denen die sauren Ölbestandteile vor der Bleicherdebehandlung nicht vollständig entfernt waren, ein geringer Aschegehalt nicht vermeiden läßt. Da aber bei Ölen, die im Gebrauch sind, auch bei einem die oben angegebene Grenze übersteigenden Aschegehalt keine Unzuträglichkeiten entstehen, bestehen auch keine Bedenken gegen einen geringen Aschegehalt im regenerierten Öl.

Betreffs der Verfahren zur Regeneration gebrauchter Öle sei hier auf die Literatur[19]) verwiesen.

Die bisherigen Erfahrungen haben ergeben, daß sich mit Bleicherde allein Öle nur in Ausnahmefällen so regenerieren lassen, daß sie den obigen Bedingungen entsprechen; mit Schwefelsäure und Bleicherde ist dies in vielen Fällen möglich, jedoch gibt es auch Öle, bei denen damit kein befriedigendes Resultat erzielt wird. Durch Behandlung mit Lauge, Schwefelsäure und Bleicherde lassen sich fast alle Öle so regenerieren, daß sie die angegebenen Bedingungen erfüllen.

Zusammenfassung:

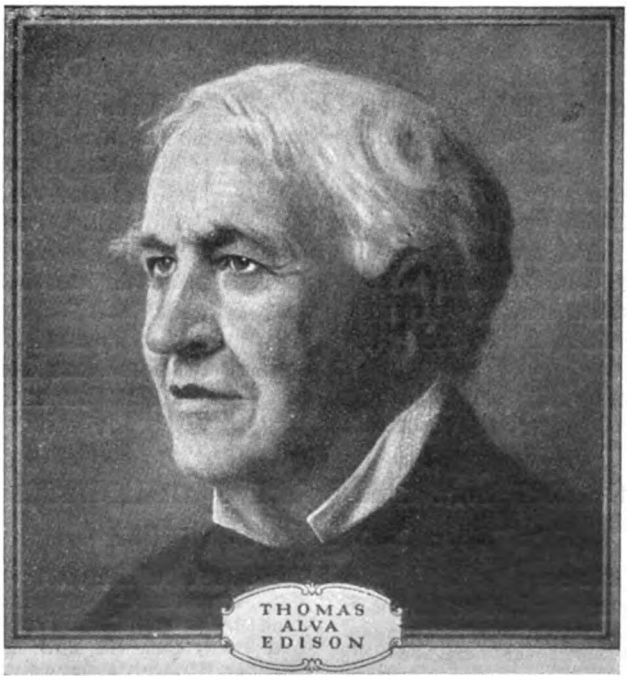
Damit sind im vorstehenden die wesentlichen Gesichtspunkte, nach denen neue, gebrauchte und regenerierte Öle beurteilt werden müssen, eingehend besprochen worden. Die Entwicklung der Prüfmethoden ist noch zu keinem endgültigen Abschluß gekommen und wird wohl auch nie dazu kommen können, da die Bedingungen, unter denen die Öle benützt werden, zu stark voneinander verschieden sind; keine Prüfmethode wird in jedem Falle das richtige treffen. Immerhin dürften die vorstehend gegebenen Richtlinien ausreichend sein, um in den weitaus meisten Fällen solche Öle auszuschließen, die innerhalb kürzerer Frist zu Anständen Anlaß geben würden. Und schon dadurch können bedeutende Werte vor der Vernichtung geschützt werden.

[19]) v. d. Heyden und Typke, Elektrizitätswirtschaft 1926, S. 149; VDI-Zeitschr. 1926, S. 401; Erdöl und Teer 1925, Heft 28, S. 10; 1926, S. 139; ETZ 1925, S. 1528. Typke, Allgemeine Öl- und Fettzeitung 1926, S. 453; Seifensiederzeitung 1926, S. 805, 820, 839. Hana, Elektrizitätswirtschaft 1926, S. 261. Wischin, Allgemeine Öl- und Fettzeitung 1926, S. 477, 489, 512; Erdöl und Teer 1926, S. 683. Evers, Z. f. ang. Chemie 1925, S. 659.

Thomas Alva Edison.

Von Arthur **Palme**, Pittsfield, Mass.

Am 11. Februar 1927 hat ganz Amerika mit großem Jubel den 80. Geburtstag Edisons gefeiert. Zeitungen und Zeitschriften brachten spaltenlange Artikel, die den Lesern alte und neue Einzelheiten aus dem Leben des großen, hierzulande ungemein beliebten Erfinders gaben. Die unglaublich große Anzahl der Erfindungen dieses Mannes, verbunden mit einer grenzenlosen Vielfältigkeit des Gebietes derselben, haben Edison seit mehr als einem Menschenalter zum Symbol des erfolgreichen und allmächtigen Erfinders hingestellt. Um seinen Charakter wurden eine Unmenge von wahren und weniger wahren Geschichten gewoben, die das Publikum mit Gier verschlang. Geschickte Berichterstatter, denen es wohl bewußt war, was die Leser von Edison erwarten, wetteiferten mit der Erfindungsgabe Edisons, und ohne den Erfinder selbst gesehen zu haben, erschufen sie Geschichten, die schließlich gedruckt und verbreitet wurden. So kommt es, daß der Name Edisons auf der ganzen Welt mit viel Dichtung und Wahrheit umgeben ist.



Aber selbst der gewissenhafte Geschichtsschreiber wird nach Loslösung aller „Dichtung" zur Überzeugung kommen, daß Edisons Errungenschaften als erfolgreicher Erfinder einzig dastehen in den Annalen der Technik.

Edison kann wohl als das beste Beispiel des typischen amerikanischen „self-made-man" hingestellt werden. Eine Volksschulbildung von drei Monaten war die ganze offizielle Schulung, die der Knabe Edison erhielt, worauf ihn der Lehrer heimsandte — als zu verweichlicht und rückständig. Obzwar seine hochbegabte Mutter viel nachzuholen trachtete, was der Junge in der Schule vermißte, war der Freiheitsdrang und die Unabhängigkeit des Knaben zu groß, um ihn zuhause zu halten. Als Elfjähriger begann er daher sein selbständiges Leben als ambulanter Zeitungsverkäufer auf einer Eisenbahnlinie. Die Wartezeit in den Stationen und

Digitized by Google

zwischen den Zügen machte ihn vertraut mit dem telegraphischen Verkehr. Chemie und Elektrizität, verbunden mit einem Heißhunger für das Lesen von allen Büchern und Zeitungen, die ihm in die Hand kamen, bildeten von da an seine Lieblingsbeschäftigung. Als eine kleine Sammlung seiner Chemikalien, die er sich in einer Ecke eines Güterwagens aufzuheben pflegte, Feuer fing und den Wagen in Brand setzte, wurde er mit samt seinem Kram vom Zugskondukteur hinausgeworfen und so heftig geohrfeigt, daß sein Trommelfell dauernd beschädigt wurde. Dies verursachte seine lebenslange Schwerhörigkeit.

Von 1863 bis 1868 wanderte Edison als Eisenbahn-Telegraphist im Westen der V. St. A. herum, während welcher Zeit er sich ausgezeichnete Kenntnisse in der damals üblichen Telegraphen-Praxis zueignete. Von dieser Zeit an begann seine Flut von Erfindungen. Das erste Patent, das ihm zugesprochen wurde, war eine elektrische Wahlregistrier-Maschine. Um die Ausgiebigkeit elektrischer Telegraphenleitungen zu erhöhen, schuf Edison die Duplex- und später die Quadruplex-Telegraphie, derzufolge es möglich ist, auf demselben Draht und zur selben Zeit zwei und vier Depeschen zu senden.

Kurz nach dem Bekanntwerden des Bellschen Telephons, erwarb Edison 1876 das erste Patent auf ein Mikrophon, ohne das eine Sprachverständigung über längere Leitungen unmöglich gewesen wäre und eröffnete dadurch den unaufhaltsamen Fortschritt moderner Telephonie.

Ein geschickter deutscher Mechaniker verwirklichte 1877 Edisons ersten Staniol-Phonographen, der ungeheures Aufsehen erregte. Im folgenden Jahre begann seine Erfindung und rasche Vervollkommnung der elektrischen Kohlenfaden-Lampe. Tausende von Versuchen mit Fadenmaterial, das in der ganzen Welt gesucht und gesammelt wurde, krönten schließlich seine Bemühungen. Die unzulängliche und teuere Stromversorgung seiner neuen Lampe mit Primärelementen führte Edison im Jahre 1879 zur Entwicklung einer gänzlich neuen Type von Gleichstromdynamos, die unter dem Namen „Jumbo" Weltverbreitung fand. Die Umkehrbarkeit dieser Maschine in einen elektrischen Motor veranlaßte ihn im folgenden Jahre, die erste elektrische Eisenbahn zu bauen.

Als die Verwendung des elektrischen Lichtes allgemein zu werden begann, erfand Edison alles hierzu nötige Installations-Material, wie Schalter, Sicherungen, Lampensockel, Untergrundkabel, das Dreileiter-System, elektrolytische Zähler usw. Die grundlegende Idee, und in vielen Fällen die erstmalige Form dieser Zugehörteile sind bis heute unverändert geblieben. Er war es auch, der erstmalig die Normalspannung von 110 V einführte. Die gesamte elektrische Lichtversorgung mit parallel geschalteten Lampen, oder wie es damals hieß, das „Edison-System", ist sein geistiges Verdienst.

In den Jahren 1887 bis 1890 nahm Edison den inzwischen in Vergessenheit geratenen Phonographen wieder auf und erfand den Wachszylinder und die Methode der Reproduzierbarkeit des Originales. Anfang der Neunzigerjahre schuf er den ersten kommerziell brauchbaren Kinomatographen mit perforiertem Filmband. Auf der Suche nach einem leichten Sammler erfand Edison nach ungemein mühevollen und langwierigen Versuchen 1905 den heute weit verbreiteten Nickel-Eisen-Akkumulator. Erzaufbereitung und Zementfabrikation verdanken Edisons unermüdlichem Suchen und Schaffen ihre heutige Grundlage. Während des Weltkrieges war Edison der Vorsitzende des Amerikanischen Naval Consulting Board, in welcher Stellung er der Marine etwa 40 Erfindungen zur Verfügung stellte, die Aufnahme und Verwendung fanden.

Es wird angenommen, daß das heute in Amerika investierte Kapital in jenen Industrien, die ihr Dasein vollständig oder zum größten Teile den Erfindungen Edisons verdanken, ungefähr 16 Milliarden Dollar ausmacht.

Edison ist ein reiner Praktiker, der den Versuch allen anderen Methoden vorzog, zu einem gewissen Ziele zu gelangen. Doch ist die allgemeine Annahme, daß er der Theorie abhold ist, unrichtig. Er hat sich stets der Hilfe von wissenschaftlich gebildeten Mitarbeitern versichert, die ihm aushalfen, wenn seine Experimente fehlgingen oder vielleicht nicht rasch genug zum Ziele führten.

Zu wiederholten Malen hat Edison gesagt:

„Wer eine Sache ausdenkt ist gänzlich belanglos. Von Belang ist nur der, wer diese Sache praktisch brauchbar und der allgemeinen Menschheit zugänglich macht."

Sehr bezeichnend für Edison ist schließlich seine Definition eines Genies:

1 % inspiration and 99 % perspiration.

Das Rechnen nach der Methode der symmetrischen Koordinaten.

Von Dr. Ing. Günther **Oberdorfer**, Wien.

I. Allgemeines.

Die großartige Entwicklung der Elektrotechnik in den letzten Jahrzehnten stellt den rechnenden und projektierenden Ingenieur vor immer schwierigere Aufgaben, zu deren Lösung oft ein äußerst umfangreicher mathematischer Aufwand erforderlich ist. Es ist daher nur zu begreiflich, wenn man immer wieder nach vereinfachenden Rechenmethoden spürt, die die Verhältnisse schneller und vor allem übersichtlicher überblicken lassen. Eine solche Methode wurde nun beispielsweise in den letzten Jahren in der Verwendung der sogenannten symmetrischen Koordination gefunden, die von C. L. Fortescue[1]) entwickelt wurde und erfolgreich für alle Untersuchungen an unsymmetrischen Mehrphasensystemen angewandt werden kann. Trotzdem bereits mehrfach Anwendungsbeispiele bekannt geworden sind, fehlte bisher in der deutschen

[1]) C. L. Fortescue: Transaction of American Institute of Electrical Engineers 1918.

Digitized by Google

Literatur eine methodische Zusammenstellung der neuen Rechnungsart; die außerordentlich fruchtbare Anwendungsmöglichkeit der Methode läßt es daher wünschenswert erscheinen, die Prinzipien der Rechnungsart zusammenzustellen und so einem weiteren Leserkreis zuzuführen. Ich verhehle nicht, daß ich mich hiebei teilweise an die Ausführungen ausländischer Autoren[2]) (siehe die entsprechenden Fußnoten) halte, soweit diese dem vorerwähnten Zwecke dienlich sind. Hiebei war es notwendig, vielfach Ergänzungen und Berichtigungen vorzunehmen, so daß die Veröffentlichung eines eigenen Aufsatzes neben den bereits bestehenden ausländischen Veröffentlichungen gerechtfertigt erscheint. Schließlich soll durch eine einmalige, möglichst klare und verständliche Festlegung der Bezeichnungsweise, des positiven Vektordrehsinnes, des Koordinatensystems usw., für spätere Aufsätze auf diesem Gebiet und speziell für die Veröffentlichung von Anwendungsbeispielen, die theoretische Grundlage geschaffen werden, so daß diese Beispiele vorgebracht werden können, ohne daß erst eine, doch immer nur auszugsweise Einführung in die Rechnungsart gebracht werden müßte.

Die Methode der symmetrischen Koordinatenzerlegung lehrt, daß man jedes unsymmetrische Drehstromsystem in drei Systeme zerlegen kann: in ein gleichphasiges (Nullkomponente) und zwei symmetrische dreiphasige mit gegenläufigem Drehsinn (mitläufige und gegenläufige Komponente). In diesem Sinne kann die Methode als Erweiterung der bereits seit längerer Zeit üblichen Anschauung, Einphasensysteme durch zwei gegenläufige Drehstromsysteme zu ersetzen, gelten[3]).

Durch Zerlegung des unsymmetrischen Systemes in die drei Komponenten, die jede unabhängig für sich betrachtet werden können, ist die Möglichkeit gegeben, mit den üblichen und allgemein bekannten Gesetzen der symmetrischen Systeme auszukommen und so die Anschaulichkeit bei Behandlung von Fragen in unsymmetrischen Systemen zu wahren. Besonders fruchtbar hat sich die Methode gezeigt bei der Behandlung von Erdschluß- und Kurzschlußfragen, sowie in der Berechnung der Leistungen in unsymmetrischen Systemen, was auch die bereits zahlreichen bisher erschienenen diesbezüglichen Veröffentlichungen[4]) beweisen.

II. Drehsinn, Operator „a".

Wir wollen unseren Ausführungen ein rechtwinkeliges Koordinatensystem zugrundelegen, wie es in Abb. 1 dargestellt ist. Die positive reelle Achse weise also nach rechts, die positive imaginäre Achse nach aufwärts. Der positive Drehsinn ist gegeben durch den kürzesten Weg, den die positive reelle Achse zurücklegen muß, um in die Richtung der positiven imaginären Achse zu gelangen. Die Vektoren rotieren demnach bei positiver Drehung entgegengesetzt dem Sinne des Uhrzeigers. Anstatt dessen lassen wir für unsere Betrachtungen besser eine Zeitlinie im Uhrzeigersinne rotieren. Wir betrachten drei gleich große, um 120° verschobene Vektoren $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{C}$. Hiebei eilt $\mathfrak{B}$ im Vergleich zu $\mathfrak{A}$ um 120° nach, während $\mathfrak{C}$ dem Vektor $\mathfrak{A}$ um 120° voreilt. Eine Voreilung entspricht also einer Verschiebung im positiven Drehsinne. Dementsprechend bedeutet auch die Multiplikation eines Vektors $\mathfrak{A}$ mit der imaginären Einheit $j = \sqrt{-1}$ eine Drehung desselben um 90° im positiven Drehsinn, entspricht also einer Voreilung gegenüber $\mathfrak{A}$. Das System $\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{C}$, das dadurch gekennzeichnet ist, daß der Vektor $\mathfrak{C}$ dem Vektor $\mathfrak{B}$ und dieser dem Vektor $\mathfrak{A}$ nacheilt, könnte als „Rechtssystem" bezeichnet werden. (Tatsächlich folgen auch die drei Vektoren rechtsläufig aufeinander, das heißt im Sinne des Uhrzeigers). Wir werden im folgenden das System jedoch als „mitläufiges" kurz „Mitsystem" bezeichnen und die Begründung dieser Bezeichnungsweise aus dem letzten Kapitel des Aufsatzes ersehen. Vertauscht man die Vektoren $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{C}$, so daß der Vektor $\mathfrak{C}$ dem Vektor $\mathfrak{B}$ und dieser dem Vektor $\mathfrak{A}$ voreilt, so bekommt man entsprechend ein „Linkssystem". (Die Vektorfolge ist jetzt auch linksläufig,

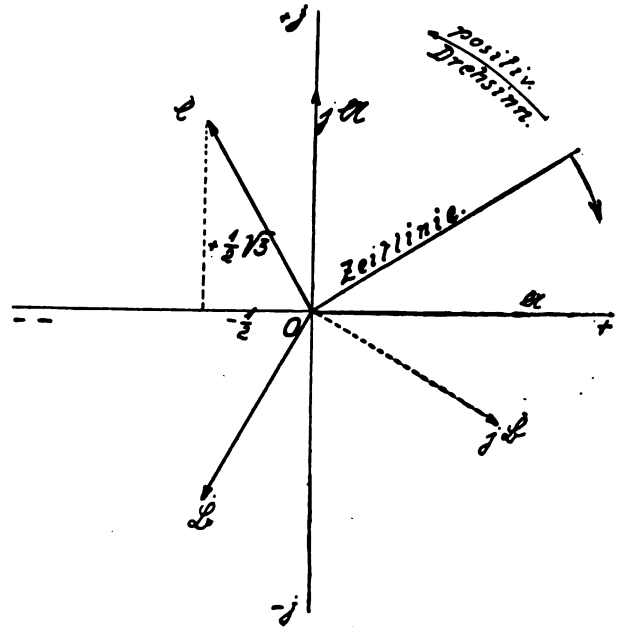


Abb. 1. Koordinatensystem.

das heißt entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn gerichtet.) Wir wollen im folgenden hiefür im Gegensatz zum „Mitsystem" die Bezeichnung „Gegensystem" einführen.

Wir wollen nunmehr versuchen, die Vektoren $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{C}$ durch $\mathfrak{A}$ auszudrücken.

Wie man aus der Abb. 1 ersieht, setzt sich der Vektor $\mathfrak{C}$ aus den beiden Komponenten $-\frac{1}{2}.|\mathfrak{C}|$ und $+j\frac{1}{2}\sqrt{3}|\mathfrak{C}|$ zusammen. Da der Absolutwert von $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{A}$ gleich ist, so erhält man demnach $\mathfrak{C}$ aus $\mathfrak{A}$ durch Multiplikation mit dem Faktor

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{1}{2}\sqrt{3} = e^{j\frac{2\pi}{3}} \quad \ldots . (1)$$

Das Produkt eines Vektors mit dem Operator a bedeutet also eine Verdrehung desselben um 120° im Sinne der Voreilung.

Der Vektor $\mathfrak{B}$ kann in gleicher Weise aus $\mathfrak{C}$ abgeleitet werden durch weitere Multiplikation mit a. Man hat also:

$$\mathfrak{B} = a.\mathfrak{C} = a.(a.\mathfrak{A}) = a^2\mathfrak{A} = \mathfrak{A}\left(-\frac{1}{2} - j\frac{1}{2}\sqrt{3}\right),$$

da:

[2]) P. Müller: Unsymmetrische Mehrphasensysteme. ETZ 1918, S. 343, 353.

[3]) Siehe auch F. Natalis: Unsymmetrische Drehstromsysteme. Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern 1926, V. Band, Heft 1.

[4]) Dr. Ing. Brüderlin: Die Induktionsmaschine als Phasenumformer; E. u. M. 1921, Heft 30, S. 361. — S. Bekku: Methode der symmetrischen Koordinaten und allgemeine Theorie der Erdschlußlöscheinrichtungen; Archiv für Elektrotechnik 1925, Band XIV, Heft 6. — A. P. Mackerras: Calculation of Single-Phase Short Circuits by The Method of Symmetrical Components; General Electric Review, Vol. XXIX, Nr. 4 und 7. — V. Genkin: La puissance électrique dans un circuit triphasé non équilibré; Revue Générale de l'Electricité, Tome XIX, Nr. 5. — A. Liénard: A propos de la définition de la puissance réactive; Revue Générale de l'Electricité, Tome XIX, Nr. 21. — S. Bekku: Synchronisierung zweier Drehstrom-Generatoren durch unsymmetrische Impedanzen. ETZ 1925, Heft 18.

Digitized by Google

$$a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{1}{2}\sqrt{3}.$$

Tatsächlich kennt man aus der Abb. 1 daß die beiden Komponenten von $\mathfrak{B}$

$$-\frac{1}{2} \text{ und } -j\frac{1}{2}\sqrt{3}$$

betragen. Eine weitere Drehung um 120° muß wieder in die Vektorlage $\mathfrak{A}$ zurückführen. Tatsächlich ist auch $a^3 = 1$.

Das Vektorsystem $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ läßt sich nunmehr nach dem Vorgesagten darstellen durch die drei Beziehungen

$$\begin{aligned} \mathfrak{A} &= \mathfrak{A}, \\ \mathfrak{B} &= a^2\,\mathfrak{A}, \\ \mathfrak{C} &= a\,.\,\mathfrak{A} \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots (2).$$

III. Zerlegung eines unsymmetrischen Drehstrom-Systemes in seine symmetrischen Koordinaten.

Nach L. C. Fortescue läßt sich jedes unsymmetrische Drehstromsystem in ein rechtsläufiges (auch mitläufiges genannt), ein linksläufiges (auch gegenläufiges genannt) und ein gleichphasiges (Nullsystem) zerlegen. Wir wollen die drei Teilsysteme als bekannt voraussetzen und rückwärtsgehend das resultierende System aus ihnen zusammensetzen.

Bezeichnen wir die Nullkomponenten, das sind die Komponenten des Nullsystems (in der Literatur auch Nullphasensequenzkomponente genannt) mit dem Index Null, so ist definitionsgemäß

$$\mathfrak{A}_0 = \mathfrak{B}_0 = \mathfrak{C}_0 \quad \ldots\ldots\ldots (3).$$

Die Mitkomponenten, das sind die Komponenten des Mitsystems (in der Literatur auch positive Phasensequenzkomponente genannt) mögen den Index „1" erhalten, während die Gegenkomponenten, das sind die Komponenten des Gegensystems (in der Literatur auch negative Phasensequenzkomponente genannt) durch den Index „2" gekennzeichnet sein sollen. Man erhält dann definitionsgemäß für das Mitsystem:

$$\begin{aligned} \mathfrak{A}_1 &= \mathfrak{A}_1, \\ \mathfrak{B}_1 &= a^2\,\mathfrak{A}_1, \\ \mathfrak{C}_1 &= a\,.\,\mathfrak{A}_1 \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

und für das Gegensystem

$$\begin{aligned} \mathfrak{A}_2 &= \mathfrak{A}_2, \\ \mathfrak{B}_2 &= a\,\mathfrak{A}_2, \\ \mathfrak{C}_2 &= a^2\,\mathfrak{A}_2 \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots (5).$$

Die drei Vektoren $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{C}$ des gegebenen unsymmetrischen Systems erscheinen also folgendermaßen durch ihre symmetrischen Komponenten dargestellt.

$$\begin{aligned} \mathfrak{A} &= \mathfrak{A}_0 + \mathfrak{A}_1 + \mathfrak{A}_2, \\ \mathfrak{B} &= \mathfrak{B}_0 + \mathfrak{B}_1 + \mathfrak{B}_2 = \mathfrak{A}_0 + a^2\,\mathfrak{A}_1 + a\,\mathfrak{A}_2, \\ \mathfrak{C} &= \mathfrak{C}_0 + \mathfrak{C}_1 + \mathfrak{C}_2 = \mathfrak{A}_0 + a\,\mathfrak{A}_1 + a^2\,\mathfrak{A}_2 \end{aligned} \quad \ldots (6).$$

Aus diesen drei Gleichungen erhält man durch Addition und unter Beachtung, daß

$$1 + a + a^2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

ist,

$$\mathfrak{A} + \mathfrak{B} + \mathfrak{C} = 3\,\mathfrak{A}_0 \quad \ldots\ldots\ldots (8).$$

Multipliziert man die zweite und dritte Gleichung von (6) einmal bezw. mit a und a^2, das zweite Mal bezw. mit a^2 und a und addiert wieder, so erhält man die weiteren Beziehungen

$$\mathfrak{A} + a\,\mathfrak{B} + a^2\,\mathfrak{C} = 3\,\mathfrak{A}_1 \quad \ldots\ldots (9)$$

und

$$\mathfrak{A} + a^2\,\mathfrak{B} + a\,\mathfrak{C} = 3\,\mathfrak{A}_2 \quad \ldots\ldots (10).$$

Aus den Gleichungen (8) bis (10) erhält man jetzt die symmetrischen Komponenten als Funktion der gegebenen drei Vektoren $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$. Liegt also ein unsymmetrisches System $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ vor, so sind dessen symmetrische Komponenten

$$\begin{aligned} \mathfrak{A}_0 &= \frac{1}{3}(\mathfrak{A} + \mathfrak{B} + \mathfrak{C}), \\ \mathfrak{A}_1 &= \frac{1}{3}(\mathfrak{A} + a\,\mathfrak{B} + a^2\,\mathfrak{C}), \\ \mathfrak{A}_2 &= \frac{1}{3}(\mathfrak{A} + a^2\,\mathfrak{B} + a\,\mathfrak{C}) \end{aligned} \quad \ldots\ldots (11).$$

Die graphische Konstruktion dieser Größen ist äußerst einfach und kann ohneweiters der Abb. 2 entnommen werden. Man hat nur die Vektorsummen der rechten Seiten der Gleichungen (11) zu bilden und den Summenvektor in drei Teile zu teilen. Die Nullkomponenten sind dann in allen Phasen gleichgerichtet zu zeichnen; die Mitkomponenten bilden ein Rechtssystem: die Gegenkomponenten ein Linkssystem.

Wie man sieht, ist die Zerlegung nach den Beziehungen (11) eindeutig möglich. Zur Kontrolle kann man die drei Gleichungen addieren, um wieder

$$\mathfrak{A} = \mathfrak{A}_0 + \mathfrak{A}_1 + \mathfrak{A}_2$$

zu bekommen.

Wir wollen nunmehr die drei symmetrischen Komponenten jede für sich betrachten und ihre spezi-

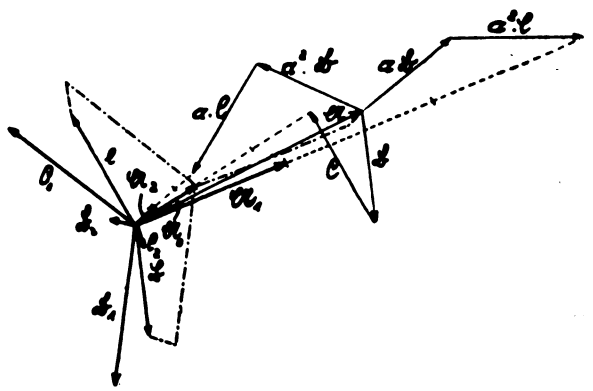


Abb. 2. Zerlegung eines unsymmetrischen Dreiphasensystemes in seine symmetrischen Komponenten.

fischen Eigenschaften und Gesetzte herleiten, an Hand deren die Berechnung von Beispielen leicht durchgeführt werden kann.

IV. Das Mitsystem.

Die Mitkomponenten eines unsymmetrischen Drehstromsystems bilden ein normales symmetrisches Dreiphasensystem, dessen einzelne Vektoren im Sinne des Uhrzeigers um 120° gegeneinander verschoben sind. Man sieht, daß das Mitsystem einer Drehstromgruppe im Falle eines Erdschlusses keinen Beitrag zum Erdstrom liefern kann, da ja die Stromsumme gleich Null ist und daher der in einer Leitung fließende Strom in den beiden übrigen zurückströmt.

Das Mitsystem ist gekennzeichnet durch seine „Mitspannungen" und „Mitströme". Die Mitströme J_1 errechnen sich aus den Mitspannungen E_1 nach den üblichen Gesetzen unter Verwendung der „Mitimpedanzen" Z_1. Es ist also beispielsweise bei einem dreiphasigen Netzkurzschluß mit der genannten Bezeichnungsweise der Kurzschlußstrom

$$J_1 = \frac{E_1}{Z_1}.$$

Das Mitsystem entspricht also einem normalen symmetrischen Drehstromsystem; die Mitimpedanzen sind die normalen Phasenimpedanzen. Es ist nunmehr erklärlich, warum wir für das rechtsläufige System die kurze Bezeichnungsweise „Mitsystem" gewählt haben. Es ist ja das Mitsystem nichts anderes, als ein symmetrisches Drehstromsystem, das mit den Generatorfeldern im Sinne ihrer Drehung „mitläuft".

Digitized by Google

V. Das Gegensystem.

Die Gegenkomponenten bilden ein gleichfalls symmetrisches Drehstromsystem, jedoch von verkehrtem Drehsinne. Ein Beitrag zum Erdstrom im Falle eines Erdschlusses erfolgt also ebensowenig wie es bei den Mitkomponenten der Fall war.

Das Schaltungsschema einer Anlage ist also in gleicher Weise für das Mit- als auch für das Gegensystem verwendbar, wenn nur die entsprechenden Gegenimpedanzen Z_2 eingeführt werden. Diese sind für alle stationären Apparate und Anlagenteile, wie Transformatoren, Freileitungen, Kabel usw., gleich den Mitimpedanzen. Die Gegenreaktanz von Synchronmaschinen ist jedoch, wie diesbezügliche Versuche zeigen, kleiner als ihre normale Phasenreaktanz. Ein näheres Eingehen auf diesen Punkt soll bei der Durchrechnung des praktischen Beispiels erfolgen.

VI. Das Nullsystem.

Das Nullsystem ist, wie schon erwähnt, dadurch gekennzeichnet, daß die Komponenten in allen drei Phasen gleich groß und gleich gerichtet sind. Die Probleme für das Nullsystem lassen sich daher in den

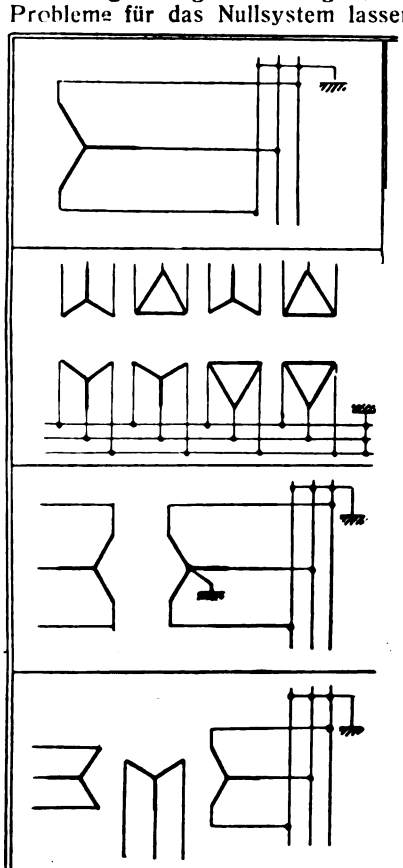


Abb. 3. Schaltungen, bei welchen kein Nullstrom auftrifft.

[1]) Dies gilt jedoch nur insolange, als der Transformator magnetischen Rückschluß besitzt, sei es durch Anordnung eines vierten Schenkels oder bei Aufstellung dreier Einphasentransformatoren. Bei den Dreiphasentransformatoren mit nur drei Schenkeln ist die Ausbildung eines beträchtlichen Nullstromes wohl möglich, wobei ein Streufeld gebildet wird, das sich durch die Luft oder Öl und Kessel schließt und mit den Sekundärwicklungen nicht verkettet ist. Die rechnerische Verfolgung dieser Erscheinung ist jedoch noch wenig geklärt (siehe M. Vidmar: Der Magnetisierungsstrom des Transformators und seine Oberwellen, E. u. M. 1923, Hefte 23 und 24).

meisten Fällen einpolig an Hand eines einpoligen Schaltschemas entwickeln. Führt eine Leitung Nullstrom, so muß unbedingt ein Rückweg für diesen Strom vorhanden sein, sei es in Form eines Nulleiters oder als Erdleitung. Hieraus geht hervor, daß bei Erdschlüssen es die Nullkomponente ist, die den Erdstrom liefert.

Die Untersuchung eines unsymmetrischen Systemes kann nunmehr so vorgenommen werden, daß man die Schaltbilder für das Mit-, Gegen- und Nullsystem entwirft und jedes seiner ihm eigentümlichen Eigenart entsprechend untersucht. Während nunmehr das Schema für das Mit- und Gegensystem, bis auf die Größe der Widerstände, gleich ausfällt, wird sich für das Nullsystem ein von dem Gesamtschaltbild abweichendes Schema ergeben, das hauptsächlich von der Schaltung der Generatoren und Transformatoren sowie von dem Umstande, ob diese Maschinen geerdet sind oder nicht, abhängen wird. In Abb. 3 und 4 sind jene Fälle übersichtlich zusammengestellt, in welchen Nullstrom fließen kann bezw. in welchen das Auftreten von Nullstrom unmöglich ist.

In nicht geerdeten Generatoren und Transformatoren kann kein Nullstrom fließen, da keine Rückleitung für den Nullstrom vorhanden ist. In allen übrigen Fällen geht man vorteilhaft vom Erdungspunkt aus und verfolgt die einzelnen Zweige des Netzes unter Beobachtung, ob ein Rückströmen des Nullpunktsstromes zur Erdungsstelle möglich ist; nur dann kann sich ein Nullstrom ausbilden.

Der Nullwiderstand jedes Leiters ist dem normalen Widerstandswert gleichzusetzen. Wird jedoch ein Widerstand in die Erdleitung geschaltet, so ist für den Nullwiderstand der dreifache Wert des normalen einzusetzen, da sich ja die Rechnung auf die Größe des Nullstromes einer Phase bezieht, der Widerstand in

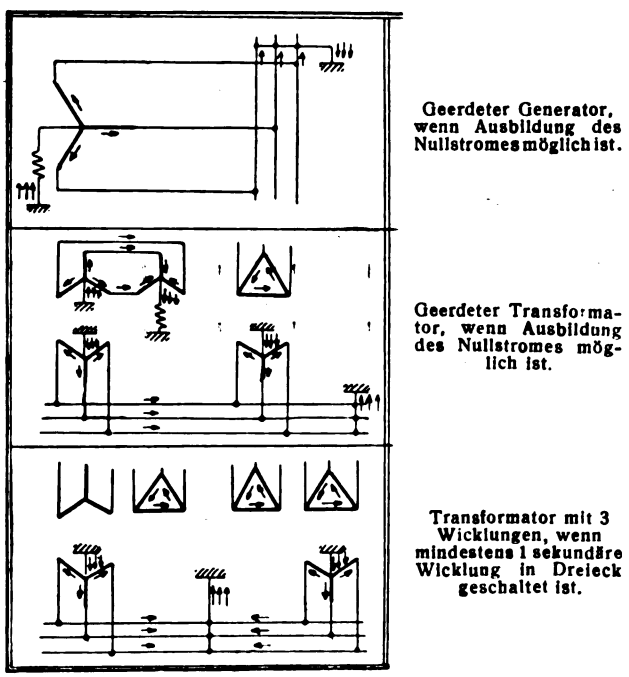


Abb. 4. Schaltungen, bei welchen Nullstrom fließen kann.

der Erd- oder Nulleitung jedoch vom gesamten Erdstrom, also vom dreifachen Phasennullstrom durchflossen wird.

Um die großen Vorteile, die die Anwendung der beschriebenen Methode bietet, besonders ins Licht zu stellen, sei im folgenden die allgemeine Berechnung von Kurzschluß- und Erdschlußströmen als Anwendungsbeispiel durchgeführt. Ein bezügliches Zahlenbeispiel möge, um den Umfang der vorliegenden Arbeit nicht zu sehr zu erweitern, einem späteren Aufsatz vorbehalten bleiben. Wir wollen hier nur die allgemeinen Formeln zur Berechnung der Kurzschlußströme ableiten.

VII. Berechnung der Kurzschlußströme.

Bevor wir an die Berechnung der Kurzschlußströme schreiten bezw. die diesbezüglichen Formeln ableiten, wollen wir noch die symmetrischen Widerstandskomponenten näher betrachten und praktische Zahlenwerte für dieselben ableiten. A. G. Mackerras

Digitized by Google

gibt in seinem Aufsatz[5]) nachstehende Tabelle über die Mit-, Gegen- und Nullreaktanzen von Synchronmaschinen. Hiebei bedeuten Z_1, Z_2, Z_0 bezw. die Mit-, Gegen- und Nullreaktanzen, K_{23} das Verhältnis des zweiphasigen zum dreiphasigen Kurzschlußstrom und K_{13} das Verhältnis des Erdschlußstromes zum dreipoligen Kurzschlußstrom. Die Werte für die Reaktanzen errechnen sich aus den Gleichungen

$$Z_2 = Z_1\left(\frac{1{\cdot}73}{K_{23}} - 1\right) \quad \ldots\ldots\ldots (12)$$

und

$$Z_0 = Z_1\left(\frac{3}{K_{13}} - 1\right) - Z_2 \quad \ldots\ldots (13).$$

In der Tabelle 1 ist die normale dreiphasige Reaktanz (= Mitreaktanz) als Einheit angenommen und die anderen in vH derselben ausgedrückt. Die Werte für K_{23} und K_{13} sind durch Versuche zu bestimmen. Obwohl bereits diesbezügliche Versuche vorliegen[6]), bleibt es weiteren Untersuchungen vorbehalten, ob die angegebenen Werte beizubehalten sind, oder ob in besonderen Fällen Abweichungen oder Ergänzungen vorzunehmen sind, Es ist jedenfalls zu bedenken, daß in der Tabelle für die Gegen- und Nullkomponenten nur Reaktanzen angegeben sind. Eine genauere Untersuchung der Verhältnisse zeigt, daß die ohmsche Komponente keineswegs vernachlässigt werden darf, da sie ganz beträchtliche Werte annehmen kann. Es ist ja auch ohneweiteres einzusehen, daß speziell die in der Dämpferwicklung verbrauchte Wattleistung von ausschlaggebendem Einfluß auf die Phasenlage und Größe der Gegenkomponenten des Kurzschlußstromes sein müssen.

Tabelle 1.

Mit-, Gegen- und Nullreaktanzen von Synchrongeneratoren.

Reaktanz	K_{23}	K_{13}	Z_1	Z_2	Z_0
Dauerreaktanz					
Schenkelpolläufer . .	1·28	2·0	1	35	15
Zylinderläufer	1·5	2·5	1	15	5
Stoßreaktanz	1·0	1·5	1	73	27

Eine exakte Ableitung der Größe der Gegenimpedanzen ergibt folgendes:
Nach den Angaben des nächsten Abschnittes ist der dreipolige Kurzschlußstrom in Phase S:

$$J_S = a^2 J_R = a^2 \frac{E_R}{Z_1}.$$

Der zweiphasige Kurzschlußstrom in derselben Phase ist:

$$J_S = J_{S1} + J_{S2} = a^2 J_{R1} + a J_{R2} = J_{R1}(a^2 - a) =$$
$$= -\frac{E_R}{Z_1 + Z_2}(a^2 - a).$$

Das durch Versuche bestimmbare Verhältnis des zweiphasigen zum dreiphasigen Kurzschlußstrom ist somit durch den Zahlenwert des Verhältnisses obiger Ausdrücke gegeben, also

$$K_{23} = \left|\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot \frac{a^2 - a}{a^2}\right| = \left|\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot \frac{3 + j\sqrt{3}}{2}\right|$$

oder

$$|Z_1 + Z_2| = \frac{\left|Z_1 \frac{3 + j\sqrt{3}}{2}\right|}{K_{23}}.$$

Man sieht also daß Z_2 eine ganz beträchtliche ohmsche Komponente besitzt, was am besten aus der Abb. 5 hervorgeht.

Wir tragen Z_1 und $Z_1 \frac{3 + j\sqrt{3}}{2}$ vom Koordinatenursprung O aus auf, unter Erhalt der Punkte 1 und 2. Für die angegebenen Werte von K_{23} ziehe man nun die Kreise mit den Radien

$$\frac{\left|Z_1 \frac{3 + j\sqrt{3}}{2}\right|}{K_{23}},$$

dann muß jeder Vektor von Punkt 1 an die Kreisperipherie einen rechnungsgemäß möglichen Wert für Z_2 geben, da ja dann obige Gleichung erfüllt ist. Eine Einschränkung ergibt sich mit der Überlegung, daß wir für Z_2 unbedingt induktive Impedanzen erhalten müssen; die Z_2-Vektoren müssen also unterhalb der Geraden 13 liegen, da man ja sonst kapazitive Impedanzen erhielte. Man kann den Bereich von Z_2 aber noch weiter einschränken, wenn man bedenkt, daß für das Gegensystem die Ständerstreu-

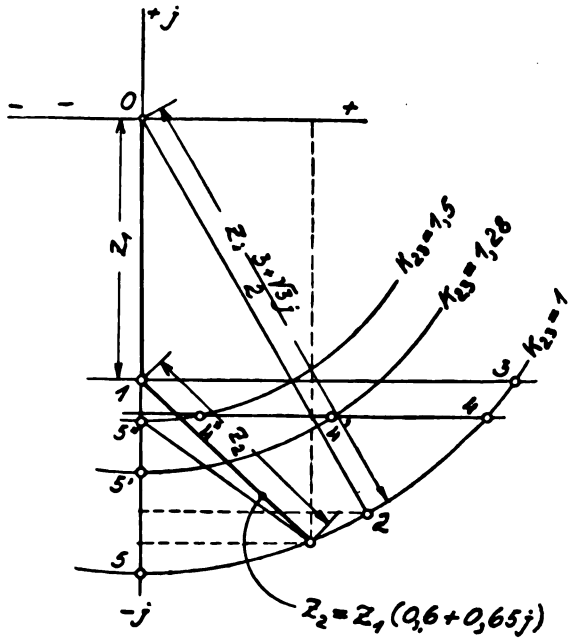


Abb. 5. Konstruktion der Gegenreaktanz von Synchronmaschinen.

reaktanz, soweit sie sich auf das Luftstreufeld bezieht, die gleiche ist, wie für das Mitsystem. Erfahrungsgemäß beträgt diese Streureaktanz etwa 12 bis 15 vH der Mitreaktanz Z_1. Zieht man daher im Abstand (0·12 bis 0·15) Z_1 von Punkt 1 die Parallele zur Geraden 13, so erhält man den endgültigen Bereich 45 bezw. 4′5′ und 4″5″ auf welchem sich der Endpunkt des Impedanzvektors Z_2 bewegen kann. Wie man sieht, ist es nicht ohneweiters angängig mit dem absoluten Wert des Kurzschlußverhältnisses zu rechnen, sondern notwendig, die Phasenlage der Impedanzvektoren zu beachten. Es sind also die Tabellenwerte mit Vorsicht anzunehmen und möglicht durch Versuchsergebnisse zu ergänzen, bezw. zu berichtigen.

Von erheblicher Wichtigkeit für die Berechnung der Kurzschlußströme ist ferner die möglichst genaue Ermittlung der Widerstandswerte der Freileitungen einschließlich der Erde als Rückleitung für den Erdschlußstrom. In der Berechnung der Reaktanzen der Schleife: Freileitung-Erde, herrscht heute noch keineswegs Einheitlichkeit. Diesbezüglich angestellte Versuche zeitigten weit voneinander abweichende Ergebnisse. In neuester Zeit hat R. Rüdenberg eine Theorie über die Ausbreitung der Erdströme längs Wechselstromleitungen aufgestellt, die durch Versuche übereinstimmend bestätigt wurde. Nach den dortselbst abgeleiteten Formeln können die Konstanten der Freileitung samt Erdrückleitung unschwer berechnet werden.

[5]) A. P. Mackerras: Calculation of Single-phase Short Circuits by the Method of Symmetrical Components: General Electric Review, Vol. XXIX, Nr. 4. — Siehe auch W. W. Lewis: Single-phase Short-circuits Calculations; General Electric Review, Vol. XXVIII, p. 487.

[6]) J. Biermanns: Überströme in Hochspannungsanlagen. Verlag Jul. Springer 1926, S. 223. — R. Rüdenberg: Kurzschlußströme beim Betrieb von Großkraftwerken. Jul. Springer 1925, S. 18 und 40.

Digitized by Google

Nachdem nunmehr alle Richtlinien zur Bestimmung der Konstanten des Netzes gegeben sind, wollen wir an die Ableitung der Gleichungen für die Berechnung der Kurzschlußströme schreiten.

Der dreiphasige Kurzschluß.

Der dreiphasige Kurzschluß verhält sich wie eine übermäßig große, symmetrische Belastung, die sich auf alle drei Phasen gleichmäßig aufteilt. Daraus ergibt sich von selbst, daß die Gegen- und Nullkomponenten Null sein müssen, da gar keine Ursache für deren Ausbildung vorhanden ist. Der dreiphasige Kurzschlußstrom errechnet sich also nach den normalen Rechenmethoden zu

$$J = \frac{E}{Z} = I_1 = \frac{E_1}{Z_1} \quad \ldots\ldots\ldots (17),$$

wenn E bezw. E_1 die Phasenspannung bedeutet. Da im Falle des dreiphasigen Kurzschlusses nur Mitkomponenten auftreten, können die Größen der Gleichung (17) mit dem Zeiger 1 versehen werden.

Der zweiphasige Kurzschluß.

Bezeichnet man mit E_R, E_S und E_T die dem Netz von der Stromquelle aufgedrückten Spannungen, so sind die Phasenmitspannungen an der Kurzschlußstelle

$$E_R - J_{R1} Z_1 \text{ in Phase } R,$$
$$E_S - J_{S1} Z_1 \text{ „ „ } S,$$
$$E_T - J_{T1} Z_1 \text{ „ „ } T.$$

Die Phasengegenspannungen ergeben sich in gleicher Weise als Differenz der aufgedrückten Gegenspannung 0 und der Spannungsabfälle, hervorgerufen durch die Gegenkomponente also

$$0 - J_{R2} Z_2 \text{ in Phase } R,$$
$$0 - J_{S2} Z_2 \text{ „ „ } S,$$
$$0 - J_{T2} Z_2 \text{ „ „ } T.$$

Die Nullkomponenten verschwinden mangels einer Erdverbindung. Die tatsächlichen Phasenspannungen an der Kurzschlußstelle sind also durch die Summe der beiden symmetrischen Spannungskomponenten

$$E - J_1 Z_1 - J_2 Z_2$$

gegeben, was eigentlich gleich hätte angeschrieben werden können, da ja die Spannung an irgendeiner Stelle des Netzes gleich sein muß der eingeprägten Spannung, vermindert um die Spannungsabfälle. Tritt nun beispielsweise zwischen den Phasen S und T Kurzschluß ein, so muß die Spannung zwischen den beiden Phasen (= Differenz der Phasenspannungen) verschwinden. Es ist also

$$E_S - E_T - J_{S1} Z_1 + J_{S2} Z_2 - J_{T1} Z_1 + J_{T2} Z_2 = 0.$$

Faßt man die zusammengehörigen, symmetrischen Komponenten zusammen, so vereinfacht sich diese Gleichung auf

$$E_R - J_{R1} Z_1 + J_{R2} Z_2 = 0.$$

Beachtet man noch die Beziehung

$$J_R = J_{R1} + J_{R2} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots (18),$$

so erhält man endgültig für die Mitkomponente des Kurzschlußstromes

$$J_{R1} = \frac{E_R}{Z_1 + Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots (19).$$

Die Gegenkomponente ist nach Gleichung (18) der Mitkomponente entgegensetzt gleichzusetzen.

Man errechnet nun leicht nach Gleichung (4) und (5):

$$J_{S1} = a^2 J_{R1},$$
$$J_{T1} = a J_{R1},$$
$$J_{S2} = a J_{R2} = -a J_{R1},$$
$$J_{T2} = a^2 J_{R2} = -a^2 J_{R1},$$

also

$$J_S = J_{S1} + J_{S2} = J_{R1}(a^2 - a),$$
$$J_T = J_{T1} + J_{T2} = -J_{R1}(a^2 - a) = -J_S.$$

Der in Phase S zufließende Strom fließt also, wie es ja auch sein muß, in Phase T wieder zurück. Hiebei sei auf eine Besonderheit des Rechnens mit Hilfe der symmetrischen Koordinaten hingewiesen, die sich auch im nächsten Abschnitt deutlich zeigen wird und die im Wesen der symmetrischen Zerlegung liegt: Obwohl der Kurzschluß nur zwischen zwei Phasen auftritt, erscheint derselbe für die symmetrischen Komponenten dreiphasig; die einzelnen Komponenten setzen sich nur in der Weise zusammen, daß sie sich in der einen Phase aufheben und so dortselbst den Gesamtstrom Null ergeben.

Der einphasige Erdschluß.

Beim einphasigen Erdschluß ist durch das Vorhandensein der Erdrückleitung die Möglichkeit zur Ausbildung der Nullkomponenten gegeben. Hiebei bilden sich die symmetrischen Komponenten der Ströme wieder so aus, als ob die Erdung dreiphasig erfolgt wäre. Aus dem Besonderfall, daß die Spannung der geerdeten Phase gegen Erde an der Erdschlußstelle Null ist, ergibt sich dann eine derartige Lage der Mit-, Gegen- und Nullströme, daß sich ihre Summen in der geerdeten Phase zum Erdschlußstrom, in den beiden anderen Phasen zu Null addieren.

Tritt in einem Drehstromsystem, bestehend aus Generator mit geerdetem Nullpunkt und Freileitung in Phase R ein Erdschluß auf, so gilt für den Stromkreis: geerdeter Nullpunkt-Generatorphase R (mit der induzierten Spannung E_R) - Leitung - Erdschlußstelle - Erdegeerdeter Nullpunkt die Gleichung:

$$E_R = J_{R0} Z_0 + J_{R1} Z_1 + J_{R2} Z_2,$$

worin die Produkte $J_R Z$ die Spannungsabfälle der Mit-, Gegen- und Nullkomponente bis zur Erdschlußstelle vorstellen.

Nach Gleichung (11) ist nun aber

$$J_{R0} = \frac{1}{3}(J_R + J_S + J_T) = \frac{1}{3} I_R,$$

$$J_{R1} = \frac{1}{3}(J_R + a J_S + a^2 J_T) = \frac{1}{3} J_R,$$

$$J_{R2} = \frac{1}{3}(J_R + a^2 J_S + a J_T) = \frac{1}{3} J_R,$$

also

$$J_{R0} = J_{R1} = J_{R2} = \frac{1}{3} J_R.$$

Der Erdschlußstrom ist also

$$J_R = 3 J_{R0} = \frac{3 E_R}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad \ldots\ldots (20).$$

Die symmetrischen Komponenten sind gleich groß und betragen je $^1/_3$ des Erdschlußstromes.

Rundschau.

Elektrische Meßkunde.

Einfache Kompensationsschaltungen zur Messung gegenseitiger Induktivitäten. Von W. Geyger. Die von A. Campbell angegebene Kompensationsmethode zur Messung gegenseitiger Induktivitäten, die auf der Gegeneinanderschaltung je der Primär- und der Sekundärseiten einer bekannten und der zu messenden gegenseitigen Induktivität beruht, hat den Nachteil, einer variablen bekannten Gegeninduktivität zu bedürfen. Abgesehen von der Umständlichkeit, die umfangreichere Eichungen hierdurch erfahren, können sich hier auch Ungenauigkeiten einschleichen. W. Geyger vermeidet diese Übelstände, indem er als Vergleichs-Gegeninduktivität einen konstanten Lufttransformator verwendet, diesen sekundär über einen abgreifbaren Wirkwiderstand schließt und die Sekundärseite der zu messenden Gegeninduktivität an diesen anlegt. Die durch den Wirkwiderstand verursachte Phasenverschiebung der an den Sekundärkreis angelegten Spannungen, läßt sich durch zweckmäßige Dimensionierung der Meßanordnung klein halten oder durch Kunstschaltungen berücksichtigen.

K.-M.

(Arch. f. Elektrot., Bd. 17, Heft 1, 1926.)

Digitized by Google

Spannungsteiler zur Prüfung von Spannungswandlern. F. B. Silsbee. Der Spannungsteiler dient beim Bureau of Standards zur Prüfung von Spannungswandlern in einem Spannungsbereich von 220 bis 30 000 V. Mit der angewendeten Nullmethode wird eine Genauigkeit von 0·01 vH des Übersetzungsverhältnisses und 0·3 min des Fehlwinkels bei einer Frequenz von 60 Per/s erreicht. Der Arbeitswiderstand W (Abb. 1), an den die Hochspannung geschaltet wird, beträgt im Ganzen 520 000 Ohm; er besteht aus 25 Teilen von je 20 000 Ohm und vier Teilen zu 10 000 Ohm. Die Teile sind aus Elementen von 1250 Ohm zusammengesetzt, die aus um 16 Karten (14 × 5·6 cm) aus Mikanit gewickeltem Manganindraht bestehen. Die Teilwiderstände sind in mit Öl gefüllten Messingkästen untergebracht, die an Punkte eines parallel zum Arbeitsstrom geschalteten Schutzstromkreises G von gleichem Widerstand und gleicher Bauart angeschlossen sind, um die Metallhülsen auf dem mittleren Potential des betreffenden Teilwiderstandes zu halten. Die Mikanitkarten sind an Glasstäben aufgehängt. Die gesamte Widerstandsanordnung ist auf hölzernen Rahmen untergebracht, welche durch Hochspannungsisolatoren getrennt übereinander angeordnet sind. Die beiden Widerstände W und G werden mittels des Umschalters T parallel zur Primärwicklung P des zu prüfenden Wandlers, dessen anderer Pol geerdet ist, angeschlossen. Die Sekundärwicklung S des Wandlers liegt mit einem Pol ebenfalls an Erde, der andere Pol ist über das Wechselstrom-Galvanometer G_1 mit einem Punkt des Spannungsteilers verbunden, dessen Widerstand R_2

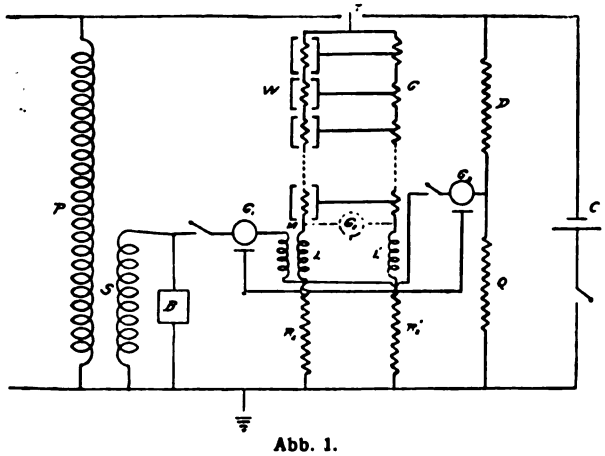


Abb. 1.

gegen Erde ungefähr 2000 Ohm beträgt. Die Sekundärspannung des Wandlers ist so dem Spannungsabfall an R_2 gegengeschaltet. Vom Spannungsteiler wird so viel Widerstand eingeschaltet, daß die Stärke des Arbeits- und Schutzstromes ungefähr 0·05 A beträgt. In den Kreis von G_1 ist die eine Spule M einer gegenseitigen Induktion eingeschaltet, die andere Spule L liegt im Spannungsteiler W, eine analoge Selbstinduktion L' und ein Widerstand R_2' gleicher Größe wie R_2 liegt im Kreis G. Zur Prüfung wird die Bürde B der Sekundärwicklung eingestellt und mit dem Wechselstromgalvanometer als Indikator durch Änderung von R_2 und M vorläufig Gleichgewicht eingestellt. Darauf wird das Galvanometer, wie strichliert angedeutet, zwischen den Spannungsteiler und einen analogen Punkt des Schutzwiderstandes geschaltet und durch Änderung an letzterem wieder Gleichgewicht eingestellt. Nunmehr wird nach Zurückschalten des Galvanometers das endgültige Gleichgewicht an R_2 und M hergestellt. Darauf wird der obere Pol des Spannungsteilers mittels des Umschalters T von der Hochspannung abgeschaltet und dabei W in eine Wheatstonesche Brücke gelegt, aus den Teilen W, R_2, Q und D gebildet, in der mit Gleichstrom aus der Batterie C das Verhältnis der beiden Teile zu beiden Seiten des Teilungspunktes gemessen wird. Bei hohen Spannungen ist diese Nachmessung wegen der nicht unbeträchtlichen Erwärmung im Interesse der Meßgenauigkeit notwendig. Die Konstanten des Transformators ergeben sich aus den beiden folgenden Gleichungen

$$N = (1 + D/Q)\cos\Theta,$$

worin N das Übersetzungsverhältnis, Θ den Phasenwinkel des Transformators in min bedeutet und

$$\Theta = \frac{3438\,\omega}{R_2}\left(M - \frac{L_w}{N}\right),$$

wenn L_w die Gesamtinduktion im Kreis W in Henry sei.

In ausführlicher Weise erörtert dann der Autor die Fehlerquellen der Meßanordnung und die Bestimmung der diesbezüglichen Korrektionen.

Dr. Bo.

(Scientific papers Bureau of Standards, Nr. 516, 1926.)

Das Verhalten elektrischer Meßgeräte bei Überstrom. Dr. G. Keinath. Die Überströme in elektrischen Anlagen wirken sich auf elektrische Zeigermeßgeräte und auf Meßwandler thermisch und dynamisch aus. Die thermische Beanspruchung besteht darin, daß parallele Leiter mit entgegengesetzt gerichteten Strömen abgestoßen, mit gleichgerichteten Strömen zusammengezogen werden. Ein charakteristisches Beispiel dafür sind die Stromeinführungen in die Topfwandler gebräuchlicher Bauart. An den Erzeugerstellen hat man zuweilen mit Stoßkurzschlußströmen bis zu 100 000 A zu rechnen. Sind die Leitungen nicht ganz fest versteift, so stoßen sie sich ab und zertrümmern dabei den Isolator und führen den Überschlag herbei. Bei der genannten Stoßstromstärke ist es kaum möglich, mit Porzellanisolatoren auszukommen, man muß entweder Hartpapierisolatoren verwenden oder besonders kurzschlußfeste Stab- und Schleifenwandler, bei denen die Leiter ungleiche Stromrichtungen haben und die in viel größerem Abstand auseinander liegen. Bei Meßinstrumenten äußert sich die dynamische Wirkung seltener auf die Wicklung, meist auf das bewegliche Organ. Man ist durch geschickte Konstruktion imstande, auch diese Wirkungen unschädlich zu machen. Die thermische Wirkung eines Stromes drückt man am zweckmäßigsten durch den Sekundenstrom im n-fachen Betrage des Nennstromes aus. Für Zeigermeßgeräte ist die thermische Festigkeit ungefähr der 25 bis 30fache Nennstrom für 1 sec, bei Stromwandlern schreiben die deutschen Regeln den 50 bezw. 60fachen Sekundenstrom vor. Die amerikanischen Regeln fordern nur den 40fachen Sekundenstrom, während die Vorschläge für die Tschechoslowakei auf den 65fachen Sekundenstrom hinaufgehen. In der Praxis wird zuweilen noch höhere thermische Festigkeit gefordert, man kommt damit unter Umständen bis zum 200fachen Sekundenstrom. Von den praktischen Maßnahmen zur Erhöhung der thermischen und dynamischen Überstromfestigkeit ist in erster Linie die Verwendung von solchen Meßwerken zu nennen, bei denen die Skala gegen das Ende zu zusammengedrängt ist. Die Schlagwirkung beim Einschalten eines Überstromes wird dann verhältnismäßig gering. Hartmann & Braun haben ein Spezialinstrument gebaut, das dynamisch unbegrenzt kurzschlußfest ist. Es wurde dabei ein Gegendrehmoment verwendet, das bei starkem Überstrom den Zeiger wieder rückwärts treibt. Am wirksamten ist die Zwischenschaltung eines Stromwandlers, weil man diese sowohl thermisch als dynamisch fast unbegrenzt kurzschlußfest bauen kann. Der Stromwandler hat die Eigenschaft bei Verwendung von wenig Eisen den Sekundärstrom bei weitem nicht so stark ansteigen zu lassen wie der Primärstrom ansteigt und auf diese Weise das Instrument vollkommen zu schützen. Ein anderer Weg besteht darin, daß man in den Sekundärkreis der Stromwandler ein Relais schaltet, das für sich sehr kurzschlußfest ist und das beim Auftreten eines Überstromes die gefährdeten Meßinstrumente kurzschließt. Das Relais selbst kann den 100fachen Sekundenstrom aushalten, ist also an thermischer Kurzschlußfestigkeit einem Stromwandler überlegen. Ein Oszillogramm zeigt, daß beim zehnfachen Überstrom das Relais schon nach 0·04 sec angesprochen hat und daß dann der Instrumentenstrom auf 0·1 seines Nennwertes gesunken ist. K.

(Die Meßtechnik, Bd. 2, Hefte 12 und 13, 1926.)

Digitized by Google

Stromverteilung.

Einheitsbauweise für Freiluftstationen. L. M. Smith und K. M. Ferril. Anläßlich der Errichtung von elf 110 kV-Freiluftstationen, hat eine Elektrizitätsgesellschaft in Alabama (V. St. A.) Untersuchungen über die wirtschaftlichste Bauweise solcher Anlagen angestellt. Sie ist dabei zu dem Ergebnis gelangt, den Bau geschlossener Gerüste vollständig zu vermeiden und die Zahl der Isolatoren auf das geringste Maß zu beschränken. Die Anlagen werden in Flachbauart[1]) erstellt, für das Abspannen der Leitungen und Sammelschienen sind Maste ähnlich jenen für Freileitungen vorgesehen. Die Trennschalter werden auf eigenen kleinen Gerüsten dazwischen aufgestellt. Bemerkenswert ist, daß jeder Ölschalter samt seinen beiden Trennschaltern mittels eines dritten Trennschalters überbrückt werden kann, um ihn ohne Störung des Betriebes untersuchen zu können. Die zu Drehstromgruppen geschalteten Einphasentransformatoren sind so angeordnet, daß ein jeder durch den Reservetransformator ersetzt werden kann, ohne daß einer von ihnen seinen Aufstellungsplatz verlassen muß. Alle Bauteile, wie Maste, Gerüste und dergleichen werden für sämtliche elf Stationen einheitlich entworfen, so daß nur wenig verschiedene Typen herzustellen sind. A. Fr.

(Electrical World, Bd. 88, Heft 16, 1926.)

Die Wirtschaftlichkeit der Spannungsregelung in Drehstromnetzen[2]) untersucht Dr. Ing. B. Jansen. Der Aufsatz behandelt die Spannungsregelung mit Stufentransformator, Induktionsregler und Synchronphasenschieber, wobei die Vergleiche auf eine große wirtschaftliche Überlegenheit des Stufentransformators hinauslaufen. Nachdem einleitend eine mit einigen normalen Schaltelementen zusammengestellte Schalteinrichtung für Stufentransformatoren mitgeteilt wird, sind zwei Betriebsfälle, für Mittel- und für Hochspannung durchgerechnet. Das erste Beispiel vergleicht einen Doppelreihentransformator, einen Reihen-Stufentransformator und einen Doppel-Induktionsregler, alle für 15 kV, 3000 kVA und ± 5 vH Regelbereich. Den Ermittlungen ist die Annahme zugrunde gelegt, daß bei 3000 Benutzungsstunden die Verluste 25 vH der Vollast-Kupferverluste betragen. Das Ergebnis ist: Die Spannungsregelung kostet mit dem Induktionsregler 2·25 vH, mit dem Doppelreihentransformator 0·85 vH, mit dem Reihenstufentransformator 0·67 vH der gesamten Stromkosten. Das zweite Beispiel behandelt die Spannungsregelung auf der Oberspannungsseite und zieht Blindstromregelung und Stufentransformator bei 60 kV, 10 000 kW (Spitze) 3500 Benutzungsstunden und einer 100 km langen Fernleitung in Vergleich. Beachtenswert ist hiebei die Berücksichtigung der bei Blindstromregelung entstehenden Verluste, die bei verschiedenen Betriebszuständen, je nachdem ob voreilender oder nacheilender Blindstrom anzuwenden ist, sehr verschieden sind. Das Ergebnis ergibt die Kosten mit 0·75 vH gegen 6·4 vH wieder stark zugunsten des Stufentransformators. Daß die Blindleistungsregelung nichtsdestoweniger ihre wesentlichen Vorteile hat — Beeinflussung des cos φ Erhöhung der übertragbaren Leistung usw. — ist zum Schluß kurz erwähnt. A. Fr.

(ETZ, Bd. 47, Heft 42, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Das Aufzeichnen von Ausschwingbildern bei unregelmäßiger Leitungsführung, zum Beispiel beim Übergang von Endabspannmasten zur Schaltstation und dergleichen beschreibt C. D. Gibbs. Man zeichne zuerst die durch Rechnung oder Zeichnung ermittelte Durchhangslinie der zu untersuchenden Spannweite auf, wobei in den meisten Fällen das schräge Spannfeld durch ein wagrechtes ersetzt werden kann, wie dies in Abb. 2 Kurve *f* geschehen ist, wo *AB* die zu untersuchende Spannweite darstellt. Diese wird jetzt in eine Anzahl gleicher Teile geteilt und so die Durchhangswerte 1—11, 2 — 12 usw. festgestellt. Hierauf werden die Befestigungspunkte an Mast und Station in ihrem senkrecht zur Achse der Leitung gelegten Riß aufgezeichnet. Die Strecke *A'B'* entspricht nun in diesem Bild (Abb. 3) der Spannweite *AB*. Sie wird wieder in die gleiche Anzahl gleicher Teile geteilt wie früher bei Abb. 2. Der in bekannter Weise aus Winddruck *CD* und Eigengewicht *BC* ermittelte Ausschwingwinkel α (Um streng richtig zu sein, muß der Winddruck der zur Ermitttlung von α dient mit $\cos^2\beta$ multipliziert werden, worin β den Winkel bedeutet, den der Grundriß von *A'B'* mit der

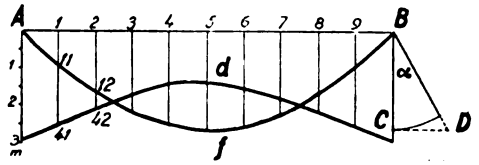


Abb. 2.

Leitungsachse einschließt, wobei der Wind senkrecht zur Leitungsachse angenommen ist. Der Ber.) wird von der Vertikalen in der Windrichtung aufgetragen und die Strecken 1′ — 21 gleich 1 — 11, 2′ — 22 gleich 2 — 12 usw. gemacht. Die so gewonnenen Punkte 21, 22 usw. geben die Lage der Punkte 11, 12 usw. an, die diese unter dem Einfluß des Windes annehmen. Ebenso wird der zweite Leiter *A″B″* behandelt. Da nun die Punkte 21 und 31 in der gleichen, zur Bildebene parallelen Ebene liegen, läßt sich ihre Entfernung unmittelbar dem

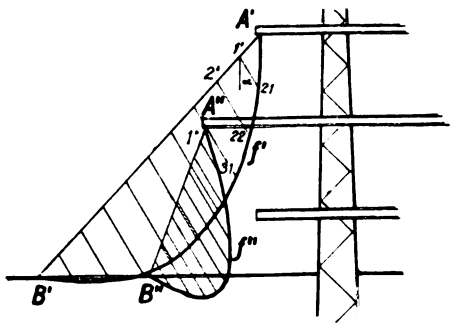


Abb. 3.

gezeichneten Riß entnehmen. Trägt man die so gemessenen Entfernungen in der Abb. 1 an den Punkten 1, 2 usw. wieder auf, so erhält man die Kurve *d*, welche die gegenseitige Entfernung der beiden Leiter angibt, was ja das Ziel des Ausschwingbildes ist. Man sieht also, daß sich die beiden Leiter in der Nähe der Ordinate 5 am nächsten kommen und kann beurteilen, ob diese Näherung noch zulässig ist. In gleicher Weise sind natürlich die übrigen in dem Spannfeld verlegten Seile zu untersuchen, ebenso können Durchhänge bei anderen Zuständen ebenfalls verglichen werden. In der Abb. 2 wurde hierauf der Übersichtlichkeit wegen verzichtet. A. Fr.

(Electr. World, Bd. 88, Heft 16, 1926.)

Installationstechnik.

Mechanische Festigkeit von Schutzkappen. Schutzkappen für Schalter und Steckdosen sind am Befestigungsort Stößen und Schlägen ausgesetzt und müssen ihnen gewachsen sein, was auch die Vorschriften ausdrücklich fordern. Im Laboratorium der AEG für Installationsmaterial wurden diesbezügliche Versuche angestellt, über welche Obering. Grünwald, Annaberg, berichtet. Da die Vorschriften die Forderung bezüglich der Festigkeit nicht präzisieren, haben Clement und Höpp[1]) die Prüfzange vorgeschlagen, welche aber dadurch, daß sie vom Hohlraum der Kappe nach außen wirkt, die Wirklichkeit nicht nachahmt. Es wur-

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1926, Seite 652.
[2]) Vgl. a. Burger, E. u. M. 1926, S. 163.

[1]) ETZ 1923, Heft 9.

Digitized by Google

den nun an verschiedenen Kappen Festigkeitsversuche angestellt, wobei die Zugfestigkeit durch Anhängen von Gewichten am Rand, die Druckfestigkeit durch einen einarmigen, mit einem Gewicht belasteten und durch einen Stempel außen drückenden Hebel, die Schlagfestigkeit durch einen pendelartig aufgehängten Hammer geprüft wurden. Endlich wurde auch die Wärmebeständigkeit untersucht. Die Proben zeigen je nach der Form und dem Material der Kappen stark abweichende Ergebnisse, welche mit der Prüfzangenprobe schlecht übereinstimmten, so daß sich dieselbe als ungenügend erwies. Eine Proportionalität zwischen Zug- und Druckfestigkeit, Zug- und Schlagfestigkeit, sowie zwischen Druck- und Schlagfestigkeit besteht nicht. Für neue Proben wurde ein besonderer Apparat in Form eines Gleitbahnfallwerkes gebaut, mit welchem die Schlagarbeit gemessen wurde, welche zur Rißbildung und Bruch führte. Die Ergebnisse zeigt folgende Tafel:

Kappe	Gewicht g kg	Wärmebeständigkeit °C	Randhöhe mm	Prüfung $G:5=h$ (cm)	Riß bei $h=$ cm	Bruch bei $h=$ cm
1	175	96	42	35 Riß	60	70
2	45	110	20	9 gut	30	55
3	45	110	20	9 „	30	55
4	30	170	27	6 „	50	55
5	27	77	21	5 „	10	25
6	23	160	14	4·5 „	10	12·5

Bei den Versuchen wirkte das Gewicht stets in axialer Richtung ohne Zwischenlage. Es wurde darauf Rücksicht genommen, daß die Stoßwirkung von der Masse (Gewicht) des gestoßenen Körpers abhängt, daß alle Kappen sehr ähnliche Formen besitzen und daß die Oberflächen bei gleichen Wandstärken ungefähr mit der Masse zunehmen. Deshalb wurde das Gewicht bei den Versuchen stets berücksichtigt. Es wurde noch festgestellt, daß die kleinen Kappen bis 180 kg, die großen bis 250 kg Druck aushalten, so daß sie durch Darauftreten bei der Montage nicht leicht beschädigt werden können. Auch die ruckweise Beanspruchung durch einen im Gehen befindlichen und darauftretenden Fuß schadet nicht. Die Vorschriften können natürlich aus wirtschaftlichen Gründen nicht alle Fälle höherer Gewalt decken, es genügt die Erfahrungen unter normalen Verhältnissen in Rechnung zu ziehen. Deshalb ist der Vorschlag ausreichend, zur Prüfbeanspruchung das fünffache Kappengewicht aus einer Fallhöhe von 20 cm wirken zu lassen. Mehr ist nicht nötig, weil im Gebrauch beim Stoß das Gewicht der Kappe entgegenwirkt und auf die Schalterteile nur $^5/_6$ des anfänglichen Stoßgewichtes wirkt. Der Prüfvorschlag geht also dahin, daß bei einem Fallgewicht von 500 g die Fallhöhe h (cm) aus dem Gewicht G (g) der Kappe durch $h=G:5$ zu berechnen ist. Für kleinere Kappen kann eventuell eine größere Beanspruchung gefordert werden. Ho.

(ETZ, Bd. 47, Heft 44, 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Nutzbremsverfahren der Schnellzugslokomotive Nr. 242 BE 1 für die Paris — Lyon — Mediterranée-Bahn. A. Laternser beschreibt die bei der obigen von der Maschinenfabrik Oerlikon gelieferten Lokomotive der P. L. M.[1]) verwendete Nutzbremsschaltung. Laut Pflichtenheft soll die Lokomotive, die für Gleichstrom 1500 V gebaut ist, einen Zug von insgesamt 420 t auf 30 vT (Teilstrecke Culoz - Modane der Mont Cenis - Bahn) mit 35 bis 40 km/h unter ausschließlicher Benützung der Nutzbremseinrichtung talwärts befördern. Für die Ausbildung der Nutzbremsschaltung waren die folgenden Erwägungen maßgebend. Bei den sonst üblichen Schaltungen, bei denen die Gleichstromhauptschluß-Triebmotoren zum Zweck der Rekuperation bekanntlich fremd erregt werden und zur Erzielung eines elastischen Verhaltens eine Gegenkompoundwicklung am Erregergenerator oder ein sogenannter Ausgleichs- oder Dämpfungswiderstand vorgesehen ist, besitzt mindestens ein Teil der Charakteristiken für Bremszugkraft-Geschwindigkeit die Eigenschaft, daß die Zugkraft nur bis zu einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit mit dieser zunimmt, bei Überschreiten dieser Geschwindigkeit jedoch mit zunehmender Geschwindigkeit wieder abnimmt. Diese Erscheinung ist sehr unangenehm, da sie ein labiles Verhalten der Triebmotoren in mechanischer Hinsicht darstellt und den Bereich oberhalb gewisser Geschwindigkeiten für Nutzbremsung unbrauchbar macht. Die von Oerlikon verwendete Schaltung, die in der Abb. 4 dargestellt ist, vermeidet dies in der Weise, daß die Gegenstromwicklung des Erregergenerators bei niederen Anker-, bezw. Bremsströmen das Feld des Erregergenerators in verhältnismäßig höherem Maße schwächt wie bei größeren Bremsströmen; denn das Verhältnis vom Strom i_c in der Gegenkompoundwicklung zum Strom i_2[1]) im Widerstand r_2 wird bei zunehmendem Bremsstrom immer kleiner. Dadurch wird die Krümmung der Zugkraft-Geschwindigkeits-Charakteristik für die Nutzbremsung stark verkleinert und der Beginn des labilen Zweiges weit über die Höchstgeschwindigkeit hinausgeschoben. Ein weiterer Vorteil der Schaltung besteht darin, daß der Widerstand r_1 mit verhältnismäßig hoher Selbstinduktion ausgestattet werden kann. Bei plötzlichen Stromstößen wird die Reaktanz von r_1 diese Stöße induktiv abdrosseln und sie auf den parallel geschalteten Widerstand r_2 umleiten. Dieser kommt daher mit seinem vollen Ohmwert zur Geltung, der entsprechend größer ist als der Kombinationswiderstand r_1 und r_2 und somit die dämpfende Wirkung dann noch vergrößert. Die Schaltung kann für Serien-, Serienparallel- und Parallelschaltung der Triebmotoren in gleicher Weise benützt werden. Der Erregergenerator wird von einem Kompoundmotor mit konstanter Drehzahl angetrieben und besitzt bei der beschriebenen Lokomotive eine Leistung von 38 kW bei 38 V. Die Ausführung der Nutzbremsschaltungen erfolgt durch zwei elektropneumatisch betriebene Wendeschalter, sowie einen Bremsumschalter. Die zusätzlichen Einrichtungen für Nutzbremsung haben ein Gewicht von insgesamt rund 2·7 t, das sind 6 vH der gesamten elektrischen Ausrüstung (45 t). B. G.

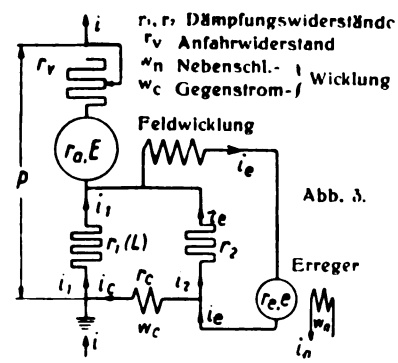


Abb. 3.

Abb. 4.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 61/62, Juli/August 1926.)

Diesellokomotiven im Kleinbahnbetrieb. Die wärmetechnische Unwirtschaftlichkeit der Dampflokomotive bildet den Ausgangspunkt der Bestrebungen zur Erreichung einer besseren Energieausnutzung im Bahnbetriebe. Da sich die Elektrisierung erst von einer großen Verkehrsdichte an rentiert, ist man auf der Suche nach einem günstigen Fahrzeug für schwächer befahrene Strecken. In der dieselelektrischen Lokomotive hat man ein Fahrzeug mit 25 vH Ausnutzung der Brennstoffenergie bis zum Radumfang. Dipl. Ing. A. Buttler stellt eine Vergleichsformel für Dampf- und dieselelektrische Lokomotiven auf, welche Verzinsung und Tilgung, Brennstoffausgaben für Fahrt, für Dampfhalten und Anheizen einführt, und den Einfluß der Brennstoffpreise, der Lokomotiv-Jahresleistung und des Gewichts und des Preises berücksichtigt. Die Be-

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 442.

[1]) In der Abb. irrtümlich mit i_e bezeichnet.

Digitized by Google

rechnung macht verschiedene, genau umschriebene vereinfachende Voraussetzungen und gibt eine gute Unterlage, durch entsprechende Änderungen besonderen Verhältnissen Rechnung zu tragen. Es ergibt sich für russische Verhältnisse, das heißt bei etwa 27 Mk/t Kohle und 70 Mk/t Rohöl die unbedingte Überlegenheit der dieselelektrischen Lokomotive bei 5 Stunden täglicher Fahrzeit. Je kürzer die Bereitschaftszeit und die reine Fahrzeit der Dampflokomotive ist, umso kleiner ist die Lokomotivleistung, bei welcher die dieselelektrische Lokomotive bei gleicher Jahresleistung noch wirtschaftlich gleichwertig ist. Bei Deutschen Preisen von 23 Mk/t Kohle und 115 Mk/t Rohöl ergeben sich bei t h Bereitschaftszeit und T h Fahrzeit im Tag und den Werten

für	Dampflokomotive	Dieselelektr. Lokomotive
Anschaffungspreis	M/t 1350	3000
Gewicht je PS	100	150

die folgenden Zahlen:

	$T=2$	$T=6$	$T=10$	$T=14$	$T=16$
$t=2$	52	59	69	83	12
$t=6$	61	70	82	97	108
$t=10$	70	81	95	112	—
$t=16$	84	97	—	—	—

Nimmt man jedoch die Jahresleistung der dieselelektrischen Lokomotive zum 1·3 fachen der Dampflokomotive an, so wird bei $t=10$ h und $T=6$ h die obere Leistungsgrenze der dieselelektrischen Lokomotive etwa bei 300 PS liegen. Gewichts- und Preisverminderung etwa durch Ersatz der elektrischen durch eine mechanische oder hydraulische Kraftübertragung erhöhen die wirtschaftliche Grenzleistung der Diesellokomotive bedeutend. Wl.

(AEG-Mitteilungen, Heft 11, 1926.)

Elektrische Apparate.

Kühlung von Quecksilberdampf-Großgleichrichtern. O. Seitz gibt einen Überblick über die für Zylinder und Quecksilberdampfpumpen in Frage kommenden Kühlarten, Bauart BBC, die das Gemeinsame aufweisen, daß sie durchwegs geschlossen ausgeführt werden, so daß allen vorkommenden örtlichen Verhältnissen entsprochen werden kann. Es sind dies: 1. die direkte Kühlung durch Frischwasser, die mit Rücksicht auf Erdschlußstrom bloß bis 2000 V Gleichspannung angewendet wird. Wasserunterbruchmelder können für Alarmierung, Wasserabschlußventile für Fernsteuerung in die Wasserleitung eingebaut werden. Der Wasserverbrauch beträgt bei 15° Eintrittstemperatur durchschnittlich 1 l/min und 100 A Gleichstrom. 2. Die indirekte Kühlung durch Frischwasser mit Umwälzpumpe und Gegenstromkühler, die ebenfalls bloß bis 2000 V verwendet wird, und zwar in jenen Fällen, wo Wasser zwar in genügender Menge vorhanden ist, jedoch wegen chemischer oder mechanischer Verunreinigungen für direkte Kühlung nicht in Frage kommt. Der Rückkühler wird von Zeit zu Zeit gereinigt. Der Wasserverbrauch stellt sich ungefähr wie vor. 3. Die Rückkühlung mit natürlichem Luftzug, und zwar: *a*) Mit Umwälzpumpe und luftgekühlten Kühlelementen, eventuell vom Kamin umgeben, in Fällen von Wassermangel oder teuerem Wasser, bei isolierter Aufstellung auch für Spannungen über 2000 V verwendbar, jedoch wegen der geringen Kühlwirkung bloß für niedrige Raumtemperaturen empfehlenswert. *b*) Mit Wasserreservoir und Umwälzpumpe für Spannungen unter 2000 V, speziell für kleine und intermittierende Belastungen geeignet. 4. Die Rückkühlung mit künstlichem Luftzug als allgemeinste Lösung bei Wassermangel bis zu Raumtemperaturen von 40° C geeignet, bei isolierter Aufstellung für beliebig hohe Spannungen, bestehend aus: Lamellenkühler, Zentrifugal-Ventilator und Pumpe, nebst Antriebsmotoren. Der Kraftverbrauch für die beiden Motoren stellt sich bei 25° Übertemperatur auf zirka 0·7 kW pro 1000 A. Mi.

(BBC-Mitteilungen, Heft 12, 1926.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Fernsprech- und Telegrapheneinrichtungen auf der elektrisch betriebenen Bahn Stockholm—Gothenburg. Von Ivar Billing. Infolge der Elektrisierung der Bahnstrecke Stockholm—Gothenburg[1]) war es notwendig, die Betriebsfernsprechleitungen als Kabel zu verlegen. Es wurden 11 Fernsprechleitungen zwischen diesen beiden Städten verlegt, von denen eine als pupinisierte 0·9 mm Leitung ausgeführt wurde und für den Verkehr zwischen den einzelnen Stationen, Blockstationen usw. bestimmt ist. Eine zweite, jedoch nicht pupinisierte 0·9 mm Leitung verbindet alle Bahnwärterhäuser innerhalb einer Bahnmeisterei miteinander. Die Schalteinrichtungen sind so getroffen, daß man von jeder beliebigen Station oder Bahnwärterbude jede Fernsprechstelle innerhalb einer Bahnmeisterei anrufen kann, ohne die Vermittlung einer anderen Fernsprechstelle in Anspruch nehmen zu müssen. Die Zugmelde-Fernsprechleitung ist eine pupinisierte 0·9 mm Leitung, die auf den Grenzstationen zwischen den Zugmeldestrecken unterbrochen ist. Der Anruf erfolgt hier, wie bei den ersten beiden Leitungen durch bestimmte Induktorsignale. Für den Verkehr der einzelnen Stationen eines Verkehrsbezirkes untereinander, wird eine pupinisierte 1·4 mm Leitung verwendet. Der Anruf erfolgt hier mit Wählern, und zwar so, daß der Anruf nur auf der Station zu hören ist, für die er bestimmt ist. Für die Verständigung der Umformerstationen, Bahnmeisterbüros, technischen Dienststellen usw. untereinander, dient die Kraftfernsprechleitung, welche eine pupinisierte 1·4 mm Leitung ist und ebenfalls mit Wähleranruf ausgestattete Apparate besitzt. Sämtliche Verkehrsstationen können sich ebenfalls mit dieser Kraftfernsprechleitung verbinden, um auf diese Art mit den erwähnten technischen Dienststellen schnell Verbindung zu erhalten. Für die Verständigung der einzelnen Stationen mit den Verkehrsleitungsstationen sind zwei pupinisierte 0·9 mm Leitungen vorgesehen, von denen die eine in alle Stationen und die zweite nur in gewisse größere Stationen eingeführt ist. Diese Leitungen dienen auch für Verbindungen zwischen den benachbarten Verkehrsbezirken. Außerdem sind noch vier direkte, pupinisierte 1·4 mm Fernsprechleitungen vorhanden, welche für den direkten Verkehr zwischen Stockholm und Gothenburg und den dazwischenliegenden Verkehrsleitungsstationen für die Hauptstrecke und für die Anschlußbahnen bestimmt sind. Von größter Wichtigkeit für die Sicherheit des Verkehrs ist, daß man die auf den Fernsprechleitungen auftretenden Fehler schnell finden kann. Sämtliche Apparate und Kabelendverschlüsse sind daher leicht zugänglich angeordnet, sodaß es ohne Schwierigkeiten leicht möglich ist, jederzeit Messungen vorzunehmen. Am leichtesten lassen sich die vorkommenden Fehler durch Isolationsmessungen finden und es werden daher täglich solche Messungen vorgenommen. Die Dämpfung der direkten Leitung Stockholm—Gothenburg einschließlich der Verbindungsleitungen bis zu den Teilnehmerapparaten beträgt $\beta=4{\cdot}4$. Da dieser Betrag zu groß ist, wurden für den Tagesverkehr in Katrineholm und Falköping und für den Nachtverkehr in Hallsburg Zwischenverstärker mit einem Verstärkungsgrad von zirka 1·4 eingebaut. Die Verstärker, welche in der normalen Siemensschaltung arbeiten, wurden teilweise als Schnurverstärker ausgebildet, damit sie auch in anderen Leitungen Verwendung finden können. Kelch.

(Siemens-Zeitschrift, 6. Jahrg., Heft 9, 1926.)

Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Elektrische Heizung in den Trieb- und Anhängewagen der Berliner Straßenbahnen. Ob.-Ing. E. Kindler beschreibt eine neue Heizeinrichtung, bei der die Triebwagen mit Bremsstrom und die Anhänger mit Frischstrom beheizt werden. Zu diesem Zwecke sind die drei letzten Parallelschaltungs-Widerstände doppelt vor-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 65, 794.

Digitized by Google

gesehen; durch einen Umschalter werden im Sommer die auf dem Dach angebrachten Widerstände, im Winter die unter den Sitzbänken aufgehängten Heizwiderstände eingeschaltet. Dieser Umschalter wird von dem technischen Personal auf dem Betriebsbahnhof eingestellt und ist dem Fahrpersonal unzugänglich. Die Heizwiderstände bestehen aus Rheotanspiralen, welche zwischen Preßmessingklemmen aufgehängt und in der Mitte durch Porzellanrollen gestützt sind. Die Zahl der zur Erreichung von 10° Übertemperatur erforderlichen Rahmen wurde durch Versuchsfahrten ermittelt. Der Heizstrom der Anhängewagen wird durch die Lichtkupplung zugeführt. Der Hauptschalter für Licht- und Heizstrom befindet sich im Triebwagen. Im Beiwagen sind Einzelschalter für jeden Stromkreis, die vom Schaffner bedient werden. Eingebaut sind zwei Heizkörper von je 750 W bei 500 V. Bei einem Strompreis von 10 Pf. je kWh kostet jede Beiwagenheizstunde 15 Pf., was bei 1500 Beiwagen 225 Mill./h ausmacht. Dieser Betrag wird im Triebwagen durch die Bremsstromheizung erspart. Derzeit sind 750 Trieb- und Beiwagen in der beschriebenen Art beheizt und soll deren Zahl binnen zwei Jahren auf den Gesamtstand von 3500 Fahrzeugen ausgedehnt werden. Wl.

(Verkehrstechnik, Heft 50, 1926.)

Literaturberichte.

3486 **Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen unter besonderer Berücksichtigung Österreichs.** Von Ing. F. X. Saurau, Bundesbahnpräsident a. D. 103 Seiten, 1 Tabelle, 60 Abb. Neuer Akademischer Verlag Leipzig—Wien 1927.

Das vorliegende Buch des durch eisenbahngeschichtliche Schriften bekannten Verfassers gibt eine gedrängte, dabei leicht verständliche Darstellung des Entwicklungsganges der elektrischen Triebfahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung der in Österreich entstandenen und hier verwendeten Bauformen. An zwei durch ihre Titel „Allgemeine geschichtliche Entwicklung" und „Anfänge in Österreich" gekennzeichnete Abschnitte schließt sich ein dritter über die Niederösterreich-Steirische Alpenbahn, die Mittenwaldbahn und die Wien—Preßburger-Bahn als die ersten österreichischen Eisenbahnen mit elektrischem Lokomotivbetrieb, und schließlich ein vierter über die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. Eingeflochtene Notizen über Personen und Firmen machen den Leser mit den Männern und Unternehmungen, deren Namen mit den Werken verbunden sind, bekannt.

Die Darstellung ist klar, durch gute Abbildungen unterstützt und bei Vermeidung alles Lehrhaften geeignet, das Interesse des Lesers zu gewinnen; sie setzt keine besonderen Fachkenntnisse voraus und ist einerseits dem Interesse weiterer Kreie für die Elektrisierung der Eisenbahnen, andererseits dem Bedürfnis des mittleren Beamtennachwuchses der Bahnverwaltungen nach allgemeiner Information über die elektrische Betriebsform in gelungener Weise angepaßt. Dr. Winkler.

2796 **Die Wärmeübertragung,** ein Lehr- und Nachschlagebuch für den praktischen Gebrauch. Von Dipl. Ing. Prof. M. ten Bosch. Zweite, stark erweiterte Auflage. 304 Seiten mit 169 Textabb., 69 Zahlentafeln und 53 Anwendungsbeispielen. Berlin 1927. Verlag Julius Springer. Preis Mk. 22·50.

Bei der Wichtigkeit der Gesetze der Wärmeübertragung für eine große Zahl von Gebieten der Technik sind alle Arbeiten, die unser Wissen auf diesem Gebiete bereichern, von Wert. Dies gilt in besonderem Maße von der vorliegenden Neuauflage, welche, über die erste Auflage[1]) weit hinausgehend, nebst ausführlichen theoretischen Untersuchungen über die Wärmestrahlung, die Wärmeleitung und den Wärmedurchgang sehr eingehend die Wärmeübergangszahlen für alle technisch wichtigen Gase, Dämpfe und Flüssigkeiten, sowie eine ganze Reihe von Anwendungen und in einem eigenen Abschnitt auch die elektrische Erwärmung (Grundlagen für die Berechnung elektrischer Maschinen und für die Erzeugung von Wärme aus Strom für Heizung, Dampferzeugung usw.) behandelt. Das Buch ist durch die vielen Zahlenangaben und Beispiele für die Praxis, außerdem aber durch die klare wissenschaftliche Behandlung des Stoffes auch zum Studium der Theorie der Wärmeübertragung sehr geeignet.

Jk.

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 360.

3488 **Über die neuesten Wasserschallapparate und ihre Anwendungen.** Von Dr. E. Lübecke. Sonderabdruck aus „Radio-Export", Fach- und Exportzeitschrift für die Radiotechnik 1926, Nr. 6 und 7. 29 Seiten mit 26 Abb. Verlag von Hachmeister & Thal in Leipzig. Preis geh. Mk. 1·50.

Der Verfasser gibt eine äußerst interessante Darstellung von den im Laufe des letzten Jahrzehntes entwickelten Apparaten für Wasserschall und deren Anwendungen. Ausgehend von den Glocken, deren Schallstärke und Signalisiergeschwindigkeit beschränkt ist, beschreibt der Verfasser die Membransender und die Schallaufnahmeapparate, die auch eine weitgehende Verbesserung erfuhren; es werden selektive Empfänger großer Empfindlichkeit, aber klanggetreuer Wiedergabe von Geräuschen gebaut. Die Richtungsbestimmung von Schallwellen erreicht in der binauralen Hörmethode eine Genauigkeit von wenigen Graden. Das akustische Lot liegt in einer ganzen Anzahl von praktisch brauchbaren Formen vor, die in dem Buche genau und sorgfältig beschrieben werden und einen interessanten Einblick in die benützten Methoden gewähren.

Der vorstehend nur auszugsweise wiedergegebene Inhalt der Broschüre deutet nur das reiche Material an, das geboten wird und nicht nur für den Schiffsoffizier, sondern auch für den Geophysiker und Ozeanographen von Bedeutung ist. Das Buch bildet daher einen wertvollen Behelf für jene Techniker und Wissenschaftler, die sich mit den Aufgaben der Wasserschalltechnik befassen. Kusminsky.

529 **Österreichischer Kalender für Elektrotechniker.** Begründet von F. Uppenborn. Unter Mitwirkung des Sekretariates des Elektrotechnischen Vereines in Wien, herausgegebenen von Dr. Ing. E. h. G. Dettmar, Professor an der Technischen Hochschule Hannover. 22. Jahrgang 1927/28. Mit 294 Textabbildungen. Wien, München und Berlin 1927. Druck und Verlag von R. Oldenburg. 694 Seiten mit 294 Abb. Ergänzungsband geh. 363 Seiten mit 128 Abb. Preis für Haupt- und Ergänzungsband S 18·50, für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines in Wien S 15·70.

Die ersten Abschnitte des Hauptbandes, Tabellen, Maße und Magnetismus erscheinen gegen früher wenig verändert. Wesentlich erweitert erscheinen die folgenden Abschnitte, Elektrizität und Messungen. Soweit im Rahmen eines Taschenbuches eine Zusammenfassung des im Laufe des letzten Jahrzehntes angewachsenen Stoffes überhaupt möglich ist, wird sie hier geboten und die grundlegende Buch- und Zeitschriftenliteratur angegeben. Besonders ausführlich erscheint das für die Betriebspraxis wichtige Gebiet der Zähler behandelt. Die vom Herausgeber bearbeiteten Kapitel: VI. Elektrische Maschinen, VII. Transformatoren, VIII. Umformer, IX. Batterien und Akkumulatoren, X. Apparate und XI. Erzeugungs- und Verteilungsanlagen, enthalten in tabellarischer Form Zahlenwerte über die verschiedenen Eigenschaften von Maschinen und Größen von Maschinen, Erfahrungswerte von allen in Betracht kommenden Größen einschließlich der Kostenangaben. Bei den Erzeugungs- und Verteilungsanlagen finden selbstverständlich auch die Betriebsverhältnisse die erforderliche Berücksichtigung. Kapitel XII über elektrische Beleuchtung, zu dem auch der Abschnitt 5 des Ergänzungsbandes gehört, wäre beim Umfang des Gegenstandes vielleicht noch einer Erweiterung fähig. Die dem allgemeinen Bedürfnis entlegeneren sehr ausgedehnten Gebiete der elektrischen Bahnen, des Fernsprechwesens, der Telegraphie und des Eisenbahnsicherungswesens ermangeln trotzdem nicht einer gewissen Vollständigkeit

Digitized by Google

in der übersichtsweisen Darstellung. Der Hauptband enthält schließlich die „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen des Elektrotechnischen Vereines" in der neuen vom 1. September 1927 an giltigen Fassung, sowie die „Regeln und Vorschriften für elektrische Fernmeldeanlagen" dieses Vereines.

Der Ergänzungsband enthält in hergebrachter Weise mathematische und physikalische Formeln und Tabellen, Angaben über einige Nebengebiete, wie Elektrochemie, Galvanotechnik, Minenzündung, Blitzableiter, Signal- und Fernzeigeranlagen, österreichische Industrienormen und Vorschriften, Verordnungen und Gesetze, die bei der Ausführung und beim Betrieb von elektrischen Anlagen von Bedeutung sind. Die nicht zu unterschätzende Schwierigkeit der Heraushebung des Wesentlichen aus allen Teilgebieten zur Bereitstellung für den augenblicklichen Gebrauch kann als erfolgreich überwunden angesehen werden. Dr. Grann.

Eingegangene Bücher.

Elektrizität in industriellen Betrieben. Herausgegeben von Prof. Dr. Ing. E. h. W. Philippi. VI. Band: Elektrische Fördermaschinen. Von Prof. Dr. Ing. E. h. W. Philippi. 310 Seiten mit 144 Abb. Zweite verbesserte Auflage. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1927. Preis geh. Mk. 20·—, geb. Mk. 22·—.

„Hütte". Des Ingenieurs Taschenbuch. Herausgegeben vom Akademischen Verein Hütte, E. V. in Berlin. 25. neubearbeitete Auflage. IV. Band, 864 Seiten. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1927. Preis in Leinen geb. Mk. 15·—; in Leder geb. Mk. 18·—.

Wärmewirtschaft. Von Dr. Ing. Kurt W. Geisler. 135 Seiten mit 26 Textabb. und 97 Aufgaben nebst Lösungen. Technische Fachbücher. Herausgegeben von Dipl. Ing. A. Meyer. Heft 12. C. W. Kreidel's Verlag. München 1927. Preis Mk. 2·25.

Unterrichtsprobleme in Chemie und chemischer Technologie im Hinblick auf die Anforderungen der Industrie. Antrittsvorlesung an der Technischen Hochschule Wien, gehalten am 12. Jänner 1927 von Prof. Dr. Wolf Johannes Müller. 17 Seiten. Verlag J. Springer, Wien 1927. Preis S 1'70.

Neue Druckschriften.

Elektrobaugesellschaft m. b. H., Dessau. 380 000 Volt. 24 Seiten mit 23 Abb. Beschreibung der Verlegung von 384 km Kupferhohlseil von 42 mm Durchmesser und 400 mm² Querschnitt auf der 220/38 kV Hochspannungsstrecke Neuenahr-Rheinau des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes.

Ingenieurbureau Arthur Schütz, Wien. Riementechnische Mitteilungen Nr. 8, Februar 1927. 4 Seiten mit 9 Abb. Beschreibung von Hauptantrieben mit Atlasriemen. — Rätsel des Riementriebes. 4 Seiten. Auszugsweise Wiedergabe eines von Ing. A. Schütz im Verein Deutsch-österr. Ingenieure gehaltenen Vortrages.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Brown Boveri & Cie. A.-G., Mannheim. Im Geschäftsbericht für 1926 wird über technische Leistungen gesagt: Die von BBC in den Vorjahren entwickelten Neukonstruktionen in Turbinen haben sich weiterhin voll bewährt: die Mehrzylinderturbinen erwiesen auch für Drücke zwischen 30 und 40 at und für hohe Temperaturen ihre Eignung. Der Auftragseingang in kW-Turbinenleistung hat sich gegenüber 1925 verdoppelt. Der Turbinenbau steht nach wie vor an erster Stelle der BBC-Fabrikation: Teile der 160 000 kW Turbogruppe für das Hellgatewerk[1]) werden in Mannheim hergestellt. Gegenüber dem teilweisen Stillstand des deutschen Wasserkraftausbaues werden die Vergrößerungen der städtischen Zentralen angeführt, die Beschäftigung in Umformern usw. brachten. Zur Vollbahn-Elektrifizierung verzeichnet die Gesellschaft die Indienststellung einer neu angeordneten Lokomotivtype nach ihren Patenten, bei der Ausbildung des Wagenteils für Triebwagen hat die Gesellschaft beträchtlichen Einfluß nehmen dürfen und 15 ausgerüstete Ferntriebwagen haben sich so zweckmäßig erwiesen, daß bei weiterer Vollbahn-Elektrifizierung ihre verstärkte Verwendung zu erwarten ist. Im Großgleichrichterbau wird der Auftrag für sämtliche Gleichrichter (118 000 kW) nebst Zubehör für die Berliner Stadtbahn erwähnt, deren Stromverteilungssystem danach für die Versorgung ähnlicher Verkehrsnetze vorbildlich werden dürfte. Allgemeine Anwendung hat die Bauweise der Gesellschaft für geschlossene Schaltstationen gefunden, auch der Widerstand gegen Freiluftstationen ist gewichen. Die Abteilung „Hängeleitungsbau" wendet sich 220 000 V-Leitungen zu in Zusammenarbeit mit der Metallbank in Frankfurt a. M., die ein Verbesserung und Verbilligung versprechendes Hohlseil entwickelt hat. Elektrothermisches wurde ins Verkaufsprogramm aufgenommen und die Elektrowärme G. m. b. H. in Mühlacker mitbegründet, da im Gefolge der Tarifrevision der Zentralen jetzt auch in Deutschland solcher Bedarf erhöhte Bedeutung gewinnt. Das Bilanzbild hat sich durch die vorgegangene Kapitalerhöhung wesentlich geändert. Neben Mk. 15 Mill. nunmehr gleichartigen A.-K. (i. V. 4·30 St.-A., 0·70 V.-A.) erscheinen die Rücklage mit 1·65 (0·08) Mill. (i. V. 0·08 + 0·42 Gewinnzuweisung) und die zumeist in der Barablösung begriffenen 5 Anleihereste mit 1·37 (1·41) Mill. Beträchtlich verringert haben sich die Schulden, auf 5·64 (14·23 Mill.), etwas erhöht noch die Anzahlungen auf 13·75 (12·73) Mill. Gemindert sind trotz Zunahme des Auftragsbestandes die Vorräte auf 10·14 (12·75) Mill. Unter den Anlagekonten werden nach Entnahme der 0·59 Mill. aus dem Reingewinn das Inventar, die Gleise usw. erstmals wieder mit bloßen Markposten (wie vor 1914) erwähnt. Nach den normalen Abschreibungen von Mk. 858 634 (i. V. 732 694) stehen die Maschinen und Immobilien etwa wie i. V. zu Buch: mit 2·19 (2·13) bezw. 4·76 (4·84) Mill. Die letztmalige Vorzugsdividende von 6 vH und die Stammdividende von 8 vH (i. V. 7 vH) erfordern aufs alte Kapital Mk. 386 000, so daß aus dem Reingewinn von 1 025 358 (1 142 508) Mk. 26 247 (14 421) zum Vortrag blieben. (Frankf. Zeitung).

Allmänna Svenska Elektriska A.-B., Västeras. Die Firma berichtet, nach „Frankf. Zeitg.", für 1926 von einer Besserung ihrer Geschäfte. Auf dem Gebiete des elektrischen Starkstromes herrschte andauernd große Lebhaftigkeit und es scheint in verschiedenen Teilen der Welt erhöhter Bedarf für elektrisches Material zu bestehen. Die Geschäftstätigkeit ist jedoch durch hohe Löhne und Steuern erschwert worden, ebenso durch die Währungsverhältnisse einiger Länder und durch die außerordentlich hohen Zollmauern. Die Elektrifizierung der Eisenbahnlinie Stockholm — Gothenburg ist fertiggestellt[1]). Aus Rußland liefen Bestellungen auf Maschinen und Transformatoren für zusammen 200 000 kVA ein, ebenso aus Polen, Belgien, Brasilien und anderen Ländern. In spanischen Ländern wurde mit der Svenska Kullagerfabriken in Gothenburg zusammengearbeitet. Die Tochtergesellschaft, Svenska Turbinfabriks A. B. Ljungström, erhielt eine größere Anzahl Aufträge aus dem Ausland. Diese Gesellschaft richtet sich auf die Herstellung neuer Großturbinen ein. Das Ergebnis der Tochterwerke war befriedigend. Die Dividende für K 75 Mill. A.-K. wird von 4 auf 5 vH erhöht. Nach der Bilanz war das Lager und Arbeiten mit K 21·75 (23·57) Mill. bewertet.

Die Metallpreise im Jahre 1926. Nach dem Jahresberichte von Lewis Lazarus & Sons (London)[2]) haben die Preise für alle Rohmaterialien i. J. 1926 eine sinkende Tendenz gezeigt, die Metalle, mit Ausnahme von Zinn sind von dieser Tendenz nicht abgewichen. Für 1927 sind bis nun keine deutlichen Anzeichen dafür vorhanden, daß das Sinken von Preisen im allgemeinen,

[1]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1924, S. 88; E. u. M. 1927, Heft 10. S. 190.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 65, 794.

[2]) Von der Firma E. Honigmann & Co., G. m. b. H., Wien, zur Verfügung gestellt.

Digitized by Google

das der Wiederherstellung der Goldwährung in Europa zuzuschreiben ist, zum Stillstand gekommen ist. In den V. St. A. hat die Nachfrage aller Wahrscheinlichkeit nach, wenigstens für den Moment, ihren Höhepunkt erreicht. Die abnormalen Bedürfnisse Europas sind in der Hauptsache gedeckt. Die normalen Bedürfnisse der europäischen Industrie bieten dagegen noch die größte Aussicht auf Betätigungsmöglichkeit, jedoch darf dabei nicht vergessen werden, daß in Europa die zum Zwecke der Wiederentwicklung verfügbaren Mittel beschränkt sind.

Für Kupfer ist das für 1926 charakteristische Merkmal die Gründung der Copper Exporters Inc. in Amerika im Frühoktober. Diese Körperschaft ist eine Zentralverkaufsstelle für Kupfer, die, mit Ausnahme der V. St. A., alle Länder umfaßt. Bei der Aufnahme ihrer Tätigkeit am 15. Oktober setzte man den Preis für elektrolytisches Kupfer für England auf 67 Pfd. und den für andere Länder auf einer ähnlichen Basis fest. Seither reduzierte man den Preis jedoch bis auf 64 Pfd. Eine Preisdiktatur war also bisher nicht möglich. 1926 haben sich die Preise für Standard-Kupfer innerhalb engerer Grenzen bewegt, als in den Vorjahren. Die Höchstpreise, 60 Pfd. 10 s Kasse und 61 Pfd. 11 s 3 d für drei Monate wurden am 12. Februar erreicht, die niedrigsten 56 Pfd. 3 s 9 d Kassa und Pfd. 57 drei Monate waren am 4. Juni und 31. Dezember zu verzeichnen. Standard-Kupfer erreichte während der letzten 25 Jahre nur dreimal ein tieferes Niveau. Durchschnittspreis i. J. 1926 58 Pfd. 0 s 8 d, i. J. 1911 56 Pfd. 1 s 9 d, i. J. 1910 57 Pfd. 3 s 2 d und i. J. 1902 52 Pfd. 11 s 5 d. In Amerika, wo zu Jahresbeginn elektrolytisches Kupfer 14⅛ cent f. a. s. atlantischer Hafen war, stieg dieser Preis früh im Februar auf 14·40 cents, war jedoch am Jahresende auf 13·45 cents gesunken. Unter den Ursachen des Sinkens der Preise sind außer den schon erwähnten Absatzverhältnissen die Verminderung der Gestehungskosten durch verbesserte und moderne Einrichtungen für die Gewinnung der Erze und die Raffinierung zu erwähnen. Bei 60 vH der Gesamt-Kupferproduktion der Welt belaufen sich diese auf durchschnittlich 45 Pfd. per t. Bei elektrolytischem Kupfer muß man auf weitere Verschiebungen gefaßt sein, da der große Abstand im Verhältnis zu Standard-Kupfer, der sich das ganze Jahr hindurch behauptet hat, nicht ganz gerechtfertigt werden kann. Der Weltverbrauch der ersten 6 Monate 1926 betrug 764300 t, davon entfallen 411 000 auf Nordamerika und 300 700 t auf Europa.

Bei Zinn war weder in der Zufuhr noch in der Ablieferung gegenüber dem Vorjahr[1]) ein wesentlicher Unterschied bemerkbar, auch der Weltvorrat war zu Ende 1926 mit 15 004 t um nur 1437 t geringer als zu Ende 1925. Für 1927 ist eine bescheidene Zunahme in der Produktion von primärem Zinn zu erwarten, auch im Falle von sekundärem Zinn ist ein Zuwachs wahrscheinlich. Die Aufnahmefähigkeit in England und auf dem Kontinent wird wahrscheinlich größer sein; in den Vereinigten Staaten von Amerika scheint sie jedoch wenigstens für den Moment den Höhepunkt erreicht zu haben. Die Höchstpreise waren Kassa 321 Pfd. 0 s 0 d (15. Oktober und 29. November) und 3 Monate 309 Pfd. 10 s 0 d (15. Oktober), die niedrigsten Preise 261 Pfd. 5 s 0 d (7. Juni), bezw. 259 Pfd. 0 s 0 d (7. Juni).

Blei stand zu Beginn 1926, prompte Verschiffung, auf 35 Pfd. 15 s, im Vergleich zu 28 Pfd. 16 s 3 d am Ende des Jahres. In der Zwischenzeit war der Preis, Anfang Mai, auf 27 Pfd. 7 s 6 d gefallen. Die Preisextreme während der vorhergehenden 5 Jahre waren: 1921 26 Pfd. 0 s 0 d, 16 Pfd. 10 s 0 d; 1922 27 Pfd. 0 s 0 d, 19 Pfd. 10 s 0 d; 1923 31 Pfd. 15 s 0 d, 23 Pfd. 15 s 0 d; 1924 44 Pfd. 0 s 0 d, 27 Pfd. 15 s 0 d; 1925 43 Pfd. 10 s 0 d, 30 Pfd. 15 s 0 d. Die Preiszunahme in den letzten Jahren hat ihren Grund in dem rapid zunehmenden Verbrauch. Für 1927 sieht man auf der einen Seite einer erneuten Periode von Knappheit entgegen auf der andern ist man der Ansicht, daß die Weltproduktion, angespornt durch die in den letzten Jahren herrschenden hohen Preise, die Aufnahmefähigkeit der Welt endgültig überholt hat. Die Preise schwankten für prompte Lieferung zwischen 35 Pfd. 15 s 0 d (4. Jänner) und 27 Pfd. 7 s 6 d (7. Mai und 10. Mai), für Termin zwischen 35 Pfd. 6 s 3 d (4. Jänner) und 27 Pfd. 16 s 3 d (10. Mai).

Bei Zink wurde der Preisgipfel am 8. Jänner, mit 39 Pfd. 3 s 9 d für prompte Lieferung und 38 Pfd. 3 s 9 d für Termin erreicht. Der Tiefpunkt war zu Anfang Mai mit 31 Pfd. 15 s bezw. 32 Pfd. 2 s 6 d. Von da an erholte sich der Preis bis 34 Pfd. 15 s im September, bei Jahresschluß quotierte man 32 Pfd. 15 s für prompte Verschiffung. Die Preisextreme während der vorhergehenden 5 Jahre waren: 1921 28 Pfd. 5 s 0 d, 23 Pfd. 10 s 0 d; 1922 39 Pfd. 5 s 0 d, 23 Pfd. 17 s 6 d; 1923 38 Pfd. 2 s 6 d, 27 Pfd. 15 s 0 d; 1924 39 Pfd. 5 s 0 d, 29 Pfd. 15 s 0 d; 1925 40 Pfd. 12 s 6 d, 33 Pfd. 10 s 0 d. Blei- und Rohzinkpreise, obwohl 1926 erheblich niedriger als in den vorhergehenden Jahren, stehen noch immer weit über dem Vorkriegsniveau, bei Blei um etwa 60 vH, bei Zink um 50 vH.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 9, S. 179.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	28. III. 1927	30. III. 1927	1. IV. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	128	126½	126½

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	57½–58½	57–57½	57–57½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	110—115	110—150	110—150

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 1. April 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	0	0	62	10	0
Wire bars	62	10	0	—	—	—
Standard Kassa	55	7	6	55	10	0
Standard 3 Monate	56	0	0	56	2	6
Zinn:						
Engl. ingots	305	0	0	306	0	0
Standard Kassa	307	15	0	308	0	0
Standard 3 Monate	298	0	0	298	5	0
Blei:						
Engl. pig common	28	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	29	13	9	30	5	0
Remelted	30	15	0	—	—	—
English Swansea	30	2	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 22 p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, giltig ab 1. April 1927.)
Grundpreise in S pro 100 kg.

Kupferdraht blank, halbhart oder hart von 1·4 mm aufwärts	305·—
detto, weich	307·—
Aluminiumdraht und Stangen	540·—
Kupferstangen	307·—
Kupferseile blank, halbhart oder hart 16 mm²	323·—
detto 25 bis 150 mm²	317·—
detto über 150 bis 400 mm²	320·—

Digitized by Google

Vereins-Nachrichten.

Entwurf von „Sondervorschriften für Bergwerke".

Ein Arbeitsausschuß des Regulativkomitees des Vereines — Sektionschef Ing. Pokorny (Obmann) und die Mitglieder Prok. Ing. Hold, Dr. Ing. Horschitz, Oberbergrat Ing. Ippen, Ministerialrat Ing. Rissel, Ing. Ruschowy, Inspektor Dr. Ing. Stöger, Ing. Trappel, Berginspektor Ing. Trojan, Hofrat Prof. Ing. Wendelin und Bohland — hat einen Entwurf von „Sondervorschriften für Bergwerke" ausgearbeitet, der im Nachfolgenden mit dem Ersuchen zur Veröffentlichung gelangt, Abänderungs- und Ergänzungsvorschläge bis spätestens 15. Mai d. J. dem Vereinssekretariate, Wien, VI., Theobaldgasse 12, übermitteln zu wollen.

Im Auftrage der Vereinsleitung:
Der Sekretär:
Ing. A. Marx. e. h.

Einleitung.

1 Für die Ausführung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen in Bergwerken gelten die „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" des Elektrotechnischen Vereines in Wien mit den nachstehenden Ergänzungen und Änderungen.

2 Die für schlagwetter- oder kohlenstaubgefährliche Grubenräume besonders festgesetzten Bestimmungen sind durch zwei seitliche Striche bezeichnet.

3 Welche Grubenräume als schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlich anzusehen sind, ist nach den bergpolizeilichen Vorschriften zu beurteilen. In zweifelhaften Fällen ist die Entscheidung der Aufsichtsbehörde einzuholen.

ERSTER TEIL.

Ausführungsvorschriften.

I. Elektrische Maschinen und Transformatoren.

§ 1. Aufstellung und Erdung.

1 Grubenräume, in denen ortsfeste Maschinen und Transformatoren untergebracht sind, müssen absperrbar sein, wenn nicht schon durch die Ausbildung dieser Einrichtungen die zufällige Berührung spannungführender Teile und jede unbefugte Handhabung ausgeschlossen sind. Das Betreten dieser Räume ist Unbefugten zu untersagen. Dieses Verbot ist durch Warnungstafeln ersichtlich zu machen.

2 Öltransformatoren für mehr als 20 kVA Dauerleistung müssen untertags in feuersicheren und feuersicher abschließbaren Räumen untergebracht werden. Diese Räume sind mit Ölfanggruben oder gleichwertigen Einrichtungen zu versehen, um das Austreten von ausfließendem Öl aus dem Raum und das Übergreifen eines Ölbrandes auf benachbarte Grubenräume zu verhindern. Für die Aufstellung von Öltransformatoren, deren Dauerleistung gleich oder kleiner als 50 kVA ist, oder die in ständig beaufsichtigten Räumen aufgestellt werden, können mit besonderer Bewilligung der Aufsichtsbehörde Erleichterungen zugestanden werden.

Öltransformatorenräume sind womöglich im ausziehenden Wetterstrom anzuordnen.

Die Gestelle und Gehäuse elektrischer Maschinen und Transformatoren sind nach den Bestimmungen des Abschnittes X zu erden.

§ 2. Tragbare Maschinen, Transformatoren für tragbare Maschinen.

1 Mit jeder tragbaren Maschine (zum Beispiel Bohrmaschine) muß ein allpoliger Leistungsausschalter und, wenn ein Anlasser verwendet wird, auch dieser mit ihr zusammengebaut sein.

2 Untertags sind tragbare Motoren (zum Beispiel für Bohrmaschinen) bei Betriebspannungen von mehr als 150 V nicht zulässig. Transformatoren zur Speisung solcher Motoren müssen getrennte Wicklungen haben.

§ 3. Staubsichere Kapselung.

In kohlenstaubgefährlichen Räumen sind jene Teile von elektrischen Maschinen und Transformatoren, an denen betriebsmäßig Funken auftreten können, staubsicher zu kapseln.

§ 4. Schlagwettersichere Ausführung.

In schlagwettergefährlichen Grubenräumen sind Maschinen und Transformatoren nach folgenden Bestimmungen auszuführen:

A. Schlagwettersichere Kapselung von Maschinen und Transformatoren.

Alle Teile von Maschinen und Transformatoren, an denen betriebsmäßig Funken auftreten können, sind schlagwettersicher zu kapseln. Als schlagwettersichere Kapselung gelten:

a) Geschlossene Kapselung.

Sie besteht in einem allseitig geschlossenen Gehäuse, das folgenden Forderungen entspricht:

1. Alle Teile der Kapselung sind bei Maschinen und Transformatoren mit einem größeren Luftinhalt als 1 Liter für einen Überdruck von 8 at, bei kleinerem Luftinhalt für einen Überdruck von 3 at zu bemessen. Unterteilungen des gekapselten Raumes, die durch enge Öffnungen verbunden sind und deshalb zu höherem Überdruck Anlaß geben können, sind zu vermeiden.

2. Die Stoßstellen zusammengepaßter Kapsel- und Gehäuseteile und die Auflageflächen von Deckeln, Türen und Klappen sind als breite, glatt bearbeitete Flanschen auszubilden. Dichtungen sind tunlichst zu vermeiden; falls sie angewendet werden, müssen sie derart ausgeführt sein, daß sie durch den Explosionsdruck nicht weggedrückt werden können. Dichtungen aus Gummi, Asbest und ähnlichen, wenig haltbaren Stoffen sind unzulässig. Die Schrauben und Nieten zum Verschließen solcher Deckel usw. dürfen nicht durch die Gehäusewandung geführt sein, sondern müssen in Sacklöchern enden. Die Verschraubungen der Deckel sind so zu sichern, daß sie sich im Betriebe nicht lockern und nur mit besonderen Hilfsmitteln gelöst werden können.

3. Wellen und Betätigungsachsen sind bei Durchführungen durch die Kapselung in entsprechend langen Metallführungen zu verlegen, die mit dem Gehäuse fest verbunden sind. Die Leitungseinführungen müssen so abgedichtet sein, daß sie dem Explosionsdruck sicher standhalten.

b) Plattenschutzkapselung.

Sie besteht darin, daß an Gehäuseöffnungen Pakete von Metallplatten angeordnet sind, die durch Zwischenlagen in bestimmtem Abstand gehalten werden.

Die Plattenschutzkapselung muß folgenden Anforderungen entsprechen:

1. Die Metallplatten müssen mindestens 50 mm breit und 0·5 mm dick und durch geeignete Zwischenstücke so angeordnet sein, daß ihr Abstand (Schlitzweite) höchstens 0·5 mm beträgt und auch nicht infolge Durchbiegung der Platten überschritten werden kann. Bleche aus rostenden Metallen sind unzulässig.

Digitized by Google

2. Die Plattenpackungen sind gegen äußere Beschädigung zu schützen und so anzubringen, daß sie nur mit besonderen Hilfsmitteln abgenommen werden können.

3. Die Bedingungen unter *a*), 1. und 2. sind zu erfüllen.

c) Ölkapselung.

1 Sie besteht darin, daß die ganze Maschine oder der ganze Transformator, soweit daran betriebsmäßig Funkenbildung oder gefährliche Erhitzung durch elektrischen Strom möglich ist, in einen Behälter eingebaut wird, der mit harz- und säurefreiem Mineralöl gefüllt wird.

2 Die Ölmenge ist so reichlich zu bemessen, daß das Auftreten von Funken über den Ölspiegel hinaus ausgeschlossen ist. Die hiefür erforderliche Höhe des Ölstandes ist durch eine Marke festzulegen. Die Ölstandhöhe muß von außen erkennbar sein.

3 Für ortsveränderliche Maschinen und Transformatoren ist Ölkapselung unzulässig.

B. Erhöhte Sicherheit von Maschinen und Transformatoren.

Teile von Maschinen und Transformatoren, an denen nur in außergewöhnlichen Fällen Funken oder gefährliche Erhitzung auftreten können, haben gegenüber der gewöhnlichen Ausführung erhöhte Sicherheit zu erhalten und zwar:

1. Durch besonderen mechanischen Schutz der unter Spannung stehenden Teile gegen Berührung, Beschädigung und Eindringen von Fremdkörpern.

2. Durch Herabsetzen der in den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen" und in den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren" für Wicklungen angeführten zulässigen Erwärmungsgrenzen um 10° C.

3. Bei asynchronen Drehstrommotoren durch Vergrößerung des Luftspaltes um 40 bis 60 vH gegenüber den in ÖNORM E 5300 und E 5301 angeführten Werten.

4. Bei asynchronen Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufern durch Verbindung der Läuferstäbe und Kurzschlußringe mit Hartlötung oder ähnlichen sicheren Mitteln.

5. Schraubkontakte (zum Beispiel Anschlußklemmen von Motoren), die nicht durch Kapselung geschützt sind, müssen so gesichert sein, daß Lockerungen der Verschraubung und damit mangelhafte Stromschlüsse nicht eintreten können.

C. Andere schlagwettersichere Bauarten von Maschinen und Transformatoren.

Solche Bauarten sind zulässig, wenn sie die Aufsichtsbehörde als schlagwettersicher anerkannt hat.

II. Akkumulatorenbatterien.

§ 5. Laderäume.

1 Grubenräume, in denen Akkumulatorenbatterien geladen werden, müssen säurebeständig und feuersicher ausgebaut und mit einer Einrichtung zur unschädlichen Ableitung der sich entwickelnden Gase und Dämpfe versehen sein. In solchen Laderäumen ist nur elektrische Beleuchtung mit nach § 16, Absatz 3 ausgebildeten Beleuchtungskörpern zulässig. In solchen Räumen dürfen nur Apparate mit Ölkapselung nach § 4, *A*, *c*) verwendet werden.

2 In schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen dürfen Akkumulatoren nicht geladen werden.

§ 6. Akkumulatorenbatterien in schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen.

Akkumulatorenbatterien sind in schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen nur für den Betrieb elektrischer Grubenlokomotiven und als tragbare Akkumulatorenbatterien zur Beleuchtung und Schußzündung zulässig. Sie müssen nach § 4, *A*, *a*) oder *b*) gekapselt sein; Batteriekästen müssen so ausgebildet sein, daß eine zufällige gleichzeitige Berührung beider Polklemmen ausgeschlossen ist.

III. Apparate und Schaltanlagen.

§ 7. Erdungen.

Metallgehäuse jedweder Art von Apparaten (wie Schalter, Steckvorrichtungen, Anlasser, Stromsicherungen usw.) müssen nach den Bestimmungen des Abschnittes X geerdet sein.

§ 8. Staubsichere Kapselung.

In kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen sind jene Teile, an denen betriebsmäßig Funken auftreten können, staubsicher zu kapseln.

§ 9. Schlagwettersichere Ausführung.

1 In schlagwettergefährlichen Grubenräumen sind Apparate und Schaltanlagen nach den Vorschriften des § 4 *A.*, *B.* Absatz 1, 2 und 5 und *C* auszuführen.

2 Teile geschlossener Kapselungen, die durch Schrauben befestigt sind (Flanschdeckel, Blindflanschen und dergleichen), brauchen keine Verriegelung mit dem gekapselten Apparat (zum Beispiel Schalter) zu haben. Hiefür genügen Verplombungen, Schloßsperren und dergleichen.

3 Für ortsveränderliche Apparate ist Ölkapselung unzulässig.

§ 10. Schalter.

1 Jeder Stromaufnehmer (mit Ausnahme einzelner Lampen) muß durch einen wenn möglich in seiner unmittelbaren Nähe angeordneten Schalter unter Belastung allpolig ausschaltbar sein. Ebenso müssen alle Lichtstromkreise allpolige Schalter haben.

2 Schalter sind an Stellen anzuordnen, die auch während des Betriebes leicht zugänglich sind.

3 Über die Anbringung von Schaltern siehe § 25.

§ 11. Steckvorrichtungen.

1 Steckvorrichtungen müssen so ausgeführt sein, daß beim Einführen des Steckers auch die Erdzuleitung geschlossen wird.

2 In schlagwettergefährlichen Grubenräumen müssen Steckvorrichtungen so gebaut sein, daß die Stecker fest in den Dosen sitzen, sodaß im Ruhezustand keine Funken auftreten können. Sie müssen mit schlagwettersicheren Schaltern derart zusammengebaut und verriegelt sein, daß die Stecker nicht unter Spannung ein- und ausgeführt werden können. Die Schalter müssen auf der Seite der Stromquelle liegen und so verriegelt sein, daß sie bei gezogenem Stecker nicht geschlossen werden können.

§ 12. Anlasser und Widerstände.

In schlagwetter- und kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen dürfen Flüssigkeitsanlasser nicht verwendet werden. Metallwiderstände dürfen in solchen Räumen ohne die im § 4 vorgeschriebenen besonderen Schutzvorrichtungen verwendet werden, wenn:

1. die elektrische Beanspruchung des Baustoffes so gering ist, daß eine gefährliche Erwärmung ausgeschlossen ist,

2. der Widerstandbaustoff so fest und so sicher befestigt ist, daß im gewöhnlichen Betrieb Brüche nicht eintreten können und gegenseitige Berührungen von Widerstandteilen ausgeschlossen sind,

3. durch geeignete Abdeckung das Hineinfallen von Fremdkörpern und Eindringen von Tropfwasser verhindert wird,

4. alle Drahtverbindungen gelötet oder gesichert verschraubt sind.

§ 13. Schaltanlagen.

1 Grubenräume, in denen Schaltanlagen untergebracht sind, müssen absperrbar sein, wenn nicht schon durch die Ausbildung dieser Einrichtungen die zufällige Berührung spannungführender Teile und jede unbefugte Handhabung ausgeschlossen sind. Das Betreten dieser Räume ist Unbefugten zu untersagen. Dieses Verbot ist durch Warnungstafeln ersichtlich zu machen.

Digitized by Google

[2] In Schaltanlagen sind bei jedem Schalter und bei jeder Sicherungsgruppe Aufschriften anzubringen, die den angeschlossenen Stromkreis bezeichnen. Erforderlichen Falles ist auch der Zweck der Meßgeräte in gleicher Weise ersichtlich zu machen.
[3] In schlagwettergefährlichen Grubenräumen sind Schalt- und Verteilanlagen nach Möglichkeit im einziehenden Wetterstrom anzuordnen.
[4] Verteiler dürfen in solchen Grubenräumen im Abbau nicht verwendet werden.

IV. Stromsicherungen.

§ 14. Anbringung.

[1] Bewegliche Leitungen für Anschlüsse ortsveränderlicher Stromaufnehmer müssen bei Abzweigungen von ortsfesten Leitungen stets, also auch bei Abzweigungen ohne Querschnittsverminderung, allpolig gesichert sein.
[2] Werden Sicherungen mit gekapselten Schaltern zu einem Gerät zusammengebaut, so sind die Sicherungen entweder ganz im Schaltergehäuse oder ganz außerhalb dieses Gehäuses anzubringen.
[3] Bei Betriebspannungen von mehr als 150 V müssen Abschmelzsicherungen außerhalb elektrischer Betriebsräume in Schutzkästen untergebracht sein.

§ 15. Schlagwettersichere Ausführung.

[1] In schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen dürfen Schraubstöpselsicherungen nur in geschlossenen, nach § 4 schlagwettersicher ausgebildeten Gehäusen verwendet werden, falls nicht die verwendeten Schraubstöpsel selbst schlagwettersicher sind.
[2] Sicherungskasten müssen mit schlagwettersicher ausgebildeten Gehäusen so zusammengebaut und verriegelt sein, daß das Einbringen und Herausnehmen der Einsätze unter Spannung nicht möglich ist.

V. Lampen, Fassungen und Beleuchtungskörper.

§ 16. Glühlampen.

[1] Untertags sind Glühlampen nur bei Betriebsspannungen bis 150 V zulässig. In Förderstrecken und diesen unmittelbar benachbarten Grubenräumen dürfen sie auch bei höheren Betriebspannungen in Reihenschaltung verwendet werden, wenn der Lichtstrom den in diesen Förderstrecken verlaufenden Fahr- oder Speiseleitungen von Gleichstrombahnen entnommen wird. Solche Glühlampen in Reihenschaltung müssen, wenn sie im Handbereich angeordnet sind, durch metallene, geerdete Schutzkörbe gegen zufällige Berührung und Beschädigung geschützt sein.
[2] Alle Glühlampen müssen dichtschließende Schutzglocken haben, die auch die Fassungen einschließen.
[3] In schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Räumen müssen die Schutzglockenverschlüsse so ausgebildet sein, daß sie nur mit besonderen Hilfsmitteln geöffnet werden können. Die Bewehrungen oder die Schutzrohre der Anschlußleitungen sind unmittelbar in die Beleuchtungskörper einzuführen.

§ 17. Fassungen, Schnurpendel.

[1] Schaltfassungen und Schnurpendel sind untertags nur in elektrischen Betriebs- und Maschinenräumen zulässig.
[2] In schlagwettergefährlichen Grubenräumen sind Schaltfassungen und Schnurpendel unzulässig.

VI. Leitungen.

A. Verwendungsbereich.

§ 18. Blanke Leitungen.

[1] Blanke Leitungen, die nicht Fahrleitungen von Bahnen sind, dürfen nur bei Betriebspannungen bis 150 V Wechselstrom oder 300 V Gleichstrom verwendet werden.
[2] In Schächten, Strecken und Aufbrüchen mit mehr als 45° Neigung dürfen blanke Leitungen nur ausnahmsweise mit Bewilligung der Aufsichtsbehörde verwendet werden, wenn diese Grubenräume weder regelmäßig befahren werden, noch zur Notfahrung bestimmt sind.

In schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen sind blanke Leitungen nur als Erdzuleitungen zulässig.

§ 19. Isolierte Leitungen.

[1] Isolierte Leitungen dürfen bei Betriebspannungen bis 300 V Wechselstrom oder 600 V Gleichstrom verwendet werden. Ihre Isolierung muß mindestens jener der Leitung *G* gleichwertig sein.
[2] In Schächten, Strecken und Aufbrüchen mit mehr als 45° Neigung gelten die Bestimmungen des § 18, Absatz 2.
[3] Kurze Verbindungsleitungen zwischen Maschinen, Transformatoren, Apparaten und Sicherungen sind auch bei höheren Betriebspannungen zulässig, wenn ihre Isolierung mindestens der der Leitung *GH* gleichwertig und wenn ihre zufällige Berührung ausgeschlossen ist.
[4] In schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen sind isolierte Leitungen nur bis 300 V zulässig. Ihre Isolierung muß mindestens der der Leitung *GH* gleichwertig sein. Kurze Verbindungsleitungen zwischen Maschinen, Transformatoren, Apparaten und Sicherungen im gleichen Raum sind auch bei höheren Betriebspannungen zulässig.
[5] Bewegliche Leitungen für Anschlüsse ortsveränderlicher Stromaufnehmer dürfen für mehrpolige Stromkreise nur als Mehrfachleitungen der Leitungsarten *SWsch* und nur bei Betriebspannungen bis 600 V verwendet werden. Sie dürfen nicht länger als 100 m sein. Jede bewegliche Leitung muß eine Erdzuleitung haben.
[6] In schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen sind bewegliche Leitungen nur dort zulässig, wo eine feste Verlegung nicht möglich ist.

Sind isolierte Leitungen chemischen Einwirkungen (zum Beispiel durch saure Grubenwässer) ausgesetzt, so müssen sie chemischfeste Schutzhüllen haben.

§ 20. Bleikabel.

[1] Bleikabel ohne Bewehrung dürfen bei Betriebsspannungen bis 300 V und nur in Querschlägen und Strecken von weniger als 45° Neigung verwendet werden.
[2] Bleikabel mit Eisen- oder Stahlbandbewehrung sind bei Betriebspannungen von mehr als 300 V Wechselstrom oder 600 V Gleichstrom und nur in Querschlägen und Strecken von weniger als 45° Neigung zulässig.

In Schächten, Strecken und Aufbrüchen von mehr als 45° Neigung, ferner in druckhaften und in solchen Grubenräumen, in denen Lageveränderungen auftreten können, dürfen nur Bleikabel mit Eisen- oder Stahldrahtbewehrung verwendet werden.
[4] Die Bewehrung der Bleikabel muß verzinkt oder verbleit sein. Bei Bleikabeln, die der Einwirkung saurer Grubenwässer ausgesetzt sind, muß die Bewehrung verbleit sein.
[5] Freiverlegte (nicht eingegrabene) Bleikabel dürfen keine brennbare Umhüllung aus Faserstoffen haben.

B. Bemessung.

§ 21. Mindestquerschnitte.

[1] Blanke Leitungen müssen mindestens 4 mm² Querschnitt besitzen.
[2] Isolierte Leitungen in Rohren oder in Beleuchtungskörpern müssen mindestens 1 mm², auf Isolatoren mindestens 2·5 mm² Querschnitt haben.
[3] Der Querschnitt festverlegter Erdzuleitungen von Schutzerdungen muß mindestens 10 mm² Kupfer oder 50 mm² Eisen betragen. Der Querschnitt von Erdzuleitungen beweglicher Leitungen hat den Vorschriften über „Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen" zu entsprechen, darf jedoch nicht kleiner als 1·5 mm² Kupfer sein.

C. Verlegung.

§ 22. Blanke Leitungen.

[1] Blanke Leitungen, die nicht Fahrleitungen von Bahnen sind, müssen auf Glockenisolatoren verlegt werden. Die Befestigungsstellen eines Leiters dürfen bei Querschnitten von 4 bis 6 mm² nicht mehr als 6 m,

Digitized by Google

bei Querschnitten von 10 mm² und darüber nicht mehr als 10 m voneinander entfernt sein. Der Abstand zweier Leiter voneinander muß mindestens 15 cm betragen. Die Leitungen müssen so gespannt sein, daß sie sich gegenseitig nicht berühren können. Der Abstand der Leitungen von Erde (Firste, Ulme, Ausbau, Lutten, Rohrleitungen usw.) darf nirgends 5 cm unterschreiten.

2 Blanke Leitungen, die weniger als 3 m hoch über der Sohle verlegt sind, müssen durch metallene und geerdete Verkleidungen der zufälligen Berührung entzogen sein.

§ 23. Isolierte Leitungen.

1 Feste Leitungen müssen auf Glockenisolatoren oder in metallenen und geerdeten Rohren (Gas- oder Stahlpanzerrohren, Peschelrohren usw.) verlegt werden, die an den Stoßstellen leitend zu überbrücken sind. Für Lichtleitungen mit Betriebspannungen bis 150 V ist in trockenen Räumen die Verwendung von Mantelrollen zulässig. Für die Mindestabstände der Befestigungsstellen gelten die Bestimmungen des § 22.

2 Freiverlegte isolierte Leitungen, die weniger als 1·8 m hoch über der Sohle angebracht sind, müssen durch metallene und geerdete oder durch hölzerne Verkleidungen der zufälligen Berührung entzogen und gegen Beschädigung durch entgleisende Fahrzeuge, Zimmerungsarbeiten usw. geschützt sein.

3 In schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen müssen isolierte Leitungen in geerdeten Gas- oder Stahlpanzerrohren geführt werden, die an den Stoßstellen leitend zu überbrücken sind. Nur kurze Anschlußleitungen (zum Beispiel für Kabelendverschlüsse, Maschinenklemmenkasten und dergleichen), die nicht länger als 50 cm sind, dürfen dort auch ohne Schutzrohre verlegt werden, wenn sie durch ihre Anordnung oder durch Verkleidung gegen Beschädigungen geschützt sind.

4 In feuchten Räumen ist durch Öffnungen in den Leitungschutzrohren und durch Verlegung dieser Rohre im Gefälle für die Ableitung von Niederschlagswässern zu sorgen.

5 Bewegliche Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromaufnehmer sind so zu legen, daß sie gegen Beschädigungen durch entgleisende Fahrzeuge, Zimmerungsarbeiten usw. geschützt sind. Die Leitungen dürfen nicht straff gespannt werden. Scharfe Knicke sind zu vermeiden.

6 Sicherungen beweglicher Leitungen siehe § 14, Abschaltbarkeit siehe § 25.

§ 24. Bleikabel.

1 In Schächten, Strecken und Aufbrüchen von mehr als 45° Neigung sind Bleikabel in Schellen, die höchstens 6 m voneinander entfernt sein dürfen, so zu verlegen, daß sie an keiner Stelle mehr als durch das Gewicht zwischen zwei Befestigungen beansprucht werden.

2 In Querschlägen und Strecken geringerer Neigung sind die Bleikabel so zu verlegen, daß sie der Beschädigung durch entgleisende Fahrzeuge, Zimmerungsarbeiten usw. tunlichst entzogen sind. Die Entfernung der Befestigungstellen darf in solchen Querschlägen und Strecken nicht größer als 3 m sein.

3 Die Kabel dürfen beim Verlegen nicht straff gespannt, sondern müssen lose verlegt werden. In druckhaften Grubenräumen ist bei Verlegung von Bleikabeln auf die zu erwartenden Lageveränderungen Rücksicht zu nehmen. Durchhänge, bei denen Knicke an den Befestigungstellen auftreten können, sind zu vermeiden. Der Halbmesser von Biegungen muß mindestens gleich dem zehnfachen Kabeldurchmesser sein.

4 Die Verlegung in der Sohle ist zu vermeiden, wenn Schädigungen durch Streuströme oder chemisch wirksame Grubenwässer zu befürchten sind.

5 Die Kabelschellen müssen mindestens 5 cm breit sein und sind so auszubilden, daß sie die Kabel weder mechanisch noch chemisch gefährden. Werden eiserne Schellen benützt, dann sind an der Schellstelle Umhüllungen aus Asphaltpappe oder dergleichen zu verwenden.

6 Kabelmuffen müssen unterstützt gelagert werden. Höchstens 1 m von ihnen entfernt müssen die Kabelenden mit Schellen gehalten werden.

Beim Einlassen von Kabeln in Schächte ist darauf zu achten, daß die zulässige Zugbeanspruchung der Drahtbewehrung nicht überschritten wird.

8 Die Bewehrungen und die Bleimäntel unbewehrter Bleikabel, die Kabelabschluß- und -Verbindungsteile sind nach Abschnitt X zu erden. Unterbrechungen geerdeter Teile durch Verbindungs- oder Abzweigmuffen sind leitend zu überbrücken.

In schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen sind unbewehrte Bleikabel in geerdeten Gas- oder Stahlpanzerrohren zu führen, deren Stoßstellen leitend zu überbrücken sind.

§ 25. Ausschaltbarkeit.

1 An Verteilstellen muß jede Speiseleitung und jede Abzweigleitung unter Spannung allpolig durch Schalter oder Sicherungen abtrennbar sein. Bei Betriebspannungen von mehr als 150 V müssen vor gekapselten Schaltern, die nicht ausschließlich als Trennschalter dienen, erkennbare Trennstellen angeordnet werden, wenn nicht die Speiseleitung selbst in höchstens 100 m Entfernung vom Schalter unter Spannung abtrennbar ist.

2 Wo die Sicherheit des Grubenbetriebes es erfordert, müssen die Leitungen an Verteil- und Schaltstellen und an Abzweigstellen allpolig auch unter Leistung ausgeschaltet werden können.

3 Bewegliche Leitungen für Anschlüsse ortsveränderlicher Stromaufnehmer müssen bei Abzweigungen von ortsfesten Leitungen unter Spannung allpolig abtrennbar sein.

Leitungen, die zu schlagwetter-, kohlenstaub- oder brandgasgefährlichen Grubenräumen führen, müssen von gefahrfreien Grubenräumen oder von Tag aus allpolig unter Leistung abtrennbar sein.

(Schluß folgt.)

Sicherheitsvorschriften.

Die neuen, behördlich anerkannten, mit 1. September d. J. in Kraft tretenden

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen

des Elektrotechnischen Vereines in Wien stehen vor der Herausgabe.

Es können bezogen werden:

EVW 1	**Sicherheitsvorschriften f. elektr. Starkstromanlagen mit Anhang (EVW 2) „Schaltzeichen und Schaltbilder".**
EVW 2	**Schaltzeichen und Schaltbilder, separat.**
EVW 3	**Vorschriften für die Prüfung von Schmelzsicherungen.**
EVW 4	**Vorschriften für die Prüfung von Dosenschaltern.**
EVW 5	**Vorschriften für die Prüfung von Steckvorrichtungen.**
EVW 6	**Vorschriften für die Prüfung von Glühlampenfassungen, Beleuchtungskörpern und Handlampen.**

Prospekt und Bestellkarte werden dem nächsten Heft beigelegt.

Das Erscheinen der in den Sicherheitsvorschriften angeführten Sondervorschriften, Regeln, Leitsätze usw. sowie der Betriebsvorschriften in Plakatform wird seinerzeit hier angekündigt werden.

Der Sekretär:
Ing. A. Marx e. h.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 17. April 1927 | Heft 16

INHALT: Spannungsermittlung in Rotoren mit ausgeprägten Polen. Von Dr. techn. H. Schmalz, Graz. S. 313. / Kritische Bemerkungen zur Erwärmungsgleichung unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit von Wärmeabgabe und spezifischem Widerstand sowie der Inhomogenität des Körpers. Von Prof. Dipl.-Ing. Heinrich Ott, Karlsruhe. S. 317. / Die Entwicklung der Elektrotechnik in Amerika im Jahre 1926. Von Dr. F. Horschitz. S. 320.

RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 324. / Verbrennungskraftmaschinen. S. 324. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 325. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 325. / Leitungen und Leitungsbau. S. 326. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 326. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 327.

PATENTBERICHT. S. 329.

LITERATURBERICHTE. S. 330.

CHRONIK S. 332.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 333.

VEREINSNACHRICHTEN. S. 334.

Spannungsermittlung in Rotoren mit ausgeprägten Polen.

Von Dr. techn. H. **Schmalz**, Graz.

Übersicht. Im ersten Teil der Arbeit werden zum Unterschied von der üblichen Berechnungsweise die Beanspruchungen in einem Polrad mit Rücksicht auf den intermittierenden Lastenzug am Umfang ermittelt. Der zweite Teil behandelt auf Grund zweier verschiedener idealisierter Annahmen zwei Methoden zur exakten Bestimmung der Grenzwerte für die Spannungszustände im Schwalbenschwanz-Keilraum des Poles.

I.

Die Rotoren von raschlaufenden Generatoren sind oft aus mehreren Scheiben aufgebaut, die mit der Welle durch Schrumpfen verbunden werden. Die aufgesetzten Pole erteilen dem rotierenden Rad zusätzliche Fliehkräfte von bedeutender Größe. Die Eigenfliehkraft des Rades und die an seinem Umfang wirkenden Lasten erzeugen einen Spannungszustand, dessen Kenntnis für die Dimensionierung grundlegend ist.

Das Spannungsfeld der Eigenfliehkraft ist durch die bekannten Gleichungen für rotierende Scheiben gleicher Breite gegeben.[1]) Die größten Spannungen in zentral belasteten Kreisscheiben treten an der Innenbohrung auf. Die Eigenfliehkraft erzeugt also dort eine höchste Beanspruchung

$$\sigma_{max_1} = \sigma_{t\,red} = \mu \cdot \omega^2 \cdot [0{\cdot}826\, R_a^2 + 0{\cdot}175\, R_i^2] \text{ kg/cm}^2.$$

Es bedeuten:

σ_t Tangentialspannung,
σ_r Radialspannung,
τ Schubspannung,
σ_{red} reduzierte Spannung,
} in kg/cm²,

μ Dichte in cm³/kg,
ω Winkelgeschwindigkeit in 1/sec,
R_a Außenradius in cm,
R_i Innenradius in cm.

Man wählt hier, wo ein zweidimensionales Spannungsproblem vorliegt, die linear-reduzierte Spannung (σ_{red}) zur Definition der Spannung eines Punktes; sie entsteht durch Verbindung der Spannungskomponenten σ_r und σ_t nach der Beziehung:

$$\sigma_{t\,red} = \sigma_t - \frac{\sigma_r}{m},$$

$$\sigma_{r\,red} = \sigma_r - \frac{\sigma_t}{m},$$

worin m die Poissonsche Zahl bedeutet ($m = {}^{10}/_{3}$ für Flußeisen).

Über diese Spannungen der Eigenfliehkraft lagert sich das Spannungsfeld der Randbelastung (Polfliehkräfte).

Im vorliegenden Fall treten intermittierende Umfangslasten auf, die den Schluß auf einen periodischen Spannungszustand der Scheibe zulassen. Es handelt sich hier wieder um Ermittlung des Ortes und der Größe der maximalen Spannungswerte.

In Abb. 1 ist dargestellt, wie die Fliehkraft C^P eines Poles durch die Radzacken auf die Scheibe übertragen wird. Die Stellen $\overline{1—2}$ sind die Übertragungsflächen der Kräfte. Sie verteilen sich sym-

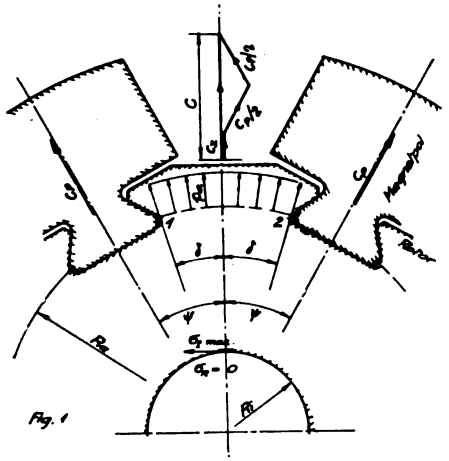


Abb. 1.

metrisch über den wirksamen Außenumfang vom Halbmesser R_a. Die Last pro 1 cm² Grundfläche der Radzacke F, welche dadurch hervorgerufen wird, ist

[1]) Vgl. Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, Mechanik, Abschnitt VI.

Digitized by Google

$$p_a = \frac{\frac{c_P}{2} + \frac{c_P}{2} + c_Z}{F} \text{ kg/cm}^2.$$

Die übliche Spannungsberechnung verteilt nun diese diskreten Lasten gleichmäßig über den Umfang $2R_a\pi$ und benützt die Gleichungen für Kreisscheiben, die von einer Randlast kontinuierlich beansprucht sind.[2]) Die Höchstspannung tritt auch hier an der Innenbohrung ein und findet sich zu

$$\sigma_{max_0} = p_a \, \delta/\psi \, \frac{2 R_a^2}{R_a^2 - R_i^2} \text{ kg/cm}^2;$$

die Bedeutung der Winkel δ und ψ ist aus Abb. 1 zu entnehmen.

Die exakte Untersuchung des Spannungszustandes zeigt, daß die Beanspruchungen infolge der intermittierenden Randlast p_a beachtenswerte Unterschiede aufweisen im Vergleich zu dem durch gleichmäßige Aufteilung von p_a gewonnenen Werte (σ_{max_0}).

Die strenge Lösung stellt die Spannung eines Punktes der Scheibe aus zwei Gliedern zusammen. Das erste davon ist die Spannung, welche, wie oben gezeigt, aus der gleichmäßigen Aufteilung von p_a entstanden ist (σ_0), das zweite ist ein Restglied in Gestalt einer unendlichen Reihe (Σ).

Der Lösungsvorgang schägt folgenden Weg ein:

1. Auflösung des Lastenzuges mittels Fourierscher Reihe, gleichbedeutend der Analyse einer der gleichmäßig angenommenen Belastung überlagerten Rechteckswelle.

2. Entwickklung der Partialspannungszustände der einzelnen harmonischen Lastwellen durch Benützung von Spannungsfunktionen.

3. Superposition (algebraische Summierung) dieser Teilspannungszustände.

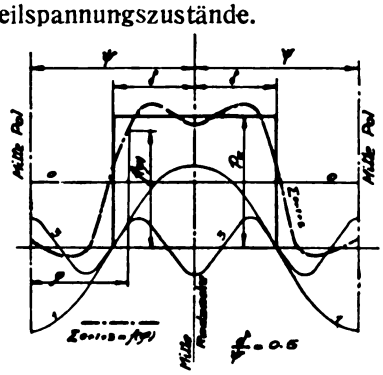


Abb. 2.

In Abb. 2 ist eine Zerlegung der Rechteckslasten im Polintervall gezeichnet, wobei das Stück des Umfanges zwischen zwei Polmitten auf eine Gerade abgewickelt wurde. Das Verhältnis δ/ψ, welches den Grad der Intermittenz angibt, wurde mit 0·5 gewählt, um mit dem nachfolgenden Zahlen-Beispiel in Einklang zu stehen.

Die Außenlast der Scheibe ist in jedem Punkt des Umfanges durch eine Fouriersche Reihe definiert:

[2]) Dubbel, l. c.

$$p_\varphi = f(\varphi) = p_a \cdot \frac{\delta}{\psi} - p_a \cdot \frac{1}{\pi} \sin\frac{\delta\pi}{\psi} \cdot \cos\varphi \frac{\pi}{\psi} + \\ + p_a \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \sin\frac{2\delta\pi}{\psi} \cdot \cos 2\varphi \frac{\pi}{\psi} - \ldots$$

für $\varphi = 0$ bis $\varphi = 2\psi$.

Der allgemeine Wert für die Amplitude einer Teilwelle ist

$$(-1)^K \cdot \frac{2}{K} \cdot \frac{p_a}{\pi} \sin(K \cdot \delta \cdot n.)$$

n = Polzahl $= \pi/\psi$.

K ein Parameter, der alle Zahlen von 1 bis ∞ durchläuft.

Das konstante Glied der Fourierschen Reihe $p_a \cdot \frac{\delta}{\psi}$ ist der gleichmäßig aufgeteilte Wert p_a; mit diesem Glied wird die Reihe in der Regel abgebrochen und der daraus entwickelte Spannungszustand — die früher angegebene Höchstspannung σ_{max_0} — der Konstruktion zugrunde gelegt.

Die Partialspannungszustände, ausgedrückt durch die Lastwellen, werden einzeln mittels Spannungsfunktionen F gelöst.

$$F = -\Delta \cos n\varphi,$$

worin

$$\Delta = C_1 R^{n+2} + C_2 R^{2-n} + C_3 R^n + C_4 R^{-n}.$$

Spannungsfunktionen[3]) sind Ortsfunktionen, aus denen sich die Spannungskomponenten eines Punktes $(\sigma_t, \sigma_r, \tau)$ durch differentielle Operationen ableiten lassen:

$$\sigma_r = \frac{1}{R^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial F}{\partial R},$$

$$\sigma_t = \frac{\partial^2 F}{\partial R^2},$$

$$\tau = -\frac{\partial}{\partial R}\left[\frac{1}{R} \cdot \frac{\partial F}{\partial \varphi}\right].$$

Da hier in polaren Koordinaten gerechnet wird, ist die Bezeichnung der Komponenten σ_r und σ_t; in rechtwinkligen Koordinaten σ_y, σ_z. Die vier Konstanten C_1 bis C_4 werden durch die Randbedingungen des Problems gefunden. Man erhält dafür vier Gleichungen, aus denen sich die Konstanten ermitteln lassen.

1. Am äußeren Rand $(R = R_a)$ ist $\sigma_r = f(\varphi)$, die früher gezeigte Fouriersche Entwicklung.

2. Am äußeren Rand $(R = R_a)$ ist τ (Schubspannung) $= 0$.

3. Am inneren Rand $(R = R_i)$ ist $\sigma_r = 0$.

4. Am inneren Rand $(R = R_i)$ ist $\tau = 0$.

} Ohne Berücksichtigung von Haftspannungen der Welle.

Die Entwicklung der Lösung ist zu langwierig, um im Rahmen dieses Aufsatzes geeignet dargestellt

[3]) Eine erschöpfende Deutung der Spannungsfunktionen und deren Theorie kann hier nicht gegeben werden, es wird deshalb verwiesen auf: Föppl, „Zwang und Drang", 1. Bd., IV. Abschnitt, „Die Scheiben" und Forschungsarbeiten des VDI, Nr. 226, wo die Schwungradberechnung von Reinhardt ausführlich dargestellt ist. Die vorliegende Arbeit stellt die Inversion der Reinhardtschen Lösung von Schwungrädern mit Armzusatzkräften dar.

Digitized by Google

zu werden. Es wird deshalb auf eine Wiedergabe der Konstantenbestimmung durch Lösung der Gleichungen (1) bis (4) verzichtet.

Die höchste auftretende Spannung, es ist eine Tangentialspannung, die in der Innenbohrung des Rades in den Symmetralebenen der Radzacken liegt, ergibt sich zu:

$$\sigma_{max_2} = \sum_{K=1}^{K=\infty} (-1)^K \cdot \frac{4}{K} \cdot \frac{p_a}{\pi} \cdot \sin(K.\delta.n).\Phi_{(Kn)} \text{ kg/cm}^2.$$

Für $R = R_i$ ist die Radialspannung $\sigma_r = 0$, sodaß der obige Wert σ_{max_2} gleichzeitig die reduzierte Beanspruchung vorstellt, welche zu berücksichtigen ist. $\Phi_{(Kn)}$ ist ein Ausdruck, gebildet aus dem Durchmesserverhältnis $\nu = \frac{R_a}{R_i}$ und der Polzahl n.

$$\Phi_{(Kn)} = \frac{n(1-\nu^2).(1-\nu^{2n}).\nu^{n+2}}{n^2.(1-\nu^2).\nu^{2n} - \nu^2.(1-\nu^{2n})^2}.$$

In Abb. 3 ist Φ in dem praktisch erforderlichen Gebiet graphisch dargestellt. Es genügt meistens, die Reihe Σ wegen ihrer starken Konvergenz mit dem zweiten oder dritten Glied zu beenden. Die

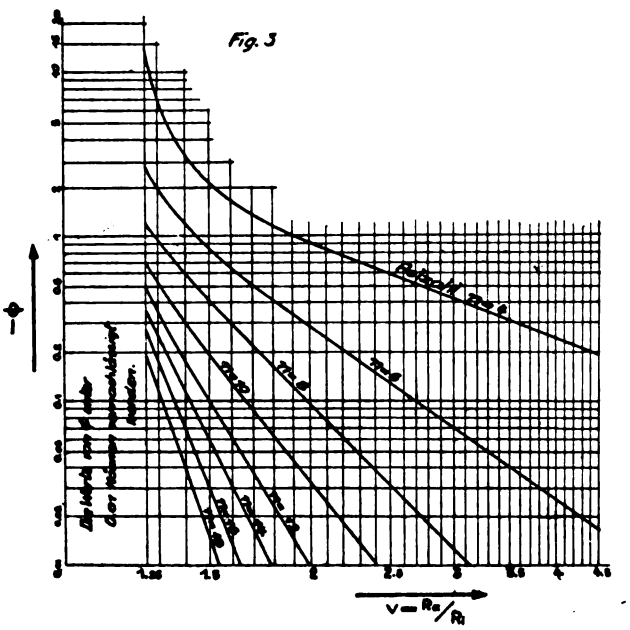


Abb. 3.

Bestimmung der Summe Σ geschieht durch Einsetzen der Parameterwerte $K = 1, 2 \ldots$ Man bekommt die höchste Gesamtbeanspruchung demnach durch Addition der drei gefundenen Maximalwerte:

$$\sigma_{max} = \sigma_{max_1} + \sigma_{max_2} + \sigma_{max_3}.$$

$$\sigma_{max} = \mu\omega^2[0{\cdot}826\,R_a^2 + 0{\cdot}175\,R_i^2] + p_a \cdot \frac{\delta}{\psi} \cdot \frac{2R_a^2}{R_a^2 - R_i^2} + \sum_{K=1}^{K=\infty} (-1)^K \cdot \frac{4}{K} \cdot \frac{p_a}{\pi} \cdot .\sin(K.\delta.n).\Phi_{(Kn)} \text{ kg/cm}^2.$$

An einem Beispiel soll die Berechnung erläutert werden, wobei von den Eigenfliehkräften abgesehen wird.

Gegeben ist:

$$\nu = \frac{R_a}{R_i} = 2,$$

$$n = \frac{\pi}{\psi} = 6,$$

$$\sin(K.\delta.n) = \sin\left(K.\pi\frac{\delta}{\psi}\right),$$

$$\frac{\delta}{\psi} = 0{\cdot}5,$$

$$p_a = 1000 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\frac{\delta}{\psi} \cdot p_a \cdot \frac{2R_a^2}{R_a^2 - R_i^2} = 0{\cdot}5 \cdot 1000 \cdot \frac{8}{3} = 1330 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\Sigma = \left[(-1)^1 \cdot \frac{4}{\pi} \cdot 1000 \cdot \sin(1 \cdot \pi \cdot 0{\cdot}5) \cdot (\Phi_6 = -0{\cdot}29)\right] + \left[(-1)^2 \frac{4}{2\pi} \cdot 1000 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 0{\cdot}5) \cdot (\Phi_{12} = -0{\cdot}01)\right] + \left[(-1)^3 \frac{4}{3\pi} \cdot 1000 \cdot \sin(3 \cdot \pi \cdot 0{\cdot}5) \cdot (\Phi_{18} = -0{\cdot}001)\right] + \ldots$$

Die Werte Φ_6, Φ_{12} usw. sind der Abb. 3 entnommen. Hier wird das zweite Glied wegen $\sin\pi$ Null, das dritte ist schon zu vernachlässigen, sodaß Σ den Wert $4/\pi\ 1000 \cdot 0{\cdot}29 = 370$ kg/cm² erhält.

Die Höchstspannung

$$\sigma_{max} = 1330 + 370 = 1700 \text{ kg/cm}^2.$$

II.

Bei den Rotoren ist noch die Untersuchung des Spannungszustandes in den Radzacken, bzw. in den Tragkeilen der Magnetpole von Wichtigkeit (Abb. 4).

Die üblichen Verfahren zur Spannungsberechnung von Tragkeilen sind Anwendungen der elementaren Biegungstheorie. Eine einigermaßen

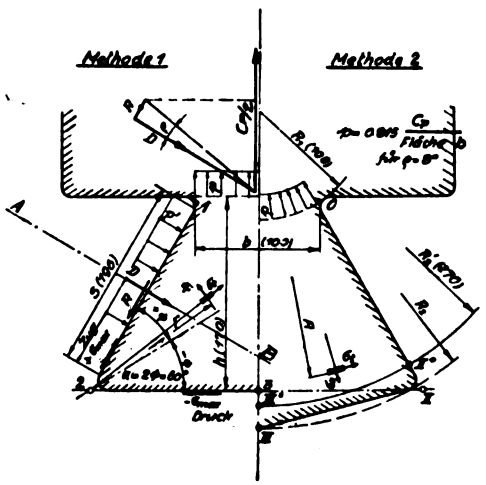


Abb. 4.

der Elastizitätstheorie entsprechende Berechnung ist jedenfalls wünschenswert, um innerhalb des elastischen Bereiches Aufschluß über die Spannungswerte zu erhalten. Wichtig ist ferner, die richtige Einschätzung der Flankenreibung des Keiles. In dieser Erkenntnis wurden Versuche angestellt,[4]) wobei man fand, daß die Annahme eines hohen Reibungskoeffizienten unrichtig war. Der Versuch bestätigte vielmehr, daß der Reibungswinkel an den Druckflächen $\varrho \sim 8^0$ beträgt, wenn die Komponente der Reibung in die Lastebene fällt. Dieser Wert kann mit den Angaben der Handbücher für ruhende Reibung zwischen Stahl auf

[4]) Vgl. Maschinenbau 1925, Heft 12; vgl. a. E. u. M. 1926, S. 254.

Digitized by Google

Stahl bei sehr hohen Drücken gut verglichen werden.

Aus Abb. 4 findet man mit den dort angegebenen Zeichen

$$\frac{C_P}{2} = D(\cos\alpha + \operatorname{tg}\varrho \,.\, \sin\alpha),$$

$$D = \frac{C_P}{2} \cdot \frac{\cos\varrho}{\cos(\alpha-\varrho)},$$

$$R = D\operatorname{tg}\varrho = \frac{C_P}{2} \cdot \frac{\sin\varrho}{\cos(\alpha-\varrho)};$$

für $\varrho = 8^0$ und $\alpha = 60^0$ ergeben sich die Komponenten der Fliehkraft, die auf die Tragflächen des Keiles wirken, mit:

$$D = 0{\cdot}816\, C_P,$$
$$R = 0{\cdot}114\, C_P.$$

Zur Berechnung ist es notwendig, Annahmen über die Verteilung der Spannungen p, p' und τ' (s. Abb. 4) über die wirksamen Querschnitte zu machen:

1. p' und τ' seien konstant längs des Querschnittes $\overline{1\,2}$.

2. p sei konstant über den Querschnitt $\overline{1\,0}$.

Entsprechend den beiden Annahmen werden nun im folgenden zwei Methoden empfohlen, die einer exakten Lösung möglichst nahe kommen.

Die erste Annahme berücksichtigt die elastische Gegenwirkung der Radzacken (des Auflagers), welche jedenfalls eine symmetrische Verteilung von p' bezogen auf AB verlangt (siehe Abb. 4, linke Hälfte). Die in der Praxis übliche Spannungsuntersuchung hält sich an diese Annahme.

Man legt Schnitte durch den Keil und setzt das abgetrennte Stück statisch und elastisch ins Gleichgewicht.[5])

Die erste Methode beschäftigt sich mit der Untersuchung des Spannungsverlaufes im Scheitelraum des Tragkeiles und benützt die erste Annahme, das heißt, an der Druckfläche des Keiles herrsche eine gleichmäßig verteilte Last p' für die Längeneinheit, erzeugt von der Druckkomponente D und eine gleichmäßige Schubkraft τ', erzeugt von der Reibung R. Das Koordinatensystem ist polar mit dem Ursprung im Scheitel des Keiles. Die Spannungskomponenten eines Punktes werden von einer Spannungsfunktion abgeleitet.[6]) Diese Funktion ist

$$F = r^2 \,.\, [C_1 + C_2\,\varphi + C_3\cos 2\varphi + C_4 \sin 2\varphi].$$

σ_r, σ_t und τ bekommt man durch die im ersten Teil der Arbeit erwähnten mathematischen Operationen.

Die Randbedingungen lauten hier:

a) Für die Druckfläche des Keiles: (bzw. für $\varphi = +\Phi$)

$$\sigma_t = p' = D/s \text{ kg/cm}^2,$$
$$\tau = \tau' = R/s \text{ kg/cm}^2.$$

b) für die lastfreie Seite: (bzw. für $\varphi = -\Phi$)

$$\sigma_t = 0, \quad \tau = 0.$$

[5]) Vgl. ETZ 1924, S. 493 ff.

[6]) Siehe Zeitschrift für Mathematik und Physik 1912, S. 275 ff.

Die Konstanten $C_1 - C_4$ findet man durch Auflösung der vier Gleichungen, die sich ergeben, wenn die Randwerte in die Spannungsgleichungen eingeführt werden.

In den Randflächen des Keiles liegen die Höchstspannungen σ_{max_1} und σ_{max_2}

$$\sigma_{max_1} = \sigma_r \text{ für } \varphi = -\Phi = \frac{C_P}{2s\,.\cos(\alpha-\varrho)}\,.$$
$$(-)\{2{\cdot}5\cos\varrho + 2\sin\varrho\} \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma_{max_2} = \sigma_r \text{ für } \varphi = +\Phi = \frac{C_P}{2\,.\,s\,.\cos(\alpha-\varrho)}\,.$$
$$(-)\{1{\cdot}5\cos\varrho + 3{\cdot}22\sin\varrho\} \text{ kg/cm}^2.$$

Die Klammerausdrücke sind hier für den üblichen Neigungswinkel $\alpha = 2\Phi$ 60° berechnet. Wird der Reibungswinkel ϱ mit 8° eingesetzt, dann vereinfachen sich die Formeln zu

$$\sigma_{max_1} = -2{\cdot}268\,\frac{C_P}{s} \text{ (Druckspannung)},$$

$$\sigma_{max_2} = +1{\cdot}587\,.\,\frac{C_P}{s} \text{ (Zugspannung)}.$$

Diese Methode gilt für den Scheitelraum des Tragkeiles sehr genau, bedeutet aber nur eine Annäherung an den wirklichen Zustand, weil man eine Spannungsfunktion benützt hat, die nicht die ganze Keilform umfaßt. Auf die Teile im Gebiete der Keilsymmetralen (Polsymmetralen) darf diese Funktion nicht mehr angewendet werden. Eine Spannungsfunktion zu finden, welche die Randbedingungen und elastischen Grundgleichungen für den ganzen Keilraum befriedigen könnte, ist hier, wie in vielen der Praxis entstammenden Fällen schwierig. (Eine Anwendung von komplexen Spannungsfunktionen könnte vielleicht mehr Erfolg versprechen.)

Hält man sich an die zweite Annahme, dann läßt sich der Spannungszustand des ganzen Keiles streng lösen, wenn man die lastfreie Seite durch einen Kreisbogen begrenzt.[7]) Eine diesem Vorgang entsprechende Ausführung des Keiles wäre die, den abschließenden Kreisbogen durch zwei Sehnen zu ersetzen (siehe Abb. 4, rechte Hälfte), wobei der berechnete Spannungszustand sich den wirklichen Verhältnissen gut anpassen würde.

Man betrachtet also den Keil nach der zweiten Methode als Kreisringsektor, wobei der Kreismittelpunkt auf der Polsymmetralen im Schnitt der Druckflächen angenommen wird. Die Rechnung ist dann sehr einfach, weil man die Formeln für dickwandige Rohre mit Innenbelastung (zentraler Zug nach Innen) verwenden kann. Es ergeben sich die bekannten Ausdrücke,[8]) wenn man polare Koordinaten mit dem Kreismittelpunkt als Ursprung einführt:

$$\sigma_r = -p\left\{\frac{R^2 - R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \frac{R_1^2}{R^2}\right\} \text{kg/cm}^2,$$

$$\sigma_t = -p\,.\left\{\frac{R^2 + R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \frac{R_1^2}{R^2}\right\} \text{kg/cm}^2.$$

Die größten Beanspruchungen treten bei dieser

[7]) Föppl, „Drang und Zwang", Bd. 1, § 39.

[8]) Dubbel, l. c.

Digitized by Google

Betrachtung im Querschnitt 0 1 auf (Abb. 4); hier setzt sich die Zugspannung $+p$ und die Druckspannung $-\sigma_{t\max}$ zu einer reduzierten linearen Spannung zusammen von der Art:

$$\sigma_{r\,red} = p + \frac{\sigma_{t\max}}{m} \ldots \text{Zug in radialer Richtung,}$$

$$\sigma_{t\,red} = -\sigma_{t\max} - \frac{p}{m} \ldots \text{Druck in tangentialer Richtung.}$$

Die größere von beiden ist für die Dimensionierung maßgebend, das ist:

$$\sigma_{t\,red} = -p\,\frac{1{\cdot}3\,R_2^2 + 0{\cdot}7\,R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \text{ kg/cm}^2 \text{ (Druckspannung)}$$

für $R = R_1$.

p ist hier mit: $\frac{C_P}{F} \cdot \frac{\cos\varrho}{\cos(\alpha - \varrho)}$ einzusetzen, wobei der Einfluß der Reibung auf das Lastpolygon berücksichtigt wird.

Für $\alpha = 60°$, $\varrho = 8°$ wird $p = \frac{C_P}{F} \cdot 0{\cdot}816$ kg/cm².

F ist hier die Fläche des Querschnittes 0 1 (Abb. 4). Es wird empfohlen, alle Rechnungen auf 1 cm Keilbreite zu reduzieren, die Fliehkraft, Querschnitte usw. haben dann in diesem Sinn Geltung.

Um noch die Reibung an den Keilflanken für den Spannungszustand in Rechnung zu setzen, kann man eine Spannungsfunktion benützen von der Art:

$$F = K \cdot \sin n\varphi$$

$$K = c_1 R^{n+2} + c_2 R^{2-n} + c_3 R^n + c_4 R^{-n}.$$

Die Konstanten lassen sich durch die Bedingungen an den Rändern des Keiles berechnen. Die damit gewonnene Lösung für die höchste Spannung ist zu den Werten der obigen Formeln zu addieren.

Beispiel. Im Anschluß an das Gesagte wird ein Zahlenbeispiel nach beiden Methoden durchgerechnet; die Abmessungen des Keiles sind in Abb. 4 von Klammern (–) umgeben.

Angaben: 10poliges Magnetrad, Drehzahl = 500 U/min, bei 100 vH Übertouren 1000 U/min, Polgewicht = 3000 kg, C_P eines Poles: 20000 kg/cm Polbreite, Höhe des Keiles $h = 17$ cm, $\alpha = 60°$, $\varrho = 8°$, $s = \frac{h}{\sin 60°} = 19{\cdot}6$ cm, $b = 10$ cm.

1. Methode:

$$\sigma_{r\max} = -2{\cdot}268 \cdot \frac{C_P}{s} = -2{\cdot}268 \cdot \frac{20000}{19{\cdot}7} = -2320 \text{ kg/cm}^2$$

2. Methode:

$R_1 = 10$ cm,

R_2 als Halbmesser des Ausgleichsbogens = 27 cm,

$$p = 0{\cdot}816 \cdot \frac{20000}{10} = 1632 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma_{t\,red} = -1632 \cdot \frac{950 + 70}{730 - 100} = -2640 \text{ kg/cm}^2.$$

Die zweite Methode ist theoretisch entsprechender als die erste, es ist aber dabei zu berücksichtigen, daß der Spannungsverlauf durch die erzwungene Verteilung der Außenlast an den Seitenflächen nur solange streng gelten kann, als Lagerung auf undeformablem Material vorausgesetzt wird. Die elastische Gegenwirkung des Auflagers der Radzacken gleicht aber den Gegendruck an den Seitenflächen aus und Annahme 1 berücksichtigt dies in der besten Form. Beide Methoden schließen also Grenzfälle ein und die rechnerisch gefundenen Höchstspannungen sind auch als Grenzwert anzusehen. Es wird empfohlen, nach beiden Methoden zu rechnen und sich an die zahlenmäßig höhere von beiden zu halten, zumal die Kerbwirkungen im Ansatz von Keil zu Pol unkontrollierbare Spannungserhöhungen nach sich ziehen.

Kritische Bemerkungen zur Erwärmungsgleichung unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit von Wärmeabgabe und spezifischem Widerstand sowie der Inhomogenität des Körpers.

Von Prof. Dipl. Ing. Heinrich **Ott**, Karlsruhe.

Die bekannte einfache Exponentialgleichung der Erwärmungskurve:

$$\tau = \tau_e \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$$

wird unter der Voraussetzung eines konstanten spezifischen Widerstandes des stromerwärmten Leiters, der Unveränderlichkeit der Wärmeabgabe sowie des homogenen Aufbaues des Körpers abgeleitet. Praktisch sind nun, wie schon vielfach erwähnt wurde,[1]) weder Widerstand des stromerwärmten Leiters, noch seine Wärmeabgabe je Grad Celsius Übertemperatur konstant, außerdem haben wir in fast allen Fällen keinen homogenen Körper, sondern einen zwei- oder mehrschichtigen Körper vor uns. Welche Einflüsse haben nun diese Vernachlässigungen in ihrer Gesamtheit auf die Erwärmungskurve?

Wir müssen hierbei zunächst deutlich Temperaturanstieg und Endtemperatur unterscheiden. Es gibt Einflüsse, die die erreichte Endtemperatur beeinflussen und solche, die den Temperaturanstieg beschleunigen oder verzögern, also die Gestalt der Erwärmungskurve verändern, während erstere keine Abweichung von der Exponentialform zur Folge haben. Nur auf die erreichte Endtemperatur, dagegen nicht auf die Form

[1]) Vgl. zum Beispiel Kopczynski, E. K. B. 1915, S. 48.
Dr. O. Szilas, E. u. M. 1913.
Dipl. Ing. Klein, E. u. M. 1915, S. 217.
Gut, Bull. S. E. V. 1919, S. 40.
Gramisch, E. u. M. 1926, H. 42.

Digitized by Google

der Erwärmungskurve, ist die Veränderlichkeit des Widerstandes von Einfluß, jedoch sowohl auf Form der Erwärmungskurve als auch auf erreichte Endtemperatur die Veränderlichkeit der Wärmeabgabe, während die Inhomogenität die Form der Erwärmungskurve gerade in entgegengesetzter Richtung beeinflußt. Da nun auch die Wirkung der Temperaturabhängigkeit vom spezifischen Widerstand und Wärmeabgabe in bezug auf die Endtemperatur sich gegenseitig nahezu aufheben, kommen wir zu dem Schluß, daß die Wirkung aller dieser Vernachlässigungen in ihrer Gesamtheit sich gegenseitig im Rahmen praktischer Meßgenauigkeit genügend kompensiert, so daß wir nahezu überall mit der einfachen Erwärmungsgleichung in der klassischen Form der obengenannten Exponentialgleichung auskommen. Dies soll nun im einzelnen dargetan werden.

Wir beginnen mit der Temperaturabhängigkeit der Wärmeabgabe je Grad Celsius Übertemperatur.

Die Wärmeabgabefähigkeit je Flächeneinheit und 1° C Temperaturgefälle μ wächst bekanntlich mit der Temperatur τ und wir können nach Binder[2]) diese Abhängigkeit für den unteren Temperaturbereich genügend genau durch die einfache lineare Beziehung ausdrücken:

$$\mu = \mu_0 (1 + \alpha \tau).$$

Für unsere Zwecke können wir den Ausdruck auch in der Form anschreiben:

$$\mu = \frac{\mu_0}{1 - \beta \tau}.$$

Hierin ist für einen Temperaturbereich zwischen etwa 20 bis 70° Übertemperatur β etwa gleich 0·005. Danach läßt sich die Differentialgleichung der Erwärmung oder der Einfachheit halber der Abkühlung anschreiben:

$$0 = G c d\tau - F_0 \mu_0 \frac{\tau}{1 - \beta \tau} dt.$$

Die Endtemperatur im stationären Zustand wird:

$$\tau_e = \frac{Q}{F_0 . \mu},$$

wenn F_0 die Oberfläche, G das Gewicht, c die spezifische Wärme und Q die Verlustwärme in Watt bedeutet. Die Lösung der Differentialgleichung wird:

$$\frac{t}{T} = \ln \frac{\tau}{\tau_e} - \beta (\tau - \tau_e); \quad T = \frac{Gc}{F_0 \mu}.$$

Durch Reihenentwicklung der logarithmischen Funktion versuchen wir die Gleichung praktisch umzuformen:

$$\ln \frac{\tau}{\tau_e} \cong 2 . \frac{\tau - \tau_e}{\tau + \tau_e} \ldots$$

$$\frac{t}{T} \cong 2 . \frac{\tau - \tau_e}{\tau + \tau_e} \left(1 - \beta \frac{\tau + \tau_e}{2}\right) \cong \ln \frac{\tau}{\tau_e} \left(1 - \frac{\beta (\tau + \tau_e)}{2}\right),$$

$$\frac{t}{T \left(1 - \frac{\beta (\tau + \tau_e)}{2}\right)} \cong \ln \frac{\tau}{\tau_e}.$$

[2]) Binder, „Über Wärmeübergang". Verl. Knapp, Halle 1911.

Tatsächlich ist die Folge der Temperaturveränderlichkeit der Wärmeabgabe, wie zu erwarten, ein Abweichen der Erwärmungskurve von der reinen Form der Exponentialkurve mit dem charakteristischen Ausdruck der „Zeitkonstanten" sowohl hinsichtlich der erreichten Endtemperatur als hinsichtlich des Temperaturanstieges, da die Zeitkonstante $T\left(1 - \frac{\beta(\tau + \tau_e)}{2}\right)$ sowohl eine Funktion der Endtemperatur als der jeweilig erreichten Temperatur ist. Wir können die Abhängigkeit in der Form anschreiben:

$T_\tau = T . \left(1 - \beta \frac{\tau + \tau_e}{2}\right)$ = **Zeitkonstante für die Temperatur τ,**

$T_{\tau_e} = T . (1 - \beta . \tau_e)$ = **Zeitkonstante für die Endtemperatur τ_e.**

Für eine Endtemperatur τ_e von 40° ergibt sich: ($\beta = 0{\cdot}005$):

$T_{\tau_e} = (1 - 0{\cdot}2) . T = 0{\cdot}8 . T$ **und für τ gleich 0:** $T_{\tau=0} = 0{\cdot}9 . T$.

Interessant ist hauptsächlich auch die Veränderung der Zeitkonstanten mit wachsender Endtemperatur. Für dieselbe Temperatur ergeben sich bei den Endtemperaturen τ_{e_1} und τ_{e_2} die Werte:

$$T_{\tau_1} = T\left(1 - \frac{\beta \tau}{2} - \frac{\beta . \tau_{e_1}}{2}\right) \text{ für } \tau_{e_1},$$

$$\left.\begin{aligned} T_{\tau_2} &= T\left(1 - \frac{\beta \tau}{2} - \frac{\beta . \tau_{e_2}}{2}\right) \\ T_{\tau_2} &= T_{\tau_1}\left(1 - \frac{\beta}{2}(\tau_{e_2} - \tau_{e_1})\right) \end{aligned}\right\} \text{ für } \tau_{e_2}.$$

Der Einfluß der höheren Temperatur auf die Zeitkonstante im normalen Temperaturbereich der elektrischen Maschinen und Leitungen ist also durchaus nicht so groß, wie man hätte vermuten können.[3]) Hier wird in den meisten Fällen der Einfluß unterhalb der Grenze der technischen Meßfehler bleiben; nur bei sehr hohen Temperaturen, wie sie beispielsweise bei Anlaßwiderständen auftreten, wird die Beeinflussung technisch fühlbar.

Der Fehler einer Vernachlässigung der Temperaturabhängigkeit der Wärmeabgabe kompensiert sich jedoch — wie bereits bemerkt — zum größten Teile wieder durch die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur und durch den Einfluß der Inhomogenität und des inneren Temperaturabfalles des erwärmten Körpers.

Ist die Stromstärke praktisch von dem Widerstand des erwärmten Körpers unabhängig, so wird die Stromwärme Q in Abhängigkeit von der Übertemperatur τ, wenn wir den Temperaturkoeffizienten mit α bezeichnen:

$$Q_\tau = Q (1 + \alpha . \tau).$$

Unter Berücksichtigung dieser Abhängigkeit wird die Differentialgleichung der Erwärmung:

$$Q (1 + \alpha \tau) dt = c G d\tau + F_0 \mu \tau . dt$$

[3]) Gut, der in d. Bull. d. S. E. V. 1918, S. 40 dieselbe Frage behandelt, gibt hier irrtümlich einen doppelt so hohen Wert an.

Digitized by Google

und die weitere Entwicklung gibt

$$T_\tau = \frac{T}{1 - \alpha . \tau_e}$$

Vergleichen wir die Abhängigkeit der Zeitkonstanten T von der Widerstandserhöhung mit der Abhängigkeit von der Veränderlichkeit der Wärmeabgabefähigkeit, so sehen wir, daß die beiden Wirkungen einander entgegenwirken und sich für $\tau = \tau_e$ ganz aufheben würden, wenn die Koeffizienten α und β zahlenmäßig gleich groß werden. Der Wert für α ist gleich 0·004 und für β im mittleren Bereich ungefähr gleich 0·005, so daß ihre resultierende Wirkung wenigstens mit bezug auf die höheren Temperaturwerte nahe der Endtemperatur sicher vernachlässigt werden kann.

Für den Temperaturanstieg selbst ergibt sich allerdings zunächst noch ein gewisser Einfluß der veränderlichen Wärmeabgabefähigkeit in der Veränderlichkeit der Zeitkonstanten, die zu Beginn etwas größer erscheint als zu Ende der Erwärmung. Aber praktisch kann auch diese Abhängigkeit meist nicht festgestellt werden, wie nachstehend noch erwiesen werden soll.

Wie der Verfasser an anderer Stelle ausführlicher nachweisen wird, läßt sich die Erwärmungsgleichung jedes inhomogenen Körpers in der Form anschreiben:

$$\tau = \tau_e \left(1 - \vartheta_1 . e^{-\frac{t}{T_1}} - \vartheta_2 . e^{-\frac{t}{T_2}} - \ldots\right),$$

wobei ϑ_1, ϑ_2 Faktoren kleiner als 1 sind, deren Summe gleich 1 ist. Die Werte der Zeitkonstanten T_1 und T_2 sind untereinander stark verschieden und entsprechen im Falle eines zweischichtigen Körpers etwa den Zeitkonstanten beider Schichten.

Verhältnismäßig einfach läßt sich diese Beziehung für einen inhomogenen Körper mit mehreren Wärmeabgabeflächen begründen, wie dieser Fall bei elektrischen Maschinen und Motoren fast immer gegeben ist. Abgesehen von der Inhomogenität des Körpers kann hier namentlich nicht von einer wärmeabgebenden Oberfläche gesprochen werden, sondern die einzelnen wärmeabgebenden Oberflächen geben die Wärme verschieden stark und mit verschiedener Geschwindigkeit ab. Dies bewirkt, daß die Erwärmungskurven oder besser die Abkühlungskurven durchaus verschiedene Form annehmen, wenn man abwechselnd die Wärmeabgabe eines Teiles verhindert und nur diejenige eines anderen Teiles der Oberfläche zuläßt. Mit anderen Worten: der Verlauf der Abkühlungskurve und ihre Zeitkonstante ist durchaus verschieden, wenn man die Wärmeabgabe der einzelnen Teile getrennt beobachtet. Nehmen wir zunächst an, die Wärmeabgabe einer Maschine erfolgt durch die Stirnverbindungen der Wicklung und durch den Eisenrücken. Im stationären Zustand ist die Wärmeabgabe der Oberfläche 1, zum Beispiel der Stirnflächen, $\vartheta_1 . 100$ vH der gesamten Wärmeabgabe, die der Oberfläche 2 aber $\vartheta_2 . 100$ vH. Andererseits wird über die beiden Oberflächen die Wärmeabgabe verschieden schnell erfolgen; es beträgt der Temperaturverlust

durch Oberfläche 1 in der Zeit t:

$$\vartheta_1 . e^{-\frac{t}{T_1}} . \tau_e,$$

durch Oberfläche 2 in der Zeit t:

$$\vartheta_2 . e^{-\frac{t}{T_2}} . \tau_e.$$

Bei dem homogenen Körper ergab sich die Temperaturgleichung der Erwärmung:

$$\tau = \tau_e \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right).$$

Hier wird die Temperaturgleichung:

$$\tau = \tau_e \left(1 - \vartheta_1 . e^{-\frac{t}{T_1}} - \vartheta_2 . e^{-\frac{t}{T_2}}\right).$$

Die Wirkung der Inhomogenität sowohl als der Verschiedenartigkeit der Wärmeabgabeflächen auf die Form der Erwärmungskurve ist also derart, daß der Temperaturanstieg zu Beginn des Erwärmungsvorganges wesentlich rascher wie gegen Ende desselben im Vergleich mit einer reinen Exponentialkurve erfolgt. Diese Einflüsse rechnerisch zu verfolgen, ist wohl nur für den Fall eines deutlich zwei- oder mehrschichtigen Körpers oder stark verschieden kühlwertiger Wärmeabgabeflächen zu empfehlen.

Allgemein kann jeder Erwärmungsvorgang als eine derartige Überlagerung mehrerer Exponentialkurven aufgefaßt werden, deren Wirkung sich nun dadurch äußert, daß die resultierende Erwärmungskurve anfangs wesentlich rascher als die reine Exponentialkurve ansteigt. So kompensiert sich der Einfluß der Wärmeabgabeveränderlichkeit auf den Anstieg der Temperaturkurve meist so vollkommen, daß praktisch aufgenommene Erwärmungskurven sogar in den meisten Fällen zu Anfang einen rascheren Temperaturanstieg wie gegen Ende zeigen.

Zusammenfassend kann also unsere Kritik der Voraussetzungen der exponentiellen Erwärmungsgleichung so formuliert werden: die Wärmeabgabeveränderlichkeit sowohl als die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes bewirken, daß beide Werte mit Rücksicht auf den oberen Temperaturbereich und die Endtemperatur mit genügender Genauigkeit als konstant angenommen werden können, da beide Wirkungen sich mit Rücksicht auf die Endtemperatur nahezu völlig aufheben; der durch die Temperaturabhängigkeit der Wärmeabgabe bedingte langsamere Temperaturanstieg am Anfang der Erwärmungskurve wird andererseits durch die Wirkungen der Inhomogenität des erwärmten Körpers (und des inneren Temperaturabfalles) meist mehr wie kompensiert, so daß wir praktisch auch für hohe Temperaturen nicht von der einfachen Exponentialgleichung abzugeben brauchen.

Mit Rücksicht auf die Schwierigkeit der Erwärmungsrechnungen und der Unsicherheit aller Konstantwerte dürfte es sich daher in den meisten Fällen nicht empfehlen, die Temperaturabhängigkeit der Wärmeabgabe oder des spezifischen Widerstandes auf die Erwärmungskurve zu berücksichtigen. Gerade hier wird in Zweifelsfällen nicht die Rechnung, sondern das Experiment zu entscheiden haben.

Digitized by Google

Die Entwicklung der Elektrotechnik in Amerika im Jahre 1926.

Der diesjährige Bericht von J. Liston über die Arbeiten der General Electric Comp. im Jännnerheft d. J. der „General Electric Review" gibt ein fast lückenloses Bild über die in Amerika zu verzeichnende Entwicklung der Elektrotechnik, deren sämtliche Zweige von dieser Gesellschaft schöpferisch befruchtet werden. Wenn auch das abgelaufene Jahr keine grundlegenden Neuerungen brachte, so ist doch die stete Weiterentwicklung bestehender Ausführungen, die in Größe und Menge die der vergangenen Jahre übertrifft, bemerkenswert genug, um sich — wenigstens auszugsweise — damit zu beschäftigen.

Dampfturbinen. Die größte Einheit von 1925, 60 000 kW, wurde im Jahre 1926[1]) durch eine Maschine mit 77 000 kW für Chicago überboten[2]). In Arbeit befindet sich jedoch eine Turbine mit 91 500 kW, gleichfalls für Chicago, welche 1927, und eine mit 208 000 kW, welche 1929 aufgestellt werden wird. Letztere wird für ein Werk in Hammond, Ind., gebaut und erhält Dampf mit 42 at, 400° C, der vor Eintritt in die beiden Niederdruckteile mit Frischdampf auf 260° C aufgeheizt wird. Die Maschine läuft mit 1800 U/min., der Hochdruckteil erhält einen Generator mit 76 000 kW, jeder Niederdruckteil einen Generator mit 62 000 kW und einen zweiten mit 4000 kW, letzterer für den Stationsdienst. Jede Maschine hat ihre eigene Erregermaschine. Die fünfte in Amerika gebaute Zentrale für 40 bis 60 at kam in Betrieb. Es ist die Zentrale Stanton mit zwei Einzylinder-Turbinen, von denen jede einen Hauptgenerator 40 000 kW und einen 2000 kW Hausgenerator treibt. Von zahlreichen anderen gelieferten Maschinen dieser und höherer Leistung seien die zwei im Bau befindlichen 94 000 kW Turbogeneratoren für die Southern California Edison Company genannt, von welchen jeder 31 m lang ist und 750 t wiegt. — Die 3000 kW-Turbine für 84 at Dampfspannung in der Edgar-Station Boston hat im ersten Betriebsjahr bewiesen, daß die hohe Spannung keinerlei Schwierigkeiten verursacht und daß gute Aussicht vorhanden ist, auf diesem Wege zu einem Verbrauch von 0·4 kg Kohle für 1 kWh zu gelangen. Eine Reihe elektrischer Verfeinerungen, Mehrweg-Radial-Ventilation im Anker, unmagnetische Armatur-Schilde, unterteilte Leiter, Belüftung des Magnetrades und die Verwendung von Aluminium für Keile und Stützen, hat die Verluste so verringert, daß der Wirkungsgrad der zwei Generatoren von Richmond[3]), (Philadelphia) mit je 62 500 kW, 1800 U/min. mit 98 vH gemessen wurde. Dabei war die Temperaturerhöhung des Ankers 30° C, des Magnetrades 65° C. Weitere Erfolge lassen die Versuche mit Belüftung durch Wasserstoff erwarten.

Die in der Zentrale Dutch-Point der Hartford Electric Light Company im Jahre 1923 aufgestellte Quecksilber-Dampfturbine[4]) und der Quecksilber-Kessel wurden 1925 durch eine neue dreistufige Turbine und einen geänderten Kessel ersetzt. Ein sechsmonatlicher, fast ununterbrochener Probebetrieb am Netz war durchaus befriedigend. Der Feuerrohrkessel mit vertikalen Rohren, deren jedes freie Ausdehnungsmöglichkeit besitzt, hat die Kohlen-Feuerung unmittelbar unter sich, so daß alle Rohre gleichmäßig geheizt sind. Der Wirkungsgrad der Turbine beträgt 70 vH. Die Untersuchung im September 1926 zeigte, daß alle Teile in tadellosem Zustand waren. Nunmehr wird für die Zentrale Meadow der gleichen Gesellschaft eine große Quecksilberdampfturbine gebaut, welche 10 000 kW leisten und 6500 kg Kohle für 1 Stunde, also nicht mehr als 0·65 kg/kWh verbrauchen wird. Außerdem wird das kondensierende Quecksilber 56 000 kg Stundendampf mit 400° C erzeugen.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 519, 895, 919.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, „Das El.-Werk", S. 63.

[3]) E. u. M. 1926, S. 751.

[4]) Vgl. E. u. M. 1914, S. 271; 1922, S. 79; 1926, S. 836; 1927, S. 190.

Bei den kleineren Dampfturbinen für die Industrie wurden Verbesserungen von großer Wichtigkeit angebracht, besonders in Richtung der Zwischendampf-Abnahme für Betriebszwecke. So erhielt das Raritan-Kupferwerk zwei Turbogeneratoren für 5000 kVA und einen für 3125 kVA, alle für 3600 U/min und 25 at Admission, während die alten Maschinen mit 11·5 at arbeiten. Die großen Turbinen arbeiten gegen einen Gegendruck von 38 mm Hg-Säule abs. und besitzen ein automatisches Ventil zur Aufnahme oder Abgabe von 11·5 at zum Ausgleich des alten Dampfnetzes. Außerdem sind Abzapfventile für 2 und 0·14 at für Heizzwecke vorgesehen. Die kleinere Turbine hat ein Abzapfventil für ein anderes Heiznetz mit 4 at abs. und eines für 0·14 at. Da die drei Maschinen parallel auf das gleiche elektrische Netz arbeiten, ergibt sich eine vorzügliche Balanzierung in der Dampfwirtschaft des Werkes.

Elektrische Maschinen. Obwohl die große Entwicklung der Dampfwerke die Wasserwerke etwas zurückdrängte, so wurden doch 1926 mehr als 30 Generatoren für Wasserturbinen mit Leistungen über 10 000 kVA gebaut. Dabei wurden meist federnde Lager[5]) verwendet, weiter wurden mehrfach Generatoren mit geschlossenem Luftweg und Wasserkühlung gebaut. Rotoren und Statoren werden zur Vermeidung von Stahlgußstücken aus Platten zusammengesetzt. Von den größeren Ausführungen seien drei vertikale Generatoren, je 37 500 kVA, 120 U/min., 12 kV, 60 Per/s für die Alabama Power Company erwähnt, ferner zwei Maschinen, je 30 000 kVA, 300 U/min., 11 kV, für die Washington Water Power Company und vier je 40 000 kVA, 81·8 U/min, 13·8 kV, für die Susquehanna Power Company. Für die Southern California Edison Company wurden drei Synchron-Phasenschieber für je 50 000 kVA, 600 U/min., 50 Per/s gebaut, die größten bisher gebauten Einheiten dieser Art. Ihre Verluste betragen bloß 1²/₃ vH. Sie sind für die Regulierung der Big-Creek-Leitungen mit 220 kVA bestimmt, wiegen je 190 t und haben geschlossene Kühlluftwege mit Wasserkühlung. Drei Einankerumformer wurden für die Soc. Gen. Metallurgique de Hoboken geliefert. Sie leisten je 10 500 A Gleichstrom mit 87 bis 175 V, entsprechend 915/1840 kW, Drehzahl 250 U/min. Die Speisung erfolgt durch Öltransformatoren, je 2055 kVA, 6600/130 V, mit natürlicher Luftkühlung. Jeder besitzt einen angebauten Stufenschalter mit acht Stufen von 66 bis 130 V, der im Betrieb betätigt werden kann. Zwischenstufen der Spannung werden durch die Erregung erreicht. Eine Reihe von Quecksilber-Gleichrichtern in Metallgehäusen, meist für Bahnen, wurden mit Leistungen bis 1500 kW und Spannungen bis 1500 V gebaut. Mehrere Apparate wurden mit Erfolg für selbsttätigen Betrieb eingerichtet.

Im Motorenbau wurde eine besonders kräftige Stahlwerkstype in Größen von 5 bis 200 PS geschaffen. Die Motoren haben eingebaute Ventilatoren und werden nach Wahl mit Kugel- oder Gleitlagern geliefert. Eine Rekonstruktion der Kommutatormotoren läßt eine Regelung 1 : 3 bei konstanter Leistung zu. Für vorgelegelose Aufzugswinden wurden Gleichstrommotoren geschaffen, mit welchen die Seilscheibe und Lüftungsbremse konstruktiv verbunden sind. Der Anker hat Kugellager und rotiert um die feststehende Welle. Bei den motorischen Antrieben findet die Ward-Leonard-Anordnung für die großen Hebezeuge ein wachsendes Anwendungsgebiet. So wurde für Chile ein Erzkran gebaut, dessen 8 t-Greifer mit 70 m/sec gehoben und dessen Katze mit 250/s bewegt wird. Für die zwei Hub-, den Katzfahr- und Kranfahr-Motor wird ein Steuersatz mit vier Gleichstrom-Dynamos und einem Drehstrom-Synchronmotor 435 kVA, 1000 U/min., 50 Per/s verwendet. Letzterer kann auch als Phasenschieber arbeiten. Die größten je gebauten Papiermaschinen wurden für die Canadia International Paper Company am Gatineau-

[5]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 109.

Digitized by Google

Fluß gebaut. Die Papierbreite ist 7 m, die Geschwindigkeit 365 bis 440 m/min. Jede der vier Maschinen hat Mehrmotorenantrieb. Für die Gautsch- und Kalandersektionen sind 250 PS-Motoren vorgesehene, die Preßpartie hat 125 PS, die Trockner je vier Motoren zu 440 PS, usw. Im ganzen sind Motoren für 5780 PS vorhanden, den Strom liefern vier Turbo-Gleichstromgeneratoren von je 750 kW. Dazu wurde ein neuer Geschwindigkeitsregler geschaffen, welcher angeblich auf einige Zehntel Prozent genau regelt. Sein Hauptteil ist ein kleiner Synchronmotor, dessen Rotor durch den Hauptantriebsmotor bewegt wird und von Schleifringen der Steuerdynamo Strom erhält, während der in Kugellagern drehbare Stator die Spannung von den Schienen der Steuerdynamo erhält und die Feldregler der Sektionsmotoren verstellt, wenn die Belastung die Drehzahl des Hauptantriebes verändert. Die großen Lieferungen von 1925 für die Stahlwalzwerke setzten sich 1926 mit 140 000 PS fort, wodurch die bisher installierte Leistung beinahe 1 Mill. PS erreichte. Der Dampfantrieb einer Reversier-Blockstrecke wurde innerhalb 122 Stunden durch einen 3000 PS-Gleichstrommotor, 80/150 U/min. ersetzt. Der Motor wird von einem Schwungrad-Umformer gespeist. Bei den kontinuierlichen Walzwerken geht die Tendenz dahin, für die einzelnen Walzenstühle besondere Motoren zu verwenden. So erhielt ein Walzwerk mit 13 Staffeln 13 einzeln regelbare Gleichstrommotoren mit zusammen 10 500 PS. Für die Anaconda-Kupferminen wurde die Ausrüstung einer Hauptschacht-Fördermaschine für eine Tiefe von 1580 m geliefert. Sie hat zwei je nach dem Horizont verstellbare Trommeln, welche von einem Gleichstrommotor für 2150 PS bei 59·5 U/min. getrieben sind. Die Nutzlast von 7 t wird mit 11·4 m/s gefördert. Eine Fahrt dauert 152·5 sec., von welcher Zeit 20 sec. auf die Beschleunigung, 10 sec. auf die Verzögerung entfallen. Jedes der beiden Seile mit einer Dicke von 46 mm wiegt 12·8 t. Die zugehörigen Schwungrad-Umformer liefern bis 150 V Gleichstrom, der Synchronmotor ist für 2300 kVA, 2200 V, 514 U/min. bemessen. Die Steuerung geschieht durch eine Meisterwalze.

Im Transformatorenbau wurde 1926 die größte Einheit sowohl für natürliche, als für künstliche Ölkühlung erreicht, nämlich 20 000, bzw. 34 000 kVA. Die Größenentwicklung der Krafttransformatoren während der letzten Jahre zeigt folgende Tabelle, welche die Durchschnittsleistung in kVA gibt:

Jahr	Natürliche Kühlung	Künstliche Kühlung	Gesamt
1919	1175	4325	2150
1920	1325	3175	2175
1921	1575	4150	2750
1922	1700	6000	3750
1923	2350	5600	3450
1924	2500	5325	3525
1925	3550	5275	4175
1926	2806	11645	5052

Am Ende 1926 waren 28 Transformatoren für 220 kV mit einer Gesamtleistung von 727 000 kVA, im Durchschnitt 26 000 kVA im Bau. Dazu kommen Transformatoren für Spannungen über 70 kVA mit einer Leistung von 2 Mill. kVA. Die größte Einheit für künstliche Kühlung war ein Autotransformator für die Buffalo General Electric Company für 66 667 kVA, für welchen eine Type für 34 000 kVA bei getrennten Wicklungen gewählt wurde. Er enthält 36 t Blech und 17 t Kupfer. Das Gewicht mit Öl beträgt 120 t. Zwecks symmetrischer Fluxverteilung und Erreichung geringerer Höhe, hat der Transformator fünf Schenkel, ferner sind zwei Wicklungen vorgesehen, welche zur Erreichung geringerer Unterbrechungsleistung besondere Schalter haben. Ein 30 000 kVA-Transformator hat einen Ölkessel, welcher ein Vakuum von 70 cm Wassersäule auszuhalten hat, so daß er im Vakuum getrocknet werden kann. Eine Reihe von Transformatoren erhielt eine Kühlung, bei welcher das Ölgefäß durch einen Ventilator mit Luft bespült wird. Dies hat gegenüber Wasserkühlung den Vorteil, daß keine Schäden durch Frost und Leckwerden der Rohre eintreten können. Diese Anordnung wurde zum Beispiel für vier Einphasen-Transformatoren, je 30 000 kVA, gewählt, welche drei Wicklungen für 220, 125 und 10·6 kV besitzen, um die Netze zweier Unternehmungen zu verbinden. Der Ölkonservator faßt 6000 l, das Gewicht des Transformators ist 130 t. Bei den Transformatoren 100 bis 500 kVA wurde durch Verwendung von Wellblechkesseln das Gewicht um 25 vH, außerdem das Volumen herabgesetzt. An Regulier-Transformatoren wurden seit 1923 nicht weniger als 34 Stück mit zusammen 750 000 kVA gebaut[6]). Neuerdings wurden zwei Drehstrom-Transformatoren für 10 000 kVA mit selbsttätiger Regelung durch Kontaktvoltmeter gebaut. Sie erhalten 10 kV und haben ein Netz mit geerdetem Nullpunkt für 41 400 V zu speisen. Um eine Regelung ohne Unterbrechung und trotzdem stromloses Fortschalten zu erzielen, sind die Regelspulen in zwei parallel arbeitende Zweige geteilt, von denen jeder Abzweige zu einer besonderen Kontaktbahn und einem Ölschalter besitzt. Die Fortschaltung geschieht durch Motoren und erfordert zwischen zwei Kontakten acht Sekunden. Beim Schalten wird einer der parallelen Schalter geöffnet, stromlos fortgeschaltet und der Schalter geschlossen. Darauf findet derselbe Vorgang beim anderen Zweig statt. Der dabei durch die Unsymmetrie vorübergehend auftretende Ausgleichsstrom dauert nur 1½ sec., ebenso kurz ist die Zeit, während welcher ein Zweig den gesamten Strom übernehmen muß. Die Regelspulen sind natürlich entsprechend stärker bemessen. Die zu den drei Phasen gehörigen Mechanismen werden zur Erreichung synchroner Schaltung von einer gemeinsamen Welle betrieben. Ein besonderes motorisches Verzögerungsrelais ist von 1 sec. bis 30 min. einstellbar. Bei größeren Spannungsänderungen erfolgt jedoch die Änderung ohne Zeitverzögerung. Für große Reaktanzen in Innenräumen wird jetzt ausschließlich jene Bauart verwendet, bei welcher die asbestisolierten Leiter so in Beton eingegossen sind, daß ein Gitterwerk gebildet wird, welches bei völliger Feuersicherheit und ausreichender Kühlfläche Kurzschlüsse unmöglich und Hereinziehen von metallischen Fremdkörpern unschädlich macht. Die größte, jemals gebaute Reaktanzspule mit Ölkühlung für Freiaufstellung ist für eine Reaktanzspannung von 7·1 vH in einem Netz für 73 kV und 54 600 kVA bestimmt, so daß sie eine Leistung von 1300 kVA bei 3000 V aufzunehmen hat. Eine im Ölkessel eingebaute kurzgeschlossene Spule verhindert Verluste durch Streufelder im Kessel und macht die Spannung dem Strom proportional.

Groß war die Nachfrage nach Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors einzelner, selbst kleiner Motoren. Es wurde eine besondere Type von Kondensatorbatterien geschaffen, welche in Blechkästen zur Befestigung an der Wand eingebaut sind. Die Größen sind 5 bis 120 kVA für einphasigen, 30 bis 120 kVA für mehrphasigen Anschluß.

Kabel. In der Kabelfabrikation ist die Herstellung von etwa 100 000 m Einaderkabel, 132 kV, für die New York Edison Company bemerkenswert. Keines der Kabelstücke zeigte bei den scharfen Proben einen Fehler. Bekanntlich rühren fast alle Störungen in verlegten Hochspannungs-Kabelnetzen von den Armaturen her. Deshalb wurden neue Muffen geschaffen, welche mit Öl gefüllt werden und ausdehnbare Ausgleichsgefäße tragen. Vielfache Dauerversuche bis 132 kV haben gezeigt, daß die Isolationsfestigkeit größer als jene der Kabel ist. Für diese Proben wurden zwei Gleichstrom-Kenotron-Sätze für je 400 kV gegen Erde geschaffen. Jeder besteht aus zwei Sätzen von 200 kV in Reihe, von denen einer isoliert aufgestellt und von einem Isoliertransformator erregt ist. Die 10 Kenetron-Röhren können in Serie oder nach Bedarf in Gruppen

[6]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 14, S. 282.

Digitized by Google

geschaltet werden[7]). Für die gleichen Zwecke wurde ein Drehstrom-Prüfgenerator mit Sinuswellen für 2000 kVA, 2300 V, 60 Per/s, welcher von einem Synchronmotor angetrieben wird. Dazu gehören drei Einphasen-Transformatoren 2·3/200 kV, 400 kVA, welche 2 A bei 200 kV liefern.

Automatische Stationen wurden in bedeutend gesteigerter Zahl und für stets wachsende Leistung gebaut. Mehr als die Hälfte der Bahn-Unterstationen arbeiten selbsttätig, teilweise mit Synchron-Motorgeneratoren, teilweise mit Einanker-Umformern mit Leistungen von 300 bis 3000 kW. Auch eine fahrbare Unterstation mit einem 14 m langen Wagen und mit einem Konverter für 300 kW, einem Transformator und mit einer automatischen Apparatur wurde geliefert. Die zugeführte Spannung ist 33 kV. Für die New-York-Central-Bahn wurden vier Synchron-Motorgeneratoren, je 2500 kW gebaut, welche mit Stern-Dreieck-Schaltung angelassen werden und für 1 min dreifache Überlastung aushalten müssen. Auch zahlreiche Quecksilber-Gleichrichter mit automatischem Betrieb wurden aufgestellt, wobei die Einheiten bis 750 kW bei 1500 V leisten. In der Regel werden sämtliche automatische Bahnstationen von einer Zentralstelle aus ebenso wie die Speiseleitungen durch Tasterdruck angelassen oder abgestellt. Dort kann auch jederzeit die Belastung der Schaltstellen abgelesen werden. Auch zahlreiche Industrieanlagen ändern die Unterstationen auf selbsttätigen Betrieb um, wobei teilweise Anlassen und Abstellen durch Druckknöpfe von Hand aus besorgt wird, also halbautomatischer Betrieb. Unter den automatischen Wasserkraftwerken[8]) ist wohl das Glines-Canyon-Werk das größte mit automatischem Betrieb. Sein Generator leistet 13 300 kVA, die Turbine 17 500 PS. Die Maschine wird von dem entfernten Elwah-Werk her gesteuert, von wo aus angelassen, abgestellt, die Geschwindigkeit geregelt, die Spannung und die Belastung geändert werden kann. Außerdem kann im Hauptwerk die Öffnung der Hauptschleuse des Nebenwerkes beobachtet werden. Zahlreiche Beleuchtungs-Unterwerke sind voll- oder halbautomatisch ausgerüstet worden, darunter Umformerwerke bis 2000 kW und Transformatoren-Stationen mit Einheiten bis 10 000 kVA. Die selbsttätig wiedereinschaltenden Automaten für Speiseleitungen werden jetzt normal in Größen für 1200, 2000, 3000 und 5000 A und für 350 bis 650 V gebaut. Dazu kommen Ausführungen bis 1500 V, besonders für Bahnen. Automatische Parallelschaltungs-Einrichtungen wurden zur Verbindung verschiedener Netze oder von Speiseleitungen des gleichen Werkes gebaut. Sehr lebhaft war die Nachfrage nach Freiluftstationen und ihren Teilen. Die Eisenkonstruktionsteile wurden normalisiert und können in 31 verschiedenen Kombinationen zusammengebaut werden. Es wurden Trennschalter für 132 bis 220 kV, 600 bis 800 A gebaut, welche von Hand oder motorisch alle sechs Pole eines Ölschalters trennen. Eine neue Abschmelzsicherung bis 73 kV, 100 A wurde geschaffen, welche den Wärter hindert, falsche Schmelzkörper einzusetzen. Die Patrone muß vollständig gewechselt werden. Sie besteht aus einem billigen Fiberrohr, in welchem der kurze Schmelzdraht an einem Kupferstück befestigt ist, welches beim Schmelzen des Drahtes durch eine Bronzefeder aus dem Rohr herausgezogen wird, wodurch dem Metalldampf freier Ausgang gegeben ist.

Schaltapparate. Während des Jahres 1926 mußte auf diesem Gebiete lebhafte Neukonstruktionsarbeit geleistet, insbesondere auf dem Gebiet der Ölschalter und ihrer Mechanismen. Die neuen dreiphasigen Ölschaltertypen für 15 bis 88 kV haben ovale Behälter, ihr Antrieb ist in einem Blechkasten wetterfest eingeschlossen, so daß sie auch für Außendienst verwendbar sind, die ganze mechanische Konstruktion ist gegenüber früheren Ausführungen wesentlich verstärkt. Diese Schalter sind für Leistungen von 175 000 bis 500 000 kVA ausreichend. Für Spannungen bis 130 kV und Leistungen bis 1·5 Mill. kVA wurden neue Dreikesselschalter für Freiaufstellung mit runden, geschweißten Kesseln, auswechselbaren Isolatoren und innen eingebauten Mechanismen geschaffen. Weiters wurden Stromwandler eingeführt, welche direkt auf die Isolatoren des Ölschalters aufgesetzt werden. Ihre Sekundärwicklung hat drei Anzapfungen, so daß bei Vergrößerung der Leistung die Auswechslung erspart wird. Diese Wandler werden für 400, 800, 1200, 1600 und 2000 A hergestellt. In der Reihe der Luftschalter wurde ein Spezialschalter für Kabelnetze gebaut, welcher in einem wasserdichten Gußkasten eingebaut ist, in dessen Deckel zwei färbige Gläser mit Glühlampen die Schaltstellung erkennen lassen. Die Schalter lösen bei Höchst- und Rückstrom aus und schalten wieder ein, wenn die Störung aufhört. Zum Schutz von größeren Netzen wurde ein Relais geschaffen, welches mit einer Ferrarisscheibe arbeitet, auf welche zwei Spulen wirken. Der Kontakt wird bei einer gewählten Unterschreitung der Spannung, beim Stromloswerden einer Phase und Energieumkehr geschlossen. — In Netzen, in welchen die Niederspannungsseiten der Transformatoren untereinander durch Leitungen verbunden sind, ist es vorteilhaft, dafür zu sorgen, daß beim Ausbleiben der Primärspannung die Sekundärseiten abgetrennt werden, um überflüssige Leerverluste zu vermeiden. Sobald die Primärspannung wieder auftritt, muß das sekundäre Kabel wieder eingeschaltet werden. Dazu wurde ein Relais konstruiert, welches aus einem Richtungs-Element mit einer Spannungsspule und aus einem Doppelkontakt besteht.

Auf dem Gebiet der Kommando-Apparate ist der Selsyn-Apparat durch sein Prinzip bemerkenswert. Sender und Geber sind kleine Drehstrommotoren. Die Ständer haben Drehstromwicklung und sind durch drei Übertragungsleitungen miteinander verbunden. Die Läufer sind einphasig gewickelt, mit Schleifringen versehen und durch zwei Leitungen verbunden, welchen Wechselstrom zugeführt wird. Wird nun der Senderläufer verdreht, so dreht sich der Geberläufer im gleichen Sinne um den gleichen Winkel. Solange die Läufer nicht korrespondierene Stellungen haben, werden in den Ständern Ströme induziert, welche das Richtfeld erzeugen. Hat der Geber die richtige Stellung erreicht, so sind die induzierten Spannungen in beiden Ständern gleich und entgegengesetzt, so daß ihre drei Verbindungen stromlos werden.

Elektrische Bahnen. Auf diesem Gebiet hat die neue Leichtgewichtstype der Personenwagen lebhafte Aufnahme gefunden, weil sie die Betriebskosten verringert. Sie wird für städtischen und interurbanen Verkehr verwendet und hat vier Motoren mit 25 oder 35 PS. — Die Stadtbahn in Chicago erhielt 100 neue Wagen mit je vier Motoren 60 PS. Die Brooklyn-Manhattan Transit Corporation stellte von der neuen Dreiwagentype, welche für schweren Stadtbetrieb geschaffen wurde, 67 Garnituren ein. Die Garnitur ist 41·6 m lang, hat vier Drehgestelle, zwei Druckluft-Kontroller und vier Motoren, je 200 PS. Ein Zug von vier solchen Einheiten befördert 2000 Fahrgäste, von welchen 640 Sitzgelegenheit haben. — Von mehreren Gesellschaften wurde die neue Magnetbremse eingeführt. Am Wagenrahmen ist eine Anzahl von Bremsschuhen paarweise befestigt, welche normal etwa 50 mm von den Schienen abstehen und diesen durch kleine Luftzylinder genähert werden. Diese Bremse ist nur als Notbremse bei schlüpfrigen Schienen zu verwenden. Mit ihr kann ebenso rasch abgebremst werden, als mit den normalen Druckluftbremsen bei trockenen Schienen. Sobald die Magnetbremsschuhe gesenkt werden, erhalten sie sofort unmittelbar vom Fahrdraht Strom. Sobald die Luftbremse gelüftet wird, löst sich auch die Magnetbremse, tut dies aber außerdem unabhängig von der Luftbremse und vom Führer nach Ablauf einiger Sekunden. — Die Elektrifizierung der Vollbahnen hat Fortschritte zu verzeichnen. So wurden die elektrischen Strecken rund um New York wesentlich vergrößert. Zehn Doppelmotorwagen, mit

[7]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 557.

[8]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 234, 679, 831, 845.

Digitized by Google

200 PS-Motoren und pneumatischen Kontrollern, zehn getriebelose Lokomotiven von je 130 t der Type von 1916 für Passagierzüge, zwei Lastmaschinen zu 170 t und sieben Verschublokomotiven von 100 t wurden neu eingestellt. Dem vergrößerten Strombedarf wurde durch Errichtung neuer automatischer Umformeranlagen zwischen den alten Rechnung getragen. Von solchen automatischen Anlagen bestehen jetzt drei und arbeiten mit vier Synchron-Motorgeneratoren von je 2000 kW und zwei Einanker-Umformern, je 2500 kW. Dazu kommen im Laufe 1927 noch vier Einanker-Umformer, je 2500 kW. Außerdem arbeiten auf dieses Bahnnetz an verschiedenen Stellen noch Synchronumformer mit manuellem Anlauf, und zwar zwei zu 4000 kW und zwei zu 2500 kW. Die New York—New Haven and Hartford Railway bestellte fünf Lastlokomotiven, je 100 t und zwei Verschubmaschinen, je 140 t, alle mit Motorgeneratoren, in welchen die Einphasenspannung des Fahrdrahts von 11 kV in Gleichstrom umgeformt wird. Dieselbe Gesellschaft baut eine Umformerstation mit Frequenzumformern 5000 kW System Scherbius, welche geschmeidige Bindeglieder zwischen den stromliefernden Werken bilden werden. Die 1925 eingeführten Rohöl-Elektrolokomotiven hatten guten Erfolg, so daß jetzt elf Stück zu 60 t und zwei zu 100 t im Betrieb stehen, die meisten auf öffentlichen Bahnen, eine in einem Stahlwerke, eine andere in der Holzindustrie. Unter den Bahnmaschinen besitzt eine für Lastzugförderung einen Rohölmotor 750 PS, eine Passagierzugmaschine einen solchen für 800 PS. Eine 120 t-Lokomotive wird von einem 300 PS-Motor und einer großen Batterie getrieben. Ungefähr 120 benzin-elektrische Triebwagen wurden gebaut, welche Sechszylinder-Motoren, direkt mit der Dynamo gekuppelt, haben. Auf der Boston and Main Railroad wurde eine Antriebsmaschine gewählt, welche mit Benzin angeht und dann selbsttätig auf das billigere Rohöl umgeschaltet wird. Ein Vorteil der benzin-elektrischen Wagen besteht in der Möglichkeit, ohneweiters zwei davon erforderlichen Falles zusammenspannen zu können. Ein Akkumulatoren-Triebwagen von 100 t wurde mit einem Hilfsaggregat versehen, welches im Notfall mit der Batterie parallel arbeitet, in Betriebspausen dieselbe auflädt. Auch der benzin-elektrische Autobus erfreut sich großer Beliebtheit. Während im Vorjahre bloß 250 Wagen im Betrieb standen, stieg diese Zahl im Jahre 1926 auf etwa 1000. Die Philadelphia Rural Transit Company hat ausschließlich solche Wagen, darunter 15, welche als Schneepflüge ausgebaut sind. Die Wagen, welche ursprünglich nur für den Stadtbetrieb bestimmt waren, befahren jetzt große Strecken und besorgen den interurbanen Dienst nach Baltimore, Washington und New York. Beim Dempsy-Tunney-Boxkampf beförderte die ganze Flotte von 362 Autobussen 150 000 Personen. New Jersey besitzt 400 Wagen, zehn kleinere Städte zusammen 220 Stück.

Elektrischer Schiffsbetrieb. Auf dem Gebiet der Schiffsausrüstung ist der bisher größte Frachtdampfer auf den großen Seen hervorzuheben, 200 m lang, 20 m breit. Die Turbogeneratoren werden mit Dampf von 20 at, 370° C, gespeist und arbeiten auf ein Vakuum von 72 cm. Sie ergeben eine Leistung von 4200 Schiffs-PS. Die Hilfsmaschinen hängen an einem Motorgenerator, nur die Antriebe für die Entladung im Hafen erhalten den Strom unmittelbar von den Turbogeneratoren, welche mit konstanter Drehzahl laufen. Auf der Fahrt geschieht jedoch die Regelung durch Änderung der Drehzahl der Turbinen. — Das größte Greiferbaggerschiff der Welt wird jetzt für die Gesteinsentfernung im Hafen von New York verwendet. Es trägt zwei Dieselmotoren zu 600 PS, die Hilfsmotoren haben 1400 PS Nennleistung. Der Greifer faßt 1·3 m³ und wird durch Seile mit 156 t gezogen. — Für die New York Central Railway werden zwei Schlepper, 33 m lang, 8 m breit, gebaut. Jedes Boot erhält einen 400 PS Dieselmotor mit einer Kompounddynamo 270 kW, 265 U/min., 240 V und einen Doppelmotor für die Schraube, welcher normal von den in Reihe geschalteten Dynamos getrieben wird. Unter den Hilfsantrieben für Schiffe wurde eine Deckwinde mit einfachem Vorgelege mit großem Erfolg eingeführt. Gegenüber dem bisher angewandten mehrfachen Vorgelege wurde ein rascherer und kräftigerer Anlauf, einfacherer mechanischer Aufbau und geringerer Stromverbrauch erzielt. Die Beschleunigung wird selbsttätig gesteuert. Die Meisterwalze hat neun Stellungen.

Die Dampfturbo-Gebläse wurden zur Verbesserung des Wirkungsgrades erfolgreich umkonstruiert. Eine hervorragende Lieferung ist der für das Gaswerk in New Jersey gelieferte Maschinensatz. Er besteht aus vier Zusatzgebläsen für 700 m³/min., 1 at, acht Gebläsen für je 600 m³/min, 0·14 at, endlich vier Turbo-Exhaustoren für Wassergas, je 400 m³, 0·14 at. Der neue Hochofen in Everett (Mass.) für 450 tägliches Ausbringen erhielt zwei Gebläse, je 1200 m³, 1·1 bis 2 at, getrieben durch achtstufige Dampfturbinen mit Kondensation, Leistung je 5000 PS. Die Maschinen haben als Neuheit einen Regulator für konstante Luftgeschwindigkeit. Weiter seien noch zwei Hochdruckgebläse für Bessemerkonverter erwähnt, welche je 1250 m³/min. mit 2·4 at liefern. Ein Ventil gestattet die Steuerung auf konstante Luftmenge auf eine solche für konstanten Druck umzuschalten.

Hochfrequenz-Schmelzöfen für Edelmetalle wurden das erstemal direkt an Hochfrequenz-Generatoren angeschlossen. Für eine solche Maschine für 2000 Per/s, 93 kVA, 900 V, wurde das Modell eines normalen Generators für 5 kVA, 2300 V verwendet.

Für einen Lichtbogen-Stahlofen wurde der größte bisher gebaute Ofentransformator mit einer Leistung von 9000 kVA durch 1¼ Stunde geliefert.

Das Lichtbogen-Schweißverfahren wurde weiter ausgebildet. Für die Schweißung von Armaturen von über 8·5 m Durchmesser wurde eine Einrichtung geschaffen, bei welcher das Werkstück stillsteht, während sich zwei Schweißköpfe gleichzeitig längs der Naht bewegen. Bei kleineren Stücken wird eine Apparatur verwendet, bei welcher das Werkstück rotiert, während der Schweißkopf stillsteht. Die neue Konstruktion des letzteren zeigt den konstant laufenden Antriebsmotor, an welchem die Vorschubwalzen für den Schweißdraht nebst einer magnetischen Kupplung angebaut sind. Die Grundgeschwindigkeit kann durch Wechselräder in drei Stufen geändert werden. Für die Schweißung starker Bleche wurde ein Apparat geschaffen, welcher in die Furche gleichzeitig zwei Schweißraupen legt. Der Lichtbogen wird magnetisch gerichtet. Zahlreiche Versuche werden mit einem neuen Schweißwerkzeug gemacht. Bei diesem stehen die Elektroden im Winkel zueinander und können an einem Punkt zur Berührung gebracht werden, welcher durch mehrere Düsen einem Wasserstoffstrom ausgesetzt ist. Dadurch wird der Lichtbogen in sicherer Richtung gegen das Werkstück geblasen. Gleichzeitig hüllt der Wasserstoff die Elektroden und die Schweißstelle ein und schützt sie vor Oxydation. Andere Versuche betreffen die Verwendung gewöhnlichen, vorgewärmten Leuchtgases, welches sich zum Schneiden von Blech und Gußköpfen sehr gut bewährt. Der Sauerstoff wird gleichfalls durch eine Heizspule vorgewärmt. Das Verfahren ergibt durch die Ersparnis an Acetylen oder Wasserstoff Ersparnisse von 30 bis 50 vH.

Dr. Horschitz.

Digitized by Google

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die Elektrodampf-Wärmeversorgungsanlage im Reservekraftwerk an der Isartalstraße der Städt. Elektrizitätswerke München. Oberbaurat Jakob Bodler, München. Die Wärmeversorgung des Kraftwerkes an der Isartalstraße und der ihm angegliederten Werkstätten und Materiallager erfolgte bisher mit reduziertem Frischdampf aus der Dampfkesselanlage des Kraftwerkes. Diese Versorgungsart befriedigte aber nicht mehr, als die Dampfkraftstromerzeugung infolge der Inbetriebnahme der Wasserkraftwerke während der Sommermonate eingestellt wurde. Die Gesamtwärmeversorgung sollte nunmehr so eingerichtet werden, daß die benötigten Wärmemengen entweder mit Überschußenergie oder mit Anzapfdampf der Turbinen hergestellt werden konnten, weil das Unterfeuerhalten eines Großkessels nur zum Zwecke der Wärmeversorgung zu kostspielig war. Da die Wasserkraftüberschußenergie hauptsächlich während weniger Nachtstunden zur Verfügung stand, so mußte für eine ausreichende Speichermöglichkeit Sorge getragen werden. Mit Rücksicht auf den schlechten Zustand des Dampfheizungsrohrnetzes entschloß man sich zur Anlage eines Warmwasserheiznetzes mit Umwälzpumpen und zur Aufstellung von zwei Elektrodenkesseln für je 2000 kW (entsprechend 2400 kg Dampf/h), von denen jeder imstande ist, den gesamten täglichen Wärmebedarf in 5½ Stunden zu decken. Außerdem wurden zwei Warmwasserspeicher zu je 83 m³ Inhalt aufgestellt, von denen wieder jeder in der Lage ist den gesamten täglichen Wärmebedarf für Heizzwecke allein, bei 20° Außentemperatur und einer Abkühlung des Heizwassers von 120° auf 60° zu speichern. Außer der Heizanlage ist noch eine Anlage für Warmwasser zu Waschzwecken und für Wasserdestillation vorhanden, die jedoch von zwei eigenen Speichern für je 15 m³ und einem Destillationsbehälter von 2 m³ versorgt wird.

Die beiden Elektrodendampfkessel, System Brockdorff, sind für einen Betriebsdruck von 6 at gebaut, werden zurzeit jedoch nur mit 3 at betrieben und mit Drehstrom von 5000 V und 50 Per/s gespeist. Jeder Kessel besitzt zwei Gruppen von Elektroden und eine Leistungsregelung, die durch Veränderung der Wasserquerschnitte, welche durch mehrere übereinander angeordnete, ringförmige konische Tassen aus Porzellan gebildet werden, erfolgt. Hiedurch kann die Leistungsaufnahme des Kessels bis auf 0·1 des Höchstwertes bequem reguliert werden. Zur Speisung wird Kondensat verwendet während als Zusatzwasser ungereinigtes Rohwasser, dessen Zufluß zum Kondensatbehälter durch Schwimmer gesteuert wird, dient. Ein Speisewasserregler, System Reubold,[1]) der intermittierend arbeitet, hält den Wasserspiegel konstant. Vom Kesselinhalt muß ständig eine durch eine Stauscheibe begrenzte Wassermenge abfließen, da sonst die Leitfähigkeit des Kondensates zunehmen und damit die Leistungsaufnahme des Kessels unzulässig steigen würde (Dauerabschlammung). Der in den Elektrodenkesseln mit 3 at erzeugte Dampf wird auf 2 at reduziert und zu einem Dampfverteiler geleitet, von wo Abzweigleitungen nach den Heizschlangen des Heizwasser- sowie des Gebrauchswasserspeichers, eines Gegenstromvorwärmes und der Destillationsanlage führen. Außerdem besitzt der Dampfverteiler noch einen Anschluß zur Speisung mit Anzapfdampf der Turbinen und kann auch im Notfall mit reduziertem Frischdampf beschickt werden. Die Energieüberschüsse der Wasserkraftwerke werden den Elektrodampfkesseln, die mit ihrem Nullpunkt geerdet aufgestellt sind, über die Hochspannungsanlage des Kraftwerkes zugeführt. Die Zu- und Abschaltung jeder Elektrodengruppe erfolgt durch handbetätigte Ölschalter, die Maximalrelais besitzen. Zur Leistungsregelung wird von einem Schaltpultfeld aus mittels Kontaktgebern auf die Reguliermotoren eingewirkt. Wattmeter und Zähler sorgen für die Kontrolle der Leistungsaufnahme des Kessels, während die Elektrodengruppen mit Hilfe von Stromzeigern überwacht werden. Zur Messung des Wärmeverbrauches dienen registrierende Wassermesser und Temperaturschreiber. Die Anlagekosten des maschinellen Teiles (Kessel, Behälter, Pumpen, Isolierung und Meßanlage) betrugen 80 790 Mk., die des elektrischen Teiles (Schaltanlage, Anschlüsse und Beleuchtung) 20 020 Mk. Im nächsten Jahre ist eine Erweiterung auf das Zweieinhalbfache des bisherigen Bestandes geplant. Man rechnet, daß in spätestens 7 Jahren die Anlagekosten des ersten und des zweiten Ausbaues durch die gemachten Ersparungen gedeckt sein werden. Der erste Teil wurde im Herbst 1926 in Betrieb genommen und hat bisher befriedigend gearbeitet.

Stip.

(Z. bayr. Rev. Ver., 30. Jahrg., Nr. 20, 21, 22, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1913, S. 61; 1915, Anz. S. 77, 93.

Verbrennungskraftmaschinen.

Theorie der Brennkraftmaschine und deren Brennstoffe vom Standpunkte der chemischen Gleichgewichtslehre. Um die Theorie der Verbrennungskraftmaschinen genügend genau studieren zu können, genügt es nicht, das Rüstzeug der Thermodynamik zu besitzen und anzuwenden; da chemische Umsetzungen das Freiwerden der arbeitsleistenden Energie bewirken, muß auch die theoretische Chemie zu ihrem Rechte kommen. Diesen Zweck, nämlich, dem Konstrukteur von Brennkraftmaschinen hierin die notwendigsten Kenntnisse zu vermitteln, sucht eine kürzlich von M. Brutzkus herausgegebene Schrift zu erfüllen[1]). Die zur Verbrennung gelangenden Stoffe sind in ihrem Aufbau oft recht kompliziert zusammengesetzt, bestehen aber doch nur aus wenigen Elementen oder Grundstoffen, von denen man bisnun 92 kennt. Es sind dies vor allem Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, in wenigen Fällen auch Stickstoff. Verbindungen aus diesen drei oder vier Elementen können aus mehr als 100 Atomen bestehen, zum Beispiel die Nitrozellulose $C_{24}H_{29}O_9(NO_3)_{11}$, während die einfachsten aus zwei zum Beispiel Kohlenoxyd CO oder Wasserstoff-H_2 bestehen. Der Verbrennungsvorgang, sei es der langsam oder schnellverlaufende (Explosion), ist vorstellbar als die Auslösung eines labilen Gleichgewichtszustandes, indem sich die einzelnen Elemente, die an der Verbindung beteiligt waren, mit Sauerstoff zu einfachen Produkten zusammenschließen, und zwar der Kohlenstoff zu Kohlensäure der Wasserstoff zu Wasserdampf, wobei die vorher in Form chemischer Energie gebundenen Kräfte als Wärme frei werden. (Wärme als ungeordnete Molekülbewegung.) Wichtig ist aber nun zu wissen, daß das Volumen eines Gases nicht immer nach erfolgter Verbrennung gleich dem vor der Verbrennung sei, daß es sowohl größer sein kann (zum Beispiel beim Benzol), oder auch verkleinert wird (zum Beispiel bei Azetylen). Sehr beeinflußt werden die gegenseitigen Einwirkungen von Verbindungen und Elementen, wie sie im Verbrennungsprozeß vor sich gehen, durch die herrschenden Druck- und Temperaturverhältnisse, außerdem durch die Konzentrationen der anwesenden Stoffe. Dies findet im Massenwirkungsgesetz seinen zahlenmäßigen Ausdruck. Für den Fall der Verbrennung der Motorkraftstoffe in der Fassung, daß ein Gleichgewichtszustand, der sich für bestimmte Konzentrations, Druck- und Temperaturverhältnisse einstellt, durch Veränderung eines dieser Faktoren in beiden Richtungen verschoben wird, wodurch eine begonnene Reaktion, die sonst zum Stillstand kommen müßte, über diesen natürlichen Gleichgewichtszustand verschoben und noch weiter fortgeführt werden kann. Man hat es dadurch auch in die Hand gegeben, den zeitlichen Ablauf nach Belieben zu gestalten und eine Vereinigung von mehreren oder auch nur zwei Stoffen, die sonst langsam vor sich ginge, entsprechend kurz oder explosionsartig, mit rasch ansteigender Druck-

[1]) Verlag von Wilhelm Knapp, Halle 1926, 62 S. mit 11 Abb. Preis Mk. 3·80.

Digitized by Google

kurve, die dem Aufnahmevermögen der bewegten Masse des Motors am besten entspricht, verlaufen zu lassen. Einen großen Einfluß würde die Veränderung der Sauerstoffkonzentration mit sich bringen, davon muß jedoch aus Billigkeitsgründen ganz abgesehen werden. Zu den bisnun besprochenen Faktoren der Reaktionsbeeinflussung tritt noch der der katalytischen Einwirkung hinzu.

Einer kleinen Ergänzung würde das Kapitel der Konzentrationsveränderung bedürfen, indem nämlich darauf hingewiesen werden müßte, daß außer den beiden Grenzen, zwischen welchen ein Gas-Luftgemisch explosionsfähig, zündfähig ist (obere und untere Explosionsgrenze), die von der Natur des betreffenden Gases, sowie der prozentuellen Zumischung nichtbrennbarer Gase abhängig sind, noch die beiden Grenzen innerhalb dieses Intervalls vorhanden sind, welche die vollkommene Verbrennung einschließen, welche inneren Grenzen wieder abhängig sind von der Beschaffenheit des Materials, in welchem die Verbrennung, Explosion, vor sich gehen soll; denn bei der Erstrebung eines hohen Wirkungsgrades muß dafür vor allem Gewähr bestehen.

Die Schrift bringt in wertvoller Weise gut zusammengestellte Tabellen, die durch ihre übersichtliche Anordnung sprechender sind als der Text. Die Diskussion der Anwendbarkeit der verschiedenen Brennstoffe für bestimmte Motortypen auf Grund der erklärten Beeinflussungsfaktoren wird den Anschauungen des Praktikers vollkommen gerecht und ist das Büchlein für Theoretiker und Praktiker in gleicher Weise gewinnbringend. Löffler.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Synchronisierte Asynchronmotoren größerer Leistung. Für die Pariser Unterstationen hat die Firma Schneider & Cie. zweierlei Umformeranordnungen ausgearbeitet und zwar ein Aggregat, bestehend aus Gleichstromgenerator 460/520 V und einem synchronisierten Drehstrom-Asynchronmotor von 2250 kW, 12 300 V, 42 Per/s bezw. einem Synchronmotor von 3400 kVA mit einem eingebauten synchronisierten Induktionsmotor zum Anwerfen. Eine eventuelle Erhöhung der Frequenz des Pariser Netzes auf 50 Per/s ist im Entwurf der Maschinen berücksichtigt. Der Vorteil der erwähnten Motorart besteht in der Verbindung der Vorzüge des gewöhnlichen Synchronmotors mit dem einfachen und kurzzeitigen Anlaßvorgang des Induktionsmotors, es entfallen einerseits die unliebsamen Synchronisiermanöver, andererseits ist auch das Anlaufdrehmoment bei geringerem Strom größer als bei Synchronmaschinen, die mit Dämpferwicklung ausgerüstet sind, da diese nur mit ungefähr 40 bis 50 vH des Vollastdrehmomentes anlaufen können und längere Zeit beträchtliche, stark phasenverschobene Ströme beanspruchen. Ein automatisch konstant gehaltener Leistungsfaktor im voreilenden Gebiet oder in der Gegend von 1·0 ist möglich, da der durch den Magnetregler im Nebenschlußkreis der Erregermaschin einmal eingestellte cos φ durch die unterstützende Wirkung von zwei Zusatzwicklungen (auf den Polen derselben) für den ganzen Belastungsbereich erhalten bleibt, und zwar ist eine Hauptstromwicklung zur Kompoundierung und eine dritte Erregerwicklung, parallel zu den Wendepolen des Gleichstromgenerators, zur Erteilung einer Übererregung vorgesehen. St. Schw.

(Engineering, Bd. 122, Nr. 3173, 1926.)

Ersatz des Kollektorabdrehens durch Schleifen. Um die teure Abdreharbeit an Stromwendern mit all ihren Nachteilen nach Tunlichkeit zu vermeiden, hat die Martindale Electric Co.,[1]) Cleveland, Ohio, Schleifsteine auf den Markt gebracht, die aus Karborundum und einem Bindemittel bestehen. Die verschiedenartig, sinnreich ausgeführten Handgriffe ermöglichen eine Verwendung derselben durch Anpressen von Hand aus für alle erdenklichen Kollektor- und Schleifringbauarten. Die Steine werden außer in den verschiedensten Größen vor allem in vier Härtegraden ausgeführt, und zwar je zwei Sorten für die grobe Vor- und die feine, polierende Nacharbeit an Stromwendern, bezw. an Schleifringen. Neben bedeutender Zeit- und Kostenersparnis durch zeitweiliges Abschleifen der Kommutatoren, besonders bei entstehenden Rissen, Anbrennungen, steigendem Glimmer oder ähnlichem ist vor allem als Vorteil zu verzeichnen, daß die Schleifsteine bei voller Drehzahl und wegen ihrer vollkommenen Isolierfähigkeit unter Last, also ohne Betriebsunterbrechung, verwendbar sind, allerdings nicht bei Stromwendern von 500 V, da diese empfindlicher gegen Überschläge sind. Dem Werkzeug ist infolge seiner Einfachheit, zeit- und geldsparenden Verwendbarkeit und der Möglichkeit der Handhabung durch ungeschultes Personal auch in kleinsten Betrieben, die nur wenige Motoren instand zu halten haben, weite Verbreitung gesichert. Für stark unrunde Kollektoren, die von Hand aus nicht mehr abzuschleifen sind, schlägt die Firma besondere Supporte und Werkzeughalter für ihre Schleifsteine vor, die ähnlich den Abdrehvorrichtungen anzubringen sind. St. Schw.

[1]) Vertretung: Richard Mittler, Wien, IX., Roßauerlände 13.

Die Bestimmung des Anlaßwiderstandes für Einphasen-Induktionsmotoren unter der Bedingung größten Anlaufmomentes. V. Olander weist nach, daß gewöhnliche Drehstrommotoren im Betrieb mit Einphasenstrom — Kurzschlußläufer vorausgesetzt — dann das größte Anlaufmoment entwickeln, wenn ein in den Statorkreis einzuschaltender Ohmscher Anlaßwiderstand r die Bedingungen erfüllt: $r = 3/2\,z$ bei Stern-, bezw. $r = z/2$ bei Dreieckschaltung, wobei unter z der numerische Wert der Kurzschlußimpedanz einer Phase verstanden ist. Hiebei wird in Sternschaltung (zwei Phasen, zum Beispiel I und III, in Serie am Netz) die Phase II über den Widerstand r an einen der beiden Netzleiter, in unserem Fall an den für I, bei Dreieckschaltung (I und II in Serie, parallel zu III am Netz) r parallel zu einer der in Serie geschalteten Phasen, zum Beispiel I, gelegt. Bei Erreichung des Beharrungszustandes wird der Widerstandskreis unterbrochen. Diese Anordnung ist bis zu Leistungen von 2 PS vielfach gebräuchlich. In Sternschaltung beträgt dann unter gewissen Vernachlässigungen der Einschaltstrom in der Phase II

$$J_{II} = 0{\cdot}18\,E/z,$$

in der Phase III

$$J_{III} = 0{\cdot}58\,E/z$$

und das synchrone Anlaufdrehmoment

$$M = 0{\cdot}105\left(\frac{E}{z}\right)^2 r'_2.$$

Hiebei bedeute E die Klemmenspannung und r_2' den auf den Primärkreis bezogenen Läuferwiderstand. In Dreieckschaltung nehmen die entsprechenden Ströme den dreifachen Wert an. Versuchswerte ergaben für die Ströme Abweichungen von höchstens 5 vH, bei Überprüfung der Gültigkeit der Momentenformel wurden jedoch Fehler bis zu 15 vH festgestellt, so daß dieser nur eine Bedeutung zur überschlägigen Bestimmung zukommt. Weiters zeigten die Versuchsergebnisse, daß die gewonnenen Beziehungen auf zweipolige Maschinen nicht anwendbar sind, was auf den Einfluß von Oberschwingungen im Feld zurückgeführt wird. St. Schw.

(Asea-J., Bd. 3, Nr. 9/10, 1926.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Das Verhalten von Einankerumformern bei Hochspannungsnetzkurzschlüssen wird von F. Hillebrand an Hand von zahlreichen, im Großmaschinenprüffeld der AEG aufgenommenen, Oszillogrammen beschrieben. Zur Verhinderung des Außertrittfallens darf die Drehstromspannung (bei Nichtvorhandensein gleichstromseitiger Rückspeisung) höchstens soweit fallen, bis das synchronisierende Moment dem den Leerlaufverlusten ent-

Digitized by Google

sprechenden Belastungsmoment gleich geworden ist; diese Grenze liegt im symmetrischen Drehstromnetz bei zirka 15 bis 25 vH der Nennspannung und ist bei nicht gleichseitigem Spannungsdreieck etwas größer. Werden die angegebenen Werte unterschritten, so muß raschest abgeschaltet werden, da schon eine Winkelabweichung von etwa 30 elektrischen Graden, die ungefähre Grenze für zulässiges Wiedereinschalten, nach Bruchteilen einer Sekunde erreicht ist. Als Schutzeinrichtung wird deshalb ein Unterspannungsrelais mit Momentauslösung bei Unterschreitung von zirka 30 vH der Nennspannung empfohlen. Verwickelter liegen die Verhältnisse, wenn der Umformer gleichstromseitig mit einer Batterie parallel arbeitet. Das Gleichstromnetz arbeitet dann über den Umformer in den Fehler des Hochspannungsnetzes, so daß durch den gleichstromseitigen Überstrom-Schnellschalter getrennt werden muß. Bei dreiphasigen Kurzschlüssen im Hochvoltnetz treten keine Erscheinungen auf, welche den Kollektor stark in Mitleidenschaft ziehen würden, da mit der Schleifringspannung, infolge des relativ geringen Spannungsabfalles im Läufer, auch die Kollektorspannung stark herabgesetzt wird und die reine Stromüberlastung vorübergehend leicht vertragen wird. Im einphasigen Kurzschluß hingegen sind die Beanspruchungen wesentlich ungünstiger, da das relativ zum Anker mit einfacher Frequenz vorlaufende Feld in ihm eine Wechselspannung erzeugt, die zu Spritzfeuer an den Gleichstrombürsten führt bezw. auch die Magnet- und Dämpferwicklung hoch beansprucht. Bei weit entfernten einphasigen Netzkurzschlüssen, bleiben die beschriebenen Erscheinungen in zulässigen Grenzen, immer ist aber das Bürstenspritzfeuer zu beobachten. Ein Maß für das inverse Ankerdrehfeld ist die Größe der der Gleichspannung überlagerten Wechselspannung. Hillebrand bringt deshalb als weitere Schutzeinrichtung ein Wechselspannungsrelais in Vorschlag, das an die Kollektorbürsten angeschlossen und auf Kontaktschluß bei zirka 50 vH der Gleichspannung als Wechselspannungskomponente eingestellt wird. Die beschriebenen Fehlerarten umfassen die wichtigsten Störungsfälle für an Hochspannungsnetze angeschlossene Einankerumformer. Durch die vorbeschriebenen drei Hilfsmittel (Unterspannungsrelais, Gleichstrom - Schnellschalter, Wechselspannungsrelais auf der Gleichstromseite) zu denen natürlich noch die Maximalstromauslösung des Ölschalters der Drehstromseite kommt, wird einerseits ausreichender Schutz für die Maschine erzielt und anderderseits auch veranlaßt, daß eine Unterbrechung der Stromzufuhr zur Gleichstromseite nur in den unbedingt nötigen Fällen erfolgt. Die auf Grund der Prüffeldergebnisse entwickelten Sicherungsmaßnahmen wurden an einem Umformer in Gotha auch praktisch überprüft. Die Maschine lief bei entfernt gelegenen Kurzschlüssen des 30 kV Netzes der Thüringischen E. L. G. ohne Unterbrechung weiter, während die Schutzeinrichtungen bei sehr benachbarten Fehlern vorschriftsmäßig trennten. E. Gr.

(AEG-Mitteilungen, Heft 9, S. 322, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Gleichstromisolationsmessungen an Starkstromkabeln. Die üblichen Gleichstromisolationsmessungen an Starkstromkabeln sind bekanntlich für die Beurteilung des Gütegrades von Starkstromkabeln ungeeignet. Dies liegt an der Willkürlichkeit der Meßmethode. Zunächst wurde bis in die letzte Zeit mit relativ geringen Spannungen gemessen, ferner wurde aus dem Isolationsstrome nach der ganz willkürlichen Elektrisierungsdauer von einer Minute der „Isolationswiderstand" errechnet. Auf den Verlauf des Isolationsstromes mit der Zeit wurde nicht geachtet. Werden jedoch diese Gesichtspunkte beachtet, dann ergeben sich Fingerzeige für neue Meß- und Beurteilungsmethoden an Starkstromkabeln, die zwar heute noch nicht ausgereift sind, aber vielversprechend zu sein scheinen. Über den vor einigen Jahren von H. S. Phelps und E. D. Tanzer angegebenen ersten Versuch[1]) aus dem Verlaufe des Isolationsstromes bei hohen Gleichstrommeßspannungen, Anhaltspunkte über den Gütegrad des Kabels zu erlangen wurde hier bereits berichtet.[2]) In letzter Zeit wurde nun im Massachusetts Institute of Technology in Boston ein anderer Weg beschritten, welcher namentlich mit Bezug auf die gegenwärtig ständig an Bedeutung zunehmende Methode der Aufnahme von dielektrischen Verlusten bei hohen Wechselstromspannungen von Interesse ist. Die beiden Experimentatoren, D. E. Replogle und T. M. Burkholder, beobachten zunächst nur die stationären Endisolationsströme nach genügend langer Elektrisierungsdauer. Ferner beobachten sie im Gegensatze zu Phelps und Tanzer, aber in Analogie mit den Verlustkurven bei Wechselspannungsmessungen, die Abhängigkeit des (aus dem Isolationsstrome errechneten) Isolationswiderstandes von der angelegten Spannung und gelangen zum Teil zu Ergebnissen, welche sich mit den von den Wechselstromverlustmessungen her bekannten Ionisationskurven[2]) in weitgehende Parallele setzen lassen. Mit zunehmender Meßspannung steigt zunächst der Isolationswiderstand etwa linear an (Einer vollkommenen Analogie würde allerdings ein mit zunehmender Spannung konstant bleibender Isolationswiderstand entsprechen. D. Ber.), das heißt der Isolationsstrom bleibt nahezu konstant, um von einer bestimmten Spannung an plötzlich zu fallen, etwa analog dem Ionisationsknick in Verlustwinkelkurven. Die Ähnlichkeit mit dem Ionisationsknick geht aber noch weiter, indem, ganz analog den Ergebnissen der Holländer, der Knick bei höheren Temperaturen flacher verläuft und auch erst bei höheren Spannungen einsetzt. Ja sogar die durch die Erwärmung und nachherige Abkühlung des Kabels verursachte Erniedrigung des „Ionisierungspunktes" konnte beobachtet werden. Ob die gefundene Analogie eine rein äußerliche ist, oder ob es sich hier wirklich um die gleiche Erscheinung handelt die einmal bei Wechselstrom (Holländer), das andere Mal bei Gleichstrom (Amerikaner) beobachtet wird, kann aus den Ergebnissen wohl noch nicht definitiv gefolgert werden, da im Ganzen bloß zwei Kabel gemessen wurden. (Hier würden aber weitere Messungen an Kabeln von bekannten Eigenschaften und namentlich parallele Gleich- und Wechselstrommessungen am gleichen Kabel bald Aufklärung bringen. Sollte es sich tatsächlich um die gleiche Erscheinung handeln, dann ist der Methode von Replogle und Burkholder eine große Verbreitung sicher, namentlich für die Messung und Beobachtung von verlegten Kabeln. D. Ber.) Konst.

(El. World, Bd. 88, Nr. 17, 1926.)

[1]) Journal A. I. E. E., Märzheft 1923.

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Gleichrichteranlagen für die Elektrifizierung der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortebahn. Der Betrieb dieser Bahnanlage erfolgt bekanntlich[3]) mit 800 V Gleichstrom, der ausschließlich von Quecksilberdampf-Gleichrichtern geliefert wird. Für die bei Gleichstrombahnbetrieben üblichen mittleren Spannungen von 750 bis 1500 V ist der Gleichrichter bereits der Umformer der Gegenwart geworden.[4]) Es kommen 125 Gleichrichtergruppen von je 1200 kW Dauerleistung für Anschluß an das 30 000 V Drehstromnetz der Stadt zur Aufstellung, von denen 95 Gruppen zur Speisung der verkehrsreichsten Strecken mit 114 000 kW Leistung von BBC-Mannheim geliefert werden. Die große Überlastungsmöglichkeit des Gleichrichters mit 3000 A bei nur kurzzeitigen Unterbrechungen zu Zeiten kleinerer Belastung nebst der Möglichkeit, die Anlagen von ferne zu steuern und die Bedienung auf ein Minimum zu beschränken, erlaubten es, die Umformung auf die verhältnismäßig große Zahl von 40 kleinen Stationen zu verteilen, die in die Stadtbahnbögen eingebaut werden können. Die große Ersparnis an Baukosten, verbunden mit der günstigen Austeilung der Speisepunkte, war nebst den vielen anderen bekannten Vorzügen des Gleichrichters für die Entscheidung in

[2]) E. u. M. 1923, S. 588.

[3]) E. u. M. 1924, S. 397; 1925, S. 92.

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN. S. 164, 229.

[5]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 769; 1926, S. 534, 680.

Digitized by Google

der Wahl dieses Systems ausschlaggebend. Wie übrigens aus einer Notiz in BBC-Mitteilungen, Nr. 12, 1926, hervorgeht, wurde in den Werkstätten von BBC, Schweiz, ein normales Gleichrichtermodell in der Ausführung für höhere Betriebsspannungen dauernd mit 8000 V Gleichspannung bei 900 bis 960 kW Belastung in Betrieb gehalten. Die Versuche verliefen so günstig, daß daraus die berechtigte Folgerung gezogen werden kann, daß der Großgleichrichter damit noch nicht an die Grenze der möglichen Betriebsspannung gelangt ist.

Mi.

Neue Formen von Elektromobilen für Stadtverkehr. Dipl. Ing. F. Friedmann, Berlin, erläutert den Entwurf eines zweistöckigen Omnibus für Großstadtverkehr, der von der größtzulässigen Felgenbelastung, wie beim Entwurf einer Lokomotive vom zulässigen Achsdruck, ausgeht. Veranlassung hiezu gab im Deutschen Reiche eine neue Verordnung für den Kraftwagenverkehr (vom 5. Dezember 1925), welche an Stelle des bisher festgelegten Höchstgewichtes von 9 t einen größten Achsdruck von 6 t beim zweiachsigen, 5 t beim dreiachsigen und einen größten Druck auf 1 cm Felgenbreite von 150 kg bestimmt. Der diesen Werten angepaßte Entwurf hat einen Radstand von 4·7 m, eine Spur von 1750 mm hinten und von 1850 mm vorn. Gesamtlänge, Breite und Höhe sind 7·78, 2·34 und 4·09 m. Die Raumausteilung entspricht im allgemeinen der der Berliner Benzinomnibusse. Durch Fortfall des Verbrennungsmotors und Ausnutzung des Raumes neben dem Führersitz wird der Fassungsraum von 54 auf 65 Fahrgäste gesteigert. Durch Anordnung des Führersitzes über dem Fahrschalter wird nicht nur Raum gewonnen, sondern auch eine gute Streckensicht ermöglicht. Die Batterietröge hängen zu beiden Seiten des Rahmens. Der Antrieb der Hinterachse erfolgt mittels Kardan von einem 30 PS Motor, der an einem Seitenrahmen aufgehängt ist. Die beiden Triebwellen tragen Ritzel, welche in Stirnräder kämmen, die innerhalb der Bremstrommel der Hinterräder angeordnet sind. Die Rahmenhöhe ist 500 mm, so daß zwei Auftrittsstufen bequem ausreichen, während die Rahmen selbst über den beiden Achsen gekröpft sind. Der ganze Wagen wiegt leer 6·3 t und besetzt 10·8 t. Die sodann mit 6 t belastete Hinterachse hat Doppelbereifung, die Vorderachse einfache Bereifung von 160 mm Breite, so daß die Druckgrenze gerade erreicht ist. Mit Rücksicht auf das große Gewicht ist die Batteriespannung zu 240 V angenommen, das heißt, es sind vier Tröge mit je 30 Zellen, Type 6 Ky 285/43, vorhanden, mit einem dreistündigen Entladestrom von 90 A entsprechend 21·6 kW. Auf ebener Strecke werden 22 km/h erreicht. Nachdem die Möglichkeit, ein derartiges Elektromobil zu bauen, erwiesen ist, wird dessen Wirtschaftlichkeit untersucht. Die zu befahrende Strecke sei 9 km lang und habe 17 Zwischenhaltestellen, die 0·5 min Zeitverlust verursachen sollen. Bei 22 km/h Reisegeschwindigkeit wird sich eine Fahrt einschließlich 10 min Umkehrzeit in 90 min ausführen lassen. Für 10 min-Verkehr werden somit 9 und mit einem Reparatur und einem Aushilfswagen 11 Fahrzeuge erforderlich, die im Jahr 627 000 km zurücklegen. Der erforderliche Geldaufwand für eine derartige neu einzurichtende Linie (11 Fahrzeuge zu Mk. 20 000, 11 Sätze Bereifung zu Mk. 2000, 38 Batterien zu Mk. 8900, Werkstatt, Garage, Ladestation, Wasserdestillierung, Büro usw.) beträgt Mk. 684 500, die Anzahl der Batterien ergibt sich aus einem Fahrbereich von 50 bis 55 km/h mehr drei Stück für Reserve und Bereitschaft. Mit Amortisationssätzen von 12 vH für Wagen, 15 vH für Gebäude, 10 vH für deren Einrichtung und 8 vH Kapitalszins ergeben sich indirekte Kosten von Mk. 91 200. Von der Verkehrsleistung unabhängige Kosten, wie Miete, Reparatur der Wagen mit 4 vH der Anschaffung und Löhnen von Mk. 173 000, betragen zusammen Mk. 190 300. Der Kraftbedarf für 1 Wagen-km mit 1·5 kWh zu 0·085 Mk. (halber Tagespreis) veranschlagt gibt rund Mk. 80 000. Die Bereifung hält 30 000 km, so daß im Jahr 21 Sätze verbraucht werden. Bei einjähriger Lebensdauer der positiven und zweijähriger der negativen Platten sind für die Erneuerung der Batterien 75 vH der Anschaffungskosten erforderlich, so daß die vom Verkehr abhängigen Kosten zusammen mit 392 000 und daher die Gesamtbetriebskosten mit Mk. 673 000 zu veranschlagen sind. Die Einnahmen lassen sich vorsichtig auf 906 000 Mk. schätzen, wenn man durchschnittlich halbe Besetzung mit zweimaligem Wechsel während einer Fahrt und einen durchschnittlichen Fahrpreis von 20 Pf für zwei Zonen der in drei Zonen eingeteilten Strecke annimmt. Der Betriebsüberschuß von 232 500 Mk. gewährleistet die Wirtschaftlichkeit, auch wenn man für öffentliche Abgaben 50 vH der Summe in Abzug bringt. Ein Vergleich mit einem gleichwertigen Benzinbetrieb ergibt einen Reingewinn von 19 vH gegenüber 17 vH beim elektrischen Betrieb, wobei sich dessen sonstige Vorteile und Annehmlichkeiten nicht zahlenmäßig erfassen lassen.

Dipl. Ing. H. R. Müller, Berlin beschreibt die von den Zschoppener Motorwerken nach Plänen von G. Klingenberg gebaute elektrische Kleindroschke für zwei Sitzplätze und einem Gepäcksplatz neben dem Fahrer, von denen bereits 500 Stück in Berlin im Verkehr sind. Der Wagen wiegt leer nur 900 kg. Die Batterie von 40 Zellen ist unter einer Haube, wie sonst der Verbrennungsmotor, untergebracht. Der Antriebsmotor von 3·75 PS treibt mittels Kardanwelle ein Differential. Die Geschwindigkeit kann in vier Stufen bis 40 km/h gebracht werden. Der Fahrbereich einer Ladung von etwa 15 kWh Ladeenergie ist etwa 100 km, was sehr viel ist, wenn man, die Fahrleistung eines 18 h fahrenden Omnibus von 230 km vergleicht. Der Betrieb gestaltet sich dadurch sehr einfach, daß die Akkumulatorenfabrik Berlin die Instandhaltung, Wartung und Ladung der Batterien gegen einen festen Satz von 7 Pf/km bei weniger als 10 000 km/Jahr übernimmt, welcher Satz für größere Leistungen noch herabgesetzt wird. Der Ladestrompreis ist hiebei mit 8 Pf/kWh veranschlagt. Nach bisherigen Erfahrungen mit elektrischen Droschken ist mit 5 bis 8 Reparaturwagen im Jahr zu rechnen.

Wl.

(Verkehrstechnik, Heft 44, 1926.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Eine neue Methode zur Berechnung der Kettenleiter[1]) bringt A. G. Warren. Sie bezieht sich auf Kettenleiter mit kongruenten Gliedern nach Abb. 1 *a*, bestehend aus beliebigen Serienimpedanzen Z_1 und dazwischen angeschlossenen Nebenschlußimpedanzen Z_2. Die letzteren werden nach Abb. 1 *b* in je zwei frequenzabhängige Impedanzen zerlegt, wodurch der Kettenleiter in eine Reihe induktiv gekoppelter Kreise von der Impedanz Null zerfällt. Der Verfasser geht dabei von folgenden Grundsätzen aus:

1. Jede Impedanz kann durch zwei parallele Impedanzen zwischen denselben Punkten ersetzt werden, die zusammen denselben Strom aufnehmen, wie die ursprüngliche Impedanz. Eine dieser Impedanzen kann auch fiktiven negativen Widerstand enthalten. 2. Ein Stromkreis von der Impedanz Null (Sperrkreis) besitzt unendliche Impedanz zwischen zweien seiner Punkte, zwischen denen beiderseits von Null verschiedene Impedanzen liegen. Dies gilt auch für induktiv gekoppelte Kreise, da, wie später gezeigt wird, die wechselseitige Induktivität durch Selbstinduktivität ersetzt werden kann. 3. Eine unendliche Impedanz kann zwischen zwei beliebigen Punkten eines Stromkreises ohne Änderung der Verhältnisse eingeschaltet werden. Damit also die Schaltung 1 *a* durch 1 *b* ersetzt werden kann, muß sein:

$$1/Z_2' + 1/Z_2'' = 1/Z_2 \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

und

$$Z_2' + Z_2'' + Z_1 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots (2).$$

Die Verbindung des m-ten Gliedes mit dem $(m-1)$-ten in PP', QQ' ändert nicht den Stromverlauf, da der Widerstand zwischen P und Q unendlich groß ist. Dagegen liefert die Bedingung gleichen Potentialabfalles längs PQ und $P'Q'$ eine Gleichung für die Stromstärken:

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 10; 1922, S. 437.

Digitized by Google

$$i_m \cdot Z_2'' = -i_{m-1} \cdot Z_2' \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

und hiemit das konstante Verhältnis benachbarter Ströme:

$$e^k = -Z_2'/Z_2'' \quad \ldots\ldots\ldots (4).$$

Wegen der aus (1) und (2) folgenden symmetrischen quadratischen Beziehung zwischen Z_2' und Z_2'' kann an Stelle von k auch $-k$ treten, so daß allgemein

$$i_n = A \cdot e^{nk} + B \cdot e^{-nk} \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

wäre. In Ketten mit sehr vielen Gliedern ist der Endstrom $i_\infty = 0$, was nur erfüllt ist, wenn $B = 0$ und der reelle Bestandteil der im allgemeinen komplexen Größe k negativ ist.

1. Das unendlich lange, nur für niedrige Frequenzen durchlässige Filter besteht aus gleichen Selbstinduktivitäten L in Reihe und gleichen Kapazitäten C im Nebenschlusse.

a) Der Ohmsche Widerstand ist Null. Man erhält als Gleichungen (1) und (2):

$$C' + C'' = C \quad \ldots\ldots\ldots (9).$$

$$1/\omega C' + 1/\omega C'' - \omega L = 0 \quad \ldots\ldots (10)$$

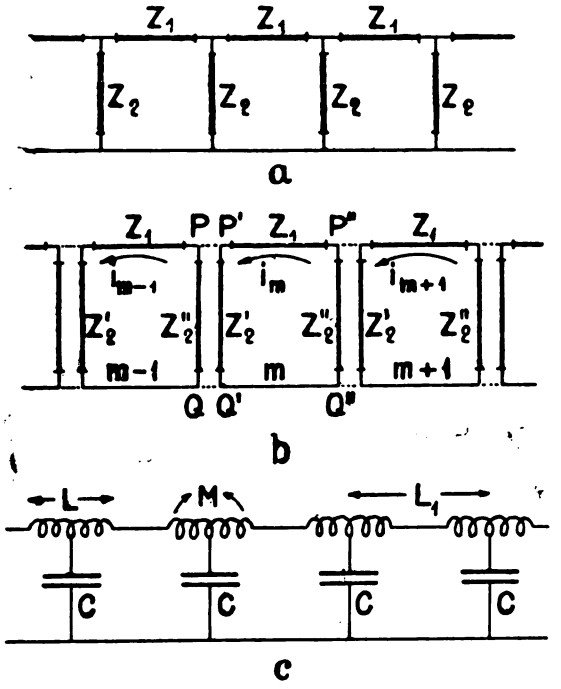


Abb. 1.

und

$$\omega = 1/\sqrt{L C C''/(C' - C')} \quad \ldots\ldots (11);$$

Setzt man $\Omega = 1/\sqrt{L \cdot C}$, so ist für $\omega > 2\Omega$:

$$C' = {}^1/_2 C \left(1 + \sqrt{1 - 4\,\Omega^2/\omega^2}\right);$$

$$C'' = {}^1/_2 C \left(1 - \sqrt{1 - 4\,\Omega^2/\omega^2}\right) \quad \ldots (13).$$

$$e^k = -\left(1 - \sqrt{1 - 4\,\Omega^2/\omega^2}\right) : \left(1 + \sqrt{1 - 4\,\Omega^2/\omega^2}\right) \quad (14),$$

$$k = \operatorname{arccosh}\left(\omega^2/2\Omega^2 - 1\right) \quad \ldots\ldots (15).$$

k ist reell und die Wellen mit $\omega > 2\Omega$ werden unterdrückt ist dagegen $\omega < 2\Omega$, so tritt an Stelle der Größe $\sqrt{1 - 4\,\Omega^2/\omega^2}$ der Ausdruck $j\sqrt{4\,\Omega^2/\omega^2 - 1}$ und es wird

$$e^k = -\left(1 - j\sqrt{4\,\Omega^2/\omega^2 - 1}\right) : \left(1 + j\sqrt{4\,\Omega^2/\omega^2 - 1}\right) (16).$$

dessen absoluter Betrag der Einheit gleich ist; die Wellen werden nicht geschwächt, dagegen tritt von Glied zu Glied eine Phasenverschiebung δ auf, entsprechend

$$\cos\delta = 1 - \omega^2/2\Omega^2 \quad \ldots\ldots\ldots (18);$$

b) Die Induktivitäten besitzen Ohmschen Widerstand. An Stelle der $\sqrt{1 - 4\,\Omega^2/\omega^2}$ tritt der Ausdruck

$$\sqrt{1 - 4\Omega^2\,(1 + j\,R/\omega\,L)/\omega^2\,(1 + R^2/\omega^2\,L^2)} \equiv$$

$$\equiv \sqrt{A + j\,B} \equiv P + j\,Q,$$

worin

$$P^2 = {}^1/_2\left(\sqrt{A^2 + B^2} + A\right); \quad Q^2 = {}^1/_2\left(\sqrt{A^2 + B^2} - A\right) \quad (19)$$

ist, und man erhält:

$$e^k = -\left[1 - (P + j\,Q)\right] : \left[1 + (P + j\,Q)\right] \quad \ldots (20);$$

$$|e^k| = \sqrt{\left[(1 - P)^2 + Q^2\right] : \left[(1 - P)^2 - Q^2\right]} \quad \ldots (21).$$

$|e^k|$ ist nur dann gleich 1, wenn $P = 0$ ist, dies fordert aber $R = 0$; im Falle Ohmschen Widerstandes ist also stets Abschwächung vorhanden, nur ist sie für $\omega < 2\Omega$ weit geringer als für $\omega > 2\Omega$. Ketten mit Widerstand können also nur mit beschränkter Gliederzahl als Filter verwendet werden.

2. Das unendlich lange, für hohe Frequenzen durchlässige Filter besteht aus gleichen Kapazitäten in Reihe und Induktivitäten im Nebenschlusse. Besitzen die Induktivitäten Ohmschen Widerstand, so erhält man analog, wie oben:

$$Z_2' = (j/\omega\,C)\left(1 - \sqrt{1 - 4\,\omega^2\,(1 - j\,R/\omega\,L)/\Omega^2}\right);$$

$$Z_2'' = (j/\omega\,C)\left(1 + \sqrt{1 - 4\,\omega^2\,(1 - j\,R/\omega\,L)/\Omega^2}\right) \quad (22).$$

Ist $R = 0$, so ist

$$e^k = -\left(1 - \sqrt{1 - 4\,\omega^2/\Omega^2}\right) : \left(1 + \sqrt{1 - 4\,\omega^2/\Omega^2}\right) \quad (29)$$

und Frequenzen oberhalb ${}^1/_2\,\Omega$ werden durchgelassen unter ${}^1/_2\,\Omega$ abgedämpft. Hat R einen endlichen Wert, so erhält man für $\omega > {}^1/_2\,\Omega$ ebenfalls Abschwächung, wenn auch in weit geringerem Grade, als für $\omega < {}^1/_2\,\Omega$.

3. Allgemeiner Fall. Sind die Reihenimpedanzen durch gegenseitige Induktivitäten M gekoppelt, so bleibt die Gl. (1) unverändert; an Stelle von Gl. (2) und (3) erhält man jedoch:

$$i_m\,(Z_1 + Z_2' + Z_2'') + j\,\omega\,M \cdot i_{m-1} + j\,\omega\,M \cdot i_{m+1} = 0 \quad (31),$$

$$Z_2''\,i_m = -Z_2'\,i_{m-1}; \quad Z_2'\,i_m = -Z_2''\,i_{m+1} \quad \ldots (32)$$

und durch Verbindung dieser Gleichungen:

$$Z_1 + Z_2' + Z_2'' - j\,M\,(Z_2'/Z_2'' + Z_2''/Z_2') = 0 \quad \ldots (33).$$

In jedem Gliede tritt also statt der gegenseitigen Induktivität eine zusätzliche Selbstinduktivität $M\,(Z_2'/Z_2'' + Z_2''/Z_2') = M\,(e^k + e^{-k}) = 2\,M \cdot \cosh k$ auf. Man erhält schließlich mit $-(Z_1 + 2\,Z_2)/2\,(j\,\omega\,M - Z_2) = x$:

$$e^k = x \mp \sqrt{x^2 - 1} \quad \ldots\ldots\ldots (38).$$

$$k = \operatorname{arccosh}(x) \quad \ldots\ldots\ldots (39);$$

4. Die Charakteristik verschiedener Filter mit sehr vielen Gliedern ergibt sich aus der Form des Ausdruckes (38). Kann der Widerstand vernachlässigt werden, so ist x reell; ist $x > 1$, so ist e^k reell, also nur Abschwächung und keine Phasenverschiebung vorhanden; andernfalls findet sich nur eine Phasenverschiebung arc cos (x) je Glied und keine Abschwächung. Ist der Widerstand nicht zu vernachlässigen, so ist x komplex und es tritt wie bei den Filtern ohne M Abschwächung und Phasenverschiebung zugleich auf. In einem Kettenleiter nach Abb. 1 *c* ist die Kapazität in der Mitte einer einheitlichen Spule von der Induktivität L angeschlossen. Dann kann man $M = L/4$ und die Reiheninduktivität $L_1 = L/2$ setzen, womit

$$x = (4 - \omega^2\,L\,C)/(4 + \omega^2\,L\,C) < 1$$

für alle ω zwischen 0 und ∞ wird. Eine solche Kette wirkt also (wie ein Pupinkabel) nicht als Filter, sondern läßt alle Frequenzen durch. So lange $\omega^2\,L\,C$ klein ist, ist die Phasenverschiebung proportional der Frequenz, oder die zeitliche Verzögerung konstant.

5. In kurzen zurückwerfenden Ketten treten auch bei $e^k = 1$ Amplitudenänderungen auf, da sich die direkte und reflektierte Welle mit von Glied zu Glied wechselnden Phasenunterschieden zusammensetzen. Mit der Frequenz ändern sich die Amplitudenverhältnisse; gewisse Frequenzen werden daher mit besonders großer Amplitude übertragen. Man kann jedoch die Kette unmerklich zurückwerfend machen und dadurch diese Verzerrungen vermeiden.

6. Die Eingangsimpedanz Z_e am Senderende ist jene Impedanz, durch welche eine lange, nicht zurückwerfende Kette ersetzt werden kann, ohne die Verhältnisse im Eingangsgliede zu ändern. Setzt man als solches die Hälfte eines in der Mitte der Reihenimpedanz geteilten Gliedes voraus, so ist die Eingangsimpedanz die zwischen den Enden des Halbgliedes der nach Abb. 1 *b* zerlegten

Digitized by Google

Kette, da alle weiteren Glieder die Impedanz Null besitzen. Es ist also:

$$Z_0 = {}^1/_2 Z_1 + j\omega M e^k + Z_2 (1 - e^k) =$$

$$= \sqrt{({}^1/_2 Z_1 + Z_2)^2 - (j\omega M - Z_2)^2} \quad (45) \text{ u. } (46.),$$

wenn man Gl. (38) für e^k berücksichtigt. Bringt man die andere Hälfte dieses Gliedes auf der Empfangsseite der auf n Glieder gekürzten Kette an, so wird diese nur dann nicht zurückwerfend, wenn man an die Enden dieses Halbgliedes eine Impedanz $Z_R = Z_0$ anschließt. Hiemit wird, abgesehen von der Stromschwächung durch den Ohmschen Widerstand, die Hervorhebung einzelner Frequenzen vermieden. Nach Gl. (46) ist Z_0 ein reiner Ohmscher Widerstand, wird aber komplex, wenn die Kettenglieder Ohmschen Widerstand besitzen. Stets aber ist Z_0 frequenzabhängig und verschwindet bei der kritischen Frequenz. Man kann also $Z_R = Z_0$ nur für die Mitte des durchgelassenen Frequenzbandes wählen. Soll ferner der Strom im Empfangsgliede dem im Sendegliede unabhängig von der Frequenz annähernd proportional sein, so muß, wenn die Impedanz des Senders Z_T ist, $Z_T + Z_0$, oder wegen $Z_0 = Z_R$ auch $Z_T + Z_R$ möglichst angenähert ein Ohmscher Widerstand und zur Erzielung möglichst hoher Empfangsstromstärke so klein als möglich sein.

7. Der Verfasser zeigt noch die allgemeine Behandlung der zurückwerfenden Ketten und das Auftreten der schon oben erwähnten Bandenspektren durch besondere Begünstigung einer Reihe von Zwischenfrequenzen im Durchlässigkeitsbereich. Den Schluß bildet die ziffernmäßige Berechnung des Empfangsstromes einer Kette aus $n = 10$ Gliedern von ähnlichem Aufbau wie bei Abb. 1 *c* angenommen; jedoch mit den Konstanten $L = 0{\cdot}5$ H; $M = 0{\cdot}1$ H; also $L_1 = 0{\cdot}3$ H; $C = 0{\cdot}5 \times \times 10^{-6}$ F; $R = 100$ Ohm; $Z_T = Z_R = 1000$ Ohm. Die kritische Frequenz liegt bei $\Omega = 8944$; die niedrigeren Frequenzen werden mit einer Abschwächung auf 15 bis 30 vH durchgelassen. R. H.

(Journ. of the I. E. E., London, Bd. 64, Nr. 355; Juli 1926.)

Patentbericht.

Elektrische Meßinstrumente.

Meßgeräte.

Bei den bekannten elektrischen Drehspulinstrumenten wird der drehbaren Spule der Strom durch eine biegsame Leitung zugeführt. Die Federkraft dieser biegsamen Leitung darf nicht zu groß sein. Bei Instrumenten, deren drehbarer Teil ganz ohne Richtkraft arbeiten soll, darf eine Federkraft überhaupt nicht auftreten. Aus diesem Grunde ist man auf Zuleitungen mit einem geringen Querschnitt beschränkt. Für starke Ströme reicht dieser Querschnitt oft nicht aus. Bei den Drehspulinstrumenten gemäß einer Erfindung der Firma Siemens & Halske Akt.-Ges. wird daher der Drehspule der Strom über Quecksilbergefäße zugeführt, in welche die Enden ihrer Achse eintauchen. Zweckmäßig werden auf der Achse Verschlußstücke befestigt, durch die die Quecksilbergefäße verschlossen werden können. In dieser Verschlußstellung kann dann das Instrument auch transportiert werden, ohne daß das Quecksilber ausfließen kann. Die Bewegung der Achse, durch die die Quecksilbergefäße verschlossen werden, kann gleichzeitig dazu dienen, das Instrument zu arretieren.

(D. R. P. Nr. 436005.)

Es ist bekannt, bei Hitzdraht- oder -band-Instrumenten, denen ein ebenfalls aus Hitzbändern bestehender Nebenschluß zwecks Erzielung eines weiteren Meßbereiches mit Hilfe eines Umschalters zugeschaltet werden soll, den Druck des Umschalters durch besondere Metallklötze aufzufangen und solcher Art von dem gegen jede Verbiegung hochempfänglichen Meßsystem fernzuhalten. Dieße Maßnahmen allein genügen nicht in allen Fällen, namentlich bei sehr kleinen Instrumenten. Nach einer Erfindung der Firma Hartmann & Braun Akt.-Ges. in Frankfurt a. M. wird das Meßband mit seinen Übertragungsteilen auf einer gesonderten Tragplatte angeordnet, während sich das Umschaltwerk ebenfalls auf einer davon unabhängigen Tragplatte befindet, so daß irgendwelche von dem starken Schalterdruck herrührenden, noch so geringfügigen Verbiegungen sich überhaupt nicht auf das Meßsystem übertragen können.

(D. R. P. Nr. 432172.)

Bisher war es üblich, die Spule eines Galvanometers mit der Anzeigevorrichtung durch ein Paar Seidenfäden zu verbinden. Diese Anordnung besitzt den Nachteil, daß es sehr schwierig ist, die Länge der beiden Fäden richtig zu treffen. Benützt man nur einen Seidenfaden, so ist die Anordnung einer Feder notwendig, durch die der Anzeigevorrichtung die erforderliche Rückkehrbewegung erteilt wird. Eine Erfindung der Firma Telegraph Construction and Maintenance Company, Limited in London besteht nun darin, daß die Verbindung zwischen der Spule und der Anzeigevorrichtung durch eine Stange oder ein Rohr aus unbiegsamem Material, zum Beispiel Glas, hergestellt wird. Dieses Rohr wird an jedem Ende mit einem kurzen Streifen eines elastischen Materials, zum Beispiel Phosphorbronze, versehen und mittels dieser Streifen mit der Spule bzw. der Anzeigevorrichtung verbunden. Die Streifen sind hinreichend elastisch, um die notwendigen Drehbewegungen der Spule und der Anzeigevorrichtung zu ermöglichen. Zweckmäßig wird eine Vorrichtung vorgesehen, durch die das Rohr in seitlicher, das heißt, im rechten Winkel zu seiner Achse liegenden Richtung schnell hin und her bewegt wird. Hiedurch wird die Verwendung eines Rohres von schwächerer Bauart ermöglicht, als es sonst benötigt würde, um eine zuverlässige Rückbewegung der Anzeigevorrichtung zu bewirken.

(D. R. P. Nr. 430700.)

Bei Kontakteinrichtungen kommt es häufig darauf an, eine Reihe von Umschaltungen mit ausreichenden Kontaktflächen vornehmen zu können, und zwar auf einem möglichst beschränkten Raume. Namentlich bei Meßinstrumenten ist es erwünscht, den Raum für die Schalteinrichtungen gering zu halten. Um diese Aufgabe zu lösen, wird nach einer Erfindung der Firma Siemens & Halske Akt.-Ges. der eine kontaktgebende Teil in zwei verschiedenen Richtungen beweglich gelagert, nämlich derart, daß er durch Bewegung in der einen Richtung von einem Gegenkontakt zum anderen geführt werden kann, und daß durch die Bewegung in anderer Richtung die Verbindung mit dem Gegenkontakt hergestellt werden kann. Auf diese Weise wird eine Einrichtung geschaffen, die es gestattet, die erforderlichen Kontaktschlüsse auf wesentlich geringerer Grundfläche anzuordnen, als es beispielsweise bei den bekannten Kurbelschaltern möglich ist. Auch sind keine losen Teile vorhanden, die verlorengehen könnten.

(D. R. P. Nr. 436942.)

Gegenstand einer Erfindung von Robert Kühnel in Wien ist ein direkt zeigender Widerstandsmesser mit einer beweglichen Spule in einem magnetischen Felde, bei welchem die Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung erfolgt. Die Widerstandsmessung wird in der Weise vorgenommen, daß die Spule erst zur Meßstromkontrolle und dann zur Spannungsabfallmessung an dem zu messenden Widerstand benützt wird. Durch eine entsprechende Auswahl von Neben- und Vorwiderständen läßt sich eine große Anzahl von Meßbereichen bei Benützung derselben oder noch einer zweiten Skala erhalten. Die Vereinfachung gegenüber bekannten Ohmmetern ergibt sich durch die Benützung einer mit nur einer Bewicklung versehenen Drehspule für die gleichen Zwecke, das ist Strom- und Spannungsmessung mit einem Meßsystem, ohne Einbuße aller Vorteile der Drehspule mit zwei Wicklungen. Die Vorteile der einfachen Drehspule gegen die mit zwei Wicklungen sind jedoch außerordentliche; ergibt sich schon ein mechanisch einfacher Aufbau des ganzen beweglichen Organs, so wird vor

Digitized by Google

allem ein viel robusteres, gegen äußere mechanische Beeinflussungen unempfindliches Instrument erhalten. In elektrischer Beziehung liegt ein besonderer Vorteil darin, daß bei der neuen Ausführung leicht ein von der Temperatur unabhängiges Meßwerk erhalten werden kann, was bei der Spule mit Doppelwicklung nur durch komplizierte Kombinationen von Widerständen mit verschiedenen Temperaturkoeffizientent erreicht werden könnte.

(Ö. P. Nr. 104961.)

Oszillographen.

Eine Erfindung der Firma Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. bezieht sich auf einen Oszillographen zur punkweisen Aufnahme periodischer elektrischer Erscheinungen mittels kurzzeitiger Einschaltung der elektrischen Erscheinung in den Stromkreis einer Meßvorrichtung. Sowohl die kurzzeitige Einschaltung der elektrischen Erscheinung in den Stromkreis einer Meßvorrichtung als auch die Einstellung der Phasenlage der kurzzeitigen Erscheinung wird durch Elektronenröhren bewirkt. Infolge dieser zweifachen Verwendung von Elektronenröhren kann erstens die Dauer der Einschaltzeit beliebig klein gewählt werden, so daß das Meßinstrument fast den genauen Momentanwert der elektrischen Erscheinung anzeigt: außerdem kann aber auch die Verschiebung dieser Einschaltzeit über die Periode feinstufig durchgeführt werden, so daß die einzeln aufgenommenen Punkte näher aneinander liegen und so die Kurvenform genauer wiedergeben, als dies bei den bisherigen mechanischen Anordnungen möglich ist. Es ist zweckmäßig, Elektronenröhren zu verwenden, bei denen der von der Kathode ausgehende Strom die Form eines Strahlbündels oder eines Bandes besitzt. Man kann dann die Anode der Schaltröhre, die in dem Meßstromkreis der elektrischen Erscheinung liegt, in bezug auf die Kathode und in bezug auf eine Steuerelektrode derart anordnen, daß sie im wesentlichen nur bei der kurzzeitigen Erregung dieser Steuerelektrode von dem Kathodenstrahl der Röhre getroffen wird und so die Meßvorrichtung unter Strom setzt. Die Einstellung der kurzzeitigen Erregung der Steuerelektrode kann zum Beispiel durch eine zweite Elektronenröhre derart durchgeführt werden, daß ein Kathodenstrahl dieser Röhre unter der Einwirkung eines räumlich einstellbaren Drehfeldes zum Beispiel eine kreisförmige Bahn beschreibt und dabei in einem bestimmten, periodisch wiederkehrenden Moment die Steuerelektrode durch Schließen eines geeigneten Stromkreises erregt.

(D. R. P. Nr. 430701.)

Eine Erfindung von Dr.-Ing. W. Rogowski und Dipl. Ing. E. Flegler in Aachen besteht in einer Schaltanordnung zur oszillographischen Aufnahme einmaliger Vorgänge höchster Frequenz mit dem Kathodenoszillographen. Auf den Kathodenstrahl wirken ein oder mehrere gleichzeitig mit dem Hauptschwingungskreis an Spannung gelegte Hilfskreise. Die Abmessungen dieser Hilfskreise sind klein gegen die des Hauptkreises und ihr Widerstand ist so groß, daß der nicht quasistationäre Teil der Einschaltschwingung in den Hilfskreisen abgedämpft ist, bevor die aufzeichnende Schwingung auf die Röhre wirkt. Die Verzerrung der Aufzeichnung durch kapazitive und induktive Einwirkung des Schwingungskreises auf den Ablenkkreis wird durch Einhüllung des Zeitkreises in eine metallene Hülle vermieden. Die Einhüllung muß sich bis in das Röhreninnere erstrecken. Die gleichzeitige Auslösung der beiden Ablenkungsvorgänge bewirkt, daß der Schwingungsanfang sehr nahe dem Nullpunkt des Kathodenstrahles zu liegen kommt, der durch die lange Einwirkung des Strahles mit seiner Umgebung stark verschleiert wird. Dadurch läuft der meist besonders wichtige Schwingungsanfang Gefahr, ganz oder teilweise durch den Schleier verdeckt zu werden. Die Verschleierung des Schwingungsanfanges kann durch Anwendung eines Vorablenkungskreises vermieden werden. Man legt parallel zum Zeitablenkungskreis einen zweiten Kreis, den Vorablenkungskreis. Die Abmessungen dieses Kreises werden so gewählt, daß die durch ihn hervorgerufene Ablenkung voll erreicht ist, wenn die Aufzeichnung des Schwingungsvorganges beginnt. Durch Verwendung zweier Vorablenkungskreise, deren Wirkungsachsen senkrecht aufeinander stehen, kann die Vorablenkung des Kathodenstrahls in jeder beliebigen Richtung ausgeführt werden.

(D. R. P. Nr. 433427.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3497 **Handbuch der Physik.** Herausgegeben von H. Geiger und Karl Scheel. Band XVII: „Elektrotechnik", redigiert von W. Westphal. Mit 360 Abb. Verlag Julius Springer, Berlin 1926. Preis geh. Mk. 31·50, geb. Mk. 33·60.

Der vorliegende Band des großangelegten Gesamtwerkes gibt sich als würdige Vertretung der Elektrotechnik zu erkennen. Er umfaßt: 1. Telegraphie und Telephonie, von Dr. F. Breisig, Berlin; 2. Drahtlose Telegraphie und Telephonie, von Prof. Dr. F. Kiebitz, Berlin; 3. Röntgentechnik und 4. Elektromedizin, von Dr. H. Behnken, Berlin; 5. Transformatoren und 6. Elektrische Maschinen, von Dr. R. Vieweg und Dipl. Ing. V. Vieweg, Berlin; 7. Technische Quecksilberdampf-Gleichrichter, von Prof. Dr. A. Güntherschulze, Berlin; 8. Hochspannungstechnik, von Prof. Dr. W. O. Schumann, München, und 9. Überströme und Überspannungen, von Dr. A. Fraenkel, Berlin.

Wie man sieht, haben sich in die Arbeit mit einer einzigen Ausnahme nur Berliner Fachmänner geteilt. Im ersten Kapitel findet unter anderem die Telegraphengleichung und ihre Anwendung auf verschiedene Fälle Behandlung; es kommt also auch die theoretische Seite gemäß dem Stande der Schwachstromtechnik nicht zu kurz, ohne daß deshalb die Grundprizipien der Schaltungen und Apparate vernachlässigt würden. Die Darstellungen gehen ziemlich weit ins Detail. Im zweiten Kapitel tritt die Theorie mehr in den Hintergrund. Die Darstellung scheint nicht überall auf dem Boden der letzten Erkenntnisse zu stehen, so zum Beispiel über die Wellenausbreitung. Auch im dritten und vierten Kapitel werden die Bedürfnisse der Praxis in erster Linie berücksichtigt; auch die verschiedenen Verfahren der Röntgenspektroskopie finden Erwähnung. In den Kapiteln über Transformatoren und elektrische Maschinen fanden die aus den Grundlagen der Elektrotechnik bekannten Formeln und Vektordiagramme Aufnahme. Von besonderen Konstruktionen werden Phasentransformatoren, Frequenzverdopplungs- und Resonanztransformatoren, ferner verschiedene Typen von Ankerwicklungen, das Wichtigste über die Ankerrückwirkung und Kommutation, ferner über das Synchronisieren, das Pendeln und über die Oberwellen von Wechselstrommaschinen behandelt. Es folgen Synchron- und Induktionsmotoren; bei letzteren auch das Heylanddiagramm und die daraus abgeleiteten Betriebskurven. Selbst die Kaskadenschaltung von Regelsätzen wird kurz erläutert. Den Schluß bilden die Kommutatormotoren. Ein ziemlich breiter, größtenteils aber auf praktische Angaben beschränkter Raum ist den Quecksilberdampf-Gleichrichtern gewidmet. Das Kapitel über Hochspannungstechnik handelt von der elektrischen Festigkeit und der Konstruktion von Durchführungsisolatoren, den Schaltungen zur Erzeugung der verschiedenen Arten von Prüfspannungen, den Kapazitätsverhältnissen von Leitungen und den Koronaerscheinungen. Das letzte Kapitel umfaßt die Schalt- und Kurzschlußvorgänge in Transformatoren und Wechselstrommaschinen, den Überstromschutz von Leitungen und Generatoren, die verschiedenen Quellen von Überspannungen, hochfrequenten Schwingungen und Laufwellen; die Eigenschaften der letzteren und einige Vorkehrungen dagegen. Den Schluß des Buches

Digitized by Google

bildet ein Sachregister, den Beginn eine ziemlich reichhaltige Zusammenstellung von allgemeinen physikalischen Konstanten.

Der Umfang und die Art der Behandlung des Stoffes in den einzelnen Kapiteln zeigt wohl einen gewissen Mangel an Gleichförmigkeit und Übereinstimmung mit der praktischen Bedeutung der behandelten Gegenstände. Immerhin waren durch den beschränkten Raum für ein übergroßes Gebiet gewisse Grenzen gesetzt, die es verständlich machen, wenn hochentwickelte Disziplinen, über die eine reichhaltige Sonderliteratur besteht, hier etwas kürzer behandelt wurden, als ihrer Bedeutung zukäme. Im allgemeinen kann aber das Werk in dem, was es bietet, als durchaus einwandfrei bezeichnet werden, so daß es nicht nur eine recht eingehende Orientierung für den Physiker oder Mediziner vermittelt, sondern auch als hochwertige Vorstufe für Spezialstudien gelten kann.

Dr. Rich. Hiecke.

3481 **Amerikas Dampfturbinenbau.** Von Prof. Dr. Ing. E. A. Kraft, Berlin. VI + 116 Seiten mit 125 Abb. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis geb. Mk. 14.

Als Ergänzung zu seinem früheren Buche „Die neuzeitliche Dampfturbine“[1]), das vorwiegend den europäischen Dampfturbinenbau behandelt, gibt der Verfasser in dem vorliegenden Buche die Eindrücke und Ergebnisse einer Studienreise durch die wichtigsten Dampfturbinenfabriken der V. St. A. wieder und diese beiden Veröffentlichungen zusammen mit einem Aufsatze über den englischen Dampfturbinenbau[2]) bieten einen fast lückenlosen Überblick über den derzeitigen Stand des Dampfturbinenbaues auf der ganzen Erde. Im vorliegenden Buche verweist Kraft zunächst darauf, daß bis in die letzte Zeit in Amerika im Dampfturbinenbau die Forderung unbedingter Zuverlässigkeit alle übrigen in Europa viel mehr berücksichtigten Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit, den Preis usw. stark in Hintergrund gedrängt hat und daß damit die Unterschiede in den amerikanischen und europäischen Bauarten in vielen Einzelheiten begründet sind. Er betont ferner, daß man in den V. St. A. viel zögernder an die Erhöhung der Dampfdrücke und besonders der Überhitzungstemperatur geht, als in Europa — diese Feststellung von so berufener Seite ist umso wichtiger als man wiederholt bei uns ohne nähere Begründung die V. St. A. als Vorbild auf diesem Gebiete hinstellt — daß aber die Kesselspeisewasservorwärmung durch Anzapfdampf als Mittel zur Verbesserung der Wärmewirtschaft allgemeine Verbreitung gefunden hat. Nach einer Übersicht über die Grundsätze, die in Amerika beim Entwurf von Dampfturbinen, insbesondere von solchen großer Leistung maßgebend sind, werden dann die Bauarten der vier großen amerikanischen Dampfturbinenfirmen (General Electric Co., die Vertreterin des Gleichdrucksystems, Westinghouse Mfg. Co. und Allis Chalmers Mfg. Co., die Vertreter des reinen bezw. gemischten Überdrucksystems und Ford Motor Co., die bisher nur für den eigenen Bedarf Gleichdruckturbinen für Leistungen bis 45 000 kW baute) an vielen Beispielen und in allen Einzelheiten an Hand von sehr guten Schnittzeichnungen und photographischen Wiedergaben von Anlagen und Einzelteilen beschrieben. Daran schließen sich einige Bemerkungen über die Baustoffe und Beanspruchungen, über die Herstellungsverfahren und den Betrieb und eine kurze Zusammenfassung, in der Kraft auch auf die Ebenbürtigkeit des amerikanischen und europäischen Dampfturbinenbaues hinweist, die gegenseitig ihre Erfahrungen unter Anpassung an die geänderten Wirtschaftsverhältnisse mit Vorteil benützen können. Das Buch steht wie die früheren Veröffentlichungen Krafts in der Behandlung des Stoffes und der klaren Schreibweise auf voller Höhe, es verdient auch die Beachtung der im Kraftwerksbau Tätigen, die neben den Dampfturbinenbauern daraus wertvolle Anregungen gewinnen werden. Jellinek.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 500.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 681.

3484 **Mein Lebensweg und meine Tätigkeit.** Eine Skizze von C. Bach. 108 Seiten mit einem Bildnis. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1926. Preis Mk. 4·20, geb. Mk. 5·10.

Jedem, der Gelegenheit hatte, Bach in der Nähe zu beobachten, jedem der vielen Ingenieure, die durch seine Schriften seine Schüler sind, ist Bachs sonst so klare Persönlichkeit insofern ein Rätsel, daß es ihm als Einzelnen möglich war, fast ohne, viele Jahre ganz ohne Unterstützung durch Assistenten seine ungeheure Leistung zu vollbringen, durch welche der ganze Maschinenbau und große Teile des Materialprüfungswesens auf ganz neue Grundlagen gestellt worden sind. Ein Rätsel auch insofern, als Bach dabei immer noch Zeit für Anderes hatte. So war lange Jahre durch ihn der Württembergische Bezirksverein führend im Verein Deutscher Ingenieure; unter seinen Händen wuchsen die Agenden; jede auftretende Frage drängte er zur Klärung durch den Versuch und es kam vor, daß ein Vielredner, ohne daß er recht wußte wie, Mitglied eines Ausschusses war, in dem er die Versuchsstücke und Bach — natürlich — die Arbeit beizustellen hatte. Heute geht es Bach bereits ähnlich wie Herder unter den Klassikern der deutschen Literatur. Seine Gedanken und Forschungsergebnisse sind auf vielen Wegen in solchem Maße in das Bewußtsein der heutigen Generation übergegangen, daß Bachs Arbeiten für sie bereits zum großen Teil selbstverständlich gewordene Dinge enthalten. Jeder der tiefer geht, wird aber auch heute noch sich darum bekümmern müssen, wie die Fundamente zustandegekommen sind; in dieser Hinsicht ist es in der Technik doch anders als in der Literatur. Deshalb wird Bachs Selbstbiographie, die leider die Zeit von der Aufnahme seiner Lehrtätigkeit an der Stuttgarter Hochschule angefangen nur sehr kurz behandelt, in den weitesten Kreisen der Technik Interesse finden.

Aus dem Büchlein kann sowohl die alte wie die junge Generation viel lernen — in fachlicher, noch mehr in menschlicher Hinsicht. Das Büchlein zeigt uns in Familie, Jugend und Erziehung, ganz besonders Selbsterziehung, die Elemente dieser einzigartigen Erscheinung. Sehr lehrreich sind auch die sonst weniger beachteten, der Lebensbeschreibung angefügten „Vorworte zu den Maschinenelementen“ und der Aufsatz über den Werdegang der jungen Ingenieure.

Daß in Bachs Entwicklung auch seine Tätigkeit in Wien in der Knaustschen Feuerspritzenfabrik bedeutungsvoll war, hat er selbst Österreichern immer gerne erzählt, merkwürdigerweise ist es aber bei uns noch immer kaum bekannt; in dem Büchlein berichtet Bach, daß er damals (1874/76) an den Verhandlungen des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines lebhaften Anteil genommen und in dessen Zeitschrift im Jahre 1876 eine Arbeit veröffentlicht hat.

Hönigsberg.

Eingelaufene Bücher.

3506 Der gesetzliche Arbeiterschutz in Österreich. Von Dr. Josef Resch. Dritte, ergänzte und verbesserte Auflage, 116 Seiten. Verlag der Typographischen Anstalt, Wien. Preis S 1·60.

Das Büchlein bringt in gedrängter und übersichtlicher Weise nach dem heutigen Stande der Gesetzgebung die Bestimmungen des Arbeitervertragsgesetzes, des gewerblichen Arbeitsvertrages, des Lehrvertrages, über Arbeiterurlaube, Arbeitszeit, Unfallverhütung, Gewerbeinspektion, Gewerbegerichte, Einigungsämter usw. und ist sowohl für Arbeitgeber als auch Arbeitnehmer zu empfehlen.

Die Bergwerksmaschinen. Eine Sammlung von Handbüchern für Betriebsbeamte. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von Dipl. Ing. Hans Bansen. 3. Band: Die Schachtfördermaschinen. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Von Fritz Schmidt und Ernst Förster. 2. Teil: Die Dampffördermaschi-

Digitized by Google

nen. Von Prof. Dr. Fritz Schmidt. 291 Seiten mit 231 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 15·—.

3483 Erden, Nullen, Schutzschalten. Unter Mitwirkung der Herren Direktor Heinisch, Direktor Kolb, Prof. Dipl. Ing. S. Ruppel, Dipl. Ing. Wagner und Prof. Zipp, herausgegeben von Ernst Besag. Verlag von G. Braun, Karlsruhe 1926/27.

Nach einer einleitenden kritischen Betrachtung S. Ruppels über Schutzmaßnahmen in Niederspannungsanlagen gegen Berührungsspannung, in Form eines Briefes an die Schiele & Bruchsaler Industriewerke A.-G., Baden-Baden, enthält die Druckschrift die Wiedergabe eines Vortrages von Direktor Heinisch des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes (RWE), in welchem die Gedanken dargelegt werden, die für das RWE maßgebend waren, in seinen hauptsächlich landwirtschaftlichen Betrieben dienenden Überlandverteilungsnetzen statt Nullung, Erdung oder Kleintransformatoren generell für alle Anschlüsse selbsttätige Schutzschalter einzuführen, deren Auslösespule bei mehr als 42 V zwischen der zu schützenden Anlage und einer Hilfserde die Abschaltung bewirkt. E. Besag beschreibt sodann seine auf Grund der RWE-Patente von der Schiele & Bruchsaler Industriewerke A.-G. ausgeführten Konstruktionen von Schutzschaltertypen, die aus der Bauart des „Sbik"-Motorwartes[1]) hervorgegangen sind. Der Abdruck des Protokolles anläßlich der vom RWE vorgenommenen Prüfung an einem Sbik-Schutzschalter, sowie eines von Prof. Zipp, Cöthen, ausgearbeiteten Gutachtens über diesen bilden den Abschluß der vornehm ausgestatteten Druckschrift. St. Schw.

3489 Jahrbuch der deutschen Braunkohlen-, Steinkohlen-, Kali- und Erz-Industrie 1927. Herausgegeben unter Mitwirkung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereines E. V. Halle (Saale). 18. Jahrgang. Bearbeitet von Dipl. Berging. H. Hirz. 456 Seiten. Halle a. S. 1927. Verlag Wilhelm Knapp. Preis Mk. 16·—.

Das Buch enthält ausführliche Angaben über die Braunkohlen-, Steinkohlen-, Kali-, Erz- und Asphaltbergwerke, über die Salinen und Erdölgewinnungsbetriebe Deutschlands, eine bergbauliche Produktionsstatistik, die in Betracht kommenden Reichs- und sonstigen Behörden und bergmännischen Lehranstalten sowie die Syndikate und Verkaufsvereinigungen, die Bergbauvereine und die Fachgruppe Bergbau des Reichsverbandes der deutschen Industrie usw., schließlich ein Bezugsquellenverzeichnis.

Neue Druckschriften.

Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H., Siemensstadt.

Druckschrift Nr. 2945. Einphasen-Wechselstromzähler für Stromstärken bis 200 A. 4 Seiten mit 12 Abb. — Preislisten: Z 4, Jänner 1927. Gleichstrom-Wattstundenzähler bis 750 V und von 1000 bezw. 2 × 1000 A aufwärts. — Z 9, Nachtrag I, Jänner 1927. Wattstundenzähler mit drei Triebsystemen. — Z 11, Jänner 1927. Maximumzähler für Gleich-, Einphasen- und Drehstrom.

„Elin" Aktiengesellschaft für elektrische Industrie, Wien-Weiz.

Druckschrift Nr. 5390/26. Elektrische Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißung. — In der 32 Seiten starken Schrift werden an Hand von 34 Abbildungen und Schaltbildern der Aufbau und die Eigenschaften der Rosenberg-Schweißdynamo besprochen, Anweisungen für den Gebrauch der Schweißaggregate und Richtlinien für die Schweißung selbst gegeben und die Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißung erläutert.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 7, S. 135.

Ganz'sche Electricitäts Actien-Gesellschaft, Budapest.

Die vierzigjährige Geschichte des Transformators 1885 bis 1925. 41 Seiten mit 33 Abb. — Von den in der Zeitschrift 1925, S. 1011 besprochenen Arbeiten der Ganz'schen Ingenieure Zipernowsky, Déri und Bláthy ausgehend, wird die Entwicklung des Transformators geschildert und auch die Tätigkeit der Firma Ganz auf dem Gebiete des Zentralenbaues und der Kraftverteilung, soweit sie mit dem Transformator zusammenhängt, gestreift.

Chronik.

Die Internationale Kohlentagung in Pittsburg. In Ergänzung der Mitteilung im Heft 9 d. J., Seite 80, sei noch auf einen Bericht von Dipl. Ing. F. zur Nedden in den VDI-Nachrichten Nr. 5 von 1927 verwiesen, demzufolge auf der Tagung als Hauptthemen die Umwandlung von Kohle in Öle, die Kohlenveredlung und die Krafterzeugung behandelt wurden. Im Zusammenhang mit den Vorträgen von Dr. Bergius und Prof. F. Fischer über die Umwandlung der Kohle in Öle wurde in den Berichten über Verkokung und Verschwelung immer wieder festgestellt, daß die Wirtschaftlichkeit der letzteren Verfahren davon abhängt, ob der Koksanfall abgesetzt werden kann, während die Verfahren von Fischer und Bergius hochwertige Öle ohne Koksanfall liefern. H. C. Porter wies in einem Vortrag über die wirtschaftlichen Gesichtspunkte bei der Umwandlung von Kohle in rauchlosen Brennstoff auch auf die Heizwertverluste bei der Verkokung oder Verschwelung hin, die den Vorteil des rauchlosen Brennstoffes in vielen Fällen wettmachen. G. M. Gill besprach unter anderem die Aussichten der Verschwelung in Verbindung mit der Elektrizitätsversorgung[1]). L. C. Jones verglich die Kosten der Erzeugung synthetischen Ammoniaks bei verschiedenen Kohlen- und Strompreisen, wenn der Wasserstoff über Kohle oder Koks, oder über die Elektrolyse gewonnen wird. D. W. Runge berichtete über die erste industrielle Anlage zur Verschwelung von Kohlenstaub in Verbindung mit Stromerzeugung aus dem Halbkoksstaub. Die von der International Combustion Engg. Co. im Lakeside-Werke in Milwaukee aufgestellte Anlage setzt täglich 210 bis 225 t Steinkohlen durch. — H. Kreysinger schilderte die Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung bis zur Umkleidung der Feuerkammer mit Wasser- und Dampfflossenrohren und starker Durchwirbelung von Luft und Kohlenstaub. Der Übergang von der gemauerten Feuerkammer zum Rohrkäfig wurde an den neuesten Ausführungen (Lakeside-, Fordson[2]) und Calumet-Werk) besprochen und hiebei auf die Feuerraumbelastungen von 315 000 WE/m³/h hingewiesen. In der Aussprache über diesen Vortrag wurde besonders bezweifelt, ob bei derartigen Feuerungen ein Anpassen an die Belastungsschwankungen möglich ist. W. E. Trent schlug vor, sehr fein gemahlenen Kohlenstaub in der Schwebe zu entgasen und die Gase statt Luft zum Fördern des Staubes in die Feuerung zu verwenden. Auch empfahl er die Verfeuerung von Öl-Kohlenstaubemulsionen, schließlich besprach er noch die Verwendung von Kohlenstaub in Verbrennungskraftmaschinen. G. A. Orrok betonte in einem Vortrag über Zechenkraftwerke die große Bedeutung des Kühlwassers für die Anlage eines Kraftwerkes, die etwa der 500 bis 1000 fachen Steinkohlenmenge gleichzusetzen ist, die im Werke verbrannt wird. Bei künstlicher Kühlung steigt der Wärmeverbrauch und die Anlage wird viel teuerer. In einem Vortrage über die Beziehungen zwischen den Wärmespeichervermögen von Kessel und Feuerung und Brennstoffverwendung wies F. P. Coffin (Gen. El. Co.) auf die immer höheren Ansprüche an die selbsttätige Feuerregelung hin, die dadurch bedingt sind, daß die wärmespeichernden Wasser- und Dampftrommeln bei den Kesseln immer kleiner werden oder ganz entfallen. Die Folgerungen aus der Tagung für Amerika faßten der Präsident des

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 103, 235.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 107.

Digitized by Google

Carnegie-Institutes Dr. Baker und der Vorsitzende der Kohlenkommission der Vereinigten Staaten J. H. Hammond in die folgenden Leitsätze zusammen: Erfolg in der praktischen Ausnutzung unserer Kohlenschätze wird durch zwei Arten von Kapital bedingt: Geld und Wissenschaft. Die amerikanische Kohlenwirtschaft hat von der letzteren bisher viel zu wenig Gebrauch gemacht. Wir fordern, daß die Nation ihre Aufwendungen für rein wissenschaftliche Kohlenforschung verdoppelt und verdreifacht. Ein großes amerikanisches Kohlenforschungsinstitut muß geschaffen werden. J.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Welt-Telephonstatistik vom 1. Jänner 1925. Das Juliheft 1925 der Zeitschrift „Bell Telephon Quarterly" bringt eine ausführliche Statistik über die Entwicklung des Telephons, aus der Nachstehendes, als Wichtigstes hier wiedergegeben wird. In der untenstehenden Tabelle, geordnet nach Weltteilen, Ländern und Städten, gibt die erste Spalte (S) die im Staatsbetriebe, die zweite die im Privatbetriebe (P) befindlichen Teilnehmerstellen (vH), die dritte die Anzahl der Teilnehmerstellen, die vierte (D) die Anzahl der Teilnehmerstellen auf je 100 Einwohner und die fünfte (F) die Anzahl der auf 1 km entfallenden Teilnehmerstellen an.

Der Zuwachs in der Zeit vom 1. Jänner 1924 bis 1. Jänner 1925 betrug 1 589 670, die Anzahl aller Teilnehmerstellen der Welt ist somit Anfang 1925 26 038 508. Den größten Zuwachs haben die V. St. A. mit 839 407, es folgen sodann Deutschland 142 845, Großbritannien 115 929, Japan 71 628. Der relativ große Zuwachs in Japan ist bedingt durch die Wiederherstellung des durch das Erdbeben von 1923 teilweise zerstörten Telephonnetzes[1]). Die Verhältniszahlen zwischen Staats- und Privatbetrieb haben sich fast nicht geändert[2]).

	S	P		D	F
Europa	88	12	6 895 365	1·4	0·4
Belgien	100		136 944	1 8	4·4
Brüssel			47 528	5·4	
Antwerpen			19 662		
Bulgarien	100		8 097	0·2	0·08
Czechoslowakei	100		115 738	0·8	0·8
Prag			26 870	3·9	
Dänemark	4	96	307 977	9·0	7·7
Kopenhagen			119 078	15·9	
Deutschland	100		2 385 177	3·9	6·0
Berlin			392 172	9·9	
Hamburg			127 783	10·3	
München			57 946	8·7	
Leipzig			53 435	8·1	
Köln			52 460	7·6	
Frankfurt a. Main			48 749	10·7	
Dresden			46 270	7·6	
Breslau			33 934	6·2	
Finnland	—	100	83 000	2·4	
England	100		1 264 024	2·8	6·2
London			432 303	5·9	
Manchester			59 954	3·6	
Glasgow			48 387	3·7	
Liverpool			46 493	3·8	
Birmimgham			37 720	2·9	
Frankreich	100	—	660 127	1·7	1·2
Paris			222 552	2·6	
Marseille			17 251	2·9	
Lyon			15 844	2·7	
Griechenland	100	—	5 450	0·1	0·04
Irland	100		21 641	0·9	5·0
Italien	—	100	172 900	0·4	0·5
Mailand			17 992	2·5	
Rom			14 261	2·2	
Turin			7 953	1·6	
Neapel			6 786	0·9	
Jugoslavien	100	—	27 500	0·2	0·1
Lettland	100	—	15 557	0·8	0·2
Niederlande	100	—	202 868	2·8	5·9
Amsterdam			37 019	5·2	
Rotterdam			30 693	5·6	
Haag			27 430	7·0	
Norwegen	58	42	168 518	6·1	0·5
Oslo			36 908	13·9	
Österreich	100		145 141	2·2	1·7
Wien			94 318	5·0	
Graz			6 159	4·0	
Polen	62	38	119 985	0·4	0·3
Warschau			32 747	3·4	
Portugal	15	85	19 756	0·3	0·2
Rumänien	100	—	34 580	0·2	0·1
Bukarest			10 200	2·8	
Rußland	100		150 000	0·1	0·007
Moskau			39 078	2·5	
Petersburg			26 256	2·4	
Schweden	99	1	418 318	6·9	0·4
Stockholm			109 024	24·8	
Göteborg			27 963	12·2	
Malmö			14 291	12·3	
Schweiz	100	—	189 429	4·8	4·6
Zürich			24 719	12·1	
Genf			14 626	11·4	
Basel			13 652	10·0	
Bern			11 696	11·1	
Spanien	—	100	105 213	0·5	0·2
Ungarn	100	—	76 812	1·0	0·8
Budapest			48 680	5·1	
Nord- und Zentral-Amerika	—	100	17 300 219	11·2	0·8
Verein. Staaten		100	16 072 758	14·2	1·7
New York			1 315 368	21·7	
Chicago			741 883	25·0	
Los Angeles			260 567	23·7	
San Francisko			201 515	29·9	
Cincinatti			135 541	20·3	
Milwaukee			112 254	19·1	
Washington			118 278	25·3	
Kanada	19	81	1 072 454	11·6	0·1
Toronto			142 292	23·2	
Montreal			123 994	15·5	
Mexiko	3	97	50 980	0·4	0·02
Westindien	10	90	67 028	0·8	0·1
Zentralamerika	35	65	17 930	0·3	0·08
Übriges N.-Am.	2	98	3 808	1·1	
Südamerika	2	98	373 157	0·5	0·02
Argentinien		100	173 705	1·8	0·06
Buenos Aires			97 898	4·9	
Brasilien	1	99	98 564	0·3	0·01
Chile		100	30 895	0·7	0·04
Uruguay		100	25 241	1·5	0·1
Übriges S.-Am.	10	90	44 853	0·2	
Asien	90	10	802 408	0·1	0·04
Brit.-Indien	40	60	41 240	0·01	0·01
China	67	33	112 070	0·03	0·01
Peking			39 035	2·9	
Schanghai			23 011	1·5	
Japan	100	—	544 433	0·9	1·2
Tokio			102 457	5·3	
Osaka			72 967	4·8	
Kobe			22 627	3·1	
Kioto			21 448	3·1	
Übriges Asien	87	13	104 665	0·1	0·01
Afrika	99	1	153 503	0·1	0·005
Ägypten	100	—	33 808	0·2	0·03
Südafr. Union	100		71 448	1·0	0·03
Übriges Afrika	98	2	48 247	0·04	
Australien und Oceanien	94	6	513 856	0·7	0·06
Australien	100		318 279	5·5	0·09
Sydney			80 900	8·0	
Neuseeland	100		120 097	8·7	0·5
Wellington			13 547	11·5	
Niederl. Indien	90	10	39 269	0·1	0·03
Hawaï		100	17 707	5·2	
Übriges	20	80	18 404	0·2	

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 215.

[2]) Vgl. die Statistik vom 1. Jänner 1924, E. u. M. 1926, TWN, S. 96.

Digitized by Google

Ordnet man in der Tabelle nach Teilnehmerdichten (Anzahl der T. St. auf je 100 Einwohner), so ergibt sich folgende Reihe nach Ländern: V. St. A. 14·2, Kanada 11·6, Dänemark 9, Neuseeland 8·7, Schweden 6·9, Norwegen 6·1, Australien 5·5, Schweiz 4·8, Deutschland 3·9, Großbritannien 2·8, Niederland 2·8, Finnland 2·4, Österreich 2·2, Frankreich 1·9, Argentinien 1·8, Belgien 1·8 usw. Ordnet man jedoch nach der Oberflächendichte dann ergibt sich diese Reihe: Dänemark 7·7, Großbritannien 6·2, Deutschland 6, Niederland 5·9, Irland 5, Schweiz 4·6, Belgien 4·4, Österreich 1·7, V. St. A. 1·7. Der Vergleich derselben Zahlen mit den Vorjahren zeigt, daß die Entwicklung des Telephonwesens in bezug auf die bewohnte Fläche in Deutschland am raschesten vor sich geht. Die Reihung nach Teilnehmerdichten in den Städten zeigt, daß San Francisco mit 29·9 den Weltrekord behält, dann folgen Omaha 28, Washington 25·3, Chicago 25, Minneapolis 24·9, Stockholm 24·8, Portland (Oreg) 24, Los Angeles 24, Toronto 23·2, New York 21·7 usw. Der Vergleich mit dem Vorberichtsjahre zeigt, daß die Entwicklung in den amerikanischen Großstädten am lebhaftesten ist. Stockholm das früher an dritter Stelle stand, ist auf den sechsten Platz gerückt. Die jährliche Gesprächszahl auf jeden Einwohner wurde nur von folgenden Ländern angegeben: V. St. A. 190, Dänemark 130, Norwegen 112, Schweden 105, Österreich 69, Niederlande 51, Australien 47, Schweiz 38, Ungarn 34, Deutschland 30, Japan 29, Großbritannien 23, Belgien 20, Frankreich 20, Tschechoslowakei 13, Italien 9. Die Umrechnung dieser Zahlen auf Teilnehmerstellen ergibt, daß auf jede Teilnehmerstelle eine jährliche Gesprächszahl entfällt von: 4150 Japan, 3480 Ungarn, 3090 Österreich, 2290 Belgien, 2080 Italien, 1970 Niederlande, 1750 Norwegen, 1520 Tschechslowakeit, 1518 Schweden, 1370 Dänemark, 1250 Frankreich, 960 Schweiz, 870 England, 844 Australien, 750 Deutschland, 132 V. St. A. Die auffallend starken Schwankungen dieser Zahlen in einigen Ländern gegenüber den vorjährigen dürfen mit Recht als Bestätigung des im Vorjahre hiezu über die Gesprächszählung Gesagten bewertet werden.

Reg.-Rat J. Kirschner, Innsbruck.

Deutsch-Atlantische Telegraphengesellschaft in Berlin. (Aus dem Geschäftsbericht für das Jahr 1926.) Der Betrieb auf den drei Kabelverbindungen Emden—London, die in London unmittelbar in die Stationen der Eastern Telegraph Company, der Commercial Cable Company und der Western-Union Telegraph Company eingeführt sind, und über die fast der gesamte deutsch-überseeische Kabelverkehr befördert wird, hat sich im Jahre 1926 glatt abgewickelt. Das neue Kabel Emden—Horta (Azoren) von 1883 Seemeilen Länge, das im August 1925 den Norddeutschen Seekabelwerken in Auftrag gegeben wurde, ist von dem neuen Kabeldampfer „Neptun" der Kabelwerke im August und September 1926 ausgelegt worden[1]). Es ist durch eine selbsttätige Übertragung an das amerikanische Kabel Horta — New York angeschlossen, wodurch sich ein unmittelbarer Betrieb Emden—New York in 5 voneinander unabhängigen Verbindungen (Kanälen) nebeneinander ergibt, deren jeder eine Telegraphiergeschwindigkeit von 300 Buchstaben zuläßt. Zwei von den Kanälen werden zum Verkehr mit der Commercial Cable Company in New York, zwei mit der Western Union Telegraph Company in New York und ein Kanal zum Verkehr mit Horta dienen. Die Gesellschaft hat die Deutsch Niederländische Telegraphengesellschaft Aktiengesellschaft als Ganzes übernommen und deshalb ihr Grundkapital auf insgesamt nom. Mk. 7 110 000 erhöht. Die Einnahmen sind infolge der Inbetriebnahme der beiden Kabelverbindungen mit den amerikanischen Gesellschaften in London gegen das Vorjahr erheblich gestiegen. Es ergibt sich ein Reingewinn von Mk. 152 191·81. Eine Dividende wird für die St.-A. nicht verteilt. In der Bilanz stehen Kabel mit über 21 Mill. Mk., Vorräte mit 1·4 Mill. Mk. zu Buch.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 23.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	4. IV. 1927	6. IV. 1927	8. IV. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126⅜	126⅜	126⅛

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	57-57⅛	57-57½	57-57⅛
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	110—115	110—115	110—115

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 8. April 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	0	0	62	0	0
Wire bars	62	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	54	17	6	55	0	0
Standard 3 Monate .	55	7	6	55	10	0
Zinn:						
Engl. ingots	304	0	0	305	0	0
Standard Kassa . .	306	15	0	307	0	0
Standard 3 Monate .	298	10	0	298	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	28	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	29	15	0	30	2	6
Remelted	30	15	0	—	—	—
English Swansea . .	30	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 22 p. Unze nom.

Vereins-Nachrichten.

Entwurf von „Sondervorschriften für Bergwerke".

(Schluß aus Heft 15, Seite 309.)

VII. Bahnen und Bagger.

§ 26. Fahrleitungen und Zugehör.

1 Für elektrische Grubenbahnen ist nur Gleichstrom bis 750 V Betriebspannung zulässig. Für die Ausführung von Gleichstrombahnen höherer Spannung und von Wechselstrombahnen ist die besondere Bewilligung der Aufsichtsbehörde erforderlich.

2 Die Fahrleitung muß aus hartgezogenem Kupferdraht von mindestens 35 mm² Querschnitt bestehen.

3 Bei Gleichstrombahnen untertags für Betriebspannungen bis 300 V müssen die Fahrleitungen mindestens 1·8 m, bei solchen höherer Betriebspannungen und bei Wechselstrombahnen mindestens 2·2 m über Schienenoberkante liegen. Wo das nicht möglich ist, sind Vorkehrungen zu treffen, die ein zufälliges Berühren der

Digitized by Google

Fahrleitung verhindern. Fahrleitungen von Gleichstrombahnen obertags müssen mindestens 2·3 m über Schienenoberkante liegen.

4 Der Abstand der Fahrleitungen vom Streckenausbau oder der Firste muß bei anliegendem Stromabnehmer mindestens 15 cm betragen.

5 In unverzweigten Fahrleitungen sind etwa alle 1000 m Streckentrenner einzubauen. An Zweigstellen (mit Ausnahme von Abstell- und Ausweichgeleisen) ist sowohl die Haupt- als auch die Nebenstrecke mit Streckentrennschaltern auszurüsten. Auch zu beiden Seiten von Verladestellen müssen solche Schalter angebracht werden. Die Streckentrennung ist so auszuführen, daß sie durch die Stromabnehmer der Lokomotiven nicht überbrückt werden kann. In Strecken mit elektrischer Förderung, die auch zur Mannschaftsfahrung benützt werden, sind an den Zugangstellen, und, wenn die Mannschaft mit der Bahn befördert wird, auch an den Ein- und Aussteigstellen Schalter anzubringen, mit denen die Fahrleitung spannungslos gemacht werden kann. Mit den Schaltern sind rote und grüne Warnlampen so zu verbinden, daß bei geschlossenem Schalter und spannungsführendem Fahrdraht die roten und bei geöffnetem Schalter und spannungslosem Fahrdraht die grünen Lampen aufleuchten. Diese Warnlampen sind so anzubringen, daß von jeder Zugangstelle und von jeder Stelle des Zuges aus die Lichtzeichen gesehen werden können. Die Schalter sind in geschlossenen Gehäusen unterzubringen, ihre jeweilige Stellung muß von außen erkennbar sein. Die Gehäuse müssen sperrbar und nur mit einem Sonderschlüssel zu öffnen sein.

6 Bei Fahrleitungen, die von mehreren voneinander unabhängigen Speiseleitungen gespeist werden, ist in jeder Speiseleitung ein Überstrom-Selbstschalter einzubauen.

7 An Verschiebe-, Kreuzungs- und Zugangstellen sind beleuchtete Warnungstafeln anzubringen, die auf die Gefahr bei Berührung der Fahrleitung hinweisen.

8 Fahrleitungen, die nicht auf Porzellan-Doppelglockenisolatoren oder gleichwertigen Isolatoren verlegt sind, müssen gegen Erde doppelt isoliert sein.

9 Aufhänge- oder Abspanndrähte jeder Art müssen gegen spannungsführende Leitungen doppelt isoliert sein, zum Beispiel durch Porzellan-Doppelglockenisolatoren. Als Querverbindungen, die zum Spannungsausgleich zwischen den Fahrleitungen dienen, dürfen blanke Leitungen nicht verwendet werden.

10 Speiseleitungen, die Betriebspannungen gegen Erde führen, müssen von der Stromquelle und an den Speisepunkten von den Fahrleitungen abschaltbar sein. Wenn Streckenschalter mit den Speiseleitungen gleichzeitig auch die zugehörigen Teile der Fahrleitungen spannungsfrei machen, ist die Abschaltbarkeit am Speisepunkt nicht erforderlich.

11 Wenn die Geleise als Rückleitung dienen, müssen die Stöße aller Schienen gut leitend überbrückt und in Abständen von höchstens 100 m gut leitende Querverbindungen eingebaut werden. Der Widerstand der Schienenüberbrückung darf nicht größer als der Widerstand einer Schienenlänge sein.

12 Die in den Förderstrecken liegenden Rohre, Kabelbewehrungen und Drahtzugleitungen müssen an allen Abzweigungen zu den Seitenstrecken und an den Endpunkten der Förderstrecken, mindestens aber alle 250 m mit den Schienen gut leitend verbunden werden, wenn nicht in anderer Weise ein Stromübertritt aus den Fahrleitungen in diese Teile verhindert wird.

13 Obertags sind metallene Fahrleitungsträger (Maste, Ausleger) mit den Schienen gut leitend zu verbinden.

§ 27. Fahrzeuge.

1 Bei Fahrschaltern und Stromabnehmern ist Holz als Isolierstoff zulässig.

2 Zwischen den Stromabnehmern und den übrigen elektrischen Einrichtungen des Fahrzeuges ist entweder eine sichtbare Trennstelle anzuordnen oder es müssen die Stromabnehmer eine Vorrichtung haben, mit der sie nach dem Abziehen festgehalten werden können.

3 Jedes Triebfahrzeug muß eine Haupt-Stromsicherung (Schmelzsicherung, Selbstschalter) für die Motoren und in Fahrleitungsanlagen auch einen Kurzschließer für eine unmittelbare leitende Verbindung zwischen Fahrleitung und Schienen haben.

4 Akkumulatorenzellen elektrischer Fahrzeuge dürfen auf Holz aufgestellt werden, wobei einfache Isolierung durch feuchtigkeitsichere Zwischenlagen ausreicht.

5 Der Querschnitt aller Fahrstromleitungen ist nach der Nennstromstärke der vorgeschalteten Stromsicherung oder stärker zu bemessen.

6 Leitungen für Bremsstrom müssen mindestens den gleichen Querschnitt wie die Fahrleitungen haben.

7 Die Handhaben von Fahrschaltern sind so auszubilden, daß sie nur abgenommen werden können, wenn der Fahrstrom ausgeschaltet ist.

8 Erdzuleitungen und vom Fahrstrom unabhängige Bremsstromleitungen in Fahrzeugen dürfen keine Sicherungen haben und nur im Fahrschalter abschaltbar sein.

9 Die unter Spannung stehenden Teile von Fassungen, Schaltern, Sicherungen und dergleichen müssen mit Schutzverkleidungen aus Isolierstoff ausgerüstet sein. Pappe gilt nicht als Isolierstoff.

10 Der Führerstand der Lokomotiven und die Wagen zur Beförderung der Mannschaft sind mit metallenen Schutzdächern zu versehen, die durch beide Radsätze mit den Schienen in leitender Verbindung sein müssen. Bei den Mannschaftswagen kann das Schutzdach entfallen, wenn der Fahrdraht höher als 2 m über dem Boden des Wagens liegt.

11 In schlagwetter- und kohlenstaubgefährlichen Akkumulatorenlokomotiven zulässig. Sie müssen in allen Teilen den Vorschriften der §§ 4 und 9 über schlagwettersichere Ausführung von elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten entsprechen.

§ 28. Bagger.

1 Die Bestimmungen über Bahnen gelten sinngemäß auch für Bagger.

Die Fahrleitungen für den Baggerbetrieb müssen vor den Arbeitstätten abschaltbar sein.

VIII. Schußzündung mit Starkstrom.

§ 29. Einrichtung.

1 Für Schußzündung sind nur Betriebspannungen bis 300 V zulässig.

2 Für den Anschluß einer Zündleitung an eine Starkstromleitung muß ein allpoliger, unter Verschluß stehender Schalter verwendet werden. Zur Erhöhung der Sicherheit ist stets noch eine zweite, ebenfalls unter Verschluß stehende Unterbrechungstelle zwischen Schalter und Schießleitung anzuordnen. Der Schalter oder der Unterbrecher muß so ausgebildet sein, daß ein Verharren im eingeschalteten Zustande ausgeschlossen ist.

3 Für die der Schußzündung dienenden Apparate ist die Verwendung nicht feuchtigkeitsicherer Baustoffe, wie Marmor, Schiefer oder dergleichen als Isolierstoff unzulässig.

4 Es ist eine Vorrichtung anzubringen, die erkennen läßt, daß die ortsfeste Hauptleitung unter Spannung steht.

5 Die Beschaffenheit der Anschlußleitung an die ortsfeste Hauptleitung und der Schießleitung, sowie ihre Verlegung, müssen den Vorschriften der §§ 19, 21 und 23 entsprechen. Nur für die letzten 80 m darf Leitung *G* ohne besonderen Schutz, in trockenen Grubenräumen und im Tagbau auch isoliert verlegte, blanke Leitung verwendet werden. Trockenes Holz ist für die Isolierung zulässig.

6 Im Abteufbetrieb ist bis auf die letzten 80 m als Zündleitung nur Mehrfachleitung zulässig. Die Zündleitung oder alle neben ihr verlegten Starkstromleitungen müssen bewehrt sein. Die Bewehrung muß geerdet sein.

7 Anderen Zwecken dienende Leitungen dürfen nicht als Zündleitung verwendet werden. Die Zündleitung darf nicht mit anderen Leitungen zu einer Mehrfachleitung vereinigt sein.

IX. Meldeanlagen.

§ 30. Einrichtung.

1 Der Anschluß von Schachtmeldeanlagen an Starkstromnetze ist nur zulässig, wenn dabei keine unmittel-

Digitized by Google

baren leitenden Verbindungen zwischen Meldeanlagen und Netz, wie zum Beispiel durch Einanker-Umformer oder Spartransformator, hergestellt werden. Für Stapelschächte können mit Bewilligung der Aufsichtsbehörde Erleichterungen eintreten.

2 Andere Stromabnehmer dürfen an Schachtmeldeanlagen nicht angeschlossen werden.

3 Wenn mehrere Schachtmeldeanlagen vorhanden sind, muß jede durch eine gesonderte Stromquelle gespeist werden, um sie von anderen Meldestromkreisen getrennt zu halten. Meldeleitungen mehrerer Schachtfördereinrichtungen dürfen nicht in einem Kabel vereinigt werden.

4 Das Ausbleiben der Betriebspannung muß dem Fördermaschinisten durch eine selbsttätig wirkende Vorrichtung erkennbar sein.

5 Offen verlegte Leitungen dürfen in Schachtmeldeanlagen nicht verwendet werden.

6 Drahtzüge und blanke elektrische Meldeleitungen müssen in genügender Entfernung von Starkstromleitungen, womöglich jede an einem anderen Stoß oder Ulm verlegt werden.

7 Bei Kreuzungen von elektrischen Meldeleitungen oder Drahtzügen mit Starkstromleitungen müssen diese auf hinreichende Länge isolierend umhüllt sein.

X. Erdungen.

§ 31. Anwendung der Erdungen.

1 In Grubenräumen sind mehrere verschiedene Erdungen, zum Beispiel in der Wasserseige, im Schachtsumpf und obertags, gleichzeitig anzuwenden und miteinander gut leitend zu verbinden. Die der zufälligen Berührung ausgesetzten, für gewöhnlich nicht spannungsführenden Teile der Anlage sind, soweit sie in dem gleichen Raume liegen, untereinander und mit der Erdzuleitung, als welche die Bewehrung eines Kabels, und zwar Bleimantel und Eisenbewehrung, benützt werden kann, zu verbinden. Außerdem sind alle sonstigen, der zufälligen Berührung ausgesetzten Metallteile, wie Rohrleitungen, Geleise usw., tunlichst oft an die Erdzuleitung anzuschließen.

2 In schlagwetter- und kohlenstaubgefährlichen Gruben dürfen Netze mit geerdetem Nullpunkt nicht verwendet werden.

ZWEITER TEIL.
Betriebsvorschriften.

§ 32. Bedienungsmannschaft.

1 Die mit der Bedienung, Instandhaltung und Beaufsichtigung elektrischer Starkstromanlagen betrauten Personen müssen darin gut unterrichtet sein. Ihre körperliche und geistige Eignung muß den Besonderheiten des elektrischen Betriebes entsprechen. Sie sind über seine Gefahren und über die erste Hilfeleistung bei elektrischen Unfällen zu belehren.

§ 33. Schutzvorkehrungen.

1 In allen Gruben, in denen sich elektrische Einrichtungen für Betriebspannungen von mehr als 300 V Wechselstrom oder 600 V Gleichstrom befinden, sind in entsprechender Verteilung an leicht zugänglichen Stellen Isolierhaken zur Rettung Verunglückter bereitzuhalten.

2 In der Nähe von Öltransformatoren sind geeignete Löschmittel (Sand, Trockenlöscher oder dergleichen) an leicht zugänglichen Stellen verfügbar zu halten.

3 In elektrisch beleuchteten Maschinenräumen, Füllörtern, Anschlagplätzen usw. muß für eine Notbeleuchtung gesorgt sein.

§ 34. Instandhaltung.

1 Grubenräume, in denen ortsfeste Maschinen, Transformatoren oder Apparate untergebracht sind, müssen sorgfältig erhalten und hinreichend bewettert werden.

2 Elektrische Einrichtungen sind von schädlichen Staubablagerungen freizuhalten.

3 Schutzanstriche sind in angemessenen Zeiträumen zu erneuern.

Die Zuleitungen ortsbeweglicher Maschinen, Transformatoren, Apparaten und Lampen müssen zu Beginn der Schicht und nach Einwirkungen, die sie beschädigen konnten, genau untersucht werden. Beschädigte oder geknickte Leitungen sind unverzüglich auszubessern oder auszuwechseln.

§ 35. Überwachung.

1 Mit dem Erdschlußprüfer in den Kraft- oder Unterwerken ist der Isolationszustand täglich festzustellen.

2 Steckvorrichtungen und ähnliche lösbare Anschlüsse, Stromsicherungen, Streckentrennschalter und elektrische Schienenverbindungen sind monatlich zu untersuchen.

3 Der Isolationszustand sämtlicher Anlagen ist vierteljährlich und nach jeder größeren Störung eingehend zu prüfen.

4 Der gute Zustand der Überspannungschutzeinrichtungen ist halbjährlich und nach jedem stärkeren Gewitter festzustellen.

5 Maschinen, Transformatoren und Apparate, die in schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen verwendet werden, sind jährlich genauestens zu untersuchen. Tragbare Einrichtungen und solche, die häufig den Betriebsort wechseln, müssen in der Werkstätte untersucht werden.

6 Maschinen für mehr als 600 V Betriebspannung und Trockentransformatoren sind, wenn sie längere Zeit ausgeschaltet waren, vor der Wiederinbetriebsetzung mit Strom auszuheizen.

7 Über die vorgeschriebenen Untersuchungen sind Vormerkungen zu führen. Festgestellte Mängel sind unverzüglich zu beheben.

§ 36. Erwärmung.

1 Maschinen, Transformatoren und Apparate müssen so betrieben werden, daß die festgesetzten Erwärmungsgrenzen auch bei Raumtemperaturen von mehr als 35° C nicht überschritten werden. Allenfalls ist die Belastung herabzusetzen.

2 Wenn sich Anlasser und Widerstände übermäßig erwärmt haben, müssen Abkühlpausen eingeschaltet werden.

§ 37. Handhabung.

1 Untertags müssen Leitungen außerhalb der Betriebszeit allpolig ausgeschaltet, Abzweigstecker an Verteilern gezogen sein. Ausgenommen sind Leitungen, die zur Beleuchtung und Meldung dienen. Nicht benützte Leitungen müssen auch während der Betriebszeit allpolig ausgeschaltet sein. Leitungen, die in abgedämmte Grubenräume führen, müssen abgeklemmt werden.

2 Wenn von Förderstrecken mit Fahrleitungsbetrieb Strecken angeschlagen werden, so sind die Fahrleitungen im Bereich des Anschlagsortes während der Arbeit an diesem Vortrieb spannungslos zu halten, bis der Ortsvortrieb über 5 m von der Förderstrecke fortgeschritten ist.

3 In schlagwetter- und kohlenstaubgefährlichen Grubenräumen sind Arbeiten unter Spannung verboten. Darauf ist durch Warnungstafeln besonders aufmerksam zu machen.

Glühlampen dürfen nur ausgewechselt werden, wenn ihre Zuleitungen spannungslos sind.

5 In Betrieb befindliche tragbare Maschinen dürfen nicht unbeaufsichtigt gelassen werden.

§ 38. Fahrung in Förderstrecken.

Die Mannschaftsfahrung in Förderstrecken mit Fahrleitungsbetrieb ist nur zulässig, wenn die Fahrleitung spannungslos ist (§ 26). Es ist dafür zu sorgen, daß sie nicht vorzeitig unter Spannung gesetzt werden kann.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 24. April 1927 | Heft 17

INHALT: Selbsttätige Signalsicherungsanlage der Wiener Elektrischen Stadtbahn 1925. Von Dr.-Ing. Arndt, Berlin. S. 337. / Die Gleichpoltype als Hochfrequenzgenerator. Von F. Niethammer, Prag. S. 345. / Über den heutigen Stand der Physik kleiner Teilchen. Von Dr. Guido Beck. Wien. S. 347. RUNDSCHAU: Maschinenelemente. S. 351. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 351. / Stromverteilung. S. 352. / Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 352. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 353. / Baustoffe. S. 354. PATENTBERICHT. S. 354. LITERATURBERICHTE. S. 356.

Selbsttätige Signalsicherungsanlage der Wiener Elektrischen Stadtbahn 1925.

Von Dr.-Ing. **Arndt**, Berlin.

Die Wiener Stadtbahn ist in der Verwendung selbsttätiger Streckenblockeinrichtungen zur Regelung und Sicherung des Zugverkehres auf ihren Linien dem Beispiel anderer neuzeitlicher Stadtschnellbahnen gefolgt. Zur Verwendung der selbsttätigen Sicherungsart mit ihren bekannten Vorzügen bei der Durchführung dichter Zugfolgen entschloß sich der Leiter des Wiener Stadtbahnbetriebes, Herr Direktor Ing. Spängler, auf Grund eingehender und ausgedehnter Erhebungen und gemeinsamer Beratungen mit dem Blockwerk und dem Wiener Werk der Siemens & Halske A.-G.

Für die Verkehrsverhältnisse der Wiener Stadtbahn sind die betrieblichen Voraussetzungen zur Verwendung des selbsttätigen Streckenblockes naturgemäß gegeben. Sie weisen in erster Linie hin auf die Notwendigkeit einer Beschleunigung des Zugumlaufes auf 25 bis zu 40 Zügen in der Stunde. Eine so dichte und regelmäßige Zugfolge erfordert selbsttätig wirkende, mit konstantem Zeitaufwand arbeitende Signaleinrichtungen.

Die Strecke Hütteldorf—Alserstraße, die obere Wiental- und Gürtellinie, besteht aus insgesamt 64 selbsttätigen und halbselbsttätigen Lichtsignalen, sowie drei elektrischen Stellwerken in den Bahnhöfen Hietzing, Meidling und Gumpendorferstraße. Diese Strecke wurde als erster Bauabschnitt der Bahn dem Verkehr übergeben. An den genannten Bauabschnitt schloß sich bald darauf der zweite von Alserstraße bis Heiligenstadt an. Hier sind zusammen 19 selbsttätige und halbselbsttätige Lichtsignale und zwei elektrische Stellwerke in den Bahnhöfen Heiligenstadt und Nußdorferstraße eingebaut. Auf der Strecke Meidling—Hauptzollamt und Hauptzollamt—Brigittabrücke, nebst der Verbindungsstrecke Brigittabrücke—Nußdorferstraße sind insgesamt 48 selbsttätige und halbselbsttätige Lichtsignale in Benutzung.

Die Signalanlage war zunächst für eine Zugfolge von etwa $2^1/_2$ Minuten eingerichtet worden. Der sich steigernde Verkehr zwischen Hütteldorf—Meidling—Gumpendorferstraße—Nußdorferstraße machte sehr bald für gewisse Betriebszeiten eine Verdichtung der Zugfolge bis auf $1^1/_2$ Minuten notwendig. Es wurden daher auf dieser Strecke neue selbsttätige Signale zwischen die vorhandenen geschaltet, die Einschaltung dieser Signale erfolgte am 16. September 1926.

Die Verwendung selbsttätiger Fahrsperren der bekannten mechanisch-elektrischen Bauart ist zunächst nur auf die halbselbsttätigen Signale der Stellwerksbezirke in der Gesamtzahl von 20 Stück ausgedehnt worden. Der spätere Einbau von Fahrsperren für die selbsttätigen Signale der freien Strecke ist vorgesehen.

Auf der freien Strecke ist die Streckenblockung selbsttätig. Das Blocken und Stellen der Signale geschieht durch den Zug. Wie bei allen neuzeitlichen selbsttätigen Streckenblockanlagen sind die beiden auf Holzschwellen verlegten Fahrschienen eines Gleises durch Eisenlaschen mit isolierenden Zwischenlagen oder Holzlaschen isoliert. An das eine Ende der so isolierten Strecke ist ein Blockrelais, an das andere Ende ein Transformator zur Strombelieferung angeschlossen. Über die Kontakte des Blockrelais werden die Signallampen geschaltet. Befährt ein Zug die isolierte Blockstrecke, so wird das Blockrelais kurzgeschlossen, es fällt ab und steuert das Lichtsignal von Grün in Rot. Das Blockrelais zieht erst wieder seinen Anker an, wenn der zugehörige Gleisstromkreis von allen Achsen geräumt, der Zug am nächsten Signal vorbeigefahren ist und auch dieses in bekannter Weise in die Haltstellung gebracht hat.

Den Zusammenhang zwischen den Zügen, den Signalen und Gleisstromkreisen verdeutlicht im Grundsatz die schematische Darstellung Abb. 1. Darin sind der Einfachheit halber die beiden Fahrschienen des Gleises als eine Linie angegeben. Auch die Stromgebung durch den Blocktransformator, sowie die Stromzuführung zum Blockrelais ist als einfache Linie dargestellt. Es sind drei aufeinander folgende Gleisstromkreise G_n, G_1, G_2 mit ihrem gesamten Zubehör, wie Blocksignal S_1, S_2 und deren Schutzstrecken s_1, s_2, die Block-

Digitized by Google

relais R_1 und R_2, sowie die Blocktransformatoren T_0 und T_1 dargestellt. In der Grundstellung Linie 1 — 1, bei freien Gleisstromkreisen $G_1 - G_2$ zeigen die Blocksignale S_1, S_2 grünes Licht. Die zugehörigen im Bilde durch einen Kreis verdeutlichten Blockrelais R_1 und R_2 haben ihre Anker angezogen. Der neben dem Relais stehende Pfeil verdeutlicht dieses, seine Spitze weist nach oben.

Befährt der Zug in der im Bilde von links nach rechts angegebenen Fahrtrichtung die Trennstelle t zwischen den beiden Gleisstromkreisen G_0 und

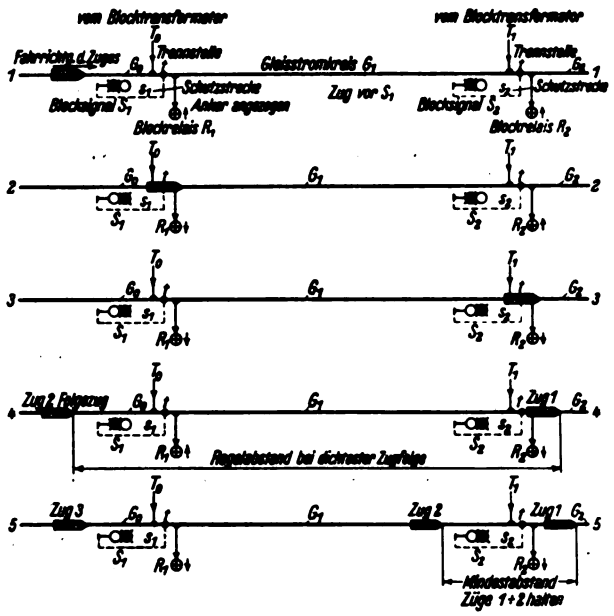


Abb. 1. Zusammenhang zwischen den Zügen, Signalen und Gleisstromkreisen.

Zug.
Strecke mit Trennstelle der Gleisstromkreise.
Selbsttätiges Blocksignal, 2 Lichter, „Fahrt" Grünes Licht, „Halt" Rotes Licht.
Blockrelais, Anker angezogen oder abgefallen.

G_0 G_1 G_2 Gleisstromkreise. J_1 J_2 Blocksignale.
T_0 T_1 Blocktransformatoren. S_1 S_2 Schutzstrecke der Blocksignale.
R_1 R_2 Blockrelais.

G_1, Linie 2, so wird das Blockrelais R_1 kurz geschlossen, also stromlos. Es läßt seinen Anker fallen, Pfeilspitze weist nach unten, und schaltet das grüne Licht des Blocksignales aus, das rote Licht „Halt" ein. Gelangt der Zug in Linie 3 — 3 in gleicher Weise auf die Trennstelle t der Gleisstromkreise G_1, G_2 am Signal S_2, so fällt nunmehr auch das Blockrelais R_2 ab und schaltet das Rotlicht von S_2 ein. Hat der Zug mit seinen Achsen den Gleisstromkreis G_1 hinter S_2 geräumt, so zieht jetzt das Blockrelais R_1 seinen Anker an, schaltet das Rotlicht des Blocksignales S_1 aus, das Grünlicht ein. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich bei sehr dichter Zugfolge der 2. Zug gerade um Sichtweg vor S_1. Der sich zwischen den Zugspitzen ergebende Abstand ist der Regelabstand der Züge.

Würde der Zug 1 nach Verlassen des Gleisstromkreises G_1 stark verzögert werden, oder sollte er gar aus irgend einem betrieblichen Grunde, zum Beispiel einem Motorschaden, zum Halten kommen, so gelangt der Zug 2 vor dem haltzeigenden Blocksignal S_2 ebenfalls zunächst zum Halten. Damit ergibt sich in der Linie 5 — 5 der Mindestabstand der Züge. Nachdem Zugfahrer 2 vorschriftsmäßig eine Minute vor S_2 gewartet hat, fährt er bei erhöhter Aufmerksamkeit mit kleiner Fahrgeschwindigkeit, etwa 10 km/h, in G_2 ein. Zu diesem Zeitpunkte ist sich der Zugfahrer klar, daß er jederzeit auf den in der Strecke liegenden Zug 1 treffen kann. Aber dieses ist unbedenklich, denn bei der geringen Fahrgeschwindigkeit kann der Fahrer seinen Zug auf nur 10 m sicher zum Halten bringen.

Hat inzwischen der Zug 2, der mit dem defekten Zug 1 gekuppelt ist und diesen schiebt, G_1 verlassen, so wiederholt sich an dem Halt zeigenden Blocksignal S_2 für den 3. Zug der nunmehr bekannte Vorgang des Wartens und Aufsichtfahrens. Würde Zug 1 — Zug 2 den Gleisstromkreis G_2 sehr schnell geräumt haben, so trifft Zug 3 das Blocksignal S_2 möglicherweise bereits in der Fahrstellung. Nach den Vorschriften darf jedoch der Zugfahrer dieses Signal noch nicht mit der normalen Fahrgeschwindigkeit überfahren, sondern erst das nächstfolgende, unter der Voraussetzung, daß dieses „Fahrt" zeigt. Es könnte nämlich, wenn auch sehr selten, gelegentlich vorkommen, daß bei gestörtem Blockrelais ein Signal hinter dem voraufgefahrenen Zuge nicht ordnungsmäßig wechselt und in der Fahrstellung verbleibt. Da in diesem Falle der Zug ungedeckt ist, muß der nachfolgende Zug gewarnt werden. Es geschieht durch die Schaltung in der Weise, daß das rückliegende Signal für die Dauer der Signalstörung in der Haltstellung verbleibt.

Der Blockstrom der Signalanlage der Wiener Stadtbahn ist ein Wechselstrom von 50 Per/s. Wechselstrom als Blockstrom ist für die Verhältnisse der mit Gleichstrom betriebenen Stadtbahnen sicherer als Gleichstrom.

Die Blockstrombelieferung erfolgt in den Haltestellen, Bahnhof Meidling-Hauptstraße, Unter-St. Veit, Hauptzollamt, Brigittabrücke und Michelbeuern aus dem 5000 V-Drehstrom-Netz der Wiener Städt. Elektrizitäts-Werke. In jeder dieser Haltestellen sind ruhende Umformer, und zwar zwei Öltransformatoren von je 10 kVA Leistung, der eine für den Regel-, der andere für den Notbetrieb, in besonders durchgebildeten Räumen angeordnet. Hier wird die Spannung des dreiphasigen Speisestromes von 5000 V 50 Per/s auf 500 V herabgesetzt. Mit dieser Spannung ist der Blockstrom die Strecke in Kabeln entlanggeführt.

Die Primärwicklungen beider Transformatoren sind ständig an das 5000 V Drehstrom-Netz angeschlossen, also dauernd eingeschaltet. Aber nur die Sekundärwicklung des Haupttransformators speist im Regelbetriebe dauernd Strom in die Blockstromspeiseleitung. Die Sekundärwicklung des Reservetransformators ist während dieser Zeit abgeschaltet. Im Notbetriebe erfolgt die Ausschaltung des Haupt- und die Einschaltung des Reservetransformators selbsttätig durch einen

Digitized by Google

Minimalschalter. Dieser sitzt, wie Abb. 2 erkennen läßt, im oberen Teile eines besonderen Schaltschrankes, darunter sind drei Hebelschalter angeordnet, über die drei Streckenbereiche mit Blockstrom gespeist werden. Der Strom des Haltemagneten im Minimalschalter wird durch ein mit Drehstrom betriebenes Überwachungsrelais im unteren Fache des Schrankes geschlossen. Dieses Relais steht in Verbindung mit einer in besonderer Weise durchgebildeten und außerordentlich zuverlässigen Kontakteinrichtung. Dem Drehstromrelais wird die erforderliche Betriebsspannung von 110 V durch die im Mittelfache des Schrankes

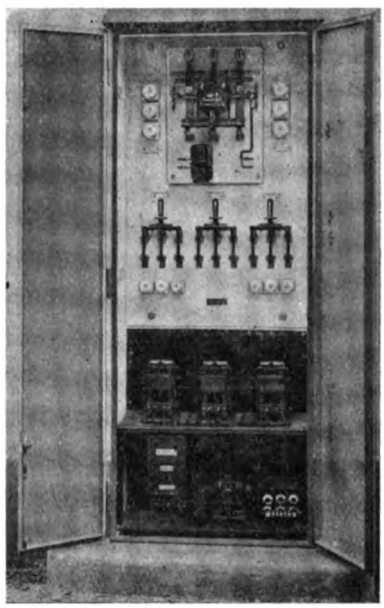


Abb. 2. Schaltschrank der Blockstrombelieferung.

angeordneten drei Einphasentransformatoren zugeführt. Neben dem Überwachungsrelais ist ein Zähler zur Messung der auf der Sekundärseite von 500 V verbrauchten Energie angeordnet.

Der Gleisstromkreis. Die auf Holzschwellen verlegten Fahrschienen jeder Blockstrecke sind an ihren Stößen durch blanke Kupferverbinder gut leitend verbunden. Am Anfang und Ende der so isolierten Blockstrecke sind Isolierstöße üblicher Art eingebaut. Um den Triebströmen, im vorliegenden Falle pulsierender Gleichstrom aus Großgleichrichtern,[1]) das Überfließen der Isolierstrecken zu erlauben, sind Drosselstöße an ihrer Trennstelle eingebaut. Von den Drosselstoßwicklungen führen starke Metallseile nach den beiden Fahrschienen jedes isolierten Gleises. An die Drosselstoßwicklungen und den mit ihnen dicht verbundenen Fahrschienen sind auf der einen Seite der Blocktransformator, auf der anderen Seite der Isolierstrecke das Blockrelais angeschlossen. Die Gesamtheit aller Teile, die Blockspeisung mit dem Blocktransformator, die Isolierstrecke nebst den Drosselstößen und das Blockrelais, bildet den Gleisstromkreis. Seine Wirkungsweise ist in Abb. 3 veranschaulicht. Auf der linken Seite des Bildes ist der Blocktransformator angegeben, dessen Primärwicklung an die Blockspeiseleitung angeschlossen ist, während seine Sekundärwicklung Blockstrom in die Isolierstrecke speist. Bei freier Isolierstrecke nimmt er in einem bestimmten Augenblick zum Blockrelais den Weg und hält dessen Anker angezogen:

+ Pol Transformator — Anschlußleitung l_1 — obere Fahrschiene f_1 — Anschlußleitung l_4 — Blockrelaiswicklung — Anschlußleitung l_3 — untere Fahrschiene f_2 — Anschlußleitung l_2 — Dämpferwiderstand — Minus-Pol des Transformators zurück. Blockstrom fließt auch noch im Nebenwege über die Drosselstoßwicklungen an den Stellen 1 — 2 und 3 — 4 von der oberen zur unteren Fahrschiene und erzeugt in ihnen eine starke elektromotorische Gegenkraft, welche eine ergiebige Drosselwirkung auf die vom Blocktransformator gelieferte Schienenspannung ausübt.

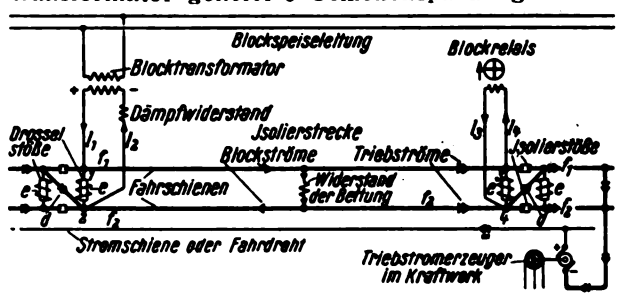


Abb. 3. Der Gleisstromkreis.

Bei der Besetzung der Isolierstrecke durch Zugachsen verschwinden die Blockströme durch die Relais- und Drosselstoßwicklungen, sowie über die Holzschwellenbettung fast völlig und es fließt dann nur noch der Kurzschlußstrom:

+ Pol — l_1 — f_1 — Zugachsen — f_2 — l_2 — Dämpferwiderstand — Minuspol zurück. Das Blockrelais fällt infolgedessen ab und öffnet seine Kontakte.

Der Weg, der durch Doppelpfeil gekennzeichneten Triebströme in beiden Fahrschienen ist von links nach rechts:

Linke obere Schiene f_1 — Mittenverbindung d — f_2 unten — d — f_1 oben rechts, und links untere Fahrschiene f_2 — Wicklung des ersten Drosselstoßeß — d — zweiter Drosselstoß — f_1 oben — dritter Drosselstoß — d — vierter Drosselstoß — f_2 unten. Block- und Triebströme fließen gleichzeitig, stören sich aber nicht.

Den vollständigen Zusammenhang der Gleis- und Signalstromkreise zeigt im Grundsatz Abb. 4. Die Energiebelieferung der Gleisstromkreise geschieht durch den Blocktransformator, die der Signallampen und Hilfswicklungen der Blockrelais durch einen besonderen Signaltransformator. Beide sind an die Blockspeiseleitung von Drehstrom 500 V 50 Per/s angeschlossen.

Um das dauernde Brennen des Rotlichtes, der wichtigsten Signalanzeige, zu gewährleisten, sind die Haltlampen in besonderer Weise ohne unmittelbare Kontaktgabe geschaltet.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 769.

Digitized by Google

Die Energiebelieferung der Haltlampen geschieht durch die Sekundärwicklung eines besonderen Transformators, des Haltlichttransformators, dessen Primärwicklung an die Sekundärwicklung des Signaltransformators angeschlossen ist. Das Brennen der Haltlampen für die Blockung von Signal zu Signal wird durch ein besonderes Relais, Haltlichtrelais, überwacht, wodurch wie beim Handblocksystem die sehr wichtige Abhängigkeit zwischen den Signalen hergestellt wird.

Abb. 4 zeigt die Stromläufe in der Grundstellung, das heißt, bei freien Gleisstromkreisen G_0, G_1, G_2. Die Primärwicklung 1 des Blocktransformators, zum Beispiel T_1 ist an die Phase $v - w$ der Blockspeiseleitung angeschlossen. Seine Sekundärwicklung 2 ist zwecks Erzeugung geringer Schienenspannungen mit der Primärwicklung 1 des Drosselstoßes D_1 verbunden, dessen

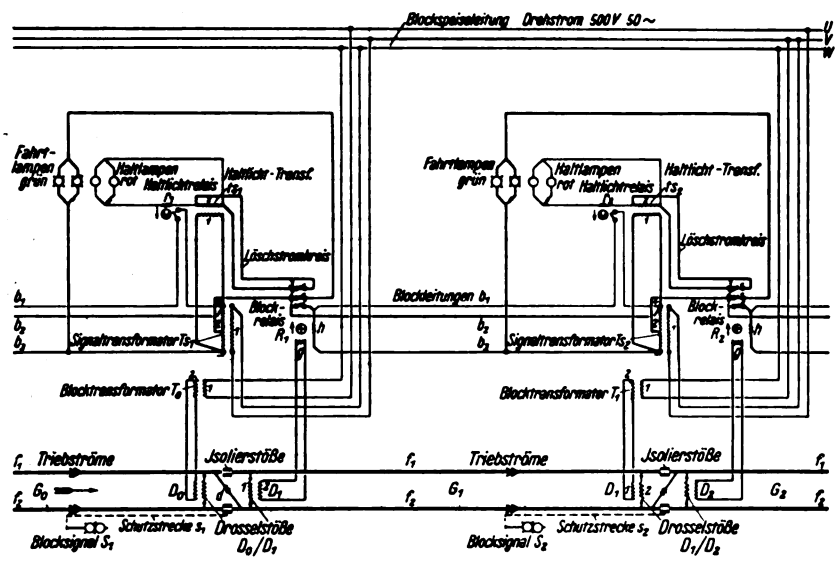


Abb. 4. Der Gleis- und Signalstromkreis.

Sekundärwicklung 2 ist an die Fahrschienen f_1, f_2 des Gleisstromkreises G_1 angeschlossen. In gleicher Weise ist auf der anderen Seite des Gleisstromkreises das zweiphasige Blockrelais R_1 mit seiner Gleiswicklung g angeschlossen. Durch g fließt bei freiem Gleisstromkreis dauernd Blockstrom. Ein Drehmoment im Anker des Blockrelais kommt jedoch nur zustande, wenn auch gleichzeitig die Hilfswicklung h stromdurchflossen ist. Die Strombelieferung von h geschieht in einem bestimmten Augenblick auf dem Wege: Von dem obern Pol des Signaltransformator Ts_2 über die Blockleitung b_2 — über den Kontakt 1 am Blockrelais R_1 — h, über die als Rückleitung dienende Blockleitung b_3 zum unteren Pol des Signaltransformators Ts_2 zurück. Der Anker von R_1 ist daher angezogen und hält seine Kontakte 1, 2, 3 dauernd geschlossen. Der Kontakt 1 ist der sogenannte Selbstschlußkontakt, der Kontakt 2 schaltet die grünen Lampen des Blocksignals S_1, und der Kontakt 3 schließt die Sekundärwicklung 2 des Haltlichttransformators ts_1 kurz, den sogenannten Löschstromkreis, mit dem Ergebnis, daß für die Haltlampen kein Spannungsgefälle vorhanden ist. Die Folge davon ist, daß die Haltlampen ausgehen und das mit ihnen in Hintereinanderschaltung liegende Haltlichtrelais abfällt, seinen Kontakt dabei unterbrechend.

Gelangt ein Zug in die Strecke, so wird in bekannter Weise die Gleiswicklung g des Blockrelais R_1 kurz geschlossen. Das Drehmoment im Anker hört auf, und der Anker kehrt durch Gewichtswirkung in seine Anfangstellung zurück. Die Kontakte 1, 2, 3 werden unterbrochen. Der Kontakt 2 unterbricht die grünen Lampen, diese erlöschen. Der Kontakt 3 beseitigt den Kurzschluß des Haltlichttransformators mit dem Ergebnis, daß nunmehr das volle Spannungsgefälle für die roten Lampen vorhanden ist und diese leuchten. Gleichzeitig zieht auch das Haltlichtrelais r_1 seinen Anker an und stellt auf diese Weise die Blockung zum rückliegenden, im Bilde nicht mehr dargestellten Blocksignal S_0 her. Dieser Abhängigkeitsstromkreis kann vollständig beim Einfahren des Zuges in den Gleisstromkreis G_2 überblickt werden. Es wiederholt sich dann zunächst das Spiel des Blockrelais R_2 und seines zugehörigen Blocksignals S_2. Hat aber der Zug den Gleisstromkreis G_1 geräumt und brennen die roten Lampen von S_2 hinter dem Zuge ordnungsmäßig, so fließt nunmehr Blockstrom zum rückliegenden Signal S_1, und zwar zur Hilfswicklung des zugehörigen Blockrelais R_1 auf dem Wege: Vom oberen Pol des Signaltransformators Ts_2 über den Kontakt des Haltlichtrelais r_2, über die Blockleitung b_1—h, über Blockleitung b_3 zum unteren Pol des Signaltransformators Ts_2 zurück. Da zu diesem Zeitpunkt der Gleisstromkreis G_1 auch wieder frei, also stromführend ist, erhält auch die Gleiswicklung g des Blockrelais R_1 dauernd Strom. R_1 zieht daher in bekannter Weise seinen Anker an und schließt seine Kontakte 1, 2, 3. Ist aber der Kontakt 1 geschlossen, so macht sich die dauernd notwendige Strombelieferung der Hilfswicklung h im Nebenwege über die Blockleitung b_2 von dem Hauptwege über die Blockleitung b_1 unabhängig. Dieses ist nötig, da ja nach dem Verlassen des Gleisstromkreises G_2 das zugehörige Blocksignal S_2 von Rot in Grün wechselt und dadurch der Stromweg über das Haltlichtrelais r_2 und die Blockleitung b_1 unterbrochen wird. Der Blockrelaiskontakt 1 hat daher, wie vorher bereits angedeutet, den Namen Selbstschlußkontakt erhalten.

In der Schaltung ist von Interesse, daß in den Stromkreisen der Gleisisolierungen und der Haltlampen die allgemein verwendeten Dämpfwiderstände für den Kurzschluß fehlen. Es sind hier

Digitized by Google

Transformatoren besonderer Art, sogenannte Streutransformatoren der Bauart Siemens verwendet worden, bei denen unterhaltungsbedürftige und verhältnismäßig teure Dämpfwiderstände vollständig entfallen. Die Wirkungsweise des Streutransformators sei im Folgenden kurz veranschaulicht: Auf dem einen Schenkel des gewöhnlichen geblätterten Kernjoches sitzt die Primär-, von ihr getrennt auf dem anderen Schenkel die Sekundärwicklung. Die Primärwicklung wird von einem besonderen Joch aus geblätterten Eisenblechen umschlossen, zum Zwecke, bei Belastung des Transformators einen starken Streufluß und damit ein intensives Abfallen der Sekundärspannung zu erzielen. Der Luftspalt des Streujoches des Blocktransformators ist gemäß den verschiedenen Streckenlängen einstellbar, indem in einfacher Weise Zwischenlagen aus Pappe zwischen die Stirnflächen der Joche gelegt werden. Zwecks guter Regulierung der elektrischen Verhältnisse des Gleisstromkreises ist auch noch die Sekundärwicklung mit verschiedenen Anzapfspannungen versehen. Abb. 5 zeigt die Ausführung des Blocktransformators. Auf dem oberen Schenkel des Eisenkerns ist die Primärwicklung, darüber das Streujoch sichtbar. Der Luftspalt zwischen Haupt- und Streukern ist durch Hartpappelagen regulierbar ausgefüllt. Auf dem unteren Schenkel des Hauptkernes ist die Sekundärwicklung sichtbar. Sie führt ihre Anzapfungen für 2 bis 16 V Spannung an die stirnseits angeordnete Klemmenplatte. Über dieser sitzt die durch eine Isolierkappe gegen unbeabsichtigtes Berühren geschützte 500 V Klemmenplatte.

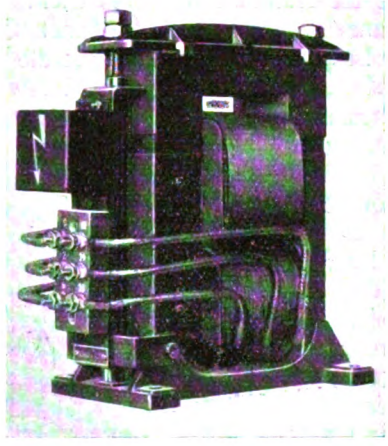


Abb. 5. Blocktransformator (Streutransformator).

In ähnlicher Weise, wie der beschriebene, ist auch der Transformator zur Strombelieferung des Haltlichtes ausgebildet. Seine Primärwicklung ist an die 120 V Spannung des Signaltransformators gewöhnlicher Art unmittelbar angelegt. Die Sekundärwicklung bespeist bei entsprechender Spannung die roten Lampen und das mit ihnen hintereinander geschaltete Haltlichtrelais, welches der Steuerung der Blockabhängigkeit von Signal zu Signal dient. Bei freier Blockstrecke wird durch einen Kontakt des Blockrelais die Sekundärwicklung des Haltlichttransformators kurzgeschlossen, die Spannung sinkt infolge großer Streuung stark herab, so daß die Haltlampen erlöschen und das Haltlichtrelais zum Abfallen kommt.

Der Signaltransformator der Wiener Stadtbahn entspricht, wie bereits erwähnt, der üblichen Siemens-Ausführung. Er ist mit seiner Primärwicklung an die Blockspeiseleitung 500 V angeschlossen. Seine Sekundärwicklung ist mit einer 24 V- und mit einer 120 V-Klemme versehen. Die 24 V-Wicklung dient zur Strombelieferung der grünen Lampen für die Fahrtanzeige, die 120 V-Wicklung zur Speisung des Haltlichttransformators und der Hilfswicklung des Blockrelais.

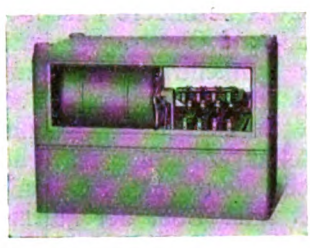


Abb. 6. Blockrelais.

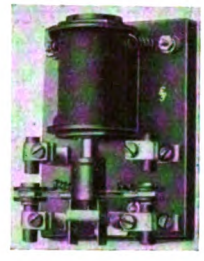


Abb. 7. Haltlichtrelais.

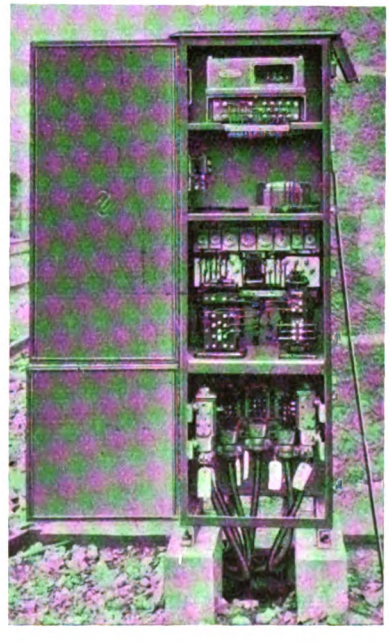


Abb. 8. Blockschrank.

Das zweiphasige Siemens-Blockrelais der Gleisstromkreise ist für eine Gleisspannung von wenigen Zehnteln Volt und für eine 120 V Hilfsspannung eingerichtet. Die Ausführung Abb. 6 zeigt es mit vier Wechselkontakten. Für besondere Fälle ist das Relais auch mit sechs Kontakten ausgerüstet.

Die Ausführung des in einfacher Weise mit Tauchanker versehenen Haltlichtrelais zeigt Abb. 7.

Digitized by Google

Es steuert nur zwei Wechselkontakte und beansprucht daher nur wenig Raum.

Block- und Haltlichtrelais, die Gleis-, Signal- und Haltlichttransformatoren nebst ihrem Zubehör sind zum Zwecke einer übersichtlichen Unterhaltung und schnellen Prüfung in einem besonderen solide gearbeiteten eisernen Blockschrank angeordnet. Abb. 8 zeigt seine Ausführung. Der untere Teil des Schrankes ist als Kabelkammer ausgebildet. Er enthält alle Speise- und Blockkabel. Über der Kabelkammer sind zwei besondere Fächer zur Unterbringung des Signal- und Gleistransformators in dem einen und des Haltlichtrelais und zugehörigen Transformators in dem anderen Fache vorhanden. In der unteren Transformatorkammer ist eine Marmorschalttafel angeordnet, die Schraubklemmen besitzt, zu denen die einzelnen Leitungen gut übersichtlich geführt sind. Über der Marmortafel sitzen die Sicherungen aller Stromkreise. Ins oberste Fach des Blockschrankes ist das Block-

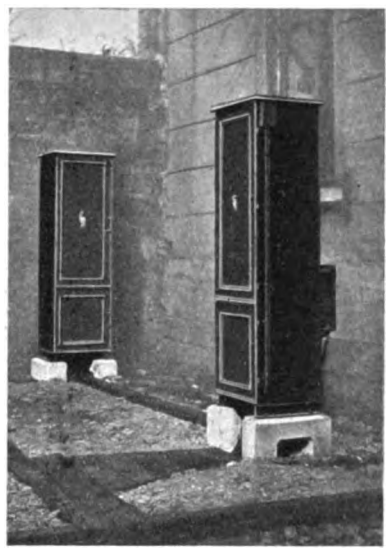


Abb. 9. Die Anordnung der Blockschränke.

relais gesetzt, bei dem der sonst im Betriebe plombierte Klemmenschutz abgenommen ist, um die Anschlußklemmen zu zeigen.

Die im Bilde sich an die rechte Seite des Schrankes anlehnende Flacheisenstange dient dem Verschluß der beiden Türen des Schrankes. Die so verschlossenen Schränke, sowie ihre räumlich günstige Anordnung und Zugänglichkeit zeigt Abb. 9 deutlicher. Im Bilde sind zu den Blockschränken führende Holzkanäle sichtbar, die die zu den Fahrschienen führenden Anschlußleitungen der Blockrelais und Transformatoren gut geschützt enthalten.

Die Drosselstöße. Die Siemens-Drosselstöße von der in den Abb. 10 und 11 dargestellten Form sind zwischen den Fahrschienen eingebaut. Je zwei Drosselstöße haben die in Abb. 12 angegebene Schutzabdeckung aus Riffelblech erhalten. Zwischen den aus der Abdeckung mit ihren Deckeln etwas herausragenden Drosselstößen sind in den Fahrschienen beiderseitig die Isolierstöße üblicher Art — Holzlaschen mit Lederzwischenlage — sichtbar. Die den Triebstrom leitenden Metallseile führen einmal von den Fahrschienen zu den Drosselstößen, im anderen Falle von der einen Fahrschienenseite unmittelbar diagonal zur anderen.

Das Lichttagessignal. Wegen seiner Einfachheit und mit Rücksicht auf die wegen der Tragkonstruktionen der Fahrdrähte ungünstigen Sicht wurden einheitlich Lichttagessignale an Stelle der Flügelsignale gewählt. Die Ausführung des auf der Wiener Stadtbahn in Benützung stehenden Lichtsignals verdeutlicht Abb. 13. In einem einfachen rechteckigen Schild sitzen die durch Hauben gegen Sonnenlicht gut geschützten Linsensätze. Die obere Linse gibt die Haltanzeige, rotes Licht, die untere die Fahrtanzeige, grünes Licht. Einen Querschnitt durch die Laterne des Signals zeigt die Zeichnung Abb. 14. Hinter der Stufenlinse von etwa 210 mm Durchmesser sitzen die beiden einfädigen Glühlampen von 16 V Spannung und 25 Kerzen Lichtstärke. Die im Brennpunkt der Linse angebrachte Lampe brennt mit normaler, die andere mit Unterspannung.

Abb. 10. Die Drosselstöße.

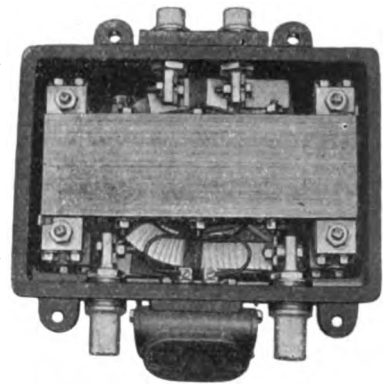


Abb. 11. Die Drosselstöße.

Die mit dem Lichttagessignal nach nunmehr fast zweijähriger Betriebszeit gemachten Erfahrungen haben den Erwartungen voll entsprochen. Bei allen Witterungszuständen, auch bei heller Sonne, ist eine ausreichende Sicht vorhanden.

Die handbedienten und teilweise selbsttätigen Stellwerkeinrichtungen. In den Bahnhöfen mit Weichen für die Zwecke des Aufstellens oder Kehrens der Züge sind die Mittel zur Sicherung des Zugverkehrs das elektrische Kraftstellwerk der Bauart Siemens und die dazu gehörigen selbsttätigen Blockeinrichtungen. Die Stellwerkanlage besteht im wesentlichen aus dem Hebelwerk, den Lichttagessignalen, den Stellantrieben zum Bewegen der Weichen und Fahrsperren, sowie den Block- und Stellstromerzeugern.

Die selbsttätigen Blockeinrichtungen bestehen aus den Gleisstromkreisen der Strecken und Weichen, sowie aus der über dem Hebelwerk gut übersehbar angeordneten Gleistafel.

Digitized by Google

An die Isolierstrecken und isolierten Weichen sind in bekannter Weise die durch Wechselstrom betriebenen Blockrelais angeschlossen. Die Strombelieferung ihrer Hilfswicklungen geschieht in einfacher Weise durch einen gemeinsamen Transformator, der meist im Stellwerk oder in der Nähe des Stellwerkes untergebracht ist.

Die Schalteinrichtungen des Hebelwerkes betätigt der Wärter, die Blockeinrichtungen betätigt

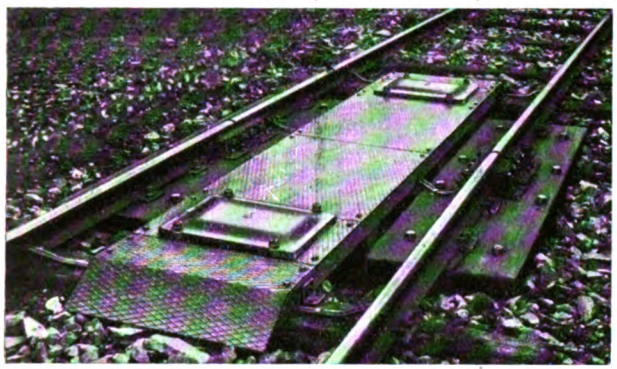


Abb. 12. Drosselstöße mit Schutzabdeckung.

der Zug selbst. Der Wärter braucht sich um das Blocken der Signale nicht mehr zu kümmern, sondern kann sich ganz dem rechtzeitigen Stellen der Signale, Weichen, und Fahrsperren hingeben. Bei den zahlreichen Zügen ist die damit verbundene Entlastung des Wärters von Bedeutung. Sie kommt der Durchführung einer regelmäßigen und dauernd dichten Zugfolge in hohem Maße zugute.

In den Weichenbezirken der Bahnhöfe, wo nur zu bestimmten Zeiten des Betriebes Kehrfahrten

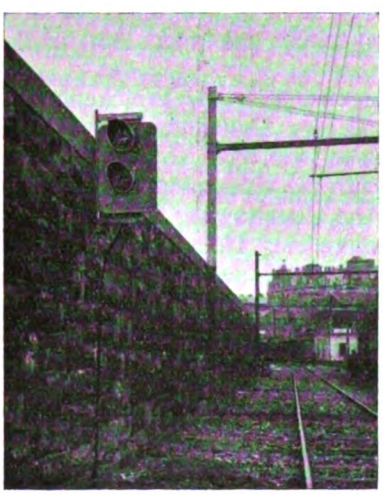


Abb. 13. Lichttagessignal.

vorgenommen werden, braucht auch nur zu diesen Zeiten der Wärter zur Bedienung verfügbar zu sein. Durchlaufen die Züge diese Bahnhöfe ohne zu kehren, so wird das elektrische Schalterwerk nach Vornahme einer einfachen Umschaltung durch einen besonderen Hebel, den Umleithebel, auf den selbsttätigen Betrieb geschaltet, und der Wärter kann für die Dauer dieses Betriebes aus dem Stellwerk gezogen werden, ist also dann zu anderweitiger Verwendung frei.

Die Forderungen in der Sicherung von Bahnhöfen mit Weichen sind weitgehender als die der Sicherung auf der freien Strecke. Es müssen besondere Sicherheitsforderungen wegen des Hinzukommens der Weichen und Signale erfüllt werden. Es darf hier ein Fahrsignal vom Wärter nur eingestellt werden können, wenn alle Gleis- und Weichenabschnitte in der Fahrstraße des fraglichen Signals von Zugachsen frei sind. Es muß weiterhin diese Fahrstraße profilfrei sein und es muß auch untrüglich festgestellt sein, daß der dieser Fahrt vorausgegangene Zug ordnungsgemäß durch die Haltstellung des nächstfolgenden Signals gedeckt worden war. Neben die von der Streckenblockung der freien Strecke her bekannten Forderungen treten neue, daß die in der Fahrstraße liegenden Weichen und Schutzweichen in richtiger Lage sich befinden, und in dieser Lage während

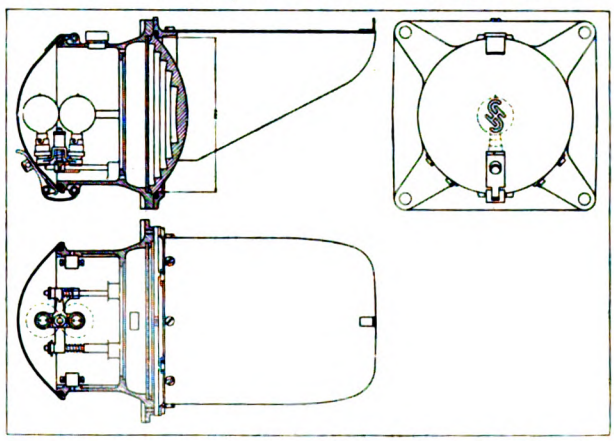


Abb. 14. Querschnitt der Laterne.

der Fahrtdauer ständig verschlossen sind. Ferner müssen alle feindlichen Signale in der Haltstellung sich befinden und in dieser Lage ebenfalls unter dauerndem Verschluß liegen.

Die bei der Signalgebung hauptsächlichste Bedingung, daß die isolierten Gleis- oder Weichenstrecken von Zugachsen frei sind, wird in bekannter Weise durch die mit ihnen verbundenen Blockrelais erfüllt. Die für das Zustandekommen des jeweiligen Signalbildes erforderlichen elektrischen Stromläufe werden dann in einfacher Weise über Kontakte aller in Frage kommenden Blockrelais geführt.

Die Bedingung, daß die Weiche durch den elektrischen Antrieb in eine der Endlagen gestellt wurde und in dieser Endlage dauernd verharrt, wird beim Siemens-Stellwerk durch den Überwachungsmagneten der Weiche einwandfrei erfüllt. Auch dieser Weichenüberwachungsmagnet besitzt Kontakte, die in angezogener Lage, also bei ordnungsmäßig liegender Weiche, geschlossen sind. Neben diesen Überwachungskontakten sind dann nur noch die durch den Schalter bewegten Kontakte, die sogenannten Hebelkontakte, zur Steuerung des gesamten Sicherungsvorganges nötig. Die

Digitized by Google

Signalgebung für das Grünlicht ist dann in der Weise durchgebildet, daß ein besonderes Relais, das sogenannte Grünlichtrelais, Strom erhält, wenn der Reihe nach die verschiedenen Kontakte an dem Blockrelais, an den Weichenüberwachungsmagneten und am Hebel geschlossen sind. Es muß aber Vorsorge getroffen werden, daß beim Fehlen eines der genannten Kontakte, also bei Nichterfüllung der Sicherheitsbedingungen, das Bewegen des Schalters zwangläufig verhindert wird. Dazu dient ein Magnet, der sogenannte Signalsperrmagnet, der sich in Hintereinanderschaltung mit dem Grünlichtrelais befindet.

Es muß auch erreicht werden, daß hinter dem Zuge der Wärter jedesmal ein Signal ordnungsgemäß in die Grundstellung überführt, ehe er das Signal erneut auf Fahrt stellt. Dazu dient ein besonderes Relais, das sogenannte Wiederholungssperrrelais, das in eigenartiger Weise mit dem Stromkreis des Grünlichtrelais verbunden ist. Weiterhin muß dafür gesorgt werden, daß die eingestellte Fahrstraße nicht eher freigegeben werden kann, bis der Zug mit seinem Schluß die Weichen vollständig verlassen hat. Dazu dient ein Sperrmagnet, der sogenannte Fahrstraßensperrmagnet.

Abb. 15. Stellwerk Gumpendorferstraße.

Der bei der selbsttätigen Streckenblockung erörterte Grundsatz, das Rotlicht jedes Blocksignals ohne unmittelbare Kontaktgebung dauernd brennen zu lassen, ist auch bei den Rotlichtern der halbselbsttätigen Signale beibehalten worden. Mit dieser Anordnung ist auch in den Stellwerksbezirken die Zuverlässigkeit der Signalgebung auf ein beachtenswertes Maß gehoben worden.

Eine Ansicht des Siemens-Schalterwerkes und der über diesem angebrachten Gleistafel des Bahnhofes Gumpendorferstraße gibt Abb. 15. Das Schalterwerk ist darin auf den selbsttätigen Durchgangsbetrieb geschaltet. Der Wärter ist also zur Zeit des Durchfahrens der Züge nicht im Stellwerk anwesend. Man sieht aus dem Lichtbild, daß drei Hebel umgelegt sind, und zwar in nach vorn geneigter Lage, während zwei Hebel nach rückwärts geneigt stehen. Die ersten drei Hebel sind die beiden Signalhebel für Ein- und Ausfahrt der Züge, sowie der Umleithebel für den selbsttätigen Betrieb und die beiden übrigen Hebel sind Weichenhebel für die Weiche 1 im Zuge der Einfahrt vor der Station Westbahnhof, Weiche 2 im Zuge der Ausfahrt nach der Station Westbahnhof. Die Weichenhebel stehen, wie die Gleistafel für den Durchgangsverkehr erkennen läßt, in der Grundstellung.

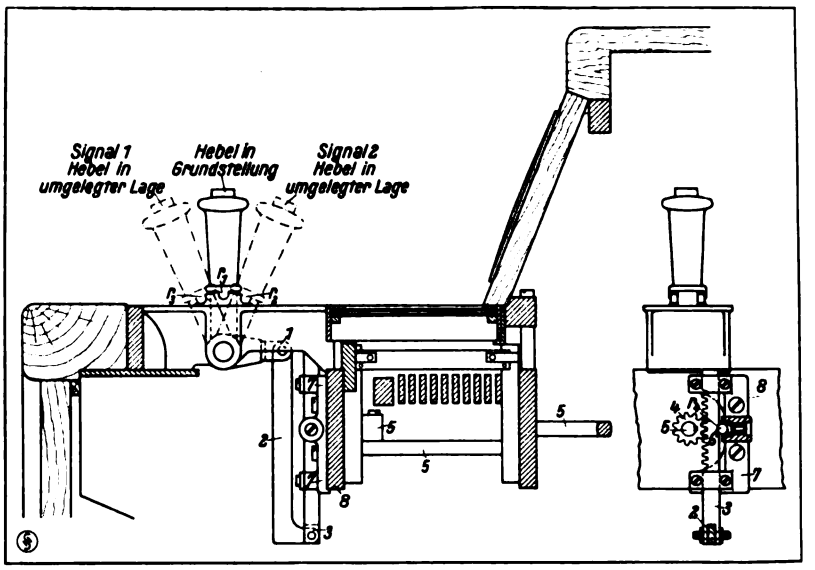


Abb. 16. Querschnitt des Siemens-Schalterwerkes.

Im Gegensatz zum Weichenhebel ist die Grundstellung des Signalhebels die lotrechte. Aus dieser wird er, wie Abb. 16 zeigt, nach vor- oder rückwärts für die eine oder andere Signalgebung umgelegt. Die Übertragung der hin- und hergehenden Bewegung des Hebels in die drehende der Schalterachse 5 — 5 geschieht in einfacher Weise durch das Gestänge 1 und 2 in Verbindung mit einer Zahnstange 3 und einem auf 5 befestigten Zahnrad 4.

Zusammenfassung und Schluß.

Im Vorhergehenden wurden die Grundsätze und Methoden der selbsttätigen Streckenblockung erörtert. Im Zusammenhang mit den selbsttätigen Streckenblockeinrichtungen wurden auch die elektrischen Stellwerkeinrichtungen zur Sicherung des Zugverkehres in den Bahnhöfen der Wiener Stadtbahn kurz besprochen.

In ihrem gesamten Aufbau entspricht die selbsttätige Signalanlage den weitgehenden Sicherheitsforderungen, die an die neuzeitlichen Sicherungsanlagen gestellt werden müssen, vollständig.

Digitized by Google

Die selbsttätigen Einrichtungen sind in ihrem Aufbau und in ihrer Wirkungsweise zwar wesentlich anders geartet als die bekannten handbedienten Einrichtungen, doch kann man wohl sagen, daß viele verwandte Züge zwischen den Einrichtungen beider Sicherungsverfahren vorhanden sind. Dadurch wird das Verständnis für die Wirkungsweise der selbsttätigen Einrichtungen nicht unwesentlich gefördert, und es wird auch die Übersicht über die mit ihnen ausgerüstete Anlage erleichtert.

Die vom Blockwerk entworfene und gemeinsam mit dem Wiener Werk der S. & H. A.-G. in verhältnismäßig kurz bemessenen Bauperioden hergestellte Signalanlage der Wiener Stadtbahn zählt in Bezug auf Zahl der Signale und Bahnhöfe zu einer der ausgedehntesten auf dem europäischen Kontinent. Alle im selbsttätigen Signalwesen in den letzten Jahren gemachten Erfahrungen, Vereinfachungen und Verbesserungen sind der Anlage zugute gekommen.

Die Gleichpoltype als Hochfrequenzgenerator.

Von F. Niethammer, Prag.

Die Gleichpoltype ist wohl anfangs dieses Jahrhunderts als Drehstromgenerator endgültig aus der Starkstromtechnik verschwunden, um aber bald darauf als einphasiger Hochfrequenzgenerator wieder aufzuleben, und zwar in den drei Bauarten: Telefunken, Alexanderson (General Electric Co. Schenectady) und J. Béthenod (Société. Française Radio-Electrique mit der Société Alsacienne de Constructions Mécaniques Belfort).[1]) Aber auch auf diesem Gebiete scheint die Gleichpoltype von den Vakuumröhren hartbedrängt zu sein.

Beim Entwurf der Hochfrequenz-Gleichpoltype hat man auf manche Einzelheiten, die bei normaler Frequenz ohne Bedeutung sind, Rücksicht zu nehmen. Die starke Stromverdrängung in den induzierten Leitern wird durch Verwendung von Kabellitze bekämpft, die aus einzeln isolierten, sehr dünnen Kupferdrähten aufgebaut ist. Man kann ja mit den Einzeldrähten bis auf einen Durchmesser von 0·04 mm heruntergehen. Trotzdem erhöht die Stromverdrängung den Widerstand meist noch auf das fünf- bis zehnfache. Die Flußverdrängung ist selbst in den bei Hochfrequenzmaschinen üblichen Blechstärken von 0·05 bis 0·1 mm noch sehr ausgesprochen und sie ist bei Berechnung der erforderlichen Erreger-Amperewindungen und vor allem bei Ermittlung der Eisenverluste, und zwar sowohl der Hysteresis, wie der Wirbelstromverluste zu berücksichtigen.[2]) Latour[3]) hat in einer Näherungsformel für die Hysteresis- und Wirbelstromverluste P_{h+w} bei Berücksichtigung der Flußverdrängung für Bleche von der Stärke Δ aufgestellt:

$$P_{h+w} = \frac{(2\pi f)^2 \Delta}{8 k \varrho} \cdot \frac{a \mathfrak{Sin} ka\Delta - b \sin kb\Delta}{\mathfrak{Cof} ka\Delta - \cos kb\Delta} \mathfrak{B}_i^2 \quad (1).$$

Dabei ist $\mathfrak{B}_i$ die scheinbare Eiseninduktion (entsprechend gleichmäßiger Feldverteilung), f = Frequenz, ϱ = Widerstandskoeffizient (10000 bis 50000),

$k = 2\pi \sqrt{\frac{\mu f}{\varrho}}$, μ = Permeabilität (= 500 bis 1000),

$a = \sqrt{1 + \sin\alpha}$, $b = \sqrt{1 - \sin\alpha}$, α = Hysteresiswinkel, $\sin\alpha$ = zirka 0·4 bei $\mathfrak{B} = 2000$.

Weiterhin treten zusätzliche Verluste auf infolge des von den induzierten Hochfrequenzströmen erzeugten Einphasen-Reaktionsfeldes, das auch in den Rotorzacken Verluste erzeugt entsprechend dem bekannten inversen Drehfeld, da es nicht üblich ist, Dämpferwicklungen in den Polzacken anzubringen und diese zudem aus ebenso dünnen Blechen bestehen wie der induzierte Teil. Durch Pulsation des gesamten Flusses infolge der Statorzähne ergeben sich weitere Verluste. Um die Luftreibung herabzusetzen, läuft der Rotor, dessen äußere Umfangsgeschwindigkeit 150 m/sec übersteigt, im Vakuum. Um die erzeugte Wärme abzuführen, muß der Rotor infolge dessen Ölkühlung erhalten, die auch auf den Stator ausgedehnt wird. Der einseitige Luftspalt ist bei den großen Typen von 250 bis 500 kW und 20000 bis 15000 Per/s etwa 0·8 bis 1 mm bei n = 3000 bis 2500.

Schließlich ist auch die Berechnung des nutzbaren magnetischen Kraftflusses, der zur Ermittlung der induzierten EMK notwendig ist, etwas

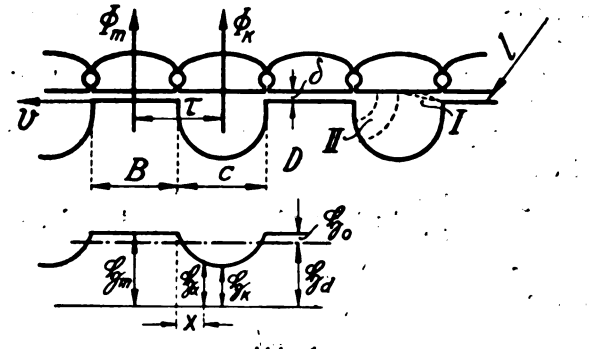


Abb. 1.

verwickelter als bei der üblichen Wechselpoltype, worüber ich hiernach ausführliche Angaben machen will. Infolge der Resonanzbelastung in der Radiotelegraphie ist die Klemmenspannung größer als die EMK.

In ganz ausgezeichneter, fast möchte ich sagen souveräner Weise behandelt das ganze Gebiet der Hochfrequenzmaschinen, beginnend mit Nikola Tesla, der wohlbekannte französische Fachmann J. Béthenod in seinem kürzlich erschienenen

---

[1]) Vgl. L. Högelsberger, E. u. M. 1921, S. 413.
[2]) Vgl. Niethammer, E. u. M. 1920, S. 141 ff.; Breitfeld, E. u. M. 1920, S. 537 ff.
[3]) Revue Générale de l'Electricité vom 13. April 1918, p. 539

Digitized by Google

Buche: „Les Alternateurs à haute fréquence", das André Blondel mit einer Vorrede ausgezeichnet hat. Der Elektroingenieur findet dort namentlich über die Maschinen des Autors alle konstruktiven und elektrischen Einzelheiten samt Schnittzeichnungen.

Berechnung der EMK. In Abb. 1 ist unterhalb des vorderen Zackenrades der beiläufige Verlauf der Induktion am inneren Statorumfang aufgezeichnet. Die in einem Statorleiter induzierte effektive EMK e_0 ist proportional der Differenz der größten Induktion $\mathfrak{H}_m$ und der kleinsten $\mathfrak{H}_k$, nämlich

$$e_0 = \frac{(\mathfrak{H}_m - \mathfrak{H}_k)}{2\sqrt{2}}\, l.v.10^{-8} \text{ in Volt}$$

oder

$$e_0 = \frac{1}{\sqrt{2}}\,\mathfrak{H}_0.l.v.10^{-8} \quad \ldots\ldots (2).$$

l = axiale Länge, v = Umfangsgeschwindigkeit, alles in cm.

Sind in jedem der zwei Statorringe Z Leiter vorhanden, so ist die maximal mögliche EMK

$$E_0 = 2Z.e_0.$$

Es mag hier zwischenbemerkt sein, daß mit wachsender Erregung und Eisensättigung der Unterschied zwischen $\mathfrak{H}_m$ und $\mathfrak{H}$ sich mehr und mehr verwischt, so daß die Leerlaufcharakteristik von einer bestimmten Erregung an bei wachsendem Erregerstom wieder fällt.

Die Ermittlung ron $\frac{\mathfrak{H}_m - \mathfrak{H}_k}{2} = \mathfrak{H}_0$ geschieht, wie dies auch J. Béthenod in dem zitierten Buch angibt, durch Aufzeichnung des Luftfeldes nach der von Th. Lehmann[4]) angegebenen Methode der kurvenlinearen Quadrate. Doch ist diese Methode etwas umständlich und für rasche Ermittlung muß man sich einen rechnerischen Weg schaffen oder, wie dies Lehmann macht, $\mathfrak{H}_m/\mathfrak{H}_k$ in $f(c/\delta)$ ein für allemal aufzeichnen, c = Zackenlücke.

Sind die in der gemeinsamen Erregerspule eingestellten Amperewindungen $= A$, so ist bei Vernachlässigung des magnetischen Widerstandes im Eisen

$$\mathfrak{H}_m = \frac{4\pi}{10} A : 2\delta \text{ und } \mathfrak{H}_k = \frac{4\pi}{10} A : 2\delta_m,$$

wenn δ^m der größte Luftweg ist, den man entweder aus δ und einem Viertelkreis mit dem Radius $c/2$ berechnen oder aber[5]) $= \sqrt{\delta^2 + \left(\frac{c}{2}\right)^2}$ setzen kann, also nach Abb. 1, Linie II

$$\delta_m = \delta + \frac{\pi}{4} c \quad \ldots\ldots (3a)$$

oder Linie I

$$\delta_m = \delta\sqrt{1 + \left(\frac{c}{2\delta}\right)^2} \quad \ldots\ldots (3b).$$

Zusammengefaßt ist also

$$\mathfrak{H}_0 = \frac{\frac{4\pi}{10} A}{4\delta}\left(1 - \frac{\delta}{\delta_m}\right) = \frac{4\pi}{10} A \frac{\gamma}{4\delta}$$

mit

$$\gamma = \begin{cases} 1 - \dfrac{1}{1 + \frac{\pi}{4}\frac{c}{\delta}} & \ldots\ldots (4a), \\ 1 - \dfrac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{c}{2\delta}\right)^2}} & \ldots\ldots (4b). \end{cases}$$

Diese Formeln müssen durchweg deswegen eine Korrektur erfahren, weil

$$\mathfrak{H}_0 = \frac{\mathfrak{H}_m - \mathfrak{H}_k}{2}$$

genau genommen zu ersetzen ist durch

$$\mathfrak{H}_0 = \frac{(\mathfrak{H}_m - \mathfrak{H}_k)\,\eta}{1 + \frac{B}{c}} \quad \ldots\ldots (2a),$$

wo nach Lamme $\eta = 0{\cdot}64$ ist.

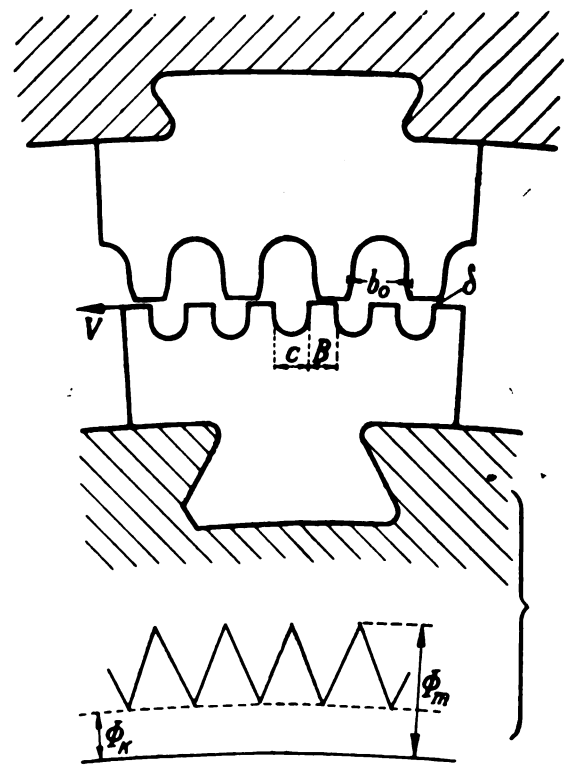


Abb. 2.

Viel genauere Werte gibt die von W. Carter[6]) für Nutenanker zuerst angegebene Methode unter Einführung des reduzierten Luftspaltes δ_r und B = Zackenbreite, $\mathfrak{H}_d$ = mittlere Induktion am ganzen Umfang:

[4]) Vgl. Lumière él., vom 23. 10. 1909; vgl. E. u. M. 1909. S. 1082.

[5]) Siehe schon Niethammer, ETZ 1899, S. 766, wo $\frac{\mathfrak{H}_m}{\mathfrak{H}_k} = 1 + \frac{c^2}{\delta^2}$ sowie $\frac{\mathfrak{H}_m}{\mathfrak{H}_d} = \frac{c}{\delta}\,\text{arctg}\,\frac{c}{\delta}$ errechnet wurde.

[6]) El. World, 30. 11. 1901, S. 885.

Digitized by Google

$$\mathfrak{H}_0 = \mathfrak{H}_m - \mathfrak{H}_d = \frac{\frac{4\pi}{10} A}{2\delta}\left(1 - \frac{\delta}{\delta_r}\right) = \frac{4\pi}{10} A \frac{\gamma}{4\delta}$$

mit

$$\gamma = \frac{2\sigma}{1 + \frac{c}{B}} \quad \ldots\ldots (4c),$$

wobei

$$\sigma = \frac{2}{\pi}\left\{\operatorname{arctg}\frac{c}{2\delta} - \frac{\delta}{c}\ln\left[1 + \left(\frac{c}{2\delta}\right)^2\right]\right\}. \quad (5).$$

Für $\frac{c}{\delta} > 5$ wird

$$\frac{\mathfrak{H}_m}{\mathfrak{H}_k} = \text{etwa } \frac{c}{2\delta}$$

und

$$\gamma = 1 - \frac{1}{c:2\delta} \quad \ldots\ldots (4d),$$

was auch aus (4 *b*) folgt.

Etwas zuverlässiger dürfte es sein, die totale EMK aus der Formel

$$E_0 = k.f.2Z.\Phi\, 10^{-8} \quad \ldots\ldots (6)$$

zu rechnen, worin $\Phi = \frac{\Phi_m - \Phi_k}{2}$ der Nutzfluß, Φ_m der höchste und Φ_k der kleinste, eine Spule durchsetzende Fluß nach Abb. 1 ist; die EMK-Ziffer k kann man meist gleich $\pi/\sqrt{2} = 2{\cdot}2$ setzen. Im weiteren schreibe ich

$$\Phi = \frac{\Phi_m}{2}\left(1 - \frac{\Phi_k}{\Phi_m}\right) = \frac{\mathfrak{H}_m B l}{2}\beta = \frac{\frac{4\pi}{10} A}{4\delta}\cdot \beta . B l \quad (7)$$

Nehme ich zunächst für den Kraftlinienweg wieder das Stück $(\delta + \frac{\pi}{2}x)$ nach Abb. 1, Linie II, so wird

$$\Phi_k = 2l\int_0^{\frac{c}{2}} \mathfrak{H}_x\, dx = 2l\delta\mathfrak{H}_m \int_0^{\frac{c}{2}} \frac{dx}{\delta + \frac{\pi}{2}x} =$$

$$= l\mathfrak{H}_m\delta . \frac{4}{\pi}\ln\left(1 + \frac{\pi}{4}\frac{c}{\delta}\right) \quad .. (8a).$$

Setze ich den Kraftlinienweg $= \sqrt{x^2 + \delta^2}$, so wird, Linie I in Abb. 1,

$$\Phi_k = 2l\int_0^{\frac{c}{2}} \mathfrak{H}_x\, dx = 2l\delta\mathfrak{H}_m \int_0^{\frac{c}{2}} \frac{dx}{\sqrt{x^2 + \delta^2}} =$$

$$= l\mathfrak{H}_m\delta . 2\ln\left\{\frac{c}{2\delta} + \sqrt{1 + \left(\frac{c}{2\delta}\right)^2}\right\} . (8b).$$

Im ersten Falle wird

$$\beta = \left[1 - \frac{\delta}{B}\cdot\frac{4}{\pi}\ln\left(1 + \frac{\pi}{4}\frac{c}{\delta}\right)\right] \quad . (9a),$$

im zweiten

$$\beta = \left[1 - \frac{2\delta}{B}\ln\left(\frac{c}{2\delta} + \sqrt{1 + \left(\frac{c}{2\delta}\right)^2}\right)\right] (9b),$$

während nach der genauen Methode von W. Carter

$$\Phi = \frac{\Phi_m - \Phi_k}{2} = \mathfrak{H}_0 B l,$$

also

$$\beta = 2\frac{\mathfrak{H}_0}{\mathfrak{H}_m} = \gamma = \frac{2\sigma}{1 + \frac{c}{B}} \quad . . . (9c).$$

Beispiel: $B = c = 5{\cdot}6$ mm und $\delta = 0{\cdot}8$; dann gibt

Formel (9 *a*): $\beta = 0{\cdot}66$,
„ (9 *b*): $\beta = 0{\cdot}435$,
„ (9 *c*): $\beta = 0{\cdot}58$.

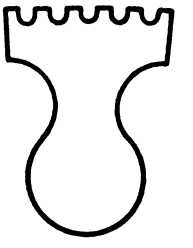


Abb. 3.

Wie die Abb. 2 und 3 zeigen, welche Bleche der Hochfrequenzmaschinen, System Béthenod, der Société Alsacienne de Constructions Mécaniques darstellen, sind die Statornuten vollständig offen, was natürlich eine weitere Verringerung des Kraftflusses mit sich bringt. Doch dürften die obigen Formeln für β auch für diesen Fall praktisch genügend genaue Resultate ergeben.

Über den heutigen Stand der Physik kleiner Teilchen.

Auf der 89. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf im Herbst 1926 berichtete Prof. F. Ehrenhaft, Wien, über den heutigen Stand der Forschung über das Verhalten kleinster, mit dem Mikroskop kaum noch wahrnehmbarer Materieteilchen. Im Folgenden soll versucht werden, das Ergebnis der Ehrenhaftschen Untersuchungen in großen Zügen darzustellen[1]).

Die Ehrenhaftschen Untersuchungen beziehen sich auf Teilchen von einer Größe bis auf weniger als ein hunderttausendstel Zentimeter, von allen möglichen festen und flüssigen Substanzen. (Zum Beispiel Ag, Au, Se, Hg, Öl usw.) Solche Teilchen werden durch Zerstäuben (mechanisch oder im elektrischen Lichtbogen) oder durch Verdampfen der betreffenden Substanz hergestellt. Die so erzeugten Teilchen unterliegen aber der Schwere und sinken, wenn man dies nicht verhindert, mehr oder weniger schnell zu Boden. Die auf ein Teilchen wirkende Kraft ist gegeben durch

$$\mathfrak{K} = m.g \quad \ldots\ldots\ldots (1),$$

wobei m die Masse des Teilchens bedeutet, g die Schwerebeschleunigung. Nun zeigt es sich aber, daß die betrachteten kleinen Teilchen entweder von Anfang an mit elektrischen Ladungen versehen sind, oder aber leicht (zum Beispiel mittels eines in die Nähe gebrachten radioaktiven Präparates) elektrisch geladen werden können. Bringt man nun ein derartig geladenes Teilchen zwischen zwei elektrisch geladene Kondensatorplatten (Ehrenhaft hat zu diesem Zweck eigens einen kleinen Kondensator konstruiert), so unterliegt es außer der Schwere noch der elektrostatischen An-

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, Heft 1, S. 11.

Digitized by Google

ziehung bezw. Abstoßung der elektrisch geladenen Platten. Man hat es auf diese Art in der Hand, dadurch, daß man die elektrische Feldstärke im Kondensator verändert, das betrachtete geladene Teilchen nach Belieben fallen oder steigen zu lassen oder in Ruhe zu erhalten. Die Kraft, die das Teilchen im vertikalen elektrischen Felde erfährt, ist:

$$\mathfrak{K} = m.g + \varepsilon.\mathfrak{E} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

ε bezeichnet die Ladung des Teilchens, $\mathfrak{E}$ die elektrische Feldstärke. Die letztere ist gegeben durch das Potentialgefälle im Kondensator, das heißt durch die Potentialdifferenz der beiden Platten, dividiert durch den Plattenabstand. Das Teilchen bleibt in Ruhe, wenn die Wirkung der Schwere und des elektrischen Feldes sich aufheben, das heißt wenn gilt:

$$\varepsilon\mathfrak{E} = -m.g \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Die kleinen Teilchen können nun leicht von der Seite beleuchtet und von vorne mit dem Mikroskop beobachtet werden.

Es soll nun zunächst die Bewegung derartiger Teilchen im umgebenden Gase untersucht werden. Es zeigt sich dabei, daß die Partikeln sich im reibenden Medium (Gas) mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegen, die der wirkenden Kraft proportional ist. Den Proportionalitätsfaktor bezeichnet man als die „Beweglichkeit" B des Partikels. Es gilt somit:

$$\mathfrak{v} = B.\mathfrak{K} \quad \ldots\ldots\ldots (4).$$

Die Beweglichkeit ist bei gegebenem Gase für jedes Partikel eine charakteristische Größe und hängt vom umgebenden Gase, dessen Druck, und von der Größe, Gestalt, Oberflächenbeschaffenheit und möglicherweise in geringem Maße vom Material des Teilchens ab. Im einfachsten Falle, wenn es sich um eine verhältnismäßig große Kugel handelt (das heißt hier, wenn der Radius der Kugel groß ist gegen die mittlere, freie Weglänge der Moleküle des umgebenden Gases), gilt die Stokesche Formel:

$$B = \frac{1}{6\pi\mu a} \quad \ldots\ldots\ldots (5).$$

a bedeutet den Radius der Kugel, μ den Reibungskoeffizienten des umgebenden Gases. Die Beziehung (5) gilt auch für die Bewegung einer Kugel in einer reibenden Flüssigkeit.

Wenn die Kugel nicht mehr groß ist gegen die mittlere, freie Weglänge l, so ist an (5) eine Korrektur anzubringen, von der Gestalt

$$B = \frac{1}{6\pi\mu a}\left(1 + A\frac{l}{a}\right) \quad \ldots\ldots (6).$$

In dieser Gestalt, die zuerst von Cunningham theoretisch hergeleitet wurde, gibt (6) die Beweglichkeit einer kleinen Kugel im verdünnten Gas recht gut wieder. A ist eine Konstante, die in der Regel in der Nähe von 1 liegt; l, die mittlere, freie Weglänge des umgebenden Gases, ist eine Größe, die dem Gasdruck umgekehrt proportional ist. Aus der kinetischen Gastheorie weiß man, daß $l = \frac{1}{p}\cdot\frac{\mu}{\sqrt{3RT}}$ ist. Tragen wir l als Abszisse, B als Ordinate auf, so ergibt sich eine Gerade. (Abb. 1.) Eine ähnliche Abbildung ergibt sich natürlich nach (4) auch, wenn wir anstatt B die Geschwindigkeit $\mathfrak{v}$ als Funktion von l abtragen, denn dann haben wir ja nur (6) auf beiden Seiten mit der Kraft $\mathfrak{K}$ zu multiplizieren. Abb. 2 zeigt eine Reihe derartiger, experimentell aufgenommener Diagramme. Wir erkennen, daß Abb. 2 im Großen und Ganzen den Typus von Abb. 1 gut wiedergibt.

Bei genauerem Zusehen zeigt sich jedoch, daß die experimentell ermittelten Kurven eine leichte Krümmung nach oben aufweisen. Diesem Umstand trägt die empirisch gewonnene Beziehung von M. Knudsen und S. Weber Rechnung:

$$B = \frac{1}{6\pi\mu a}\left\{1 + \frac{l}{a}\left(A + De^{-c\frac{a}{l}}\right)\right\} \quad \ldots (7),$$

die bei geeignet gewählten Konstanten A, C und D mit allen Beobachtungen in Übereinstimmung gebracht werden kann. Wie man aber schon aus dem Vergleich der Kurven in Abb. 1 und Abb. 2 ersieht, ist die Korrektur, die (7) gegenüber (6) bedeutet nur unbeträchtlich, so daß man sich für viele Zwecke mit der Beziehung (6) begnügen kann. Es sei aber nochmals darauf hingewiesen, daß diese Beziehungen streng nur für kugelförmige Partikeln gelten, auf die wir uns im Folgenden auch beschränken werden.

Die erzeugten kleinen Partikel sind tatsächlich in der Regel kugelförmig. Für kleine Teilchen, deren Gestalt im Mikroskop noch wahrgenommen werden kann, erkennt man das aus Abb. 3. Die hier reproduzierten

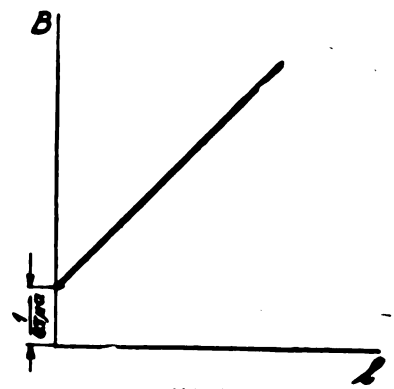


Abb. 1.

Aufnahmen von Quecksilber wurden mit der Rohr-Köhlerschen Apparatur (Mikroskop mit Quarzoptik) aufgenommen, und zwar wurde zur Beleuchtung ultraviolettes Licht (Wellenlänge 275 $\mu\mu$) verwendet, da ja bekanntlich das Auflösungsvermögen eines Mikroskops mit abnehmender Wellenlänge zunimmt.

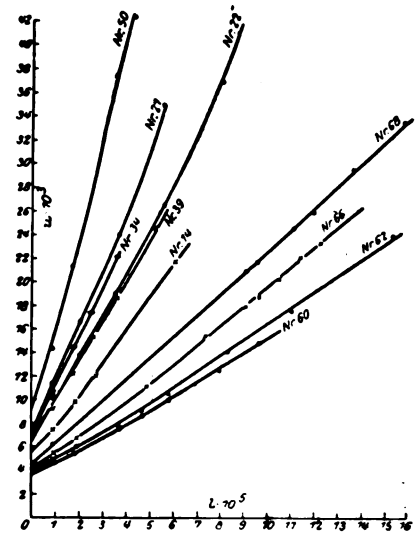


Abb. 2.

Nachdem nun die Bewegungsgesetze kleiner Kugeln im reibenden Gase bekannt sind, können die kugelförmigen Partikeln unter dem Einfluß aller möglichen Kräfte untersucht werden. Näher studiert wurden die Partikel im Schwerefeld, im elektrischen und magnetischen Feld und schließlich unter der Einwirkung intensiver Lichtstrahlen. Das Licht übt bekanntlich auf einen bestrahlten Körper einen Druck in der Strahlrichtung aus. Ferner bewirkt die von einem Körper absorbierte Lichtmenge eine Erwärmung des betreffenden Körpers. Ein ungleichmäßig erwärmter Körper erfährt im verdünnten Gase, wie schon lange bekannt ist, Kräfte, die sogenannten Radiometerkräfte. Auf diesem Prinzip beruhen zum Beispiel die bekannten „Lichträdchen", die man häufig in den Schaufenstern von Optikern sieht.

Digitized by Google

Wird nun ein kleines Teilchen durch einen Lichtstrahl erwärmt, so wird je nach dem Brechungskoeffizienten des Teilchenmaterials die vordere oder die hintere Hälfte des Kügelchens stärker erwärmt. Lichtdruck und Radiometerkräfte werden daher das beleuchtete Teilchen in Bewegung setzen, und zwar je nach dem Material desselben, bald in Richtung des Lichtstrahles, bald demselben entgegengesetzt. Es gibt also Substanzen, die vom Licht abgestoßen und solche, die vom Licht an-

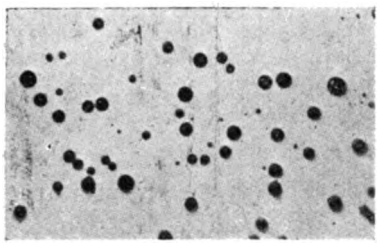


Abb. 3a. Apertur 1·25.

gezogen werden. Diese Erscheinung wurde von Ehrenhaft „Photophorese" genannt[2]).

Es soll nun ein kleines Kügelchen unter der alleinigen Einwirkung der Schwere betrachtet werden. Ein solches Teilchen bewegt sich mit einer konstanten

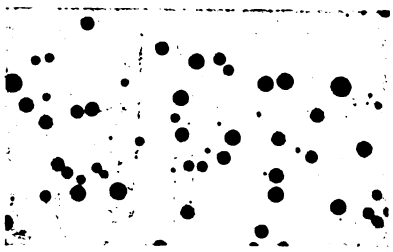


Abb. 3b. Apertur 0·85.

Geschwindigkeit v_f nach unten. v_f kann nun leicht gemessen werden, indem man die Zeit bestimmt, die das Teilchen braucht, um von einer Marke im Gesichtsfeld des Mikroskops zu einer um einen bekannten Betrag tiefer liegenden Marke zu gelangen. Führt man diesen

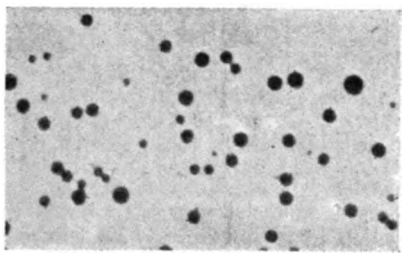


Abb. 3c. Apertur 0·35.

Versuch am selben Teilchen bei verschiedenen Gasdrucken aus, und trägt man dann v_f als Funktion von l auf, so gelangt man zu einer Kurve, wie sie in Abb. 2 gezeigt wurde. Die so erhaltene Kurve approximieren wir durch eine Gerade:

$$v_f = \alpha_f + \beta_f . l \quad \ldots\ldots\ldots (8).$$

α_f stellt den Ordinatenabschnitt der Kurve dar, β_f deren Neigung. α_f und β_f sind also empirisch bestimmbar. Das Bewegungsgesetz unseres Kügelchens erhalten wir aber andererseits durch Einsetzen von (1) und (6) in (4). Wenn wir gleichzeitig die Masse des Kügelchens durch seinen Radius und seine Dichte σ ausdrücken

$$m = \frac{4}{3} K a^3 \sigma,$$

so gilt:

$$v_f = \frac{2}{9} \frac{g}{\mu} a^2 \sigma \left(1 + A \frac{l}{a}\right) \quad \ldots\ldots (9).$$

Durch Vergleich mit (8) erhält man daraus

$$\alpha_f = \frac{2}{9} \frac{g}{\mu} a^2 \sigma \quad \ldots\ldots\ldots (10).$$

$$\beta_f = \frac{2}{9} \frac{g}{\mu} a A \sigma \quad \ldots\ldots\ldots (11).$$

(10) und (11) geben zwei Gleichungen, die man nach zwei der darin vorkommenden Größen auflösen kann. Wenn wir also die Dichte σ kennen, so läßt sich der Radius a des Teilchens und die Konstante A des Widerstandsgesetzes bestimmen. Als Dichte des Teilchens wird man dabei offenbar die Dichte des unverteilten Teilchenmaterials einzusetzen haben. Immerhin ist es aber möglich, daß beim Zerstäuben manche Teilchen durch Verunreinigungen oder aus anderen Gründen eine andere Dichte erhalten als das unzerteilte Material. Solche Teilchen lassen sich aber bis zu einem gewissen Grade erkennen. Wir wissen nämlich, wie schon oben erwähnt wurde, aus der Theorie und aus einer großen Zahl von Beobachtungen, daß A in der Nähe von 1 liegt. Erhält man daher für ein gemessenes Teilchen aus (10) und (11) unter der Voraussetzung normaler Dichte einen Wert von A der von 1 stark abweicht, so ist das ein Zeichen dafür, daß entweder das Teilchen nicht kugelförmig ist, oder aber eine Dichte hat, die von der des

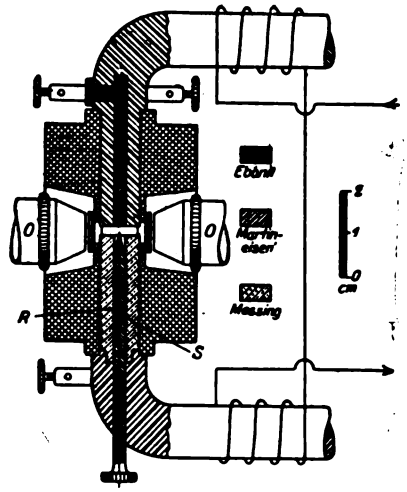


Abb. 4.

unzerteilten Materials wesentlich abweicht. Für ein Teilchen mit normaler Dichte und Kugelgestalt ermöglicht also die skizzierte Methode die Bestimmung des Radius und somit auch des Gewichts.

Um das Verhalten der kleinen Teilchen im Magnetfeld zu untersuchen, konstruierte Ehrenhaft einen Magneten, der gestattet, auf einem sehr kleinen Raum ein verhältnismäßig sehr starkes Magnetfeld zu erregen. Abb. 4 gibt die Skizze des Apparates wieder, der von Ehrenhaft als Mikromagnet bezeichnet wird. Dieser besteht im wesentlichen aus zwei ungleichen Polschuhen aus Weicheisen, die an einen hufeisenförmigen Elektromagneten angeschlossen werden. Der eine Polschuh besteht aus einer Platte, der andere aus einem durch eine Schraube verstellbaren Stift. Durch Verstellen des Stifts kann das Magnetfeld variiert werden. Außerdem ist dafür gesorgt, daß die zwischen den Polschuhen befindlichen Teilchen durch Anlegen einer elektrischen Spannung am Herunterfallen verhindert werden können.

Schwebt man nun ein kleines Teilchen zunächst in einem elektrischen Feld aus und schaltet hierauf ein Magnetfeld ein, so kann man leicht die Beeinflussung des Teilchens durch das Magnetfeld untersuchen. Zunächst ergibt sich, daß die kleinen Teilchen sich ganz analog verhalten, wie die betreffenden Substanzen im unzerteilten Zustande. Unter dem Einfluß des äußeren

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1917, S. 486; 1918, S. 310; 1919, S. 411; 1920, S. 77; 1921, S. 24, 468.

Digitized by Google

Feldes werden sie magnetisiert und setzen sich im inhomogenen Feld in Bewegung. Je nachdem ob es sich um para- oder diamagnetische Substanzen handelt, bewegen sich die Probekörper von den Stellen kleinerer zu den Stellen größerer Intensität (wie zum Beispiel Teilchen von Se, Te, Au, Ag, Bi usw.) oder umgekehrt (zum Beispiel Fe, Pt, Ni). Die Kraft, die auf einen Magneten vom magnetischen Moment $\mathfrak{m}$ wirkt, ist gegeben durch:

$$\mathfrak{K} = \mathfrak{m} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x} \quad \ldots\ldots\ldots (12),$$

wenn $\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x}$ den Gradienten der magnetischen Feldstärke bedeutet. Das magnetische Moment des Teilchens bei der Magnetisierung im Felde ist proportional der Feldstärke und dem Teilchenvolumen V:

$$\mathfrak{m} = \varkappa . V . \mathfrak{H} \quad \ldots\ldots\ldots (13).$$

$\varkappa$ bezeichnet dabei die sogenannte „Volumsuszeptibilität" der Substanz, das ist das Moment, das durch ein Feld von der Intensität 1 an 1 cm³ des betreffenden Materials induziert wird. Berücksichtigt man noch, daß sich $V = \frac{4}{3} \pi a^3$ durch den Radius a unserer kleinen Kugel ausdrücken läßt, so folgt aus (12) und (13) für die Kraft, die ein Teilchen im magnetischen Feld erfährt:

$$\mathfrak{K} = \varkappa \frac{4}{3} \pi a^3 \mathfrak{H} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x} \quad \ldots\ldots\ldots (14).$$

Analog wie dies oben für das Schwerefeld geschehen ist, kann man auch die Bewegung im Magnetfeld untersuchen. Nur ist jetzt die Kraft, die auf das Teilchen wirkt, nicht mehr im ganzen Gesichtsfeld des Mikroskops konstant, sondern variiert mit dem Ort. Daher ändert sich auch die Geschwindigkeit unserer Teilchen von Ort zu Ort. Um in einer Stelle die Geschwindigkeit zu bestimmen, ist es daher nötig, sich bei den Beobachtungen auf die nächste Umgebung dieser Stelle zu beschränken, in der sich das Feld nicht merklich ändert. Aus den Beobachtungen an einer bestimmten Stelle des Gesichtsfeldes bei verschiedenen Drucken erhält man wieder eine Kurve die darstellbar ist durch:

$$v_m = a_m + \beta_m . l,$$

wobei a_m und β_m wie oben aus der Kurve bestimmt werden können. Aus (4) und (14) erhält man, wenn man berücksichtigt, daß das Teilchen immer auch der Schwere unterliegt und wenn die Richtung des Magnetfeldes in Richtung der Schwere orientiert ist:

$$v_m = \frac{2 a^2}{9} \frac{g\sigma + \varkappa \mathfrak{H} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x}}{\mu} \left(1 + A \frac{l}{a}\right)$$

und durch Vergleich der Koeffizienten:

$$a_m = \frac{2}{9} \frac{a^2}{\mu} \left(g\sigma + \varkappa \mathfrak{H} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x}\right),$$

$$\beta_m = \frac{2}{9} \frac{aA}{\mu} \left(g\sigma + \varkappa \mathfrak{H} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x}\right).$$

Berücksichtigt man nun noch die Beziehungen (10) und (11), die man gewinnt, indem man dasselbe Teilchen bei ausgeschaltetem Magnetfeld im Schwerefeld allein untersucht, so erhält man:

$$a_m - a_f = \frac{2}{9} \frac{\varkappa}{\mu} a^2 \mathfrak{H} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x} \quad \ldots\ldots (15).$$

$$\beta_m - \beta_f = \frac{2}{9} \frac{\varkappa}{\mu} aA \mathfrak{H} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x} \quad \ldots\ldots (16),$$

Diese Relationen können nun zunächst dazu benützt werden, um das Magnetfeld auszumessen. Eliminieren wir nämlich aus (15) und (16) a und lösen nach $\mathfrak{H} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x}$ auf, so erkennt man, daß man $\mathfrak{H} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x} = \frac{1}{2} \frac{\partial \mathfrak{H}^2}{\partial x}$ an der betrachteten Stelle gewinnen kann, wenn man die Volumsuszeptibilität unseres Teilchens kennt. Wählt man nun als „Eichpartikel" etwa ein Tröpfchen Eisenchloridlösung, deren Volumsuszeptibilität bekannt ist, so kann man, indem man an genügend vielen Stellen des Magnetfeldes die Geschwindigkeiten des Teilchens mit und ohne Magnetfeld mißt, $\frac{\partial \mathfrak{H}^2}{\partial x}$ als Funktion der Raumkoordinaten erhalten. Durch Integration findet man dann leicht $\mathfrak{H}$, wenn die Feldstärke am Rande, etwa am plattenförmigen Polschuh bekannt ist. Damit ist eine Methode gegeben, kleine inhomogene Magnetfelder auszumessen.

Nachdem nun das Feld mittels des Eisenchloridtröpfchens ausgemessen worden ist, kann in diesem Felde ein anderes Teilchen untersucht werden. Durch Division von (15) durch (10) erhält man

$$\frac{a_m - a_f}{a_f} = \frac{\varkappa}{\sigma} \cdot \frac{\mathfrak{H} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x}}{g},$$

eine Beziehung, in der außer $\frac{\varkappa}{\sigma} = \varkappa_m$ nur meßbare Größen vorkommen. Für $\varkappa_m$ ergibt sich:

$$\varkappa_m = \frac{g}{\mathfrak{H} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial x}} \frac{a_m - a_f}{a_f} \quad \ldots\ldots (17).$$

$\varkappa_m$ ist die sogenannte „Massensuszeptibilität". Diese ist eine Atomkonstante, eine Größe, die für jede Substanz charakteristisch ist. Durch Bestimmung von $\varkappa_m$ kann somit das Material eines Teilchens festgestellt werden. Durch Untersuchung eines Kügelchens im Felde des Mikromagneten ist es also möglich, seine Substanz zu bestimmen. Für die Ehrenhaftschen Untersuchungen ist dies auch deshalb von Bedeutung, weil sich daraus eine neue Möglichkeit ergibt, zu beurteilen, ob ein Probekörperchen tatsächlich aus demselben Material besteht, wie die unzerteilte Substanz, oder ob das Teilchen bei der Erzeugung durch andere Stoffe verunreinigt wurde.

Die Geschwindigkeitsmessungen an kleinen Kügelchen können schließlich noch dazu benützt werden, um Aussagen über die Ladungen dieser Teilchen zu gewinnen. Für ein Teilchen im elektrischen Feld gilt nach (2), (4) und (6):

$$v_e = \frac{\varepsilon \mathfrak{E} + \frac{4}{3} \pi a^3 \sigma}{\sigma \pi \mu a} \left(1 + A \frac{l}{a}\right) \quad \ldots\ldots (18).$$

Aus den experimentell gewonnenen Kurven, die die Abhängigkeit der Geschwindigkeit v_e von l darstellen, lassen sich wiederum die Koeffizienten von

$$v_e = a_e + \beta_e l$$

gewinnen. Wählen wir $\mathfrak{E} = \mathfrak{E}^*$ speziell so, daß das Teilchen in Ruhe bleibt, so wird $v_e = 0$ und wir erhalten aus (18) unter Berücksichtigung von (10) und (11):

$$\frac{\varepsilon \mathfrak{E}^*}{\sigma \pi \mu a} = - a_f; \quad \frac{\varepsilon \mathfrak{E}^* A}{\sigma \pi \mu a^2} = - \beta_f$$

Hieraus erhalten wir die Beziehung:

$$\frac{\varepsilon}{A} = \frac{\sigma \pi \mu}{\mathfrak{E}^*} \frac{a_f^2}{\beta_f} \quad \ldots\ldots\ldots (19).$$

Es ist somit aus der Kenntnis von $\mathfrak{E}^*$ und den aus den Fallgeschwindigkeiten bestimmbaren Koeffizienten a_f und β_f möglich, den Quotienten $\frac{\varepsilon}{A}$ zu bestimmen. A kann, wie wir oben gesehen haben aus (10) und (11) berechnet werden, wenn die Dichte des Teilchens als bekannt vorausgesetzt wird, außerdem ist über die Größe A unabhängig davon bekannt, daß ihr Betrag in der Nähe von 1 liegt. Es ist somit möglich, aus (19) die Ladung des Teilchens zu gewinnen.

Die Untersuchungen an kleinen Teilchen haben dazu geführt, daß es heute möglich ist, durch Messung der Geschwindigkeiten von kugelförmigen Partikeln im Felde der Schwere, im elektrischen und im magnetischen Feld, auf die Größe, das Gewicht, die stoffliche Beschaffenheit und die elektrostatische Ladung derselben zu schließen. Die Anregung zu diesen Untersuchungen gab vor allem die Frage nach den Ladungen der kleinen Teilchen. Die Theorie macht nämlich hierüber ganz bestimmte Voraus-

Digitized by Google

sagen, sie behauptet, daß die Ladungen alle ganzzahlige Vielfache eines Elementarquantums, des Elektrons, sein müssen. Kleinere Ladungen als das Elektron sollen nicht vorkommen dürfen. Nun hat sich die Annahme des Elektrons in vielen wichtigen Kapiteln der Physik außerordentlich gut bewährt, und man kennt auch die Ladung des Elementarquantums ($4{\cdot}77 \cdot 10^{-10}$ el. st. E.). Es ist daher sehr verwunderlich, daß die Ladungen, die nach der oben geschilderten Methode an kleinen Teilchen gefunden wurden, nach den Untersuchungen von Ehrenhaft und anderen zum Teil beträchtlich unterhalb der Ladung des Elektrons liegen[3]). Man sieht sich deshalb vor die Alternative gestellt, entweder die bisher angenommene Unteilbarkeit des Elektrons aufzugeben, oder sich nach einer anderen befriedigenden Erklärung der systematischen Ladungsunterschreitungen umzusehen. In dieser Richtung wurden verschiedene Versuche gemacht, die darauf hinauslaufen, daß die Kugelgestalt der verwendeten Teilchen sowie deren Dichte angezweifelt werden. Es kann aber keine dieser Annahmen eine befriedigende Deutung der Beobachtungsresultate geben. Trotzdem ist es heute, bei der Wichtigkeit der Frage nach der Teilbarkeit des Elektrons für das physikalische Weltbild, noch verfrüht aus dem Scheitern der anderen versuchten Deutungen der Meßresultate definitiv auf die Existenz von Ladungen, die kleiner sind als das Elektron, zu schließen. Die Diskussion darüber ist noch nicht abgeschlossen. Dr. Guido Beck.

[3]) Vgl. a. E. u. M. 1910, S. 826; 1913, S. 1127.

Rundschau.

Maschinenelemente.

Prüfkammer für Schleuderversuche an raschlaufenden Maschinenteilen. Die Metropolitan Vickers El. Co. hat in ihrer Fabrik in Manchester unter Benutzung der Kriegserfahrungen bei bombensichern Unterständen und ähnlichen Gebäuden eine eigene Prüfkammer erbaut, die für Läufer bis rund 12 m Länge und rund 4·5 m Durchmesser bestimmt ist. Die etwa 3 m starken Mauern bestehen außen aus Eisenbeton und haben innen Lufttaschen, die mit Sandsäcken bedeckt und mit Holzbalken verkleidet sind. Etwaige Sprengstücke werden in diesen Mauern sicher aufgefangen. Auch die an einer Stirnseite befindliche Schiebetür von 17 t Gewicht ist aus Eisenbeton mit Holzverkleidung. Das die Prüfkammer enthaltende Gebäude steht unmittelbar neben der Montierungshalle, die Läufer werden dort auf ein fahrbares Lagergestell gebracht, das dann in die Prüfkammer gerollt und dort fest verankert wird. Zum Antrieb der Läufer dient ein in einer gesonderten Kammer untergebrachter 1800 PS, 500 V, 700 bis 1800 U/min Gleichstrommotor mit einem Übersetzungsgetriebe für Umlaufzahlen von 250 bis 21 600 U/min an der getriebenen Welle. Die Kupplung zwischen dem Getriebe und dem zu prüfenden Läufer ist so ausgebildet, daß sie eine Überlastung und Brüche des Getriebes und des Antriebsmotors verhindert. Die Lager für den Läufer sind mit Hochdruckölschmierung versehen, so daß eine unmittelbare Berührung zwischen Welle und Lager durch den Ölfilm verhindert und damit das Anlaufen sehr erleichtert wird. In einer gesonderten Beobachtungskammer sind alle Anlaß-, Schalt- und Ausschalteinrichtungen und die Meßgeräte untergebracht. Die Versuche werden so durchgeführt, daß man den zu untersuchenden Maschinenteil zuerst bei normaler Umlaufszahl laufen läßt und dabei die Meßgeräte und die Druckölеinrichtung auf ihre richtigen Funktionen überprüft. Dann wird die Prüfkammer abgeschlossen und es werden die eigentlichen Versuche unternommen, wobei den Überwachenden nur der Aufenthalt in der Beobachtungskammer gestattet ist. J.

(Engg., Bd. 122, Nr. 3181, 1926.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Wahl der Leerlaufspannung bei Drosseltransformatoren. Beim elektrischen Lichtbogen, wie bei verschiedenen anderen Vorgängen, muß in den Stromkreis ein positiver, sogenannter Beruhigungs-Widerstand eingeschaltet werden. Bei Wechselstrom wird hiezu eine Drosselspule, bezw., wenn benötigte Spannung und Netzspannung stark abweichen, ein Drosseltransformator verwendet. Drosseltransformatoren haben große Streuung. Die Leerlaufspannung eines solchen Drosseltransformators liegt viel höher als die Belastungsspannung. Die Transformatorgröße wird bestimmt durch die bei einem gewissen Sekundärstrom verlangte Sekundärspannung. Die vorhandenen Blechschnitte bestimmen andererseits die Kerngröße, in der die verlangte Leistung untergebracht werden soll. Mit den Dimensionen des Kerns ist dann auch der Streufaktor bekannt und die Abhängigkeit der Streuspannung vom Sekundärstrom bestimmt. H. Rühlemann findet nun durch einfache Rechnung jene Leerlaufspannung E_2, die bei der verlangten sekundären Leistung L_2, die günstigste Induktion ergibt. Für diese gilt die Gleichung

$$E_2 = \frac{J_2 E_{R2} + V}{f \cdot J_2} \cdot \sqrt{2} = \frac{L_1}{f \cdot J_2} \cdot \sqrt{2}$$

(J_2 = Sekundärstrom, E_{R2} = sekundäre Wirkspannung, $V = \Sigma$ aller Transformatorverluste, L_1 = primäre Leistung, f = Faktor zur Berücksichtigung des Magnetisierungsstromes). Der Verfasser zeigt dann weiters, daß für diesen Wert von E_2 das primäre Spannungsdreieck gleichschenklig rechtwinklig wird, so daß

$$E_1 = E_{S1}\sqrt{2} = E_{R1}\sqrt{2}$$

ist, wobei E_1, E_{S1}, E_{R1}, die primäre Leerlauf-, Streu- bezw. Wirkspannung bedeuten. Es läßt sich nach der abgeleiteten Gleichung somit für eine verlangte sekundäre Leistung bei gegebenen Dimensionen die Leerlaufspannung so wählen und die Wicklung so auslegen, daß die günstigste Induktion herrscht. Andererseits läßt sich unter Annahme einer zulässigen maximalen Induktion die Leistung bestimmen, die aus einer Type herausgeholt werden kann. f. f.

(ETZ, Bd. 47, Heft 42, 1926.)

Ventil für Transformatorenkühltaschen. E. L. R. Bliss beschreibt ein unmittelbar in die Flanschen zum Anschluß der Kühltaschen für luftgekühlte Transformatoren von der General Electric Co. eingebautes Ventil. Die Abnahme der Kühltaschen ist zuweilen bei Verladung oder Verschiffung nicht zu umgehen, jedoch soll der Transformator ölgefüllt versendet werden und jede Konstruktion, die durch Rauminanspruchnahme zwischen Transformator und Kühltaschen die Außendimensionen und damit den Raumbedarf des ganzen Transformators erhöhen würde, ist ausgeschlossen. Als einziger Ausweg ergibt sich ein Ventil, das in der Durchströmrichtung nur den Raum des Flansches beansprucht. Der Ventilteller, der den Durchgangsquerschnitt verschließt, wird beim Öffnen durch Drehen nach Art eines Hahnes um 180 Grad zuerst ein wenig vom Sitz abgehoben und dann um 90 Grad um eine horizontale Achse gedreht, wodurch der Querschnitt zum größten Teil freigegeben wird. Für jede Kühltasche ist oben und unten ein solcher Flansch vorgesehen. Um vor Abnahme des Kühlkörpers das darin enthaltene Öl auslaufen lassen zu können, ist in jedem Flansch eine für gewöhnlich mit Schraubstöpsel verschlossene Bohrung vorgesehen, deren eine beim Entleeren als Lufteintrittsöffnung dient. Bei Ausbesserungen an den Kühltaschen kann durch derartige Flanschen jede Betriebsunterbrechung vermieden werden. Gn.

(General Electric Review, Bd. 29, Nr. 12, Dez. 1926.)

Digitized by Google

Brandschutz für Generatoren in Wasserkraftanlagen. Während ein Brandschutz für Turbogeneratoren mit geschlossener Umlaufkühlung keine Schwierigkeit mehr bedeutet[1]), ist diese Frage für langsam laufende Generatoren offener Bauart, wie sie in Wasserkraftanlagen zur Verwendung gelangen, noch nicht als gelöst zu betrachten. J. A. Johnson und E. J. Burnham stellen als allgemeine Gesichtspunkte für diesen Zweck folgende Bedingungen auf, die bei den 65 000 kVA-Vertikalgeneratoren der Niagara Falls Power Co.[2]) erfüllt sind. Die wirksamste Vorkehrung gegen Brandgefahr stellt eine nicht entzündbare Isolation dar, andererseits sind jedoch meist mit Rücksicht auf Biegbarkeit Faserstoffe für Wickelkopfisolation zu verwenden. Um einen entstandenen Generatorbrand tunlichst an der Ausbreitung zu hindern, ist darauf zu achten, daß die vom Polrad zugeführte Kühlluft die Wickelköpfe ausschließlich in radialer Richtung durchstreicht. Erzielt wird dies im vorliegenden Fall durch Anordnung eines mit Rücksicht auf Wirbelströme mit Bakelit bezw. Asbest umkleideten, gußeisernen Leitapparates. Versuche haben tatsächlich ergeben, daß mit Hilfe dieser Einrichtung ein Brand sich — selbst in einer Zeit von 15 min — nur in einem Raum von 0·5 bis 0·75 m am Umfang ausbreitet. Die Feuermeldung und Löscheinrichtung wird durch ein System von Brausen besorgt, die zu beiden Seiten der Maschine am ganzen Umfang in bestimmten Entfernungen voneinander verteilt sind. Die Einrichtung dieser Brausen ist mit geringen Abweichungen dieselbe, wie bei den für den Gebäudeschutz schon seit einer Reihe von Jahren in Verwendung stehenden[3]). Die Brausen, die über ein Nadelventil betriebsmäßig unter Luftdruck stehen, besitzen eine Verschlußeinrichtung, deren Lötverbindung bei einer bestimmten Temperatur abschmilzt. Nach Überschreiten dieser Temperatur lösen sich die einzelnen Teile, fallen in ein zum Schutz der Maschine angeordnetes Drahtnetz und geben so die Öffnung des Brausenkopfes frei, wobei der durch die Drosselwirkung des Nadelventils verminderte Luftdruck einen Alarm zum Ertönen bringt. Die an zahlreichen Stellen des Umfanges angebrachten Handlöcher ermöglichen es dem Wärter, sofort seinen Löschapparat an die gefährdete Stelle zu dirigieren, bezw. falls es noch nötig ist, einen Wasserhahn aufzudrehen und das Brausensystem aus einem Windkessel unter Wasser zu setzen. Hiebei ist der durch Wasser an der Isolation verursachte Schaden gering, da ja nur durch die bereits offenen 1 bis 2 Brausen ein Wasserstrahl austritt. St. Schw.

(Gen. El. Rev., Bd. XXIX, Heft 11, Nov. 1926.)

Stromverteilung.

Bedienungslose Gleichrichteranlagen. W. Walty. Die selbsttätig arbeitende Unterstation gestattet nicht nur an Auslagen für Betriebspersonal zu sparen, sondern ermöglicht auch eine Unabhängigkeit in der örtlichen Aufstellung der Anlagen an den Stellen des stärksten Konsums, so daß weitere Ersparnisse infolge des Wegfalles langer Speiseleitungen und der Verluste in diesen hinzukommen. Diese Möglichkeit wird sich im Laufe der Zeit dahin auswirken, daß eine Umwälzung in der bisher geübten Praxis der zentralisierten Stromumformung eintritt. Die Gleichrichteranlage, deren Inbetriebsetzung an und für sich sehr einfach durchzuführen ist, eignet sich wie keine andere Umformeranlage für bedienungslosen Betrieb. (Brown, Boveri & Cie. hat bereits 90 vollständig bedienungslose Gleichrichteranlagen bestellt erhalten, von denen 26 schon in Betrieb sind.) Es genügt, solche Stationen alle vier Tage einer flüchtigen Kontrolle und etwa ein- bis zweimal monatlich einer genauen Untersuchung zu unterziehen. Die Apparate für die selbsttätige Bedienung sind heute so vervollkommnet, daß sich alle Aufgaben lösen lassen, die der praktische Betrieb stellen kann. Die Mehrauslagen sind im Vergleich zu den Ausgaben für die Erhaltung ständigen Personals gering und verzinsen und amortisieren sich in ganz kurzer Zeit.

Die Bedingungen für das In- und Außerbetriebsetzen einer Anlage bezw. einzelner Gleichrichtergruppen können etwa sein: *a)* Die Anlage ist dauernd Tag und Nacht in Betrieb oder wird durch eine Schaltuhr in Abhängigkeit der Zeit geschaltet. *b)* Eine Gleichrichtergruppe wird in Abhängigkeit der Erwärmung der Nachbargruppe geschaltet. *c)* Die Anlage wird durch einen Fernsteuerschalter von einer Bedienungsstelle aus geschaltet. *d)* Das Einschalten erfolgt bei sinkender Netzspannung, das Abschalten bei sinkender Stromabgabe des Gleichrichters. *e)* Ein Gleichrichter wird im Falle einer Störung der Nachbargruppe eingeschaltet.

Die Automatik setzt sich im Prinzip zusammen aus: 1. Einer Wiedereinschalt-Begrenzungs-Vorrichtung für den Primärölschalter, deren Aufgabe es ist, nach Auslösen durch Maximalstrom zu bestimmten Zeiten mehrere Male wieder selbsttätig einzuschalten und einer Kontrollstelle zu melden, wenn das Einschalten erfolglos geblieben ist. Zünden, Erregen und Anstellen des Kühlwassers erfolgt nach Einlegen des Ölschalters auch bei handbedienten Anlagen selbsttätig. 2. Einer Betätigungseinrichtung für das Luftpumpenaggregat, das unabhängig vom Betrieb des Gleichrichters in Abhängigkeit des Vakuums ein- und ausschaltet. 3. Einer selbsttätigen Feeder-Einschalt-Begrenzungs-Vorrichtung, die die gleiche Aufgabe wie unter 1. beschrieben, hinsichtlich der Speisepunkt-Schalter zu erfüllen hat, in welchem Falle sich noch eine Erdschlußprüfungsvorrichtung derart kombinieren läßt, daß das Einschalten nur dann durchgeführt wird, wenn die Speiseleitung frei von Erdschluß ist, wodurch Schalter und Gleichrichter geschont werden. Schutz- und Signaleinrichtung ergänzen die Ausstattung einer solchen automatischen Gleichrichteranlage, deren Aufstellung, sei es für die Speisung neuer Gebiete oder die Verstärkung vorhandener Netze die modernste und wirtschaftlich günstigste Lösung darstellt. Mi.

(BBC-Mitteilungen, Heft 10, Okt. 1926.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Wechselstromkollektormotor oder Asynchronmotor für Kranhubwerke. Wegen seiner günstigen Eigenschaften, Reihenschlußcharakteristik, mäßiger Energieverbrauch im Anlauf, feinfühlige und verlustlose Geschwindigkeitsregelung durch Bürstenverschiebung, sowie eines günstigen Leistungsfaktors bei Teillasten, hat in einer früheren Arbeit F. Jungblut die Überlegenheit des Derimotors gegenüber dem Asynchronmotor im Kranbetrieb nachzuweisen gesucht[1]). Dagegen wird von C. Schiebeler[2]) eingewendet, daß der Drehstrommotor bei Vollast und Nenndrehzahl mit größerem Wirkungsgrad arbeitet, die ungleich höheren Verluste bei verminderter Drehzahl aber während einer wegen des geringeren Schwungmomentes weitaus kürzeren Beschleunigungsperiode abgeführt werden. Bei genügend großen Hubhöhen und Ausnutzung der vollen Geschwindigkeit dürfte daher der Energieverbrauch des Drehstrommotors eher geringer sein. Diesen Gegensatz gegenüber der Vergleichsmessung von Jungblut erklärt Schiebeler durch die veraltete Bauart und unsachgemäße Behandlung des verwendeten Asynchronmotors. Weiters ist die Senkgeschwindigkeit des Derimotors zur Vermeidung von Bürstenfeuer mittels eines Zentrifugalschalters, der die Bürsten über einen Widerstand schließt, auf das 1·3 bis 1·4 fache der Vollasthubgeschwindigkeit zu begrenzen, während der Asynchronmotor nach kürzerer Beschleunigungszeit die 2 bis 2·5 fache Geschwindigkeit ohne Hilfsmittel gestattet. Schiebeler sieht ferner in dem großen Anzugsmoment des Derimotors keinen Vorteil, da eine Steigerung des Anzugsmomentes auf das Dreifache die Gefahr des Kippens oder der Deformation des Auslegers befürchten läßt; überdies ist bei niederer Geschwindig-

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 484 und 1926, S. 175, 844.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 128.
[3]) Vgl. a. Hütte, 23. Aufl., III. Bd., S. 467.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 164.
[2]) Fördertech. u. Frachtverkehr, Bd. 19, H. 18, 1926.

Digitized by Google

keit der cos φ gering, während er beim Asynchronmotor gleich bleibt. Da die Stromkosten erfahrungsgemäß kaum 10 vH der gesamten Jahreskosten der Anlage ausmachen, dürfte eine mögliche Stromersparnis die teurere, außerdem mechanisch und elektrisch empfindlichere Anlage schwerlich rechtfertigen.

In seiner Erwiderung verweist F. Jungblut[1]) auf den Irrtum, den Beharrungszustand als ausschlaggebend zu betrachten, da erfahrungsgemäß kaum mehr als die halbe Spielzeit mit voller Geschwindigkeit durchfahren wird außer bei großen Hubhöhen, bei welchen allerdings der Drehstrommotor überlegen sein dürfte. Bei halber Drehzahl dagegen ist die Stromaufnahme des Derimotors um 42 vH geringer als beim Asynchronmotor; dazu kommt noch, daß zum Beispiel im Greiferbetrieb bei Öffnen und Schließen des Greifers sich selbsttätig eine 30 bis 40 vH höherer Geschwindigkeit (Reihenschlußcharakteristik) einstellt, die eine größere Spielzahl ermöglicht. Bezüglich des Ankerschwungmomentes werden die Verhaltnisse insofern günstiger, als bei gleicher Umschlagsfähigkeit die Leistung des Derimotors wesentlich kleiner gewählt werden kann, da bei Heben leichter Lasten und des leeren Hakens 50 bis 70 vH höhere Drehzahlen erreichbar sind als beim Drehstrommotor. Da im Stückgutbetrieb etwa 75 vH aller Lasten unter Halblast liegen, so gleicht die hiebei erzielbare höhere Hubgeschwindigkeit des Derimotors die eventuelle größere Senkgeschwindigkeit des Induktionsmotors aus. Zudem ist Senken bei großen Geschwindigkeiten durch Abkuppeln des Motors immerhin möglich. Eine Gefahr des Kippens oder der Deformation besteht nach Ansicht Jungbluts nicht, da sich das größere Drehmoment nicht am Ausleger, sondern in der Massenträgheit der zu bewegenden Teile auswirkt, umsomehr als die Standsicherheit der Krane und die Festigkeit des Auslegers so groß bemessen sind, daß auch das dreifache Anzugsmoment keinen gefährlichen Einfluß ausüben kann. Der schlechtere cos φ des Derimotors bei verminderter Drehzahl ist ausgeglichen durch den günstigen Leistungsfaktor bei Teillasten, so daß im Mittel der Leistungsfaktor des Derimotors höher liegt. Für das Anlagekapital bedeutet die Installierung eines Derimotors nur einen Mehraufwand von 3 bis 5 vH, ein Betrag, der den Kapitalsdienst kaum beeinflußt und sich durch die Stromersparnisse, sowie größere Schonung des Getriebes in Kürze bezahlt macht.

Zuletzt wurde noch von dritter Seite in die Diskussion eingegriffen. E. Behne[2]) unterzieht sich der Mühe, unter verschiedenen Voraussetzungen Kraftbedarf und Wirtschaftlichkeit der beiden Motortypen, des Kollektor- und Asynchronmotors, in Abhängigkeit der Hubhöhe von 4 bis 20 m zu berechnen, und gelangt zu dem Ergebnis, daß nur bei niedrigen Hubhöhen bis etwa 4 m und einer jährlichen Benutzungsdauer in der Größenordnung von 3000 Stunden sich der Kollektormotor, gleichgültig ob Deri- oder Drehstrom-Kollektormotor, um ungefähr 10 vH wirtschaftlicher stellt. Die Berechnung ist für den Greiferbetrieb angestellt, das heißt das Hubwerk führt bei jedem Spiel gleiche Last. Dagegen kann wohl im Stückgutbetrieb und in sonstigen Anwendungsfällen, wo wechselnde Last auftritt, der Kollektormotor das Feld behaupten. Das gegenteilige Ergebnis der obigen Vergleichsmessung von Jungblut wird einerseits auf die Ungenauigkeit einer Verbrauchsmessung aus der Differenz zweier nur wenig verschiedener Zählerablesungen zurückgeführt — eine Planimetrierung der veröffentlichten Konsumkurve zeigt auch Unstimmigkeiten gegenüber dem Ergebnis Jungbluts —, andererseits waren auch nach Ansicht Behnes dem Induktionsmotor zu ungünstige Verhältnisse zugebilligt worden. St. Schw.

[1]) Fördertechn. u. Frachtverkehr, Bd. 19, H. 25, 1926.
[2]) Bergmann-Mitteilungen, 4. Jahrg., Nr. 4, 1926.

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Die deutsch-holländische Fernkabelverbindung. Von Oberpostrat K. Dohmen, Berlin und Ing. E. F. Petritsch, Haag. Im Juni 1926 wurde die Fernkabelstrecke Mühlheim (Ruhr) — Wesel — Arnheim (Holland) dem Betriebe übergeben. Diese Kabellinie, die bei Mühlheim von der großen deutschen Fernkabellinie Berlin—Hannover — Köln abzweigt, ist deshalb wichtig, weil sie nicht allein dem deutsch-holländischen Fernsprechverkehre dienen wird, sondern auch bestimmt ist, den Telephonverkehr zwischen Deutschland und England zu vermitteln. Die deutsche Teilstrecke dieser Kabellinie ist von der Deutschen Fernkabelgesellschaft, die holländische von der Siemens & Halske A.-G., Berlin, hergestellt worden. Die Verlegungs- und Ausgleichsarbeiten dauerten vom Mai 1925 bis Jänner 1926. In Wesel und Arnheim sind für den Verkehr über dieses Fernkabel Verstärkerämter eingerichtet worden. Das Fernkabel enthält 20 Vierer mit 1·4 mm starken Kupferadern, 29 Vierer mit 0·9 mm starken, insgesamt daher 147 Sprechkreise. Der Kernvierer mit 0·9 mm starken Adern ist durch einen 1 mm starken Bleimantel von den anderen Leitungen abgetrennt. Das Kabel ist als Erdkabel verlegt; in den deutschen Städten verläuft es als Röhrenkabel in Zementkanälen, in den holländischen Ortschaften wurde es mit Betonplatten abgedeckt. Seine Gesamtlänge beträgt 106·255 km. Die 64 Pupinspulen sind wie beim Rheinlandkabel[1]) in Entfernungen von je 1·66 km eingebaut. Die Spuleninduktivität beträgt 0·170 Henry für die Stämme und 0·068 Henry für die Vierer. Die Abgleichkondensatoren befinden sich in Kondensatormuffen in der Mitte der Spulenfelder; die Muffen bestehen aus einer Bleimuffe mit einer darüber gelegten gußeisernen Schutzmuffe. An der Landesgrenze bei Babberich wurde auf holländischem Gebiet ein Kabelhaus mit Untersuchungs-Lötstellen in Trennmuffen errichtet.

Zum Abgleich der Leitungen wurde das Abgleichverfahren von Siemens & Halske auf der ganzen Strecke verwendet. Der Abgleich erfolgte in jedem einzelnen Spulenfelde bei offenen Enden. Zwischen Wesel und Arnheim wurde eine große Zahl von Sprachmessungen ausgeführt, zwischen Arnheim und der Landesgrenze fanden Messungen mit einem Meßgerät statt. Aus den erhaltenen Dämpfungslinien ergab sich, daß die Neben- und Gegennebensprechdämpfungen bei den dünnen Leitungen etwas größer sind, als bei den dicken. Der Abgleich ist auch für die hohen Frequenzen sehr gut. Das Nebensprechen ist durch die hohe Güte des Abgleiches sehr vermindert worden, die Güte ist durch die große Symmetrie der Spulen und die Gleichmäßigkeit des Kupferwiderstandes bedingt. In der Strecke Wesel — Arnheim erhielt man folgende Mittelwerte des Dämpfungsmaßes b für das Übersprechen:

Nebensprechen		Gegen Nebensprechen der Vierdrahtleitungen	
Stamm/Vierer	Stamm/Stamm	Stamm/Vierer	Stamm/Stamm
8·7	9·8	9·1	9·9

Auf der holländischen Teilstrecke ergaben sich aus den Messungen noch etwas günstigere Werte. Für das Übersprechen der Sprechkreise unmittelbar benachbarter Vierer erhielt man den Wert 9 für 1·4 mm starke Adern und 9·2 für 0·9 mm starke. Für die Kreisfrequenz $\omega = 5000$ ist die spezifische Dämpfung β für den 1·4 mm starken Stamm 0·0092, für den Vierer 0·0089, bei den 0·9 mm starken Leitungen für den Stamm 0·0181, für den Vierer 0·01785. Die Schwankungen des Wellenwiderstandes sind sehr gering, weil die Betriebskapazitäten sehr gleichmäßig sind, was auf die Gleichmäßigkeit der einzelnen Kabellängen, der einzelnen Spulenfelder und die äußerst genaue Einhaltung der Spulenabstände zurückzuführen ist. Wegen dieser geringen Schwankungen des Wellenwiderstandes läßt sich die Doppelrohr-Zwischenverstärkerschaltung sehr gut nachbilden; die Verstärker arbeiten daher ohne Störungen. Die Abgleichgüte ist ein Maßstab für die Schwankungen des Wellenwiderstandes. Die elektrischen Eigenschaften des neuen Fernkabels sind als recht befriedigend anzusehen.

N o w.

(Europ. Fernsprechdienst, Heft 2, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 237.

Digitized by Google

Baustoffe.

Einfluß der Bearbeitung auf den thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Metalle. Von W. Jubitz (Mitteilung aus dem Forschungslaboratorium des Siemens-Konzern). Bei Bronzestäben zeigte sich für das untersuchte Intervall von 20 bis 50° C, daß der Ausdehnungskoeffizient der gleiche bleibt, wenn der Stab auf 0·75 des Durchmessers heruntergewalzt, oder auf den halben Durchmesser gehämmert, bezw. gezogen, oder auch ausgeglüht wird. Ebenso war auch bei Eisenstäben eine Veränderung des Ausdehnungskoeffizienten durch die Bearbeitung nicht festzustellen. Beide Metalle gehören dem regulären Kristallsystem an, und es ist anzunehmen, daß die Unbeeinflußbarkeit des Ausdehnungskoeffizienten durch die Bearbeitung für Vertreter dieses Systems allgemein gilt. Von nicht regulären Metallen wurden Zink, Cadmium und Magnesium untersucht. Die Zinkstäbe wurden zuerst bei einer Temperatur von 150° C vorbearbeitet und dann kalt weiterbearbeitet. Wurde der gegossene Stab von 20 mm Durchmesser bei 150° auf 18 mm heruntergewalzt, so stieg der Ausdehnungskoeffizient stark über den Wert für gegossenes Material, bei weiterer Kaltbearbeitung bis auf 3 mm nahm er dann dauernd ab, wobei bei einem zwischen 15 und 12 mm liegenden Durchmesser der Wert für gegossenes Material durchschritten wird. Abgesehen von dem ersten Anstieg stimmt das Ergebnis der Untersuchung mit Versuchen an Zink-Einkristalldrähten überein. Der erreichte größte und kleinste Wert verhalten sich rund wie 2 : 1, der Wert für gegossenes Material liegt etwa in der Mitte zwischen den Grenzwerten für Einkristalle in der Richtung der Hauptachse und senkrecht dazu. Bei Bearbeitung durch Rundhämmern ist das Ergebnis das gleiche wie beim Walzen (zuerst ein Anstieg über den Wert für gegossenes Material und dann ein dauerndes Fallen). Bei einer nachträglichen Erwärmung der Zinkstäbe auf 300° tritt für alle gewalzten und gehämmerten Stäbe eine weitere Verminderung des Ausdehnungskoeffizienten ein, die aber bei 3 mm Durchmesser (von 20 heruntergearbeitet) so gering ist, daß man anscheinend hier sich einer unteren Grenze nähert. Vergleiche mit Versuchen über die Ausdehnung von Einkristallen ergaben, daß man dem für Einkristalle bestimmten unteren Werte schon ziemlich nahe gekommen ist, während der obere Wert für Einkristalle viel höher liegt als der bei den vorliegenden Versuchen erreichte Höchstwert. Versuche mit Stäben, deren Bau sich dem eines Einkristalles nähert, bezw. mit einem aus zwei großen Kristallen bestehenden Stabe, lieferten wieder die gleichen Ergebnisse. Die Cadmiumstäbe, die von vornherein kalt bearbeitet werden können, so daß ein Einfluß der Erwärmung nicht in Betracht kommt, wurden gehämmert. Gewonnen wurden sie, da das Gießen Schwierigkeiten bereitet, ebenso wie die zuletzt besprochenen Zinkstäbe durch langsames Wachstum. Ähnlich wie bei Zink liegt auch hier der Anfangswert des Ausdehnungskoeffizienten nahe der unteren theoretischen Grenze (für Einkristalle), er steigt mit der Bearbeitung stark an, und zwar viel näher als bei Zink bis zum oberen Werte für Einkristalle, um bei weiterer Bearbeitung stetig zu fallen. Daß der erreichte Höchstwert dem oberen Grenzwerte viel näher liegt als bei den Zinkstäben, dürfte daran liegen, daß bei den Cadmiumstäben der den Ausdehnungskoeffizienten stark herunterdrückende Einfluß der Temperatur der Vorbehandlung fehlt, so daß es bei Verwendung entsprechender Versuchseinrichtungen (wozu die vom Verfasser benutzten nicht ausreichten) möglich erscheint, auch bis zum oberen Grenzwert zu kommen. Die weiteren Versuche mit gegossenen Magnesiumstäben zeigten in Übereinstimmung mit dessen bekannten Eigenschaften, daß die Veränderung des Ausdehnungskoeffizienten durch die Bearbeitung nur sehr gering ist. Schließlich wurde noch bei gegossenen und langsam gewachsenen Stäben aus Wismut und Antimon ein Unterschied des Ausdehnungskoeffizienten festgestellt, der wohl etwas größer ist als bei Magnesium, aber viel kleiner als bei Zink und Cadmium. J.

(Z. f. techn. Physik, 7. Jahrg., Nr. 11, 1926.)

Patentbericht.

Elektrische Meßinstrumente.

(Fortsetzung aus Heft 16, Seite 329.)

Registrierende Instrumente.

Eine Vorrichtung zum Aufzeichnen elektrischer Spannungen, insbesondere hochfrequenter Schwingungen mit steilem Anstieg, hat die Firma Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. angegeben. Man hat beobachtet, daß, wenn man feinpulverisierten Schwefel und Mennige über eine elektrisch geladene isolierte Platte verteilt, sich Figuren bilden, die Schneeflocken und anderen Kristallen ähneln. Es wird vorgeschlagen, diese Erscheinung durch Schaffung eines Instrumentes auszunützen, in dem eine lichtempfindliche Platte oder Papier die Welle mit steilem Anstieg bei Ausschluß des Lichtes aufzeichnet. Eine lichtempfindliche Platte wird in einem lichtdichten Gehäuse zwischen positive und negative Elektroden gebracht und einer elektrischen Spannung unterhalb der Lichtgrenze ausgesetzt. Wenn die positive Elektrode über und die negative Elektrode unter dem lichtempfindlichen Papier sich befindet, ist die durch eine Welle entstehende Figur in ihrer Art deutlich verschieden von derjenigen, die man erhält, wenn die Stellungen der Elektroden miteinander vertauscht werden. Von dem lichtempfindlichen Papier werden einzelne Blätter nacheinander in das Instrument eingelegt und automatisch oder von Hand ausgewechselt, um eine oder mehrere Wellen mit steilem Anstieg aufzuzeichnen.

(Ö. P. Nr. 104229.)

Meßschaltungen.

Eine Erfindung der Firma Siemens & Halske A.-G. betrifft eine Einrichtung an Wheatstoneschen Brücken zur Kompensierung des Einflusses der Umgebungstemperatur. Bei Brücken aus Platindrähten, zum Beispiel für die Gasanalyse, wird die Messung durch die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Anordnung beeinflußt. Der Brückenstrom ist bestimmt durch das Verhältnis der Änderung eines Widerstandes, die von dem Prüfgas hervorgerufen wird, zu dem ganzen Widerstand. Die Änderung des Widerstandes ist von der Temperatur unabhängig, die Widerstände selbst der Brückenseiten hingegen von ihr abhängig. Das auf das Anzeigeinstrument wirkende Verhältnis der vom Prüfgas erzeugten Widerstandsänderung zu dem Wert des Widerstandes nimmt daher cet. par. mit wachsender Umgebungstemperatur ab. Es kann aber auch das Meßgerät an sich nicht temperaturunabhängig sein, oder es können Verbindungsleitungen so hohen Widerstandes verwendet werden, daß ihr Temperaturkoeffizient die Schaltung beeinflußt. Bei dem genannten Beispiel ändert sich auch die Wärmeleitfähigkeit des Prüfgases und des Vergleichsgases mit der Temperatur. Den Einfluß der Temperaturabhängigkeit der Widerstände der Brückenseiten hat man durch einen Vorschaltwiderstand für die ganze Brücke herabsetzen können. Dagegen mangelt es zur Zeit noch an einer Kompensation für sämtliche Fehler der Messung, die von den Schwankungen der Außentemperatur hervorgerufen werden. Die gesamte Temperaturabhängigkeit der Anzeige in einer Wheatstoneschen Brücke, die sich als Gesamtwirkung verschiedener Temperatureinflüsse ergeben kann, wird nach der Erfindung dadurch kompensiert, daß die Strombelastung der Brücke entsprechend der Umgebungstemperatur geändert wird, und zwar mit Hilfe eines Nebenschlusses zur Brückenanordnung von geeignetem Temperaturkoeffizienten.

(D. R. P. Nr. 437704.)

Es ist bekannt, mit einer einzigen Messung einen Erdungs- oder Ausbreitungswiderstand zu bestimmen. Bei dieser Schaltung werden verglichen einerseits der Spannungsabfall zwischen einer in der Erde befindlichen Prüfplatte und einer in die Erde gesteckten Sonde beim Durchgang des Meßwechselstromes und andererseits der Spannungsabfall in einem dazu parallel geschalteten, regelbaren

Digitized by Google

Widerstand bekannter Größe. Als Anzeigevorrichtung dient ein Telephon, und die Regelung geschieht auf ein Minimum der Tonstärke im Telephon. Indessen läßt das Telephon einerseits nicht erkennen, nach welcher Seite die Regelung des Widerstandes erfolgen muß und andererseits ist auch die Genauigkeit der Einstellung auf ein Minimum der Tonstärke bekanntlich nicht sehr groß. Nach einer Erfindung der Firma Siemens & Halske A.-G. werden diese Nachteile dadurch vermieden, daß als Anzeigevorrichtung eine an sich bekannte Verbindung eines Gleichstromanzeigers mit einer Vorrichtung zum Gleichrichten des Wechselstromes verwendet und die Phase im Gleichrichter derart eingestellt wird, daß der infolge des Phasenfehlers des induzierenden Schaltteiles bei Gleichheit der Vergleichswiderstände in der Anzeigevorrichtung verbleibende Strom keine Wirkung auf den Ausschlag des Galvanometers ausübt. Bei dem bisher üblichen Verfahren würde man die Gleichrichtung so eingestellt haben, daß die Ein- und Ausschaltung in den Zeitpunkten geschehen wäre, in denen der von der Stromquelle gelieferte Meßstrom seine Richtung umkehrte. Dabei zeigt es sich aber, daß das Anzeigegerät niemals auf Null geregelt werden kann. Bei der Einrichtung nach der Erfindung hingegen ist die Anwendung einer Nullmethode möglich, nachdem die Ursache des genannten Übelstandes festgestellt wurde. Dies beruht darauf, daß bei der Erzeugung des Stromes in dem regelbaren Widerstand mit Hilfe eines an den Meßstromkreis angeschlossenen Stromwandlers eine nicht beabsichtigte Phasenverschiebung des Sekundärstromes gegen den Primärstrom entsteht. Infolge dieser Phasenverschiebung haben auch die zu vergleichenden Spannungsabfälle in der Erde und in dem Regelwiderstand nicht die gleiche Phase. Es kann daher die Spannungsdifferenz am Anzeigeinstrument niemals gleich Null werden.

(Ö. P. Nr. 104304.)

Es ist bekannt, in Zählerprüfeinrichtungen die Prüfschaltung, soweit die Spannungsspulen in Betracht kommen, für jede Art von Schaltung des zu prüfenden Zählers durch Umstecken eines einzigen Kontaktträgers, der mit einer größeren Reihe von Kontakten besetzt ist, umzuschalten, um Irrtümer bei dem An- und Abschalten der einzelnen Verbindungen zu vermeiden. Diese Umschaltung erstreckte sich bisher nur auf die Messung der Wirkleistung nach der Aronschaltung und die mit Sternschaltung der Spannungsspulen. Nach einer Erfindung der Firma Siemens & Halske A.-G. werden der für diese Umschaltung benützte Kontaktsatz, sowie der zugehörige Satz von Vorschaltwiderständen derart erweitert, daß durch Umschaltung des Kontaktträgers auch die Prüfung von Blindleistungszählern der verschiedenen Schaltungen ermöglicht wird. Dabei wird zweckmäßig für die Blindleistung ein weiterer Satz von Vorschaltwiderständen verwendet. Die einzelnen Widerstände sind dann so bemessen, daß sich für zwei Schaltungen zur Messung von Wirk- und Blindleistung, die einander so entsprechen, daß jede Spannung in der einen Messung durch eine um 90° verschobene in der anderen Messung ersetzt ist, dieselbe Konstante des Wattmeters sich ergibt.

(Ö. P. Nr. 104875.)

Bei Eichung und Messung mit Wechselstrom liegt vielfach die Aufgabe vor, einen Strom oder eine Spannung entweder in der Phase oder in der Stärke oder in beiden zugleich zu ändern. Für alle drei Zwecke hat sich die Zusammensetzung des gesuchten Stromes aus zwei Strömen von verschiedener festliegender Phase brauchbar erwiesen. Durch Änderung der Stärke dieser beiden Stromkomponenten kann man dem resultierenden Strom jede beliebige Phase und Größe verleihen. Diese Zusammensetzung des Stromes aus verschiedenen Phasen läßt sich dadurch erzielen, daß man einen asynchronen Dreiphasenmotor durch Anschluß einer Phase an ein einphasiges Netz anlaufen läßt. Es bildet sich dann im Motor ein nahezu symmetrisches Drehfeld aus, und man kann von den Klemmen des Ständers eine nahezu symmetrische Dreiphasenspannung abnehmen. Aus zweien dieser Phasen lassen sich dann die regelbaren Teilströme dieser Teilspannungen entnehmen, etwa mittels Transformatoren oder Spannungsteilern, aus denen der resultierende Strom gewonnen wird. Die Einrichtung hat aber die Unbequemlichkeit, daß mit einer Änderung der Phase zugleich eine Änderung der Stromstärke verbunden ist, die dann erst wieder durch gleichmäßige Verringerung oder Vergrößerung beider Komponenten ausgeglichen werden muß. Im Interesse einer einfachen und schnellen Einstellung sollen Phase und Stromstärke getrennt eingestellt werden. Dies geschieht nach einer Erfindung der Firma Siemens & Halske A.-G. durch eine Anordnung, bei der der zu regelnde Strom der Sekundärspule eines Phasentransformators entnommen wird, dessen Primärklemmen an den Primäranschlüssen eines Drehstrommotors liegen, der mit einer Phase an eine Wechselstromleitung angeschlossen ist. Da sich aus dem einphasigen Anschluß des Motors kleine Schwankungen der Sekundärspannung des Phasentransformators ergeben, werden Ohmsche Widerstände eingebaut, die zwischen den an die Einphasenleitung angeschlossenen Klemmen des Drehstrommotors und den zugehörigen Phasen des Phasentransformators angeordnet sind.

(D. R. P. Nr. 433191.)

Die Bestimmung der Amplitude und Phase einer Wechselspannung durch Kompensation kann in der Weise ausgeführt werden, daß die zu untersuchende Wechselspannung kompensiert wird durch eine in bezug auf Amplitude und Phase veränderliche Kompensationsspannung, die aus zwei hintereinander geschalteten, um 90° in der Phase verschobenen Teilspannungen besteht. Bei der Messung werden die beiden Teilspannungen so lange geändert, bis die zusammengesetzte Spannung die zu prüfende Spannung kompensiert. Eine Erfindung der Firma Hartmann & Braun A.-G. in Frankfurt am Main stellt ein auf diesem Prizip beruhendes Meßverfahren dar. Die beiden zur Kompensation der zu prüfenden Wechselspannung dienenden Teilspannungen werden dargestellt durch zwei um 90° in der Phase verschobene und in bezug auf Größe und Richtung einzeln regelbare EMK, welche in den beiden voneinander unabhängigen Sekundärspulen zweier in der Kopplung kontinuierlich veränderlicher Transformatoren induziert werden, deren Primärspulen von zwei voneinander unabhängigen Wechselströmen durchflossen werden, welche dieselbe Frequenz besitzen, wie die zu prüfende Wechselspannung. Als Transformator kann man zwei voneinander unabhängige, geeichte Variatoren für gegenseitige Induktion benützen, die ohne Umpolen der Spulenanschlüsse kontinuierlich veränderbare Teilspannungen positiven und negativen Vorzeichens zwischen Null und dem Höchstwert einzustellen und an entsprechend geeichten Skalen unmittelbar abzulesen gestatten.

(D. R. P. Nr. 432173.)

Eine Erfindung der Firma Emil Haefely & Cie. A.-G. in Basel betrifft eine Meßkondensatorschaltung für Hochspannungskreise. Bei Zusammenschaltung des Meßkondensators mit zwei an diesen gelegten, gegeneinander geschalteten Ventilröhren - Gleichrichtern zu einem Meßkreis ist in diesen mindestens eine elektromotorische Hilfsspannung mit der Maßgabe eingeschaltet, daß sie auf die durch die Ventilröhren-Gleichrichter im Meßkreis bedingte Lokalspannung kompensierend wirkt (Abb. 1). C ist ein an einem Hochspannungskreis liegender Meßkondensator mit Meßausschnitt *c*. Dieser Ausschnitt *c* ist mit den beiden gegeneinander geschalteten Elektronenröhren *a*, *b* zu einem Meßkreis zusammengeschaltet, wobei einer der

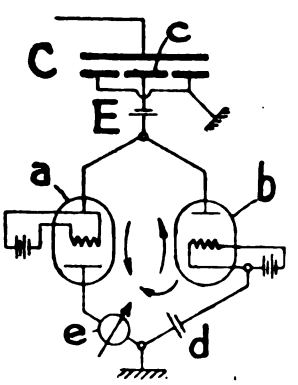


Abb. 1.

Digitized by Google

Zweige ein Drehspulinstrument *e* enthält, während in den anderen Zweig eine durch ein Element oder eine Polarisationszelle *d* dargestellte Gegenspannung verlegt ist. Diese Gegenspannung ist mindestens so groß, als die Summe der den Kreisstrom verursachenden Spannungen der Elektronenröhren. Die Gegenspannung, die den einen Kondensatorbelag auf ein konstantes, um den Betrag der Gegenspannung anderes Potential hebt, kann leicht kompensiert werden durch eine EMK (Element *E*), die in die Verbindungsleitung von dem Kondensator zum Gleichrichterkreis geschaltet ist.

(Ö. P. Nr. 104306.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3507 **Gleichrichter.** Von Dipl. Ing. Josef Just, Sammlung Göschen, Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1926. Mit 90 Abb. Preis Mk. 1·50.

Nach einer kurzen Einleitung werden die mechanischen Gleichrichter beschrieben, unter die merkwürdigerweise auch die Flamme, die Kristalldetektoren, und eine aus Spitze und Platte gebildete Funkenstrecke eingereiht werden. Dann folgen als Gleichrichter mit elektrischer Ventilwirkung die Elektrolytgleichrichter und die Gasentladungsgleichrichter. Den weitaus größten Teil des Büchleins nimmt das daran anschließende Kapitel über die technischen Ausführungsformen der Gasentladungsgleichrichter ein. Hier ist auch ziemlich viel praktisch verwendbares Material zusammengestellt, doch ist im erklärenden Teil in dem Bestreben nach Anschaulichkeit manche Unrichtigkeit unterlaufen. So ist zu Beispiel die Raumladung keine Spannung, die Elektronen bewegen sich nicht mit Lichtgeschwindigkeit und manches ähnliche. Den Schluß bildet eine kurze Darstellung der elektrischen Staubreinigung.

Hauer.

1041 **Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen.** Band III: Energie. Von Dr. Heinrich Danneel, Sammlung Göschen. Walter de Gruyter & Co. Preis geb. Mk. 1·50.

Die Reihe Elektrochemie (3 Bände) liegt nun geschlossen vor[1]). Der Band III befaßt sich, dem Untertitel „Energie" entsprechend, in den ersten beiden Kapiteln mit den thermodynamischen und energetischen Grundbegriffen. Sie sind in klarer und kurzer Form dargestellt. Erwähnt sei, daß auf Seite 55 ff. die Sprengstoffe behandelt sind, vielleicht in einer für die Zwecke des Büchleins zu breiten Art. Auf Seite 57 ist eine Ansicht über die Wirkung der Initialexplosion (Wärmeimpuls?) wiedergegeben, die wohl nicht ganz zu billigen ist, da die mechanische Wirkung der Initialzündung gar nicht berücksichtigt wird. Das Kapitel III bringt die van t'Hoffsche und Nernstsche Formel und ihre Anwendung an kleinen Beispielen. Die Kapitel über „Elektrodenpotentiale", „Galvanische Elemente" und „Die Messung der EMK", wobei auch auf die praktische Anwendung zum Beispiel bei den Elementen und der elektrometrischen Maßanalyse in dankenswerter Weise hingewiesen ist, beschließen das Buch. Die Literaturhinweise sind so karg, daß sie wohl besser ganz fortbleiben. Der Druck, die Abbildungen und die sonstige Ausstattung stehen auf der Höhe. Das Buch ist als Repetitorium sehr zu empfehlen. Zur Einführung für den Laien oder Anfänger ohne Erläuterungen durch den Lehrer ist es weniger geeignet. Es liegt dies sicher nicht an der Darstellung, sondern an dem Stoff der gerade im vorliegenden Buche in anerkennenswerter Art gemeistert wurde.

L. Tavs.

2499 **Der Eisenbahn-Elektrotechniker.** Gemeinverständliche Lehrhefte für Eisenbahner. Von Min.-Rat a. D. Wilhelm Wechmann. I. Teil. Grundlagen der praktischen Elektrotechnik. Heft 1: Der elektrische Strom im Leiter. 2. Auflage, 116 Seiten mit 58 Abb. Verlag d. Verkehrswissenschaftl. Lehrmittel-Ges. m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. Berlin 1927. Preis Mk. 4·—.

Die Sammlung der in zwangloser Folge erscheinenden Hefte, die aber jeweils ein in sich abgeschlossenes Gebiet behandeln, soll dem mit den elektrischen Zugförderungseinrichtungen betrauten Eisenbahner die unumgänglich notwendigen Kenntnisse vermitteln und ihn instand setzen, ohne fachmännische Hilfe die sich ihm bietenden Probleme und Aufgaben selbständig zu lösen. Das vorliegende Heft des einführenden I. Teiles bearbeitet mit viel Geschick seine Aufgabe, eine ohne irgend welche Vorkenntnisse verständliche Definition und Erklärung technischer und besonders elektrotechnischer Begriffe und Einheiten zu geben, sowie eine Darstellung der Gesetze der Elektrizitätsbewegung in festen und flüssigen Leitern (Elektrolyse, Bleisammler). Ein Eingehen auf Wechselstrombegriffe ist in diesem Hefte vorläufig noch vermieden. Das Bändchen ist seinem allgemeinen Charakter entsprechend für jeden, der eine Einführung in das Wesen der Elektrotechnik erstrebt, zum Selbststudium geeignet. Diesem Zwecke dient auch eine Zusammenstellung von Fragen mit Hinweis auf die entsprechenden Buchstellen zur Rekapitulation des gebrachten Lehrstoffes und eine ein Drittel des Umfanges umfassende Sammlung von sinnreichen Aufgaben aus der Praxis über das behandelte Gebiet nebst deren vollständiger Lösung.

St. Schwarz.

[1]) Vgl. die Besprechung des Bandes I und II, E. u. M. 1925, S. 539.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	11. IV. 1927	12. IV. 1927	13. IV. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126½	125¼	125¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	57-57½	57-57½	57-57½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	110—115	110—115	110—115

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 13. April 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	5	0	61	15	0
Wire bars	61	15	0	—	—	—
Standard Kassa . .	54	13	9	54	16	3
Standard 3 Monate .	55	6	3	55	8	9
Zinn:						
Engl. ingots	302	0	0	303	0	0
Standard Kassa . .	305	0	0	305	5	0
Standard 3 Monate .	298	0	0	298	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .	28	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	29	16	3	30	2	6
Remelted	30	15	0	—	—	—
English Swansea . .	30	6	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 22 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 1. Mai 1927 | Heft 18

INHALT: *Die Entwicklung von mittelbar beheizten Hochdruckdampferzeugern unter besonderer Berücksichtigung des neuen Schmidt-Hochdruck-Sicherheitskessels. Von O. H. Hartmann, Kassel, Direktor der Schmidt'schen Heißdampf-Gesellschaft. S. 357.*

Die III. Vollversammlung des Internationalen beratenden Komitees für den Weitsprechverkehr (Comité Consultatif International des communications téléphoniques à grande distance C. C. I). Von Ing. H. Pfeuffer, Wien. S. 367.

RUNDSCHAU: Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 370. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 371. / Leitungen und Leitungsbau. S. 371. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 372. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 373.

PATENTBERICHT. S. 373.

LITERATURBERICHTE. S. 374.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 376.

Die Entwicklung von mittelbar beheizten Hochdruckdampferzeugern unter besonderer Berücksichtigung des neuen Schmidt-Hochdruck-Sicherheitskessels.

Von O. H. **Hartmann**, Kassel, Direktor der Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft[1]).

Die Bestrebungen in der Dampftechnik, Dampfspannungen von 40, 50 und mehr at einzuführen, sind schon etwa 100 Jahre alt. Der Amerikaner Perkins und der deutsche Arzt Dr. Alban machten bereits in England in den Zwanzigerjahren des vorigen Jahrhunderts entsprechende Versuche; ebenso beschäftigte sich Dr. Wilhelm Schmidt Mitte der Achtzigerjahre, sowie der schwedische Erfinder de Laval im Jahre 1896 mit dieser Frage. Alle diese Versuche waren aber von vornherein zum Scheitern verurteilt, weil zu jenen Zeiten einerseits die wissenschaftlichen Erkenntnisse nicht ausreichten, andererseits auch noch die erforderlichen technischen Hilfsmittel fehlten. Die erste Vorbedingung für die erfolgreiche Lösung dieser Aufgabe war nämlich die Einführung des Heißdampfes im Dampfkraftbetrieb. Im Jahre 1907 nahm Wilhelm Schmidt seine Arbeiten auf dem Gebiete des Hochdruckdampfes wieder auf. Die Entwicklung brauchbarer Kessel, Armaturen und Maschinen für die Praxis beanspruchte einen recht erheblichen Aufwand an Arbeit und Geld und es verging mehr als ein Jahrzehnt, bis mit durchschlagenden Ergebnissen in die Öffentlichkeit getreten werden konnte. Es geschah dies erst auf der Hauptversammlung des V.D.I. im Jahre 1921 in Kassel[2]) und damit wurde eine vollständig neue Entwicklung im Laufe der letzten Jahre im Dampfkraftbetrieb eingeleitet.

Die Versuche selbst hatten zu der Erkenntnis geführt, daß zu einer vorteilhaften Ausnutzung des Hochdruckdampfes die Verwendung höchster Frischdampftemperaturen und die Einführung der Zwischenüberhitzung unbedingt erforderlich ist und daß sich in Frischdampfüberhitzern ohne Gefahr für ihre Lebensdauer höchste Dampftemperaturen erzeugen und in Maschinen infolge Heraufsetzung des Verdampfungspunktes des Schmieröles auch anstandslos verarbeiten lassen. Ferner wurde klar, in welch ungeahntem Umfang die Verkopplung

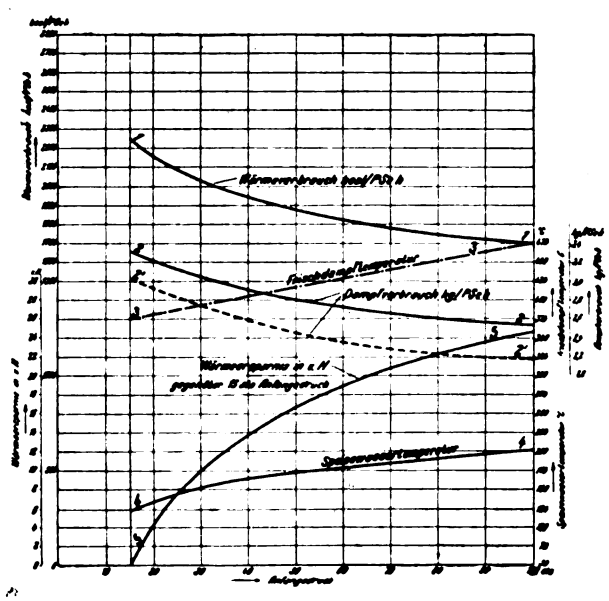


Abb. 1. Dampf- und Wärmeverbrauch, sowie Wärmeersparnis von Hochdruck-Kraftanlagen bei Kondensationsbetrieb und 95 vH Luftleere für steigenden Anfangsdruck und zunehmende Überhitzung gegenüber 15 ata und gleiche Luftleere.

1—1 Wärmeverbrauch kcal/PSeh } für zweimalige Zwischenüberhitzung mit
2—2 Dampfverbrauch kg/PSeh } Anzapfdampfvorwärmung.
2'—2' Dampfverbrauch kg/PSeh für zweimalige Zwischenüberhitzung ohne Anzapfdampfvorwärmung.
3—3 Frischdampftemperatur.
4—4 Speisewassertemperatur bei zweistufiger Vorwärmung durch Anzapfdampf.
5—5 Wärmeersparnis gegenüber 15 ata Anfangsdruck nach 1—1.

von Kraft- und Wärmewirtschaft mit Hilfe des Hochdruckdampfes möglich ist. Von besonderer Wichtigkeit war dabei die erstmalig bekannt-

[1]) Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 12. Jänner 1927.

[2]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 67.

Digitized by Google

gegebene Erkenntnis, daß bei Verwendung von Betriebsspannungen über 30 at die Höhe des Gegendruckes nur noch einen geringen Einfluß auf den spezifischen Dampfverbrauch der Gegendruckmaschine besitzt.

Mit Hilfe des Hochdruckdampfes läßt sich zum Beispiel der Heizkraftbetrieb auch da anwenden, wo hohe Gegendrücke erforderlich sind. Ferner läßt sich hochgespannter Abdampf mit Rohrleitungen von verhältnismäßig kleinem Durchmesser weit leiten, so daß also die Möglichkeit gegeben ist, Städtefernheizungen in größerem Umfang mit Elektrizitätswerken zu kuppeln. Ein weiteres großes Anwendungsgebiet für den Hochdruckdampf sind die fahrbaren Kraftanlagen, zum Beispiel die Dampflokomotiven und die Dampfschiffe.

dynamischer Wirkungsgrad von 80 vH und ein mechanischer Wirkungsgrad von 96 vH angenommen. Der Wärmeverbrauch für Zwischenüberhitzung und Speisewasservorwärmung ist in den Zahlen berücksichtigt.

Die Ersparnis nimmt noch bis zu den höchsten Drücken beachtlich zu, sie beträgt zwischen 30 und 60 at noch 9 bis 10 vH, zwischen 30 und 100 at 15 bis 16 vH und es ist keinesfalls richtig, bei einem Druck von 30 bis 40 at als oberster Grenze stehen zu bleiben. In der Zahlentafel 1 sind noch die Wärmeverbrauchszahlen für verschiedene Anfangsspannungen aufgeführt. Ein Vergleich des

Zahlentafel 1.

Anfangsdrucke, ata	15	30	60	100
Wärmeverbrauch, kcal/PSe .	2255	2032	1830	1700
Ersparnis in vH	—	9·9	18·85	24·6

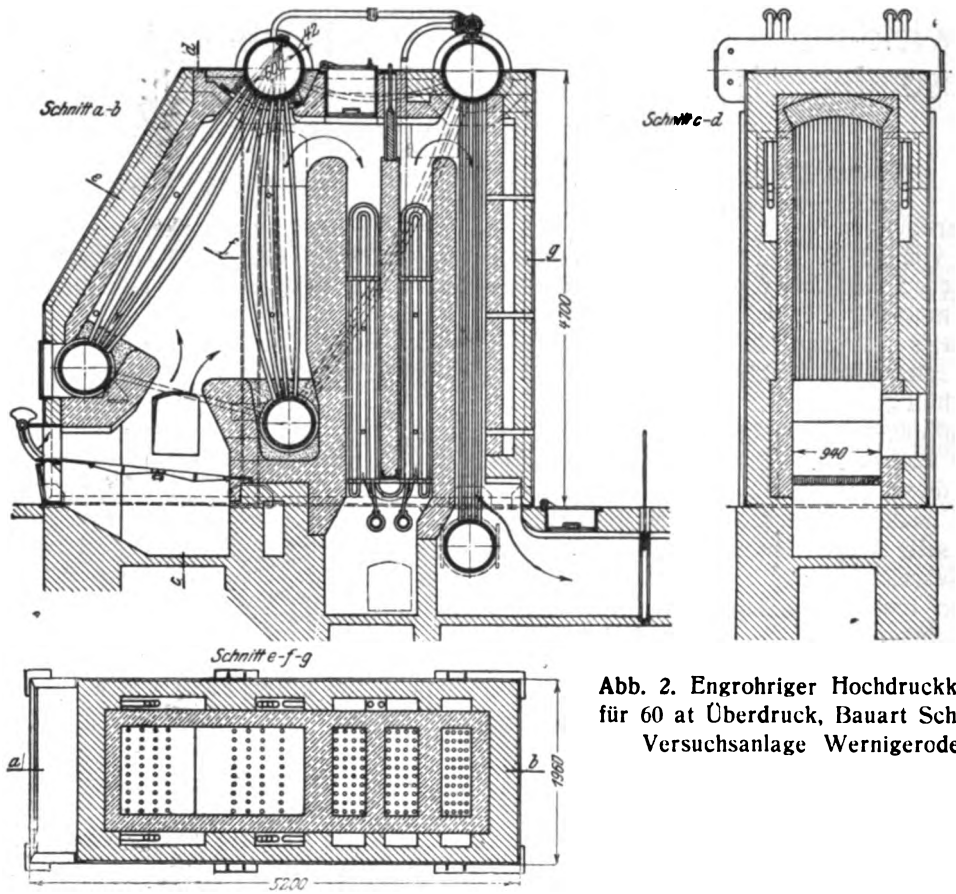


Abb. 2. Engrohriger Hochdruckkessel für 60 at Überdruck, Bauart Schmidt, Versuchsanlage Wernigerode.

Einen Überblick über die erzielbaren Bestwerte von Dampf- und Wärmeverbrauch bei Kondensationsbetrieb gibt Abb. 1, in der Dampf- und Wärmeverbrauch als Ordinaten über den Dampfdrücken von 15 bis 100 ata als Abszissen bei 95 vH Luftleere im Kondensator aufgetragen sind. Die Frischdampftemperatur ist mit dem Anfangsdruck wachsend angenommen, bei 15 ata 375° und bei 100 ata 475° als höchstzulässige Überhitzung. Die Zwischenüberhitzung ist mittels hochüberhitzten Frischdampfes nach der ersten Stufe und bei Drücken über 30 at mittels gesättigten Hochdruckdampfes auch nach der zweiten Stufe vorgesehen, ferner zweistufige Vorwärmung des Speisewassers durch Anzapfdampf. In allen Stufen ist ein thermo-

Wertes für 15 at — 2255 kcal/PSeh — mit den für 100 at — 1700 kcal/PSeh — zeigt, daß die Wärmeersparnis im Bestfalle auf 24·5 vH steigt. 1700 kcal/PSeh entspricht bei einem Kesselwirkungsgrad einschließlich Leitungsverlust von 85 vH ein Wärmeaufwand, auf Brennstoff bezogen, von 2000 kcal/PSeh, oder bei Verwendung von Kohle von 7500 kcal/kg ein Verbrauch von 0·2675 kg/PSeh bzw. 0·4 kg für 1 kWh.

Nach der Bekanntgabe der Betriebsergebnisse und Wärmeverbrauchszahlen der Schmidtschen Versuchsmaschine im Jahre 1921 dauerte es bei uns noch einige Zeit, bis in der Praxis ernstlich an den Bau größerer Kraftanlagen herangegangen wurde.

Digitized by Google

In den Vereinigten Staaten von Amerika sind seit 1923 unter Verwendung von Wasserrohr-Kesseln üblicher Bauweise schon einige Großkraftwerke, so zum Beispiel das Philo-Kraftwerk mit einem Dampfdruck von 42·3 at,[3]) die Crawford-Street-Anlage in Chicago für 45·7 at[4]) und im Weymouth-Kraftwerk der Edison-Electric-Illuminating Co. in Boston eine Kesselanlage mit zugehöriger Turbine für 84 at Betriebsdruck für Versuchszwecke ausgeführt worden.[5])

Da in Deutschland Bedenken maßgebender Kreise bezüglich der Baustoffrage geäußert wurden, entschloß sich die Schmidtsche Heißdampfgesellschaft, die am ungünstigsten beanspruchte hintere obere Trommel des ersten Versuchskessels (Abb. 2 und 3) nach 15 000 Betriebsstunden herauszunehmen und den Baustoff auf seine Eigenschaft prüfen zu lassen. Die von fünf verschiedenen Stellen vorgenommene Prüfung ergab aber keinen Anhalt für ein

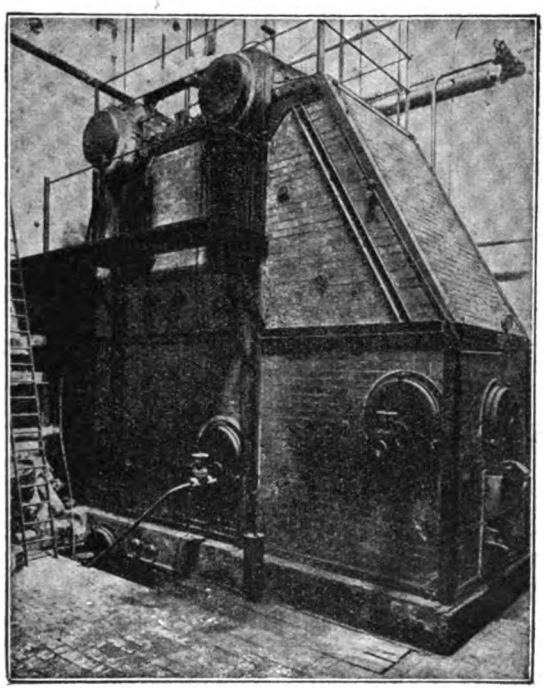


Abb. 3. Engrohriger Hochdruckkessel für 60 at Überdruck, Bauart Schmidt, Versuchsanlage Wernigerode.

besonders ungünstiges Verhalten des Baustoffes. Schon die Kesseltrommeln dieses Versuchskessels wurden ohne Nietnaht ausgeführt, wodurch die Schwierigkeiten, die später bei genieteten Kesseln für niedrige Betriebsdrücke beobachtet wurden, von vornherein ausgeschaltet waren.

Zu den Konstruktionselementen, die erst in deutschen Fachkreisen Vertrauen zur Herstellung betriebssicherer Hochdruckkesseln schafften, gehörten in erster Linie die nietlosen Trommeln mit angekümpelten Böden, wie sie jetzt von den Firmen Fried. Krupp A.-G., Essen/Ruhr, Preß- und Walzwerk A.-G. Reisholz aus einem Stück nahtlos geschmiedet und von Thyssen & Co, Mülheim/Ruhr und den Mannesmannwerken in Düsseldorf mit einer wassergasgeschweißten Längsnaht geliefert werden. In den letzten $2^1/_2$ Jahren sind bereits 700 derartig geschmiedete oder geschweißte Kesseltrommeln bestellt bzw. geliefert worden.

Im reinen Kraftbetrieb ist man jetzt auch in Deutschland bei Dampfdrücken von 30 bis 40 at angelangt. Wie der Geschäftsführer des Verbandes der deutschen Dampfkessel- und Apparate-Industrie, Dipl.-Ing. Weber auf der Tagung dieses Verbandes in Harzburg im Mai 1926 berichtete, besaß nach einer Aufstellung der Vereinigung der deutschen Elektrizitätswerke dieser Verband im Jahre 1924 nahezu 2 Mill. m² Kessel- und Überhitzerheizfläche, je Kesseleinheit durchschnittlich 400 m² Gesamtheizfläche, davon waren 2·4 vH der Heizfläche für einen Druck von mehr als 20 at gebaut. Der Deutsche Wasserrohrkesselverband stellte fest, daß 1922 bis 1924 20 vH der bestellten Kessel für mehr als 20 at Betriebsdruck genehmigt wurden, 1925 bereits 65 vH. Von allen in diesem Jahre bestellten Kesseln sind 37 vH für einen Betriebsdruck von mehr als 30 at bestimmt, darunter Einheiten von mehr als 2500 m² Kessel- und Überhitzerheizfläche für das Großkraftwerk Rummelsburg.[6]) In deutschen Dampfkesselfabriken waren vor einigen Monaten 133 Kessel mit einer Gesamtheizfläche von 100 000 m² mit Betriebsdrücken über 30 at in Arbeit bzw. fertiggestellt. Darunter ist der Schmidt-Borsig-Kessel bei A. Borsig, Berlin-Tegel, für 60 at Betriebsdruck und eine Dampflieferung von 10 000 kg/h mit einer zugehörigen Kolben-Maschine seit etwa $2^1/_2$ Jahren in Betrieb.[7]) Für die Schultheiß-Patzenhofer Brauerei Berlin ist eine Kessel- und Maschinenanlage für 48 at Betriebsdruck im Bau, in dem Heiz- und Kraftwerk der Technischen Hochschule in Hannover eine Kessel- und Turbinenanlage für 60 at Betriebsdruck in Montage. In Schweden vollzog sich in der Steigerung des Dampfdruckes eine ähnliche Entwicklung wie in Deutschland unter der Führung von Ing. Blomquist, dem Mitarbeiter de Laval, der im Jahre 1922 mit dem Atmoskessel herauskommen konnte,[8]) zu dem von der Dampfturbinengesellschaft de Laval in Stockholm eine Turbine von 600 PSe für 50 at Betriebsdruck geliefert wurde. In den Centrales Electriques des Flandres in Belgien ist vor etwa einem Jahr eine Hochdruck-Vorschaltanlage für 55 at in Betrieb genommen worden.[9])

Die bisher fertiggestellten Hochdruckkessel sind meist als Steilrohrkessel oder als Schrägrohr-Wasserrohrkessel gebaut worden. Für nicht zu hohe Dampfdrücke sind derartige Kessel auch durchaus brauchbar und nicht zu teuer, wenn sie mit geringem Wasserinhalt und gut ausgenutzten Heizflächen ausgeführt werden. Für höchste Dampfdrücke kommen aber solche Kessel aus verschiedenen Ursachen nicht mehr in Frage.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 835.
[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 835, 895.
[5]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 682.
[6]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 397.
[7]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 449; 1926, S. 917.
[8]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 317.
[9]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 752.

Digitized by Google

Es war von jeher das Bestreben der Erfinder, die sich mit der Einführung des Hochdruckdampfes beschäftigten, die Hochdruckkessel als Schlangenrohrkessel mit möglichst wenig Wasserinhalt auszubilden. Die Bestrebungen, auf diesem Wege einen billigen Hochdruckkessel zu schaffen, gehen auch heute noch weiter, wie zum Beispiel beim Benson-Dampferzeuger.[10]) Ein Schlangenrohrkessel bringt nun sowohl für die Herstellung wie für die Betriebssicherheit eine Reihe von Vorteilen, er ist aber in betrieblicher Hinsicht bei Belastungsschwankungen sehr wenig zu gebrauchen. Auch Schmidt kam bei Wiederaufnahme seiner Arbeiten auf den Schlangenrohrkessel zurück.

Den ersten Schmidtschen Schlangenrohrkessel aus dem Jahre 1885 für 60 bis 100 at Betriebsdruck zeigt Abb. 4. Der für Braunkohlenfeuerung eingerichtete Kessel bestand aus einer fortlaufenden Rohrschlange, in deren oberste Windung das Speisewasser kalt gespeist und dann im Gegenstrom zu den Heizgasen geführt wurde, bis es nahezu auf Verdampfungstemperatur erwärmt war. Dann wurde das Speisewasser der untersten Rohrwindung zugeleitet und verdampfte, mit den Feuergasen parallel aufsteigend, in den folgenden Windungen. Zeitweilig war der entstehende Dampf auch überhitzt. Schon bei den ersten Versuchen zeigte sich, daß der Dampfdruck sowie der Wassergehalt des Dampfes selbst bei gleichmäßiger Belastung der Maschinenanlage stark schwankten. Daher schaltete Schmidt schon zu jener Zeit zwischen Kessel und Maschine einen Wärmespeicher ein, Die 1907 fortgesetzten Studien und Versuche hatten ebenfalls kein günstiges Ergebnis. Die ersten Versuche zum Studium der Verdampfungsvorgänge wurden mit einem in einem Ölbade liegenden Schlangenrohrverdampfer ausgeführt. Das Ölbad wurde durch Gasflammen beheizt. Die Verdampfung des Speisewassers erfolgte also mittelbar und das Öl des Behälters bildete einen Speicher. Im Anschluß an diese Versuche wurde ein Schlangenrohrkessel im Jahre 1913 gebaut, der aus zwei konzentrisch zu einander liegenden Rohrschlangen bestand, zwischen denen der Verbrennungsraum eingeschlossen war. Die Feuerung war eine Kokschüttfeuerung. Die obere Rohrschlange bildete den Vorwärmer für das Speisewasser, das in dem dem Verbrauch entsprechenden Betrage gespeist wurde. Die Verdampfung in den engen Rohrschlangen vollzog sich nicht gleichmäßig, sondern sie ging stoßweise vor sich. Dampftemperatur und Dampfdruck in diesem Schlangenrohrkessel schwankten sehr stark. Besonders schwierig war es, das Speisewasser auf die beiden parallel geschalteten Rohrschlangen zu verteilen. Am besten arbeitete der Kessel noch dann, wenn die Speisung von Hand geregelt wurde, denn die Schwankungen stellten sich zeitweise in genau vorauszubestimmenden Zeitpunkten ein. Die verwendeten automatischen Regeleinrichtungen waren damals noch nicht empfindlich genug, um diesen den Kesselbetrieb anvertrauen zu können. Eine bemerkenswerte Eigenschaft des Kessels war das Spuken von Wasser selbst bei höchster Überhitzung. Diese Erscheinung läßt sich vielleicht auf folgende Weise erklären: Das Speisewasser, welches vorgewärmt dem Verdampfer in kleinen Mengen zugeführt wird, verdampft nicht sofort bei der Einführung, sondern es

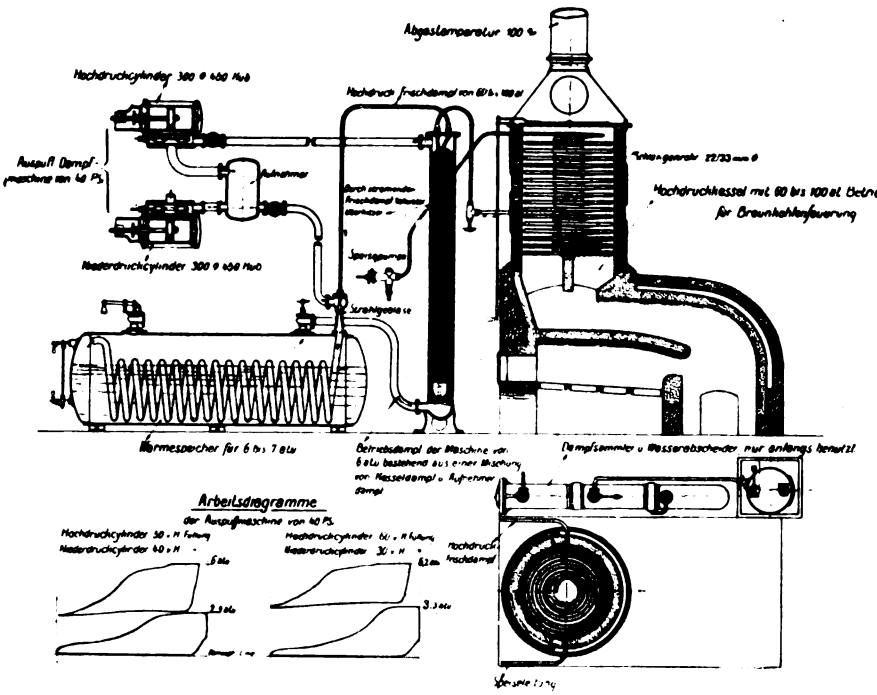


Abb. 4. Erste Hochdruckdampfanlage für 60 bis 100 at Kesseldruck von Wilhelm Schmidt aus den Jahren 1885/86.

[10]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 502.

Digitized by Google

bildet sich erst ein größerer Wassertropfen, der dann mit der hocherhitzten, unter Umständen glühenden Rohrwand in Berührung kommt und den Leidenfrostschen Zustand hervorbringt, wodurch dann eine weitere Verzögerung der Verdampfung eintritt. Schließlich wird diese zusammengeballte Wassermenge aus den den Verdampfer bildenden Rohrschlangen nach dem Überhitzerteil übergerissen und fein zerstäubt, wo sie schnell an den verhältnismäßig großen, stark erhitzten Heizflächen verdampft. Diese Arbeitsweise äußerte sich in einem plötzlichen Ansteigen des Druckes bei gleichzeitigem Abfall der Überhitzungstemperatur. Hiergegen half weder eine Zerstäubung des eingeführten Speisewassers, noch eine Erhöhung der Turbulenz durch Drahtspiralen oder Schraubengänge. Die Versuche wurden infolge des Krieges abgebrochen.

Als später die Frage wieder auftauchte, einen vom Wasserrohrkessel abweichenden Hochdruckkessel zu schaffen, wurde davon ausgegangen, daß ein betriebssicherer und billiger Hochdruckkessel nur dadurch geschaffen werden könne, daß die den Feuergasen ausgesetzten, am meisten gefährdeten Kesselteile zwar aus Rohrschlangen herzustellen sind, daß aber die den Betriebsdampf abgebende Kesseltrommel nur mittelbar durch gesättigten Dampf zu beheizen sei.

Vorschläge, auf mittelbarem Wege Dampf zu erzeugen, sind schon früh gemacht worden, wie zum Beispiel beim Schmidtschen Excelsiormotor aus dem Jahre 1888.[11]) Schmidt wollte zu jener Zeit einen konzessionsfreien Kleinmotor für das Handwerk schaffen. Leider verlangte die Kesselaufsichtsbehörde die gleichen Formalitäten wie für andere Dampfanlagen, und daher ließ Schmidt die Fabrikation dieses Motors nach kurzer Zeit wieder einstellen. Ferner beschäftigte sich der Prinz von Löwenstein mit der Frage der mittelbaren Dampferzeugung. Vor dem Kriege kam ein solcher Kessel für niedrigen Betriebsdruck bei einer Berliner Firma in Betrieb. Nach dem Kriege hat die Firma Hauff & Co. in Feuerbach-Cannstatt einen Löwensteinschen Kessel mit mittelbarer Beheizung, den sogenannten Wadurf-Kessel, gebaut und seit zwei Jahren in anstandslosem Betrieb. Darüber berichtete Dr. Zwiauer von dieser Firma im September vorigen Jahres auf der Tagung des Allgemeinen Deutschen Verbandes der Dampfkesselüberwachungsvereine in Zürich. Wenn der Wadurf-Kessel als Hochdruckkessel ausgebildet werden sollte, müßte er wesentlich anders gebaut werden, vor allem müßte die Economiserfrage besser gelöst werden.

Ein Kessel, der auch gleichzeitig die Schwierigkeiten des Rauchgasvorwärmers bei einem Hochdruckkessel beseitigt, ist der neue Hochdruckversuchskessel für 60 at der Schmidtschen Heißdampfgesellschaft (Abb. 5). Dieser Versuchskessel wurde Anfang Februar v. J. zum ersten Male angeheizt, nachdem vorher das Mauerwerk etwas ausgetrocknet war. In zwei Stunden war der volle Dampfdruck von 60 at erreicht und es konnte sofort mit der vollen Dampferzeugung eingesetzt werden. Schon der erste Versuch zeigte, daß alle Abmessungen, die auf die Arbeitsweise, insbesondere auf den Umlauf Einfluß haben, richtig getroffen waren. Die sofortige gute Wirkungsweise des Kessels ist der beste Beweis dafür, daß das System für die Praxis brauchbar ist.

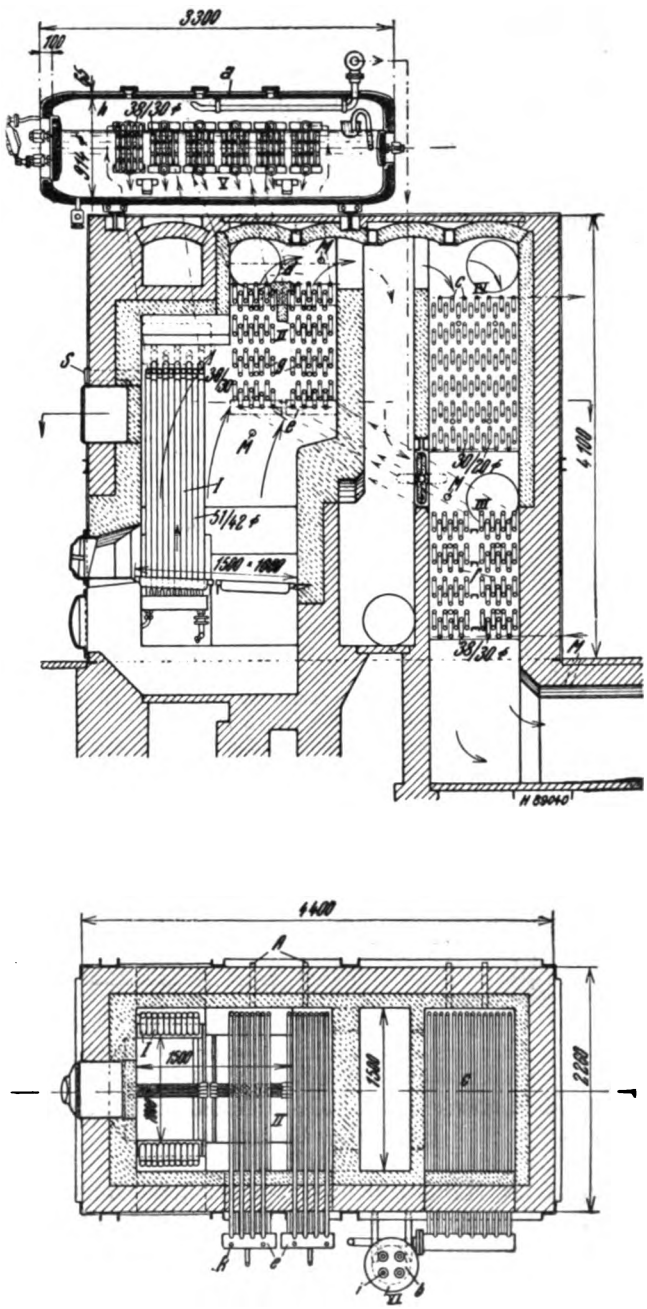


Abb. 5. Schmidt-Hochdruckkessel mit mittelbarer Beheizung, Versuchsanlage Wernigerode.

Alle anderen Hochdruckkesselbauarten, die vom Wasserrohrkessel abweichen und die bisher vorgeschlagen sind, haben langjährige Versuche notwendig gemacht, bis sie einigermaßen richtig arbeiteten. Das in dem Feuerraum eingebaute Röhrenbündel I gehört nicht zu dem Kesselsystem, sondern es ist dies ein Feuerbüchselement, wie es bei der nach den Entwürfen der Schmidtschen

[11]) Siehe ZVDI vom 15. Dezember 1888.

Digitized by Google

Heißdampf-Gesellschaft von der Firma Henschel & Sohn gebauten Hochdruck-Zweidrucklokomotive für 60 at Betriebsdruck für die Reichsbahngesellschaft angewendet wird. An diesem Röhrensystem wurden Verdampfungs- und Wasserumlaufstudien vorgenommen, wie sie bei der im Betrieb befindlichen Lokomotive nicht ausgeführt werden können. Dieses Rohrsystem kann aber auch gleichzeitig als Beispiel dafür dienen, wie man die Feuerräume von Staubkohlenfeuerungen auskleiden oder wie man betriebssichere Hochdruck-Vorschaltkessel schaffen kann. Natürlich beeinflußt dieses Rohrbündel die Arbeitsweise des Kessels etwas ungünstig, da das hierfür in Betracht kommende Umlaufheizmittel nicht für die Abkühlung der Feuergase in Betracht kommt. Auf den m² Heizfläche dieses Feuerbüchselementes sind schon 170 kg/h verdampft worden. Der Versuchskessel besitzt eine Rostfläche von 1·5 m². Die Feuerung ist der kleinen Leistung

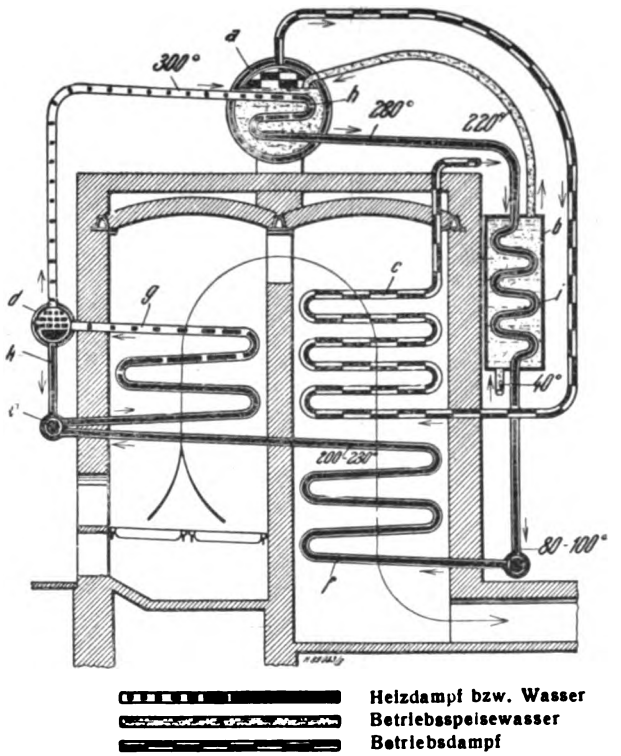


Abb. 6. Schema eines Schmidt-Hochdruckkessels mit mittelbarer Beheizung.

wegen für Handbedienung eingerichtet. Immerhin sind schon bis zu etwa 180 kg/m² Steinkohle auf dem Rost verbrannt worden. Damit ist die obere Grenze der Kesselleistung gegeben.

Die Dampferzeugung (siehe die schematische Abb. 6) geschieht mittelbar durch gesättigten Hochdruckdampf, der bei seinem Umlauf seinen Aggregatzustand ändert. Die dem Feuer ausgesetzten Teile sind enge Rohrschlangen, in welchen der als Heizmittel dienende Dampf aus destilliertem Wasser in zwei Stufen (Vorwärmung und Verdampfung) erzeugt wird. Dieser Heizdampf steigt zu Rohrgruppen *h* empor, die in der den Betriebsdampf abgebenden Kesseltrommel *a* liegen, kondensiert dort, seine Verdampfungswärme an das Kesselwasser abgebend. Das Kondensat aus diesen Heizelementen kommt mit etwa 280° aus diesen, durchfließt die Rohrschlangen *i* des als Speisewasservorwärmer dienenden Wärmeaustauschers *b* und kühlt sich dort am Speisewasser des Betriebskessels auf etwa 100° ab. Durch eigenes Gewicht kommt es dann in die untere Sammelkammer des im zweiten Kesselzug liegenden Rauchgasvorwärmers *f*, in welchem es sich auf 200 bis 250° erhitzt, um von dort nach dem Sammelbehälter *e* und der feuergasbeheizten Verdampferschlange *g* erneut aufzusteigen. In der oberen Sammelkammer *d* trennen sich Wasser und Dampf. Das Wasser fällt wieder durch die Fallrohre *k* nach der unteren Sammelkammer *e* zurück. Es findet also in dem Rohrschlangensystem *g* nicht nur eine einfache Verdampfung, sondern ein lebhafter, selbsttätiger Umlauf statt, wodurch eine ausreichende Kühlung dieser Verdampfungsschlangen erzielt wird. Das Speisewasser wird unten in den Wärmeaustauscher *b* kalt eingepumpt und tritt oben aus dem Apparat hoch vorgewärmt in die den Betriebsdampf erzeugende Trommel. Jede Rohrgruppe ist ein kleiner, in sich abgeschlossener Kessel. Die Zwischenbehälter *d* sind sehr wichtig; denn das heiße Heizwasser erfordert einen entsprechenden Expansionsraum. Wären diese Behälter nicht vorhanden, so würde viel Wasser nach den Heizelementen *h* mitgerissen werden und dort den Wärmeübergang verschlechtern. Außerdem würde auch mehr heißes Kondensat als notwendig ist durch die Heizschlangen *i* des Wärmeaustauschers *b* fließen, das sich dann am Speisewasser nicht genügend abkühlen könnte und eine weitgehende Abkühlung der Feuergase verhindern würde. Der gesättigte Betriebsdampf von 60 at wird der Trommel *a* entnommen und dann durch den Überhitzer *c* geschickt und dort hoch überhitzt.

Die Höhe der Überhitzung läßt sich durch eine Klappe in Verbindung mit einem Leerzug regeln. Beim Anheizen und im Betrieb kann ein Teil der Feuergase, wenn nötig, direkt zum Vorwärmerteil geschickt werden. Das ist für die im Höchstdruckdampfbetrieb erforderliche höhere Frischdampftemperatur von 450° und darüber sehr erwünscht. Wird eine solche regelbare Beheizung nicht vorgesehen, so besteht die Gefahr, daß der Überhitzer verbrennt. Es ist unrichtig, den Dampf erst höher als notwendig zu überhitzen und ihn dann wieder abzukühlen, um ihn für den Betrieb der Maschinenanlage verwendbar zu machen, wie das jetzt meist im Kesselbetriebe geschieht. Bei niedrigen Betriebsdrücken und mäßigen Dampftemperaturen ist ein solcher Weg noch zulässig, da die Spanne bis zur Glühtemperatur noch verhältnismäßig groß ist. Für Hochdruckdampf mit der hohen Frischdampftemperatur ist das sehr gefährlich, wenn auch die Kühlwirkung des hochgespannten Dampfes auf die Wandtemperatur der Überhitzerrohre eine günstigere ist. Man muß deshalb zu der früher üblichen Regelung der Überhitzerbeheizung zurückkehren. Die Feuergasregel-

Digitized by Google

klappen halten auch anstandslos, wenn sie nicht in zu heiße Feuergastemperaturen gelegt werden.

In den Heizelementen des Schmidt-Hochdruckkessels herrscht ein Druck, der je nach der Kesselbelastung 2 bis 20 at höher ist als der Betriebsdruck. Das Innere aller Rohrschlangen kommt mit unreinem sauerstoffhaltigem Speisewasser niemals in Berührung und kann daher nicht verschmutzen oder korrodieren. Ferner ist der Kessel in einzelne, vollständig getrennte, parallele Heizsysteme unterteilt, die nur verhältnismäßig wenig Wasser enthalten. Wenn also einmal eine beheizte Rohrschlange aufplatzt, so wird nur eine geringe Wassermenge frei und verheerende Wirkungen können dadurch nicht entstehen. Im Gegensatz zu anderen Kesseln liegen sämtliche Dichtstellen außerhalb des Feuers. Undichtheiten, die an irgendeiner Stelle auftreten, machen sich sofort bemerkbar. Weiter ist die den Dampf abgebende Trommel von großer Wandstärke vollständig dem Einfluß der Heizgase entzogen. Die vielfach befürchteten ungünstigen, durch Wärmespannungen entstehenden Beanspruchungen, sind auf diese Weise ganz vermieden. Überhaupt ist bei der Trommel darauf gesehen, daß keinerlei zusätzliche Beanspruchungen vorkommen, die durch Bearbeitungsvorgänge entstehen und Alterungserscheinungen hervorrufen können. Alle Anschlüsse sind verschraubt und nicht gewalzt. Kesselstein, der im Speisewasser enthalten ist, setzt sich nur auf der äußeren Fläche der Rohrschlangen *i* in dem als Speisewasservorwärmer dienenden Wärmeaustauscher *b* ab. Sowohl die Rohrschlangen im Wärmeaustauscher wie auch die Heizelemente in der Trommel können leicht ausgebaut und gereinigt werden. Die Schlangen im Austauschapparat sind verzinkt und mit einem Rostschutzanstrich versehen, sodaß keinerlei Korrosionen an ihnen auftreten können. Der Kessel ist also ausgezeichnet für unaufbereitetes kesselsteinhaltiges Speisewasser geeignet. Die Heizfläche für mittelbare Beheizung ist durchaus nicht groß. Der Wärmeübergang auf dieser Heizfläche ist für 1° Temperaturdifferenz etwa 3000 kcal/m²h. Daher lassen sich mit verhältnismäßig geringem Druckunterschied zwischen Heizdampf und Betriebsdampf mit 1 m² Heizfläche je nach Druck und Vorwärmung bis zu 200 kg Dampf in der Stunde erzeugen.

Eine gute Eigenschaft des neuen Kessels gegenüber anderen Hochdruckkesselbauarten ist, daß der größte Teil des Betriebswasservorrates im Speiseraum liegt, also für Spitzenleistungen nutzbar gemacht werden kann. Gerade bei höchsten Dampfdrücken ist der im Speiseraum vorhandene Wärmevorrat von großem Einfluß auf die Speicherwirkung. Ferner wirkt der gesamte Heizwasserinhalt und die Baustoffwärme aller wasser- und dampfführenden Teile auf die Speicherfähigkeit des Kessels ganz selbsttätig ein. Wird die Speiseraumwirkung durch Abstellen der Speisung zur Überwindung einer Belastungsspitze nutzbar gemacht, so tritt auch der Wasserinhalt der gesamten Speisewasservorwärmeeinrichtungen mit in Tätigkeit.

Zum Vergleiche des neuen Kesselsystems mit einem vorhandenen Hochdruck-Steilrohrkessel zeigt Abb. 7 den Schmidt-Borsig-Kessel und einen Schmidt-Hochdruck-Sicherheitskessel gleicher Rost-

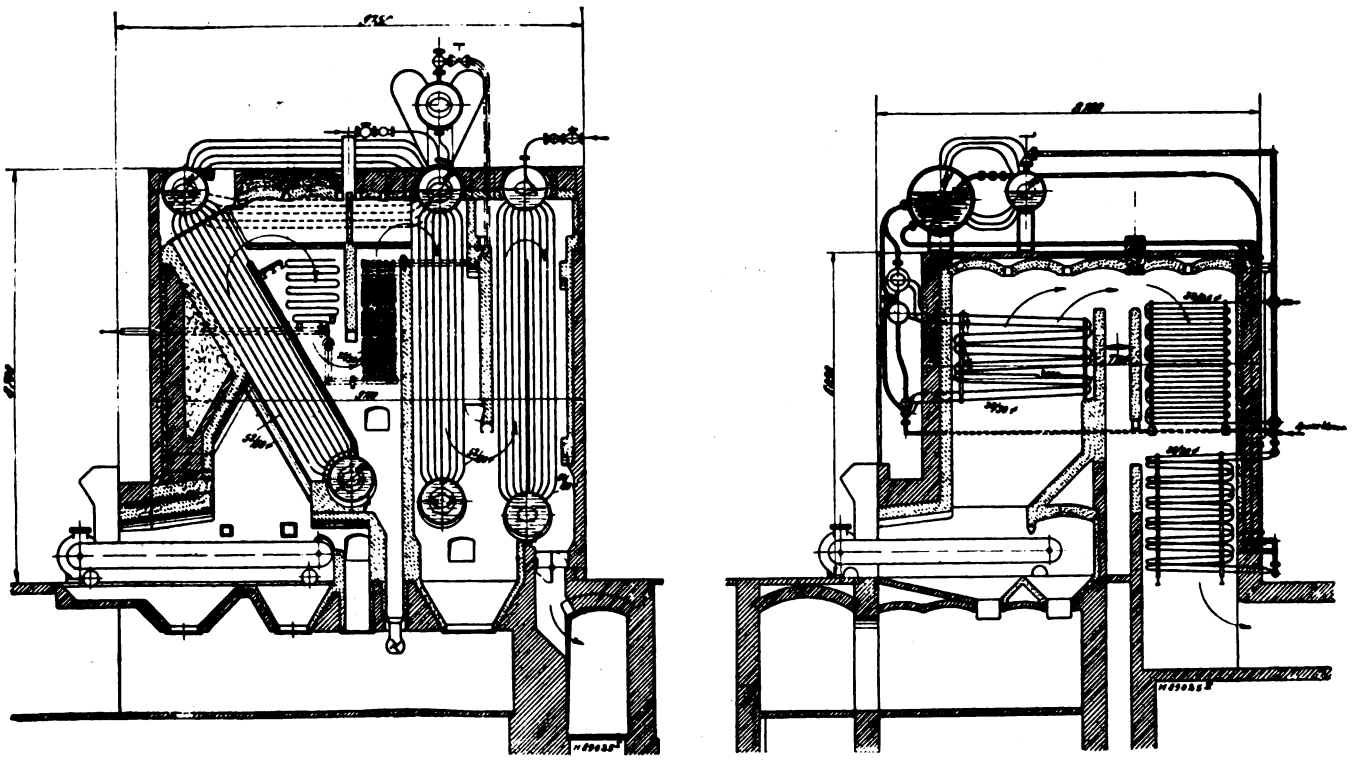


Abb. 7. Vergleich des Schmidt-Borsig-Steilrohrkessels mit einem indirekt beheizten Schmidt-Hochdruck-Sicherheitskessel für 10 000 kg/h Dampf von 60 at.

Digitized by Google

größe und gleicher Leistung für 60 at Betriebsdruck. Der Schmidt-Borsig-Kessel hat 480 m², der neue Schmidt-Kessel 416 m² Gesamtheizfläche, das Gewicht der wasser- und dampfführenden Teile ohne Überhitzer beträgt beim Schmidt-Borsig-Kessel 55 000 kg, beim Schmidt-Kessel 43 000 kg = 78 vH des ersteren. Der Wasserinhalt des Schmidt-Borsig-Kessels beträgt im Hochdruckteil, der nur für die Speicherwirkung in Betracht kommt — denn zwischen Hochdruckkessel und Abhitzekessel ist eine Speisepumpe eingeschaltet — 10 500 kg, beim neuen Schmidt-Kessel 8100 kg. Das für die Speicherfähigkeit in Betracht kommende Baustoffgewicht ist bei den beiden Kesseln beinahe gleich. Der Baustoff des indirekten Schmidt-Kessels besitzt jedoch eine etwas höhere Temperatur, ebenso ein großer Teil des Heizwassers. Die Speicherfähigkeit bei gleicher Druckabsenkung ohne Ausnutzung des Speiseraumes kann also als gleich hoch angenommen werden. Berücksichtigt man den Speiseraumhalt, so ist der indirekt beheizte Schmidt-Kessel günstiger, denn bei diesem ist der Inhalt des Speiseraumes 3·1 m³, beim Schmidt-Borsig-Kessel nur 1·8 m³. Der Kesselwirkungsgrad wird bei Betriebsausführungen ebenfalls gleich hoch sein. Der Platzbedarf und die Bauhöhe sind beim neuen Schmidt-Hochdruckkessel kleiner, daher sind auch die Kosten für das Kesselgerüst und das Kesselmauerwerk, sowie für das Kesselhaus geringer. Der ummauerte Raum über Flur ist beim Schmidt-Borsig-Kessel 386 m³, beim indirekt beheizten Schmidt-Kessel nur 245 m³, also nur 63·5 vH des ersteren. Die Zahl der Verbindungen und Walzstellen ist nur etwa halb so groß als bei einem Steilrohrkessel. Da die Rohrschlangen, Sammelgefäße usw. reihenweise hergestellt werden können, so sind auch die Herstellungskosten niedrig. Der neue Kessel ist deshalb billiger als ein Hochdruckkessel bisher üblicher Bauweise; er kostet höchstens 75 bis 80 vH des Preises eines Hochdruck-Steilrohrkessels. Als besonderer Vorteil ist noch der selbsttätige Wasserumlauf ohne Umlaufpumpe in den Heizschlangenelementen hervorzuheben. Die Umlaufpumpe wird durch den Speisewasservorwärmer ersetzt, der das spezifische Gewicht des Heizkondensates erhöht und somit den Wasserumlauf beschleunigt, und da die Temperatur des Kondensats in diesem eine niedrigere ist als der Verdampfungstemperatur entspricht, so ist der Umlauf in der gewünschten Richtung auch bei plötzlich sinkendem Kesseldruck auf alle Fälle gesichert.

Über die bisherigen Verdampfungsversuche mit dem Versuchskessel ist folgendes zu berichten. Die größte bei einer von den Feuergasen berührten Gesamtheizfläche von 77 m² bisher erzielte Verdampfung betrug 1600 kg/h bei 53 at mittlerem Druck und 475° Frischdampftemperatur. Die Abgastemperatur war bei dieser Belastung noch etwa 320°. Die Vorwärmerheizfläche für das Heizkondensat ist nur 19 × Rostfläche, also für eine solche Belastung noch etwas klein. Verdampfungsversuche mit 600 kg/h bzw. 1100 kg/h Dampfleistung ergaben Kesselwirkungsgrade von etwa 70 bis 73 vH. Auch hierbei war die Abgastemperatur noch verhältnismäßig hoch. Diese niedrigen Wirkungsgradzahlen sind aber nicht für dieses Kesselsystem maßgebend, denn bei einem Kessel so kleiner Leistung besitzt die Handfeuerung keinen sehr hohen Wirkungsgrad und die ausstrahlende Oberfläche des Mauerwerks ist reichlich groß. Ferner liegen sämtliche Sammelbehälter und Rohrverbindungen außerhalb der Verkleidung, um sie bei diesem ersten Versuchskessel leicht beobachten zu können. Betriebskessel dieser Bauart wird man entsprechend einkleiden, um die Ausstrahlungsverluste, soweit als möglich, herabzusetzen und dem Kessel ein ruhiges Aussehen zu verschaffen. Um festzustellen, wie sich der Kessel bei ungereinigtem Speisewasser verhält, ist bei den bisherigen Versuchen zur Speisung kaltes unenthärtetes Wasserleitungswasser der Stadt Wernigerode (Harz) von

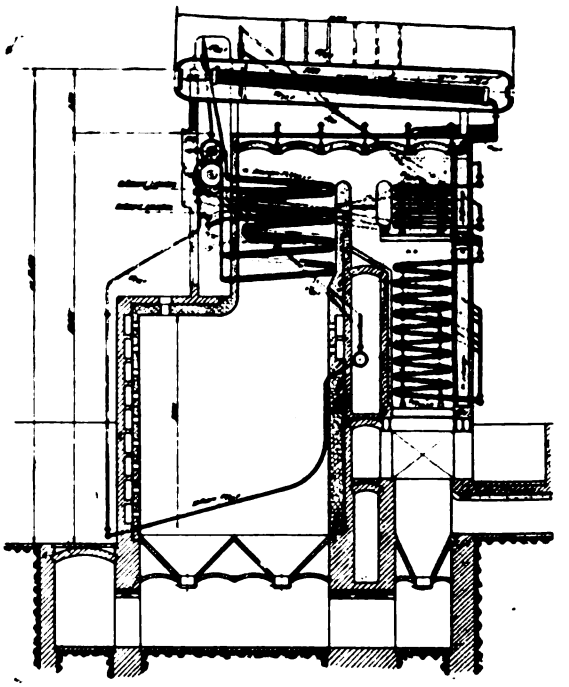


Abb. 8. Schmidt-Hochdruckkessel mit mittelbarer Beheizung.
Dampfdruck 100 at.
Dampfmenge 28 000 kg/Stunde.
Feuerraum 240 m³.
Temperatur des Speisewassers 90° C.
Wasserinhalt der Trommeln zirka 22·5 m³.

8 bis 10° verwendet worden. Dieses enthält im Liter 190·3 mgr Calciumoxyd (Ca 0), 37·0 mgr Magnesiumoxyd (Mg 0), 25·2° Gesamthärte, 16·1° bleibende Härte und 9·1° Karbonat-Härte.

Der Kesselstein setzt sich hauptsächlich in dem durch das rückfließende Kondensat beheizten Speisewasservorwärmer ab, jedoch hat dieser Kesselstein nur eine geringe Härte. Er läßt sich leicht abklopfen, bzw. durch eine Stahldrahtbürste abbürsten. Nach der eigentlichen Betriebskesseltrommel kommt der Kesselstein nur in Schlammform. Er kann dort bequem durch einen Wasserstrahl abgespühlt werden. Nach Trocknung des

Digitized by Google

abgezogenen Kesselsteinschlammes bleibt ein ganz feines Pulver zurück.

Die Schwankungen des Betriebskessels übertragen sich rasch auf die Heizelemente bzw. die der Heizelemente auf den Kessel. Der gesamte Wasserinhalt des Kessels beträgt 1900 kg, die Baustoffwärme entspricht etwa 1300 kg heißem Kesselwasser, trotzdem rufen schon geringe Änderungen in der Beheizung einen Einfluß auf den Dampfdruck hervor. Jedes Öffnen der Feuertür und das Aufwerfen frischer Kohle ergeben sofort einen Druckabfall, obgleich an den Betriebsverhältnissen nichts geändert wurde; die Speisung erfolgte gleichmäßig und der Dampf wurde ins Freie abgeblasen.

Die Zugerzeugung bei dem Versuchskessel geschieht durch einen Dampfbläser, der mit gedrosseltem Frischdampf arbeitet. Dadurch ist es leicht möglich, die Verbrennung zu regeln und die Verdampfung schnell zu steigern. Der Dampfdruck läßt sich morgens im Laufe einer Viertelstunde nach dem Anheizen von 15 at auf 53 at steigern. Eine Verdoppelung der Dampferzeugung durch Verstärkung des Kesselzuges in wenigen Augenblicken macht sich im Betriebsdruck des Kessels nicht bemerkbar. Die stärkere Beheizung ist nur durch das plötzliche Ansteigen des Heizdruckes zu erkennen. Auch starken Belastungsschwankungen vermag der Kessel sehr gut zu folgen. Bemerkenswert ist dabei, daß bei solch starken Änderungen in der Verdampfung der Kessel trotz seines geringen Dampfraumes keinerlei Neigung zum Wasserreißen zeigt.

Das neue Kesselsystem ist nicht nur bis zu einer Dampfleistung von etwa 10 000 kg/h, sondern in jeder beliebigen Größe und für jeden praktisch in Betracht kommenden Dampfdruck ausführbar. Selbst bei großen Ausführungen erhalten die Verbindungsleitungen zwischen Heizdampferzeuger und Betriebsdampfkessel nur geringe Abmessungen, da die Heizsysteme ja mehrfach unterteilt werden und der hohe Druck die umlaufenden Dampfvolumina sehr verkleinert. Die Abb. 8 zeigt einen Kessel größerer Dampferzeugung.

Bei dem Versuchskessel sind die Heizelemente quer zur Trommelachse vorgesehen. Diese lassen sich aber auch in der Trommel längsgerichtet anordnen (Abb. 8). Hierbei ergibt sich der Vorteil, daß die Anzahl der Verbindungsstellen noch erheblich verringert wird, auch sind weniger Durchdringungen an den Trommeln für die Zuführung des Heizdampfes notwendig.

Um bei diesen Kesseln bei schwankender Belastung eine gleich hohe Überhitzung zu erhalten, ist der Überhitzer zweiteilig vorgesehen. In dem der Feuerung am nächsten liegenden Teil wird der Dampf vorüberhitzt und im zweiten, in der in dem hinteren Zug liegenden Rohrschlange nachüberhitzt. Die Beheizung des zweiten Überhitzers kann geregelt werden.

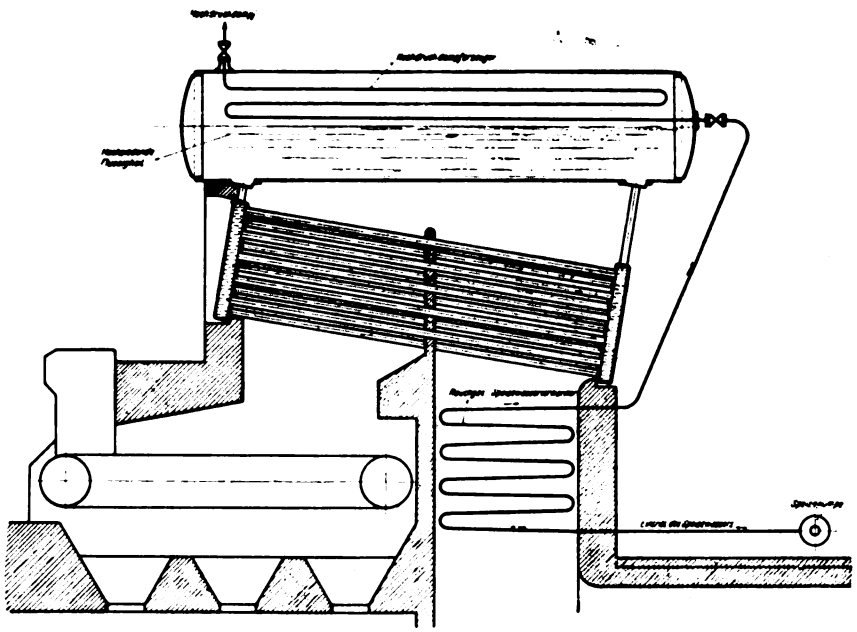


Abb. 9. Hochdruckdampferzeuger mit mittelbarer Beheizung nach Dr. Ruths.

Bei dem Versuchskessel sind in den kleinen, zur Wasserabscheidung dienenden Zwischenkesseln *d* (Abb. 6) Wasserstände angeordnet, um feststellen zu können, ob Heizwasser verloren gegangen ist. Bei einem Betriebskessel dieser Bauart braucht man nur Kontaktthermometer in den Heizdampfleitungen anzubringen, die eine Signalvorrichtung auslösen, sobald ein gewisser Wasserverlust überschritten ist. Wenn nämlich in dem Verdampferteil kein Heizmittelumlauf stattfindet, was bei Leerlauf der Zwischenbehälter *d* eintritt, ist der Heizdampf überhitzt. Die Thermometeranzeige ist sicherer als eine Druckmessung.

Die Vorteile des neuen Kessels im Vergleich mit einem Wasserrohrkessel sind zusammengefaßt folgende:

Digitized by Google

Zahlentafel 2.

Bisher im Betrieb befindliche Höchstdruckkessel.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kesselbauart	Steilrohr-kessel	Atmoskessel	Steilrohr-kessel	Löffler-Kessel	Sektional-kessel	Sektional-kessel	Schmidt Hoch-druck - Sicher-heitskessel mit mittelb. Behzg	Atmoskessel	Steilrohr-kessel	Benson-Vorschalt-kessel
2	Erbauer	Aschers-lebener Maschinenbau A. G. Aschersleben	Atmos-Gesellschaft Stockholm	A. Borsig Tegel	Floridsdorfer Lokomotiv-fabrik Wien-Floridsdorf	Babcock und Wilcox-Werke England	Babcock und Wilcox-Werke V. St. v. Amerika	Schmidt'sche Heißdampf G. m. b. H. Zweigniederl. Wernigerode a. H.	Sudenburger Maschinen-fabrik Sudenburg	Geb. Sulzer Winterthur	Benson-Studien-gesellschaft
3	Auftraggeber	Schmidt'sche Heißdampf G. m. b. H. Cassel-Wilh.	Carnegie-Zucker-raffinerie Göteborg	A. Borsig Tegel	Floridsdorfer Lokomotivf. Wien-Floridsdorf	Centrales Electriques des Flandres Langerbrugge	Weymouth-Kraftanlage V. St. v. Amerika	Schmidt'sche Heißdampf G. m. b. H. Cassel-Wilh.	Sudenburger Maschinen-fabrik Sudenburg	Geb. Sulzer Winterthur	Siemens-Schuckert-Werke Berlin
4	Inbetriebsetzung, Jahr	1911	1920	1924	16. Dez. 1924	Ende 1925	Ende 1925	9. Februar 1926	Anfang 1926	April 1926	1925
5	Dampfdruck, atü	60	60/100	60	100	56	84	60	110	110	225/110
6	Dampfleistung, kgh	1360	3000/5000	10 000	300	12 000	64 500	1500	2715	3500	10 000
7	Feuerungsart	Handbeschick. Steinkohle	—	Wanderrost Steinkohle	Ölfeuerung	Wanderrost Steinkohle	Stokerfeuerg. Steinkohle	Handbeschick. Steinkohle	Ölfeuerung	—	Ölfeuerung
8	Rostgröße, m²	1·5	7·4 für 100 at	10·2	—	9·1	—	1·5	—	—	—
9	Verdampfer-Heizfläche, m²	26	—	280	—	—	—	26·5	6·51	45	—
10	Überhitzer-Heizfläche, m²	24	—	136	—	119		23·0	4·90	—	—
11	Vorwärmer-Heizfläche, m²	22	—	200	—	—	—	19·5	68·70	—	—
12	Gesamt-Heizfläche, m²	72	—	616	—	559	2680 ohne Überhitzer	69·0	80·11	—	—
13	Luftvorwärmer-Heizfläche, m²	—	—	—	—	445	—	—	—	—	—
14	Bisherige Betriebsstundenzahl	20 000	—	3500	—	2000	—	500	—	1000	—

Digitized by Google

1. Der Schmidt-Hochdruck-Sicherheitskessel mit indirekter Beheizung ist absolut explosionssicher. Die den Feuergasen ausgesetzten engen Rohrschlangen halten einen Druck von mehreren 100 at aus. Sollte wirklich einmal eine dieser Rohrschlangen an einer schlechten Stelle aufreißen, so kann nur eine geringe Menge des Heizmittels entweichen, die keinen Schaden hervorrufen kann.

2. Zur Speisung des neuen Kessels kann jedes beliebige Speisewasser verwendet werden.

3. Bei dem neuen Kessel ist auch die wichtige Frage des Hochdruck-Economisers gelöst.

4. Die den Betriebsdampf liefernde Trommel ist nur von innen beheizt und daher treten in ihren Wandungen keinerlei Wärmespannungen auf.

5. Ein großer Teil des Kesselwassers liegt im Speiseraum und kann daher für Spitzenleistungen nutzbar gemacht werden.

6. Der Wasserumlauf erfolgt zwangsläufig ohne Pumpe stets in derselben Richtung.

7. Sämtliche Dichtungsstellen liegen außerhalb der Feuerzüge, sodaß jede kleine Undichtheit sofort bemerkbar wird. Wenn man ganz sicher gehen und jede Wasserverluste vermeiden will, schweißt man sämtliche Verbindungen.

8. Die Verdampfungsheizfläche läßt sich jedem beliebigen Feuerraum anpassen.

9. Die Einzelteile der Kessel lassen sich leicht normalisieren, wodurch die Herstellung und die Montage verbilligt werden.

Auf Grund der bisherigen Versuche bedeutet es kein Risiko, Kessel solcher Bauart für jede Dampfleistung und jeden Dampfdruck schon heute in der Praxis einzuführen. Sie sind besonders dort am Platz, wo zur Erzielung großer Leistungen höchste Dampfspannungen benutzt werden und wo viel Zusatzspeisewasser notwendig ist, das ist in den mit Gegendruck arbeitenden Heizkraftbetrieben, in welchen viel Heizkondensat verloren geht.

Die mittelbare Dampferzeugung ist aber nicht nur für ortsfeste Kesselanlagen durchführbar, sondern es ist auch bereits der Versuch gemacht worden, sie bei ortsbeweglichen Kraftanlagen einzuführen, so ist zum Beispiel von Henschel & Sohn, Kassel, für die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft nach den Entwürfen der S.H.G. eine S 10·2-Schnellzugslokomotive für Hochdruckdampfbetrieb umgebaut worden, und zwar ist aus verschiedenen Gründen nur die Feuerbüchse als Hochdruckkessel ausgebildet.

Auch für Schiffe läßt sich ein ähnlich arbeitender Hochdruck-Zweidruckkessel entwickeln, bei dem der Hochdruckdampf ebenfalls mittelbar erzeugt wird. Unter mittelbaren Dampferzeugern sind nach dem Vorstehenden solche Dampferzeuger zu verstehen, die nicht unmittelbar durch Feuergase beheizt werden, sondern bei denen die Beheizung mittels Heizflächen entweder durch noch höher gespannten Wasserdampf oder durch ein schwer siedendes Heizmittel wie Öl oder dergleichen erfolgt. Ein Dampferzeuger, der als Wärmeübertragungsmittel eine schwer siedende Flüssigkeit mit niederem Siedepunkt benutzt, ist von Dr. Ruths, Stockholm, vorgeschlagen worden (Abb. 9). Ruths will zur Herstellung billiger Hochdruckdampferzeuger Kessel vorhandener Bauart mit einer schwer siedenden Flüssigkeit füllen und in den Dampfraum dieser Kessel Hochdruck-Schlangenrohrkessel einbauen. Die Betriebssicherheit eines solchen Kessels ist davon abhängig, ob es möglich ist, eine schwersiedende Flüssigkeit zu finden, die vielfache Erhitzungen anstandslos verträgt. Es ist nicht bekannt geworden, ob bereits ein derartiger Kessel ausgeführt ist.

In Wien ist dann noch in der Floridsdorfer Lokomotiv-Fabrik ein Hochdruckkessel nach Bauart Löffler im Betrieb.[12]) Diesen Kessel, bei dem die Verdampfungswärme als Überhitzungswärme unmittelbar in das Kesselspeisewasser eingeführt wird, gehört nicht zu den mittelbar arbeitenden Dampferzeugern. Eine Zusammenstellung der bisher ausgeführten Hochdruckkessel, die Betriebsdrücke über 50 at verwenden, gibt Zahlentafel 2. Es sind also bereits eine ganze Reihe verschiedener Kessel für höchste Betriebsdrücke fertiggestellt worden, und es wird sich nun bald herausstellen, welches System sich in der Praxis am besten bewähren wird.

[12]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 738; 1926, S. 63.

Die III. Vollversammlung des Internationalen beratenden Komitees für den Weitsprechverkehr (Comité Consultatif International des communications téléphoniques à grande distance C.C.I).

Der dritten Vollversammlung des C.C.I. (Paris, 29. November bis 6. Dezember 1926), mit welcher dieses nach der von der Telegraphen-Union (Télégraphique Universelle, Paris, September 1925), erfolgten offiziellen Anerkennung sozusagen in die legale Phase seiner Existenz eingetreten ist, kommt aus verschiedenen Gründen besondere Bedeutung zu.

Die Reihe der bisher dem C.C.I. angehörigen Verwaltungen (Deutschland, Österreich, Belgien, Dänemark, Spanien, Estland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Ungarn, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Norwegen, Niederlande, Polen, S. H. S., Schweden, Schweiz, Tschechoslowakei) war erstmalig erweitert durch Neuhinzutritt von Portugal und seiner Kolonie Mozambique, von Rußland (Union des Republiques Sovietistes Socialistes U.R.S.S.) und von Rumänien. Damit erweitert sich der Kreis der an den Arbeiten des C.C.I. direkt interessierten Länder um ein Beträchtliches über Europa hinaus weit nach Osten und Südosten nach zwei benachbarten Erdteilen.

Der Präsident des C.C.I., M. Milon, konnte an diese Tatsache mit Recht und ohne utopistische Übertreibung den Hinweis anknüpfen, daß der Tag, an dem sich das Komitee mit dem Studium einer Telephonverbindung Europa — Peking oder Tokio, quer über den Himalaja, oder quer über die Polregionen nach anderen

Digitized by Google

Erdteilen zu befassen haben werde, vielleicht nicht mehr allzu fern sei.

Außer den genannten Verwaltungen waren vertreten die Amerikanische Telephon- und Telegraphen-Compagnie, weiters zur Mitberatung der Fragen betreffend die Beeinflussung der Schwachstromleitungen durch Starkstromanlagen die „Conférence Internationale des Grands Réseaux d'Energie électrique à haute tension", die „Internationale Eisenbahn Union", ferner als Experten die Vertreter der Schwachstrom- und Kabelindustrie von Deutschland, Österreich, Belgien, Frankreich, England, Ungarn und Polen und schließlich die „Commission Consultatif et Technique des Comunications et des Transit" des Völkerbundes.

Das Arbeitsprogramm erstreckte sich auf Fragen der „Übertragung" (Transmission), des „Schutzes der Linien" (Protection des lignes), des „Verkehres und Betriebes" (trafic et exploitation), die, teilweise von der „Commission Permanente" vorbereitet, von einer entsprechenden Anzahl von Unterkommissionen bearbeitet wurden. Überdies war durch die offizielle Eingliederung des C. C. I. in den Organismus der Telegraphen-Union (Réglement de Service International Revision de Paris 1925, Kapitel 71, Sektion S und Artikel 71, Sektion A) eine Neuorganisation des C. C. I. selbst notwendig geworden; mit den bezüglichen Arbeiten war ebenfalls eine besondere Unterkommission betraut.

Das Ergebnis der Beratungen kann hier natürlich nicht eingehend wiedergegeben werden. Es soll dennoch im Nachstehenden versucht werden, eine Anzahl der wichtigsten neuen „Empfehlungen" und sonstigen Ergebnisse hervorzuheben.

Zunächst die technische Fragengruppe betreffend die „Übertragung, die Unterhaltung und Überwachung der Anlagen".

In der Frage der Festsetzung eines Übertragungsmaßes (Unité de transmission) hatte man sich aus praktischen Gründen dahin geeinigt, daß es bis auf weiteres jeder Verwaltung freigestellt bleiben soll, nach ihrer Wahl entweder das durch den natürlichen Logarithmus ausgedrückte

$$n = 1/2 \log \text{nat} \frac{P_1}{P_2} \text{ bezw. } n = \log \text{nat} \frac{V_1}{V_2} \left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$

oder das durch den Briggschen Logarithmus

$$N = \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \text{ bezw. } N = 2 \log_{10} \frac{V_1}{V_2} \left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$

ausgedrückte Übertragungsmaß anzuwenden. In der technischen Literatur sollen jedoch die Angaben für Dämpfungen oder Verstärkungen möglichst in beiden Maßen nebeneinander erfolgen.

Von besonderer Bedeutung für die Beurteilung und Vereinheitlichung der verschiedenen Telephonsysteme hinsichtlich ihrer Übertragungsgüte ist der Beschluß, ein „Normalbezugssystem" für die Sprachübertragung aufzustellen. Dasselbe wird voraussichtlich nach amerikanischen Muster aus einem Kondensatormikrophon mit stark gespannter Membrane und einem mechanisch gedämpften Bell-Telephon, beide mit mehrstufigen Verstärkern verbunden, bestehen. Mit diesem Primärsystem das als „Europäisches Fundamentalsystem für die Übertragung" bezeichnet wird und welches im „Conservatoire National des Arts et Métiers", Paris, unter besonderen Vorsichtsmaßregeln zur Aufstellung kommen soll, wird die Eichung von einfacheren Sekundärsystemen erfolgen; diese werden ihrerseits wieder zur Eichung der marktgängigen Telephonapparattypen dienen, die dann als Arbeitsétalons (Working Standards) Verwendung finden. Damit wird es möglich sein, an dem bisher schwächsten Punkt des sonst wunderbar ausgezirkelten Weitsprechsystems, an den Teilnehmerapparaten, den Hebel anzusetzen.

Die Bezeichnung der Frequenz soll künftig nach Perioden in der Sekunde angegeben werden; hiedurch wird eine Vereinheitlichung der bisher üblichen gemischten, fallweise nach Perioden oder nach Kreisfrequenzen erfolgenden Bezeichnung herbeigeführt werden.

Die Impedanz aller Apparate, die in internationale Sprechkreise eingeschaltet sind, soll einheitlich 800 Ohm (zwischen 600 bis 950 Ohm) betragen.

Die gesamte Dämpfung einer internationalen Linie zwischen ihren Endpunkten soll bei 800 Per/s ein $n = 1{\cdot}3$ ($N = 1{\cdot}13$) nicht überschreiten, ausgenommen ist der besondere Fall, daß der Sprechkreis nicht über die Endpunkte verlängert wird; dann kann die Dämpfung bis zu $n = 2$ ($N = 1{\cdot}73$) betragen.

Zwischen Teilnehmer und Endpunkt einer internationalen Linie soll die Dämpfung nicht mehr als $n = 1$ ($N = 0{\cdot}86$), zwischen zwei Teilnehmern nicht mehr als $n = 3{\cdot}3$ ($N = 2{\cdot}9$) betragen.

Ebenso wurden Grenzen für die Frequenzabhängigkeit der Dämpfung (für 300, 800 und 2000 Per/s) für Zweidraht- und Vierdrahtkreise festgesetzt.

Allgemeine Richtlinien für die Bemessung abnormaler Kabelstrecken werden gegeben; ebenso für die Anwendung von Echosperren.

Die Verwendung von Sternkabeln für internationale Verbindungen wird erstmalig behandelt und die Wichtigkeit der Homogenität nicht nur der im Lande liegenden, sondern auch der über die Grenzen sich erstreckenden Verstärkerfelder betont.

Für die laufenden Messungen wird die Frequenz 800 festgelegt. Die Frage des Ersatzes gewisser Sprachmessungen durch Messungen mit einer einzigen Frequenz wurde aufgeworfen.

Schließlich wurden einige Bedingungen bezüglich der für die Radiophonie dienenden Übertragungskreise festgelegt. Für ideal gute Wiedergabe wird ein Frequenzband von 30 bis 10 000 Per/s, für genügend gute und deutliche Wiedergabe das Frequenzband von 100 bis 5000 vorgeschlagen. Dementsprechend muß die Grenzfrequenz der Kabelleitungen gewählt werden. Ferner wird das Übertragungsniveau bezw. die obere Grenze für die sekundlich übertragene Energie für Freileitungen, gewöhnliche Kabelleitungen und für solche, die besonders gegen ein Übersprechen auf Nachbarkreise geschützt sind (Übersprechen $\geqq 12$) festgelegt.

Bezüglich der in internationalen Verbindungen zur Verwendung kommenden Teilnehmerstationen erscheint eine jährliche Überprüfung wünschenswert. Die Festsetzung bestimmter Prüfungsmethoden erfolgte vorläufig noch nicht.

Für die Verstärker wird die Forderung aufgestellt, daß die Verstärkungskurve so beschaffen sei, daß die Dämpfung zweier beliebiger Frequenzen des übertragenen Sprachbandes — von Endpunkt zu Endpunkt der internationalen Linie gemessen — nicht mehr als höchstens $n = 1$ ($N = 0{\cdot}87$) voneinander abweiche. Das in Frage kommende Frequenzband erstreckt sich hiebei bei Zweidrahtkreisen von 300 bis 2000 Per/s, bei Vierdrahtkreisen, mittelstark pupinisiert, von 300 bis 2000, bei Vierdrahtkreisen, leicht pupinisiert, von 300 bis 2500 Per/s.

Bezüglich internationaler Luftleitungen wird vorgeschlagen, nicht zu pupinisieren, sie jedoch zwischen zwei Verstärkern elektrisch möglichst gleichmäßig auszubilden: das Übersprechen soll in jedem Fall geringer sein als $n = 6{\cdot}9$ ($N = 6{\cdot}0$).

Gemischte Linien, Kabel und Freileitungen abwechselnd, sind möglichst zu vermeiden. Wo dies nicht geht, wird zur Vermeidung der Reflexionserscheinungen empfohlen, Krarupkabel oder sehr schwach pupinisierte Kabel anzuwenden.

Hinsichtlich der Instandhaltung und Überwachung der Linien werden Richtlinien aufgestellt. Hervorzuheben wären:

Zwecks raschester Wiederherstellung unterbrochener internationaler Verbindungen ist der defekte Abschnitt der internationalen Leitung nach Möglichkeit durch eine entsprechende Leitung des Inlandsnetzes zu ersetzen. Diese Ersatzleitungen sollen im vornhinein ermittelt und erprobt werden.

Die regelmäßig anzustellenden Überwachungsmessungen, auch für die Rundfunkübertragungsleitungen,

Digitized by Google

sowie die in Frage kommenden Meßmethoden werden festgelegt.

Insbesondere wird die Messung des Pegelstandes eingehender behandelt. Hiebei wird einer der Endstationen einer internationalen Leitung die Rolle der „Station directrice" zugeteilt, die die Verantwortlichkeit für die richtige Inbetriebhaltung der Linie und bei Untersuchungen die Führung übernimmt. Weiters wird für jedes auf ein Land entfallendes Stück der internationalen Linie eine „Station Sous-Directrice" bestimmt, die unbeschadet der Verantwortlichkeit der „Station Directrice" für die ganze Linie, die Führung der Untersuchungen in dem betreffenden Lande inne hat.

Schließlich wird grundsätzlich die Zulässigkeit der gleichzeitigen Telephonie und Telegraphie im selben Kabel, sei es auf getrennten oder auf gemeinsamen Adern, ausgesprochen; Voraussetzung ist jedoch, daß die Telegraphie weder anfänglich noch in Zukunft eine Störung der Telephonie bewirkt. Die Bedingungen, unter welchen dies nach dem augenblicklichen Stande der Technik erreicht werden kann, werden für die gleichzeitige Telephonie und Telegraphie auf denselben Adern (Infra-akustische oder Unterlagerungstelegraphie), für den Betrieb auf separaten Stromkreisen und für Mehrfachtelegraphie (bei letzteren insbesondere hinsichtlich der Aufteilung der Frequenzen) aufgestellt.

Schließlich werden die technischen Bedingungen für die Lieferung von: Kabeln mit DM-Vierern, Kabeln mit Sternvierern (ohne Phantomkreis), für Zweidraht- und Vierdrahtverstärker, für die Beschaffenheit verlegter Verstärkerfelder, sowie für die Lieferung der Pupinspulen aufgestellt.

Hinsichtlich des Schutzes der Telephonlinien gegen Störung durch Starkstromanlagen werden einige der im sogenannten „blauen Heft" niedergelegten Richtlinien abgeändert. In Einzelheiten kann hier leider Raummangels halber nicht eingegangen werden.

Ebenso soll über die übrigen Ergebnisse, die sich auf die Betriebs- und Verkehrsfragen beziehen, im Hinblick darauf, daß diese Fragen wohl nur für die betriebführenden Verwaltungen von besonderem Interesse sind, hier nicht weiter berichtet werden.

Von allgemeinerem Interesse dürfte jedoch die neue Organisation der C. C. I. sein. Zufolge dieser umfaßt das Comité Consultatif International drei Organe:

a) die Vollversammlung (Assemblée Plenière, AP),
b) den Generalsekretär (SG),
c) die Berichterstatterkommissionen (Commission de Rapporteurs, CR).

Die Vollversammlung (AP) tritt in der Regel jährlich einmal (April, Juni) zusammen. Jede dem C. C. I. angehörige Verwaltung hat eine Stimme. Jeder der Abstimmung zugeführte Antrag gilt bei Stimmenmehrheit als angenommen. Bei jeder solcherart zustandegekommenen „Empfehlung" (Avis) des C. C. I. wird angegeben werden, ob sie einstimmig oder mit welcher Anzahl Für- und Gegen-Stimmen sie angenommen wurde. Die AP ist befugt, die ihr von der Kommission (CR) vorgelegten Berichte zu approbieren, abzuändern oder wieder rückzuleiten, sowie neue Fragen zum Studium anzusetzen.

Der Generalsekretär (SG) ist der Leiter des Bureau C. C. I. und wird auf unbestimmte Zeit gewählt. Er hat mit seinem Bureau die gesamten administrativen Arbeiten, Vorbereitung der Tagungen, Aufrechterhaltung der Verbindung mit Mitgliedern usw. zu leisten. Die Kosten für das Bureau einschließlich des SG gehen zu Lasten des Budget des C. C. I., das konform dem Vorgang bei der Telegraphenunion von den angehörigen Verwaltungen nach einem bestimmten, die Leistungsfähigkeit berücksichtigenden Schlüssel bestritten wird; es soll rund 60 000 Goldfrancs im Jahr nicht überschreiten. Die Berichterstatter-Kommissionen (CR) werden, soweit sie zur Bearbeitung der schwebenden Fragen erforderlich sind, jährlich von der AP aufgestellt. Sie bestehen aus den Vertretern einzelner, an den jeweiligen Fragen besonders interessierter Verwaltungen, wobei die Verwaltungen von der AP, die einzelnen Vertreter jedoch von den betreffenden Verwaltungen bestimmt werden.

Die Aufgabe der Kommissionen, die sich aus ihrer Mitte einen Hauptberichterstatter wählen, der die Oberleitung über die Arbeiten hat, ist das gründliche Studium der vorliegenden Fragen und die Ausarbeitung bezüglicher Vorschläge und Empfehlungen (Avis) für die AP.

Für das laufende Jahr sind insgesamt acht solche Kommissionen vorgesehen. Die österreichische Telegraphenverwaltung ist in einigen dieser Kommissionen, soweit sie für Österreich besonders wichtige Fragen bearbeiten, vertreten.

Außer den vorgenannten Kommissionen wurde noch eine besondere ständige Kommission geschaffen, deren Aufgabe es ist, jene technischen Fragen, die mit der Beeinflussung von Fernmeldeleitungen durch Starkstromanlagen zusammenhängen, zu bearbeiten. In dieser Kommission sind außer den Telegraphenverwaltungen auch alle eingangs genannten größeren internationalen Organisationen der Starkstromgruppe vertreten. Wie wichtig und ausschlaggebend es für das Zustandekommen praktisch wirksamer Vereinbarungen, insbesondere bezüglich der im Interesse der Schwachstromleitungen auf der Starkstromseite vorzunehmenden Schutzmaßnahmen, ist, daß die erwähnten Starkstromorganisationen zur Mitarbeit an dieser Commission permanente mixte international (C. M. I.) gewonnen wurden, braucht wohl nicht besonders betont werden.

Schließlich sei noch das Schicksal eines großzügig gedachten Planes erwähnt, der auf eine Finanzierung großer internationaler Linien unter Führung einer Art internationalen Direktoriums abzielte. Dieser Plan ist infolge Einspruches einer Reihe von Verwaltungen — offensichtlich mit Rücksicht darauf, daß ein solches Direktorium wohl eine gewisse Vergrößerung des Einflusses der darin vertretenen Verwaltungen zu ungunsten anderer mit sich gebracht hätte —, fallen gelassen worden.

In sozusagen inoffizieller Besprechung wurde jedoch anschließend die Möglichkeit erörtert, auch ohne ein solches Direktorium die Finanzierung von internationalen Linien zu erleichtern. Eine Lösung dieser Frage scheint in der Form möglich, daß das C. C. I. sich bereit erklärt, Projekte, deren Finanzierung angestrebt wird, hinsichtlich der technischen Seite und des zu erwartenden Betriebserfolges zu begutachten, in der Annahme, daß ein günstiges Gutachten des C. C. I. als sozusagen oberste internationale beratende Instanz die Kreditgewährung erleichtern werde.

So wichtig und wertvoll alle diese in mühevoller Detailberatung ausgearbeiteten Richtlinien und Empfehlungen für einen gedeihlichen Auf- und Ausbau des internationalen Fernsprechnetzes ohne Zweifel sind, so würde man doch der Bedeutung des C.C. I. nicht gerecht werden, wollte man ein besonders wichtiges, wenn nicht überhaupt das gewichtigste Aktivum des C. C. I. unerwähnt lassen. Es ist dies der Geist der rein sachlichen, durch keinerlei Politik beeinflußten kameradschaftlichen Zusammenarbeit, der Zusammenarbeit aller jener, die in den verschiedensten Ländern unter den verschiedensten Verhältnissen die gleichen Aufgaben zu bearbeiten, die gleichen Probleme zu lösen haben und die dem gleichen erhabenen Ziele, der Schaffung eines die Menschheit immer inniger umfassenden Bandes — des internationalen Fernsprechnetzes — dienen.

Wer es an sich selbst erlebt hat, wie ein gutes, klar verständliches Ferngespräch die Hunderte und Tausende Kilometer Entfernung zwischen den zwei Sprechenden in ein Nichts zusammenschrumpfen läßt, der wird die Förderung nicht nur der wirtschaftlichen, sondern auch der geistigen und seelischen Annäherung der Menschheit, die ein gutes internationales Fernsprechnetz mit sich bringen muß, richtig einzuschätzen wissen.

Und es scheint mir letzten Endes gerade die geistige Kraft dieses ideellen Zieles des C. C. I. zu sein, deren Einfluß sich wohl kein Teilnehmer der Tagung

Digitized by Google

entziehen kann, möge er manchmal auch noch so wenig eingenommen sein von dem unmittelbaren Wert dieses oder jenes Beratungsergebnisses, und der alle Teilnehmer sich als Mitglieder einer großen einigen Familie fühlen läßt.

In besonderer Weise hatte sich dieser Geist der gegenseitigen Offenheit und des rückhaltslosen Vertrauens in Gestalt einer äußerst interessanten und umfangreichen Spezialausstellung manifestiert, die aus dem besonderen Anlaß der dritten Tagung ins Leben gerufen wurde. Die Ausstellung bot in drei Stockwerken ein geschlossenes Bild der gesamten dem Weitsprechverkehr dienenden neuesten Einrichtungen, angefangen von Freileitungen, Kabeln, Pupinspulen usw. bis zu kompletten Verstärkeramtseinrichtungen. Aussteller waren: ein Stockwerk: der Siemens-Konzern, die AEG, die deutschen Kabelwerke, die deutsche Reichspost; ein zweites Stockwerk war belegt von den Objekten der Western El. Co und den beachtenswerten Erzeugnissen der Britischen Postverwaltung, die namentlich was Meßeinrichtungen anbelangt, ein hohes Maß von Selbständigkeit zeigt. In dem dritten Stockwerk schließlich war Frankreich durch seine Studiengesellschaft für Fernsprechverbindungen und andere einschlägige Firmen vertreten.

Die Ausstellung, die in wirklich umfassender Weise den letzten Stand, vielfach sogar buchstäblich das allerneueste Stück zeigte, bot die außerordentlich seltene und wertvolle Gelegenheit, die maßgebenden Systeme miteinander vergleichen zu können. Dank der weitestgehenden Informationsbereitwilligkeit der Aussteller war die Gelegenheit zu eingehenden Aussprachen gegeben und es darf angenommen werden, daß auf diese Weise diese Veranstaltung der C. C. I. den Besuchern und den Ausstellern gleicherweise zum Vorteil gereichte.

Die nächste Volltagung des C. C. I. soll im September d. J., anläßlich der Voltafeier, in Como abgehalten werden. Ing. H. Pfeuffer.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Unsymmetrische Verbraucher und ihre Ausgleichung. In einem ausführlichen Aufsatz behandelt V. Genkin die Theorie unsymmetrisch belasteter Drehstromsysteme und verschiedene Methoden zur Beseitigung der Unsymmetrie[1]). Es seien mit *UVW* die Klemmen eines in Dreieck geschalteten Stromverbrauchers bezeichnet, und durch die Weiser 1, 2 und 3 die Phasen *UV*, *VW* und *WU* angedeutet, so gelten zunächst die folgenden Gleichungssysteme:

$$\begin{aligned} \mathfrak{J}U &= \mathfrak{J}_1 - \mathfrak{J}_3 \quad \mathfrak{E}_1 = \mathfrak{J}_1 \mathfrak{z}_1 \\ \mathfrak{J}V &= \mathfrak{J}_2 - \mathfrak{J}_1 \quad \mathfrak{E}_2 = \mathfrak{J}_2 \mathfrak{z}_2 \\ \mathfrak{J}W &= \mathfrak{J}_3 - \mathfrak{J}_2 \quad \mathfrak{E}_3 = \mathfrak{J}_3 \mathfrak{z}_3 \end{aligned} \quad \ldots\ldots (1);$$

darin bedeuten $\mathfrak{J}$ die Ströme, $\mathfrak{E}$ die Spannungen und $\mathfrak{z}$ die Impedanzen. Es läßt sich nun jedes unsymmetrische System von drei Vektoren in zwei gegenläufige symmetrische Systeme von je drei gegeneinander um 120° versetzten Vektoren zerlegen. War die Summe der drei ursprünglichen Vektoren überdies nicht gleich Null so bleibt nach dieser Zerlegung als dritte Komponente ein System von drei der Größe und Richtung nach gleichen Vektoren übrig. Bezeichnen wir dieses System durch den Weiser 0, das rechtsläufige durch *r* und das gegenläufige durch *g*, ist ferner

$$a = \cos 120^\circ + j \sin 120^\circ,$$

so gibt die geschilderte Zerlegung:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{J}_1 &= \mathfrak{J}_r + \mathfrak{J}_g + \mathfrak{J}_0 \quad \mathfrak{E}_1 = \mathfrak{E}_r + \mathfrak{E}_g \quad \mathfrak{y}_1 = \mathfrak{y}_r + \mathfrak{y}_g + \mathfrak{y}_0 \\ \mathfrak{J}_2 &= a\,\mathfrak{J}_r + a^2\mathfrak{J}_g + \mathfrak{J}_0 \quad \mathfrak{E}_2 = a\,\mathfrak{E}_r + a^2\mathfrak{E}_g \quad \mathfrak{y}_2 = a\,\mathfrak{y}_r + a^2\mathfrak{y}_g + \mathfrak{y}_0 \\ \mathfrak{J}_3 &= a^2\mathfrak{J}_r + a\,\mathfrak{J}_g + \mathfrak{J}_0 \quad \mathfrak{E}_3 = a^2\mathfrak{E}_r + a\,\mathfrak{E}_g \quad \mathfrak{y}_3 = a^2\mathfrak{y}_r + a\,\mathfrak{y}_g + \mathfrak{y}_0 \end{aligned}\right| \quad (2).$$

darin bedeutet $\mathfrak{y}$ die Scheinleitfähigkeit, $\mathfrak{y} = \frac{1}{\mathfrak{z}}$. Die Zerlegung des Stromsystems $\mathfrak{J}U, \mathfrak{J}V, \mathfrak{J}W$ sei durch einen Strich bezeichnet:

$$\begin{aligned} \mathfrak{J}U &= \mathfrak{J}_r'\,a^2 + \mathfrak{J}_g'\,a &&= \mathfrak{J}_r(a-1)\,a^2 + \mathfrak{J}_g(a^2-1)\,a \\ \mathfrak{J}V &= \mathfrak{J}_r' &+ \mathfrak{J}_g' &= \mathfrak{J}_r(a-1) &+ \mathfrak{J}_g(a^2-1) \\ \mathfrak{J}W &= \mathfrak{J}_r'\,a &+ \mathfrak{J}_g'\,a^2 &= \mathfrak{J}_r(a-1)\,a &+ \mathfrak{J}_g(a^2-1)\,a^2 \end{aligned} \qquad (a^3 = +1)$$

Für die Beurteilung der Unsymmetrie kommen folgende Größen in Betracht:

$k_1 = \frac{I_r'}{I_g'}$ für die Belastung,

$k_2 = \frac{E_r}{E_g}$ für die Spannungen,

$k_{3r} = \frac{\mathfrak{y}_r}{\mathfrak{y}_0}$ und $k_{3g} = \frac{\mathfrak{y}_g}{\mathfrak{y}_0}$ für den Verbraucher.

Sind die drei zur Verfügung stehenden Spannungen symmetrisch ($E_g = 0$ oder $E_r = 0$) so ist die Belastung symmetrisch, wenn $\mathfrak{y}_g$ oder $\mathfrak{y}_r$ gleich Null sind. Es muß also je nachdem:

$$\text{bei } E_r = 0 \ldots \mathfrak{y}_g = \frac{1}{3}(\mathfrak{y}_1 + a\,\mathfrak{y}_2 + a^2\mathfrak{y}_3) = 0,$$

$$\text{bei } E_g = 0 \ldots \mathfrak{y}_r = \frac{1}{3}(\mathfrak{y}_1 + a^2\mathfrak{y}_2 + a\,\mathfrak{y}_3) = 0$$

sein, wobei dann aus den obigen Beziehungen folgt, daß im ersten Fall $\mathfrak{J}_r' = 0$, im zweiten Fall $\mathfrak{J}_g' = 0$ wird, die Belastungen also ausgeglichen sind, wenn nur $\mathfrak{y}_1$, $\mathfrak{y}_2$ und $\mathfrak{y}_3$ der obigen Bedingung genügen, ohne unter sich gleich sein zu müssen. Ist zum Beispiel ein reiner Wirkwiderstand von der Leitfähigkeit λ zwischen den Klemmen *V* und *W* angeschlossen ($\mathfrak{y}_2$) so kann der Kompensationswiderstand, je nachdem er an die Klemmen *UV*, *VW*, *WU* angeschlossen wird, die Leitwerte $-a^2\lambda$, $-\lambda$ und $-a\lambda$ annehmen, von welchen Möglichkeiten mindestens eine positiv und ausführbar wird. (Im vorliegenden Falle $-a^2\lambda = \lambda\,[0{\cdot}5 + j\,.\,0{\cdot}866]$).

Zu dieser Art des Ausgleiches gehört auch der folgende Fall: Sechs Widerstände $\mathfrak{z}_1$ bis $\mathfrak{z}_6$ sind der Reihe nach zwischen sechs Klemmen geschaltet: $\mathfrak{z}_1$ zwischen *U* und *R*, $\mathfrak{z}_2$ zwischen *R* und *V* und mit fortlaufenden Weisern weiter, *V* — *S*, *S* — *W*, *W* — *T*, *T* — *U*. Entsprechen diese Widerstände den Bedingungen $\mathfrak{z}_1 = \mathfrak{z}_3 = \mathfrak{z}_5 = \mathfrak{z}$, $\mathfrak{z}_2 = \mathfrak{z}_4 = \mathfrak{z}_6 = \mathfrak{Z}$ und $\mathfrak{z} = \mathfrak{Z}\,(\cos 60^\circ + j \sin 60^\circ)$, so können an die Klemmen *RST* **beliebig unsymmetrische Verbraucher angeschlossen werden; werden sie durch die Klemmen *UVW* gespeist, so sind die drei Ströme $\mathfrak{J}U, \mathfrak{J}V$ und $\mathfrak{J}W$ vollständig ausgeglichen.** — Die mitgeteilten Formeln gelten für Dreieckschaltung des Verbrauchers, bei Sternschaltung ergeben sich ganz ähnliche Gleichungen, doch sind an Stelle der Admittanzen $\mathfrak{y}$ die Impedanzen $\mathfrak{z}$ einzuführen.

Eine zweite grundsätzlich andere Methode des Ausgleiches unsymmetrischer Belastungen besteht darin, mit Hilfe künstlicher Beeinflussung die dem Verbraucher zugeführten Spannungen unsymmetrisch zu machen, dergestalt daß die Belastung des Netzes wieder symmetrisch wird. Es geschieht dies mittels Induktionsreglern, die von einer Kombination von Strom- oder Spannungsrelais beeinflußt werden. Der Verfasser führt drei verschiedene Schaltungen an.

Eine dritte Methode liegt schließlich in der Verwendung umlaufender Maschinen. Ein Asynchronmotor sei an eine unsymmetrische Spannung mit den Komponenten E_r und E_g angeschlossen. Sein Primärkreis sei durch den Weiser 1 bezeichnet, der Sekundärkreis durch den Weiser 2; *x* und *r* seien die entsprechenden Reaktanzen und Widerstände, *u* das

[1]) Vgl. a. Oberdorfer, E. u. M. 1927, Heft 15, S. 296 ff.

Digitized by Google

Übersetzungsverhältnis und s' die Schlüpfung gegenüber dem rechtläufigen Drehfeld, s'' gegenüber dem gegenläufigen. Es gelten dann die Gleichungen:

$$\Im r = \frac{\mathfrak{E}_r}{\mathfrak{Z}''},$$

worin

$$Z'' = \sqrt{(x_1 + x_2')^2 + \left(r_1 + \frac{r_2'}{s''}\right)^2},$$

$$\Im g = \frac{\mathfrak{E}_g}{\mathfrak{Z}'},$$

worin

$$Z' = \sqrt{(x_1 + x_2')^2 + \left(r_1 + \frac{r_2'}{s'}\right)^2}$$

und

$$x_2' = u^2 x_2, \; r_2' = u^2 r_2.$$

Bei einer dem Synchronismus benachbarten Drehzahl ist nun $s' \approx 2$ und $s'' \approx 0$, so daß Z' und Z'' sehr verschiedene Werte annehmen werden. Es wird der Motor demnach auch bei kleiner Spannungsunsymmetrie sehr verschiedene Ströme aufnehmen. Es läßt sich nun zeigen, daß die günstigste Wirkung eines dem unsymmetrischen Verbraucher parallelgeschalteten Induktionsmotors dann eintritt, wenn Z' möglichst klein und die Impedanz der Leitung möglichst groß ist. Da Z' nicht verschwinden und die Leitungsimpedanz nicht beliebig groß gemacht werden kann, so wird immer noch ein kleiner Reststrom der gegenläufigen Komponente verbleiben. Um jedoch den theoretisch erwünschten Verhältnissen möglichst nahe zu kommen sind verschiedene Schaltungen angegeben, die im wesentlichen darauf hinauslaufen, die Impedanz des Ausgleichsmotors durch Hinzufügen von Kondensatoren oder weiterer Hilfsmaschinen herabzusetzen. A. Fr.

(Rev. gén. Electricité, Bd. 20, Heft 4, 1926.)

Ozonbildung bei Umlaufkühlung von Turbogeneratoren. Um die aus Kreisen der Praxis geäußerten Bedenken, daß bei der Kreislaufkühlung von Turbogeneratoren eine nennenswerte Ozonbildung auf die Wicklungsisolation schädigend wirken könne, zu zerstreuen, wurden von den SSW, wie L. Kropff berichtet, Versuche in dieser Richtung angestellt. Hiebei erfolgten Probeentnahmen in der Nähe der Wickelköpfe — innerhalb der Hülse, also im Stator, ist eine Ozonisierung durch Asphaltieren der Wicklung verhindert — an der Druckseite vor dem Kühler und an der Saugseite im Kaltluftraum. Die Untersuchung an vierpoligen Turbogeneratoren bis 6600 V und zweipoligen bis 11 000 V zeigte auch nicht die geringste Ozonisierung. Im Dauerbetrieb mit vierpoligen Turbomaschinen von 11 000 V, 16 000 bezw. 20 000 kVA konnte allerdings durch Geruch, wie durch chemische Untersuchung Ozonbildung nachgewiesen werden, immerhin jedoch nur in einer Menge von 0·00032 vH des Luftraumes, eine Menge, die gewiß unschädlich ist. Eine weitere Zunahme war auch nach dreitägigem Betrieb nicht wahrzunehmen. Durch festes Ätznatron, Ätzkali und Natronkalk ist auch diese Ozonbildung zu verhindern, wobei auch gleichzeitig eine Reinigung der Luft von Feuchtigkeit und Kohlensäuregehalt, die erst die gefürchtete Zersetzung durch Ozon fördern könnten, erzielt wird. St. Schw.

(Siemens-Zeitschr., 6. Jahrg., Heft 11.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Regelung für Puffersätze. Ständig in kurzen Zeitabständen auf einander folgende Belastungsstöße kann man bekanntlich durch Puffersätze, bestehend aus einem Schwungrad, das von einem Nebenschlußmotor angetrieben wird, aufnehmen lassen, so daß der Generator nur auf eine mittlere Gleichlast beansprucht wird. J. H. Ashbaugh beschreibt eine hiefür verwendbare, selbsttätige Feldregelung des Puffermotors. Die Schaltung folgt dem bekannten Tirrillprinzip; das Spannungsrelais des Reglers erhält zwei einander entgegengeschaltete Spannungsspulen, von denen die eine ständig unter Spannung steht, während die andere durch ein Vorrelais, parallel zu einem Shunt im Generatorstromkreis, unter Spannung gesetzt wird. Ist das letztere geöffnet, so ist der Anker des ersten Relais angezogen, der Kurzschlußkontakt offen. Steigt aber infolge einer stoßweisen Belastung der Generatorstrom, so schließt das Vorrelais, es stehen beide Spulen des ersten Relais unter Spannung, entmagnetisieren infolge der Gegenschaltung ihren Eisenkern und durch den abschnellenden Relaisanker wird der Nebenschlußwiderstand des Motors kurzgeschlossen. Hiedurch steigt die Gegen-EMK der Puffermaschine; die dadurch und unter dem Einfluß der lebendigen Kraft des Schwungrades hervorgerufene generatorische Wirkung entlastet den Generator, die Relais öffnen wieder und das Spiel kann von neuem beginnen. Eine zu lang andauernde Stoßbelastung oder Entlastung könnte jedoch die zulässige thermische Grenze der Puffermaschine überschreiten, zu Kippen oder Durchgehen führen. Aus diesem Grunde ist ein Richtungsrelais zum Schutz vorgesehen, das die Wirkung des Vorrelais bei Überschreiten einer einstellbaren Grenze aufhebt. Dieses Relais trägt zwei einander entgegengeschaltete, außen angeordnete Stromspulen, durchflossen von einem Shuntstrom des Motors, und außerdem eine Spannungsspule in der Mitte, welche eine der beiden Endspulen — je nach der Stromrichtung in diesen — in ihrer Wirkung überwiegen läßt; das heißt der Anker ändert je nach der Stromrichtung seine Bewegungsrichtung. Bei einem bestimmten Stromwert und der Stromrichtung, zum Beispiel für den Motorbetrieb, bewirkt das Anziehen des Relaisankers, ähnlich wie beim Vorrelais, Kurzschließen des Nebenschlußwiderstandes und somit Entlastung des Motors, während bei dem gleichen Stromwert im Generatorbetrieb das Relais wirkungslos bleibt, was ja erwünscht ist. Ein entsprechendes Richtungsrelais für den Generatorbetrieb verursacht bei Überschreitung einer bestimmten Stromgrenze das Öffnen des Widerstandskurzschlusses und ist im Motorbetrieb wirkungslos. St. Schw.

(Electrical World, Bd. 88, Nr. 26, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Der Durchschlagsmechanismus an festen Isoliermitteln. Die „Durchschlagsfestigkeit" eines Isoliermittels ist kein feststehender Begriff, weil sie unter anderem von der Zeit der Spannungsbeanspruchung und von der Größe und Lage der Elektroden abhängig ist. Man kann jedoch eine Momentandurchschlagsfestigkeit und noch besser eine Dauerdurchschlagsfestigkeit, die eine für definierte, aber ganz kurzzeitige, die andere für sehr lang andauernde Spannungsbeanspruchungen unterscheiden. Während für die eine eher die Gesetze der alten elektrischen Festigkeitslehre Geltung haben, läßt sich die andere wohl nur auf Grund von thermisch elektrischen Betrachtungen erfassen. Bei Kabeln speziell hat es sich jedoch herausgestellt, daß die verschiedenen Ansätze, welche die alte elektrische Festigkeitslehre lieferte, mit den Ergebenissen der Durchschlagsversuche für kurzzeitige Spannungsbeanspruchung im Widerspruch stehen[1]). Nach P. L. Hoover liegt dies daran, daß für die Spannungsverteilung im Dielektrikum die Verteilung angenommen wird. wie sie sich aus der Laplaceschen Differentialgleichung unter Voraussetzung eines homogenen, ladungsfreien Dielektrikums ergibt, das zum Beispiel in dem hier zu behandelnden Falle des Einleiterkabels von konzentrischen Zylinderelektroden umgeben ist (mit zunehmenden Abstand von der gemeinsamen Achse logarithmisch abnehmende Spannung). Diese Voraussetzung hält Hoover nur bei solchen Spannungsbeanspruchungen für zutreffend, welche von der Durchschlagsspannungbeanspruchung genügend entfernt sind. In hoch beanspruchten Kabeln soll vielmehr die Elastizitätsgrenze des Dielektrikums überschritten sein und die (Stromspannungs-)Charakteristik des Isolier-

[1]) E. u. M. 1923, S. 133.

Digitized by Google

materials für die Spannungsverteilung im Kabelquerschnitte maßgebend sein. Solche Charakteristiken sind von den Arbeiten von K. W. Wagner[1]) einerseits und von Hayden-Steinmetz[2]) andererseits her bekannt. Nimmt man als rohe Annäherung:

$$e = \frac{175\,i}{1 + 0{\cdot}1\,i^2} \quad \ldots\ldots\ldots (1),$$

e Spannungsabfall in kV/mm, i der durch den cm²-Querschnitt hindurtretende Isolationsstrom, dann ergibt sich für

$$e_r = \frac{d\,E_r}{d\,r} = \frac{175\,i_r}{1 + 0{\cdot}1\,i_r^2} \quad \ldots\ldots (2),$$

wobei e_r den Spannungsgradient in der Enfernung r vom Zentrum des Kabelquerschnittes, E_r die dort herrschende Spannung und i_r den dort durch die Flächeneinheit des Zylinders hindurchtretenden Isola-

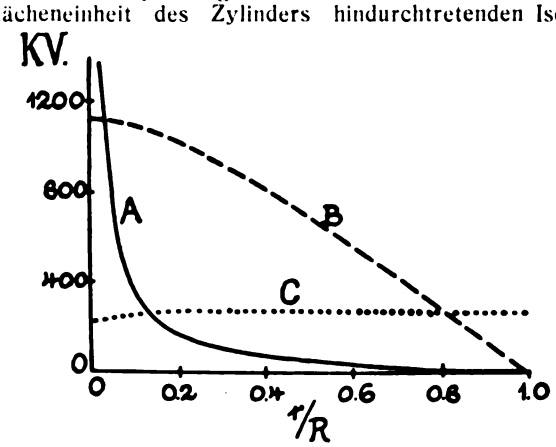


Abb. 1. Durchschlagspannung eines Einleiterkabels (theor.). A ... r = konst., B ... R = konst., C ... $R - r$ = konst.

tionsstrom bedeuten, welcher aus geometrischen Gründen sein muß:

$$i_r = i_0 \frac{R}{r} \quad \ldots\ldots\ldots (3),$$

wenn i_0 der Strom ist, der pro Flächeneinheit durch den Bleimantel des Kabels (Innenradius R) tritt. Setzt man dies in (2) ein und integriert, so erhält man als Spannungsverteilung

$$E = \frac{175\,i_0\,R}{2} \cdot \ln \frac{R^2 + 0{\cdot}1\,i_0\,R^2}{r^2 + 0{\cdot}1\,i_0^2\,R^2} = \frac{175}{R\pi} \ln \frac{0{\cdot}1\,I^2 + 4\,\pi^2 R^2}{0{\cdot}1\,I^2 + 4\,\pi^2 r^2} \quad \ldots\ldots (4),$$

wenn I der durch die Einheitslänge des Kabels hindurchfließende Gesamtstrom ist. Aus Gleichung (4) läßt

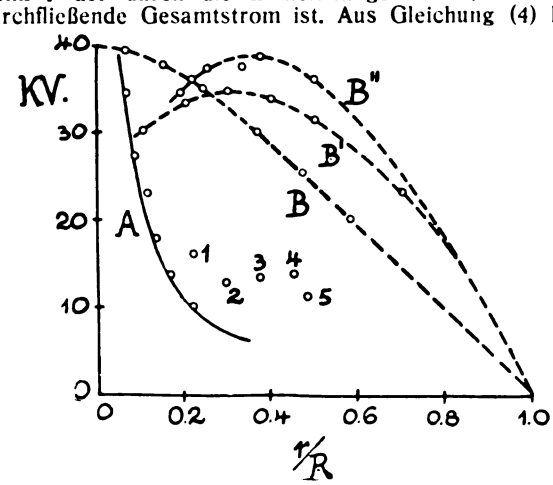


Abb. 2. Durchschlagspannung von Einleiterkabeln nach Versuchen von A ... Middleton-Dawes-Davis, r = konst., B, B' ... Middleton-Dawes-Davis, R = konst. B'' ... Wiseman, R = konst., 1 bis 5 ... Fernie.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 678.
[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 678; 1925, S. 429, 453.

sich beispielsweise die Strom-Spannungs-Charakteristik (E_1, I) von Kabeln mit verschieden großen Leiterdurchmessern $2r$ und inneren Bleimanteldurchmessern $2R$ bestimmen. Sie hat die Form der von Wagner gefundenen Kurven. Nimmt man in logischer Fortführung des Wagnerschen Gedankens auch im gegebenen Falle an, daß der Durchschlag dann einsetzt, wenn die Strom-Spannungs-Charakteristik negativ zu werden beginnt, so ergibt sich ein Zusammenhang zwischen den Durchschlagsfestigkeiten von Einleiterkabeln beim festen Leiterradius r und veränderlichem innerem Bleimantelradius R (Kurve A) beim festen R und veränderlichem r (Kurve C) die in Abb. 1 dargestellt sind.

Die von zwei verschiedenen Seiten, nämlich von Middleton, Dawes und Davis einerseits, von Wisemann und schließlich von Fernie andererseits durchgeführten Versuche, die bisnun als einander widersprechend angesehen wurden, ergeben in diesem Lichte gesehen beide durchaus einen Verlauf, der nach den theoretischen Überlegungen zu erwarten war (Abb. 2), insbesondere wenn man in Betracht zieht, daß die Gleichung (1), welche der Rechnung zugrundeliegt, zum Teil aus ganz anderem Versuchsmaterial stammt (Gummi gegen getränktes Papier), und selbst nur eine Annäherung ist. Die einzige größere Abweichung, nämlich das Abbiegen der experimentell gefundenen Kurven B' und B'' bei im Verhältnis zum Leiterradius großen Isolationsstärken, glaubt Hoover in der Inhomogenität des Dielektrikums suchen zu können, welche zu Vorentladungen in den inneren Lagen geführt habe und wodurch die Durchschlagsspannungen zu niedrig ausfielen.

(Die Folgerungen aus den obigen Ansichten ließen sich sehr leicht und auf direktem Wege dadurch nachprüfen, daß die Spannungsverteilung im Querschnitte des Kabels in der Nähe der Durchschlagsbeanspruchung gemessen wird und mit der von der Theorie geforderten Verteilung nach (4) verglichen wird. Aus dem vorliegenden gekürzten Texte der Arbeit läßt sich nicht entnehmen, ob dies bereits geschehen ist. Für den Fall, als sich die Anschauung Hoovers als tragfähig erweisen sollte, würde nicht nur in eine Reihe von Problemen der dielektrischen Festigkeitsrechnung Klarheit gebracht werden, sondern es würde auch eine Anzahl von Fällen der Rechnung zugänglich werden, die sich heute überhaupt nicht erfassen lassen, nämlich diejenigen, in welchen zwei oder mehrere Dielektrika zwischen den Elektroden vorhanden sind. Anm. d. Ref.)

Konst.

(Journal A. I. E. E., Bd. 45, September 1926.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Mikrophone. Von R. Kelch. Unter Bezugnahme auf eine frühere Arbeit des Verfassers[1]) werden einige Gleichungen für die von einem Mikrophon abgegebenen Leistungen, Ströme und Spannungen entwickelt. Die Maximalleistung, welche von einem Mikrophon bei einer bestimmten zugeführten Schallenergie unter den günstigsten Bedingungen im Wechselstromkreise, das heißt bei richtiger Anpassung des äußeren Verbrauchswiderstandes zum inneren Mikrophonwiderstand, abgegeben wird, wird als relativer Gütefaktor Gr bezeichnet. Aus der Beziehung $Gr = \frac{1}{4} \cdot Ik^2 \cdot Ri$ kann man diesen verhältnismäßig einfach berechnen. Ri ist der innere Widerstand, Ik diejenige Wechselstromstärke, welche im kurzgeschlossenen Wechselstromkreise fließt. Versuche haben ergeben, daß der mit Gleichstrom gemessene innere Widerstand Ri ohne weiteres in die Wechselstromgleichungen eingesetzt werden kann. Zu beachten ist bei den Wechselstrommessungen allerdings, daß die Messung bei der betriebsmäßigen Speisestromstärke vorgenommen werden muß, da der innere Widerstand eines Mikrophons in sehr hohem Maße von der durchfließenden Speisestromstärke abhängt. Durch Messung der beiden Werte Ri und Ik ist nach obiger Gleichung

[1]) Zur Theorie des Mikrophons, E. u. M. 1925, Heft 13.

Digitized by Google

G_r bestimmt. Ist einmal dieser relative Gütefaktor G_r für ein bestimmtes Mikrophon bei bestimmter zugeführter Schallenergie bekannt, so kann man die dabei vom Mikrophon abgegebenen Wechselstromwerte der Spannung, Stromstärke und Leistung an Hand der in der Arbeit entwickelten Gleichungen für jede Größe des äußeren Widerstandes berechnen. Es ergeben sich: für die Wechsel-EMK

$$E = \sqrt{G_r} \cdot \sqrt{4 R_i},$$

für die Stromstärke

$$I = \sqrt{G_r} \cdot \sqrt{\frac{A}{R_a}},$$

für die Leistung

$$V = G_r \cdot A,$$

worin R_a den im äußeren Kreise wirksamen Wechselstromwiderstand und

$$A = \frac{4 \cdot R_i \cdot R_a}{(R_i + R_a)^2}$$

bedeutet. Versuche über den Einfluß des Abstandes zwischen fester Kohleelektrode und Membrane auf die Größe des relativen Gütefaktors haben gezeigt, daß es einen ganz bestimmten günstigsten Abstand zwischen fester Elektrode und Membrane gibt, welcher zwischen 1·5 und 2 mm liegt. Versuche zeigten auch, daß mit zunehmender Speisestromstärke im allgemeinen der innere Widerstand kleiner und der relative Gütefaktor größer wird. Aus Kontrollkurven ist zu entnehmen, daß der relative Gütefaktor G_r entsprechend den entwickelten Gleichungen nicht von den Widerständen im äußeren Stromkreise abhängig ist. K.

(Z. f. Schwachstrom- und Hochfrequenztechnik, Bd. 1, Heft 1 und 2, 1926.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Zur Theorie der Frequenzvervielfachung durch Eisenkernkopplung. Von E. Guillemin. Die analytische Berücksichtigung der Eisensättigung wird durch den Umstand erschwert, daß wir keine Funktion besitzen, die einerseits die *H-B*-Kurve hinlänglich genau nachbilden[1]), andererseits jedoch auch eine einfache analytische Behandlung gestatten würde. Den bekannten Ausweg, die *H-B*-Kurve annäherungsweise durch Gerade zu ersetzen, schlägt auch E. Guillemin ein, um die in der Radio-Sendetechnik zu praktischer Bedeutung gelangte Frequenzvervielfachung mittels gesättigten Eisens rechnerisch zu erfassen. Die *H-B*-Kurve wird hierbei in einfachster Weise aus zwei Geraden gebildet, von denen die eine mit einer der Permeabilität des ungesättigten Zustandes entsprechenden Neigung durch den Koordinatenursprung geht, während die andere entsprechend dem Zustande vollständiger Sättigung, der *H*-Achse parallel läuft. Daß trotz dieser Vereinfachung eine ziemlich weitgehende Genauigkeit erreicht wird, zeigt der Vergleich mit den Ergebnissen einer experimentellen Untersuchung von H. Plendl, F. Sammer und J. Zenneck[2]) über den gleichen Gegenstand. Die Anordnung, die Guillemin der Berechnung zugrundelegt, besteht aus einem, durch einen Generator gespeisten Primärkreis und einem, mit dem Primärkreis durch einen geschlossenen Eisenkern gekoppelten sekundären Schwingungskreis. Durch eine Induktivität und eine Kapazität im Primärkreis wird eine angenähert sinusförmige Stromkurve gewährleistet. Unter diesen Voraussetzungen entartet die dem Sekundärkreis aufgedrückte Spannung zu intermittierenden Spannungsstößen und das Problem wird entsprechend als periodischer Ein- und Ausschaltevorgang behandelt. Die Rückwirkung des sekundären Kreises auf den primären besteht hierbei aus zwei Komponenten, der Einwirkung auf die Grenzen der Stoßdauer und der Abänderung des gemeinsamen Transformatorflusses. Von den Ergebnissen ist zunächst hervorzuheben, daß ein maximaler Schwingungsstrom nicht genau mit den ungeraden Vielfachen der primären Frequenz zusammenfällt, sondern daß die Beziehung gilt

$$n_{max} = (2m + 1) + \frac{1 - \lambda}{\lambda} (2m' + 1)$$

(n Vervielfachungszahl; $\lambda = \sqrt{L/(L + L_t)}$; L Selbstinduktion im Sekundärkreis; L_t Selbstinduktion der Transformatorwindung, Transformationsverhältnis = 1: m, m' ganze Zahlen) und daß die Verschiebung der Maxima von den ungeraden n-Werten mit wachsender Vervielfachung gleichfalls anwächst. Der Einfluß der Stoßdauer zeigt sich darin, daß gewisse Frequenzen fast vollkommen unterdrückt erscheinen. Die Untersuchungen über den Wirkungsgrad, den glatten Verlauf und die Stabilität der Schwingungen stehen in Übereinstimmung mit den bekannten experimentellen Ergebnissen. K.-M.

(Arch. f. Elektrot., Bd. 17, Heft 1, 1926.)

[1]) Vgl. Zickler, Z. f. Elektrotechnik, Wien 1895, S. 521.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Die Radiotechnik, Heft 7, S. 69.

Patentbericht.

Elektrische Meßinstrumente.

(Schluß aus Heft 17, Seite 354.)

Meß-Stromwandler.

Für die primärseitige Umschaltung von Stromwandlern, bei der zu möglichster Erhöhung der Belastbarkeit für jeden Meßbereich die gesamte Primärwicklung ausgenützt werden soll, sind verschiedene Anordnungen getroffen worden, die aber den Anforderungen nicht immer ganz genügen. Was die Bildung eines guten Kontaktes für hohe Stromstärken betrifft, so sind hiefür Schleifkontakte wenig geeignet. Am zuverlässigsten sind die Anordnungen, bei denen die einzelnen Kontaktstücke durch Schraubendruck aneinandergepreßt werden, wie dies bei auswechselbaren Steckkontakten für die einzelnen Meßbereiche der Fall ist. Diese haben wieder den Mangel, daß die Verwendung mehrerer verschiedener Stecker die Fabrikation verteuert und auch insofern nicht wünschenswert ist, als die zeitweise nicht gebrauchten Teile leicht verlegt werden können. Diese Nachteile werden nach einer Erfindung der Firma Siemens & Halskke A.-G. durch eine Umschaltvorrichtung vermieden, die aus einer Anzahl unabhängig voneinander verstellbarer Kontaktträger besteht, die zwischen den Enden je zweier Wicklungsteile derartig drehbar angeordnet sind, daß je nach ihrer Stellung die beiden benachbarten Wicklungsteile parallel oder in Reihe geschaltet werden. Es können dann durch eine der Anzahl der Wicklungsteile entsprechende Zahl solcher Kontaktträger sämtliche Wicklungsteile zu einer beliebigen gemischten Schaltung verbunden werden.

(D. R. P. Nr. 436251.)

Bei der Anwendung der Kompensationsschaltung von Schering und Alberti[1]) zum Prüfen von Stromwandlern wird an der Primärseite des zu prüfenden Transformators ein Normalwiderstand benützt, der bei größeren Stromstärken als wassergekühlter Widerstand ausgeführt wird. Solche Widerstände werden einerseits durch das Wasser angegriffen, andererseits können sie durch versehentliches Unterlassen der Anstellung des Wasserstromes leicht zerstört werden. Nach einer Erfindung der Firma Siemens & Halske A.-G. wird der Normalwiderstand nicht in unmittelbarer Einschaltung in den Primärkreis gebraucht, sondern er wird mittels eines Normalstromwandlers, zum Beispiel des Doppelwandlers nach Brooks und Holtz[2]) angeschlossen. Die sekundäre Stromstärke des Normalwandlers kann dann so gering bemessen

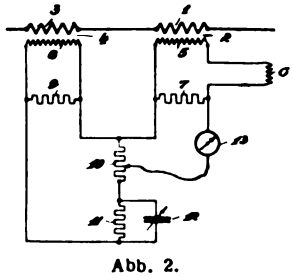


Abb. 2.

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 85; 1923, S. 174.

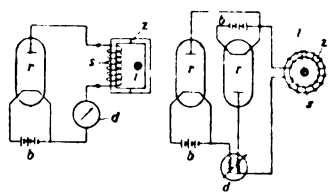
[2]) E. T. Z. 1922, S. 1399.

Digitized by Google

sein, daß die Verwendung wassergekühlter Widerstände sich erübrigt. Die Primärwicklung 1 (Abb. 2) des zu prüfenden Transformators 2 und die Primärwicklung 3 des Normalwandlers 4 sind in Reihe geschaltet. An die Sekundärwicklung 5 von Transformator 2 ist außer der Belastung 6 ein Meßwiderstand 7 angeschaltet. An die Sekundärwicklung 8 von 4, die für eine geringe Stromstärke bemessen ist, ist ein Meßwiderstand 9 gelegt. Parallel zu 9 liegt der mit Schleifkontakt versehene Widerstand 10 in Reihe mit dem Widerstand 11, dem zum Ausgleich der Phasenverschiebung ein regelbarer Kondensator 12 parallel geschaltet ist. Zwischen 7 und 10 liegt ein Galvanometer 13.

(D. R. P. Nr. 422920.)

Bei einer Erfindung der Firma Hartmann & Braun A.-G. in Frankfurt a. M. handelt es sich um die Aufgabe, das Meßbereich von Meßinstrumenten nach unten zu erweitern, die an sogenannte Einleiterstromwandler, bei denen ein einzelner Leiter vom Eisenkern umfaßt wird, angeschlossen werden. Insbesondere für vorübergehende Messungen hat sich der Dietze-Anleger eingebürgert, der mit einem geteilten, zangenförmig aufklappbaren Eisenkern die stromführende Leitung umgreift. Die Messung erfolgt durch ein an die Sekundärspule angeschlossenes Wechselstromamperemeter. Bei dieser Anordnung war es nicht möglich, Meßbereiche von 0 bis 10 A oder gar 0 bis 1 A zu beherrschen. Dieses Bedürfnis soll durch die Erfindung befriedigt werden, die darauf beruht, schwache Wechselströme mit Hilfe von Elektronengleichrichtern in Gleichströme umzuformen, um sie auf diese Art mit den ungleich empfindlicheren Drehspulinstrumenten messen zu können (Abb. 3). Durch den Leiter *l*, der von einem zangenförmigen Dietze-Anleger *z* umfaßt ist, fließt ein Strom von nur wenigen Ampere. Der in der Sekundärspule *s* induzierte Strom wird unter Zwischenschaltung eines Röhrengleichrichters *r* einem Drehspulgalvanometer *d* zugeführt. Um die Empfindlichkeit zu erhöhen, kann die bekannte Schaltung (Abb. 3*b*) benützt werden, mit deren Hilfe beide Halbwellen des Stromes ausgenützt werden.



a Abb. 3. *b*

(D. R. P. Nr. 433477.)

Nach Art der bekannten Stufentransformatoren mit stufenweiser Erreichung der Höchstspannung hat man auch schon Stromwandler vorgeschlagen, die aus einzelnen Gliedwandlern in der Weise zusammengesetzt sind, daß die Anfangsspannung nur am ersten Glied liegt und die Sekundärspannung des ersten bzw. vorausgehenden Gliedes auf das zweite bzw. folgende Glied Primärspannung ist, so daß der Übergang von der Anfangsspannung zur Endspannung abgestuft erfolgt. Nach einer Erfindung der Firma Koch & Sterzel A.-G. in Dresden sind die Wicklungen der Gliedwandler von Glied zu Glied wechselweise so geschaltet, daß einmal die Oberspannung, das andere Mal die Unterspannung mit dem Eisenkern auf wesentlich gleichem Potential liegt. Man erhält dadurch statisch und daher auch baulich günstige Verhältnisse. Insbesondere ist eine ungefährdete Verbindungsleitung von Glied zu Glied leicht herstellbar, die räumlichen Abmessungen fallen unbeschadet der Isolationssicherheit klein aus, man kann bei Anwendung eines Gehäusekörpers mit Querdurchgang ein einteiliges oder bei mehrgliedrigen Stromwandlern doch nur aus wenigen gut herstellbaren Teilen bestehendes Gehäuse verwenden, welches ölhaltendes Gehäuse und Stützkörper zugleich ist. Die Erfindung läßt sich auch so ausführen, daß auf die Induktionssysteme je zweier aufeinanderfolgender Glieder nur ein Kern fällt, wodurch abermals bauliche Vereinfachungen zu erzielen sind.

(D. R. P. Nr. 430175.)

Prüfapparate.

Die bisherigen Verfahren zur betriebsmäßigen Prüfung von Hochspannungsisolatoren bestehen in dem Abhören der bei Defekten auftretenden Geräusche. Nichtbeobachtung von Geräuschen bedeutet aber keinesfalls Güte des Isolators. Die in der Hochfrequenztelephonie längs Hochspannungsfreileitungen hin und wieder auftretenden Geräusche werden durch Funkenübergänge in Isolatoren der Hochspannungsanlage verursacht. Meistens können diese defekten Isolatoren durch sinnliche Beobachtung nicht ermittelt werden. Die Entstehung der Geräusche ist durch die Erregung der Leitungen zu gedämpften hochfrequenten Schwingungen infolge der intermittierenden Funkenübergänge zu erklären. Eine Erfindung der Firma Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. in Berlin nützt diese Beobachtung dadurch aus, daß man einen Isolator als Teil eines elektrisch schwingungsfähigen Gebildes verwendet. Die gedämpften hochfrequenten Schwingungszüge geben im Falle eines Defektes des Isolators ein sehr empfindliches Mittel zu ihrer Feststellung in die Hand. Die Anzeige kann in üblicher Weise durch die bekannten Indikatoren der Hochfrequenz erfolgen, die an den Prüfkreis gekoppelt sind.

(D. R. P. Nr. 436313.)

Die Messung des Isolationswiderstandes von Wechselstromanlagen durch Gleichstrom führt für höhere Betriebsspannungen zu Schwierigkeiten. Es muß zur Erzeugung einer der hohen Spannung entsprechend großen Meßspannung ein Gleichstromgenerator erheblicher Größe verwendet werden. In dieser Hinsicht ist es besonders erschwerend, daß die Materialausnützung für höhere Spannungen eine bedeutend schlechtere wird, sodaß das Gewicht mit steigender Spannung stark zunimmt. Ein schwacher Punkt des Gleichstromgenerators für den Betrieb mit hohen Spannungen bleibt auch immer der Kollektor. Nach einer Erfindung der Firma Siemens & Halske A.-G. werden diese Schwierigkeiten dadurch vermieden und die Anwendung hoher Gleichspannung für tragbare Geräte zur Isolationsmessung dadurch ermöglicht, daß als Stromquelle ein kleiner Wechselstromgenerator, beispielsweise ein Induktor, verwendet wird oder an Stelle dessen der Anschluß an eine Wechselstromlichtleitung. Im Anschluß an diese Stromquelle wird zur Erzeugung des Meßgleichstromes eine der bekannten Gleichrichterschaltungen verwendet, wobei die Wechselspannung zunächst hochtransformiert und dann gleichgerichtet wird. An die sekundäre Hochspannung werden hinter dem Gleichrichter Kondensatoren angeschlossen, an deren äußere Klemmen die zu messende Anordnung angeschlossen wird.

(D. R. P. Nr. 430898.)

Literaturberichte.

3110 **Construction et Exploitation des grands réseaux électriques à haute tension.** (Bericht über die Arbeiten der III. Internationalen Konferenz für Fragen der Hochspannungskraftübertragung, Paris 1925.) Herausgegeben von J. Tribot-Laspière, Generalsekretär der Union des Syndicats de l'Electricité und Generalsekretär der Konferenz. Zwei Bände, 1277 bezw. 951 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und Tafeln. Verlag der Union des Syndicats de l'Electricité, Paris 1926.

Geschäftsordnungsmäßig gibt das Sekretariat der Konferenz nach Beendigung der jeweiligen Session in Buchform eine Sammlung sämtlicher eingereichter Berichte im Originalwortlaut heraus, sowie der im Anschluß an die einzelnen Fragen abgeführten Wechselreden. Das Werk enthält ferner neben einer Aufstellung der Namen und Adressen sämtlicher Teilnehmer Berichte über Verlauf und Tätigkeit der III. Session, über

Digitized by Google

Empfänge und Exkursionen, sowie Sitzungsbeschlüsse und -Protokolle. Infolge der erhöhten Beteiligung an der letzten Konferenz ist auch die Sammlung der Berichte bei weitem umfangreicher geworden als in den vorangegangenen Jahren[1]). Ungefähr 100 Referate, die wohl keine Frage der modernen Hochspannungstechnik außer acht lassen, sind entsprechend der zeitlichen Reihenfolge der Verhandlungen nach folgenden Gesichtspunkten zusammengefaßt: I. Teil, Krafterzeugung: Feuerungen (mit besonderer Berücksichtigung der Kohlenstaubfeuerung), Wechselstromerzeuger, Parallelarbeiten und Kupplung von Netzen, Transformatoröle, Prüfspannungen für Maschinen, Transformatoren, Schaltanlagen, Unterstationen. II. Teil, Bau von Hochspannungsleitungen: Allgemeine Gesichtspunkte für den Leitungsbau, Maste, Isolatoren, Isoliermittel, Kabel und Freileitungen, Bericht über das Erdbeben in Japan. III. Teil, Betriebsfragen: Beeinflussung von Schwachstromleitungen durch Hochspannungsanlagen, Ausgleichsvorgänge (Überstrom, Überspannung), Kraftübertragung, Betriebstelephonie, Spannungsnormung, Errichtungsvorschriften für Hochspannungsleitungen, Hochspannungsmeßmethoden, Leistungsfaktor, Unfälle, Störungen und Statistiken hierüber, Vorschlag betreffend Heranziehung des Volksschulunterrichtes zur Belehrung über die Elektrizität und ihre Anwendungsgebiete (J. G. Bellaar-Spruyt), Elektrizität in der Landwirtschaft (R. B. Matthews).

Im besonderen sei nur noch auf einige interessante Beiträge hingewiesen, soweit die behandelten Sondergebiete nicht anläßlich der Besprechung der III. Konferenz[2]) gebührend gewürdigt wurden. M. Takahashi untersucht experimentell und theoretisch auf graphischem Wege Selbsterregungserscheinungen an Wechselstromerzeugern, die eine leerlaufende Hochspannungsübertragungsleitung speisen. Die Untersuchung wird auch auf den Fall unsymmetrischer Kapazitäten, wie er sich bei Erdschlüssen ergibt, ausgedehnt. S. Bekku behandelt das Problem zweier über unsymmetrische Impedanzen gekuppelter Generatoren. Die Frage der rechnerischen Erfassung von Wechselstromproblemen, soweit sie auf Hochspannungsnetze Bezug haben, nahm eine Reihe von Autoren zum Ausgangspunkt ihrer Berichte (G. Darrieus, M. R. Lundholm mit Hilfe der Anwendung mehrphasiger Systemvektoren, G. Sartori mit Hilfe der Reziprozitätsmethode nach Donati). P. Thielmans sucht Netz-Knotenpunkts-Aufgaben mittels mechanischer Zeichenbehelfe zu lösen. C. Pellizari gibt eine Übersicht über die Arten der Kupplung von Netzen verschiedener Frequenz mit besonderer Berücksichtigung italienischer Anlagen. Eine eingehende theoretische Studie über Durchführungsisolatoren für Hochspannung, speziell über Kondensatordurchführungen, brachten P. Traverse und J. Silva bei. J. Wetzel bespricht die Beleuchtung von Zentralen und Unterstationen. E. V. Pannell berechnet die Kosten der Energieübertragung in Abhängigkeit der Betriebsspannung. P. Fougner berichtet über Erfahrungen mit hölzernen Leitungsmasten für Hochspannungsübertragungen, A. O. Austin über solche mit den von ihm angegebenen Lichtbogenunterdrückern. Erwähnenswert ist ferner eine meßtechnische Arbeit von H. S. Hallo über Messung dielektrischer Verluste, in welcher sich der Vorschlag findet, diese für Kabelmessungen verwendete Methode auch auf die Prüfung an Isolatoren, Maschinen und Transformatoren auszudehnen, weiters eine Experimentalarbeit von T. Kujirai und T. Akahira über den Einfluß der Temperatur auf Alterung von Faserstoffen, sowie eine solche von T. Emanueli über Abhängigkeit des dielektrischen Verlustwinkels in Kabeln von der aufgedrückten Spannung. Derselbe Autor berichtet auch über ein Versuchskabel von 130 kV. Zur Frage der Kabelprüfung äußern sich ferner E. Soleri und M. Delon. G. Semenza untersucht den Einfluß von Schwingungen auf den Durchhang von Freileitungen. Referate von F. H. Cough, P. H. Thomas und C. Palestrino befassen sich mit dem Problem der Höchstspannungskraftübertragung auf langen Leitungen und mit der Frage der voraussichtlichen zukünftigen Weiterentwicklung derselben. Nennenswert sind schließlich eine Arbeit von W. Lulofs über Tarif- und Preisgestaltung und eine Arbeit von E. Vismara über die Malariagefahr durch künstliche Staubecken. Einzelne neuartige Apparate, die Gegenstand von Berichten waren, seien noch eingehender Besprechung vorbehalten.

Ausstattung und Druck des Werkes sind gediegen. Dagegen wirkt die faksimilierte Wiedergabe der Zeichnungen mit ihrer Originalbeschriftung und überdies in nicht einheitlicher Sprache einigermaßen störend.

St. Schwarz.

3505 **The Testing of Motive-Power Engines.** Von R. Royds. 2. Auflage. 392 S. m. 193 Abb. Longmanns, Green and Co., London. Preis 21 sh.

Die Wichtigkeit der Maschinenlaboratorien für den Hochschulunterricht ist auch in England schon lange vor dem Kriege erkannt worden und hat auch dort zur Schaffung zahlreicher Laboratorien geführt. Im Zusammenhang damit ist das vorliegende Buch entstanden, das vorwiegend dem Studierenden, aber auch dem in der Praxis stehenden Ingenieur eine Anleitung zur Durchführung von Maschinenuntersuchungen geben will. Es behandelt nach einleitenden Abschnitten über Wärmelehre (Kreisprozesse) und die Messung von Druck, Temperatur, Leistung usw., die Untersuchung von Lokomotiven, Motorwagen, Dampfmaschinen und Dampfturbinen, Dampfkesseln, Kondensatoren und Luftpumpen, Verbrennungskraftmaschinen, Gaserzeugern, Kälteanlagen, Luftkompressoren, Luftmotoren, Gebläsen und Ventilatoren, Wasserturbinen und Pumpen. Ein Vergleich mit den einschlägigen Werken in deutscher Sprache, insbesondere mit den allerdings viel größer angelegten Technischen Messungen und Maschinenuntersuchungen von Gramberg, fällt unter Berücksichtigung der ganz verschiedenen Verhältnisse im Unterricht nicht zu ungunsten des Buches aus. Es ist in der bei technischen Werken in englischer Sprache üblichen Breite geschrieben, enthält auch manches, was bei uns ohneweiters vorausgesetzt werden kann, bringt aber hinsichtlich der eigentlichen Untersuchungen neben den üblichen Zusammenstellungen sehr wertvolle Winke und viele Literaturangaben. Weniger befriedigen die einleitenden Abschnitte, die nur wenige Meßgeräte beschreiben, unter welchen verhältnismäßig viele deutschen Ursprunges sind. Für den mitteleuropäischen Ingenieur hat das Buch in erster Linie Wert, wenn er bei Untersuchungen nach den englischen Vorschriften arbeiten oder von den englischen Maßeinheiten Gebrauch machen muß. Die Umrechnung in das metrische Maß wird durch zahlreiche Zahlentafeln erleichtert, die übrigens auch zum Teile unter Benützung deutscher Werke zusammengestellt sind. Druck und Ausstattung sind, wie immer bei englischen Büchern recht gut, nur die Abbildungen stehen im Vergleiche zu der bei uns üblichen Ausführung nicht auf der Höhe.

Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

3515 Anleitung zu maschinentechnischen Messungen und Untersuchungen. Von Prof. P. Langer und Dipl. Ing. W. Tomé. 24 Seiten mit 19 Abb. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1926. Preis Mk. 1·20.

Die Schrift enthält eine übersichtliche, wenn auch knappe Zusammenstellung der Grundlagen für maschinentechnische Messungen und Untersuchungen; ausführlicher werden die Erfassung der Fehler der Meßgeräte und der Beobachtungsfehler behandelt und zum Schluß wird eine Anleitung zur Organisation und Durchführung von Versuchen und zur Aufwertung von Versuchsergebnissen gegeben. Wer sich mit Maschinenuntersuchungen im Betrieb befaßt, wird durch die Schrift auf manches Wichtige und gewöhnlich nur wenig Beachtete aufwerksam werden, für den Studierenden oder zur Einführung kommt die Schrift schon wegen ihrer Kürze nicht in Betracht. J.

[1]) Bezüglich des Berichtes über die Arbeiten der II. Konferenz, Paris 1923; vgl. E. u. M. 1925, S. 132.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 581.

Digitized by Google

Neue Preislisten.

„Kontakt" A.-G., Spezialfabrik Elektr. Meßapparate, Wien XVI/1.

Freiluft-Durchführungen, Type FD, mit oder ohne Flansch, von 6 bis 35 kV, 350 bis 1000 A. — Trennschalter-Antriebe: Steigbügelantrieb, Type St O zur Type St G; Handradantrieb, Type W, WS, WSS; Zubehörteile, Maße und Anordnungsbeispiele. — Stern-Dreieck-Schutz, Type SD, Zusammenbau von Hörnerableitern, mit einzeln einstellbaren Hörnern; höchstzulässige Betriebsspannung 11 bis 44 kV. — Öldämpfungswiderstände mit aufgebautem Stern-Dreieck-Schutz, Type OWSD, für Betriebsspannungen von 6 bis 35 kV.

Pick & Mautner, Spezialwerkzeughandlung für Elektriker, Wien, VI., Gumpendorferstraße 124.

Katalog über Elektro-Werkzeuge. Flach- und Rundzangen, Langbeckszangen, Vorschneidezangen, Telegraphen- und Telephonzangen, Isolierrohrabschneider, Klemmen, Bohrer, Drahtspanner, Benzinlötkolben, Kolben und Feilen, Maurergeräte u. v. a. Elektrowerkzeuge. 30 Seiten.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Zeitfragen der Elektrotechnik. Den in der „Frankfurter Zeitung" wiedergegebenen Ausführungen des Vorsitzenden der Siemens & Halske A.-G., Carl Friedrich von Siemens, in der letzten Generalversammlung entnehmen wir folgendes: Erstmals nähere sich die Dividende (10 vH gegen 6 vH i. V.) wieder gesünderen, wirtschaftlichen Verhältnissen. Allerdings: wenn das wirkliche arbeitende Kapital zugrunde gelegt würde, sei die Verzinsung „noch bedeutend unter der für risikolose Geldanlagen üblichen". Bei der Aufstellung der Goldbilanzen mußte man das Kapital so normieren, daß auch in schlechten Zeiten eine angemessene Verzinsung erwirtschaftet werden könne, die das Ansehen nicht schwächte. Die Siemensgruppe habe während der Kriegs- und Inflationszeit keine Erweiterung ihres Arbeitsgebietes betrieben, habe sich nicht an außerhalb der Elektrotechnik stehenden Industrien beteiligt, weil das Gesamtgebiet der Elektrotechnik, dessen Zweige in ihrer Mehrzahl bei Siemens ihren Ausgangspunkt genommen hatten, ein so umfangreiches und entwicklungsfähiges sei, daß die Leitung mehr als genug zu tun habe, um es zu meistern und weiter zu entwickeln. Dieser Zurückhaltung verdanke man es jetzt, von außergewöhnlichen Verlusten verschont geblieben zu sein. Aber bei allem Vertrauen in die weiteren Möglichkeiten der Ausdehnung und Vertiefung der Elektrotechnik sei auch heute noch größte Vorsicht geboten wegen der direkten Abhängigkeit vom Wohlergehen der Verbraucher. Nur darin bestehe ein Vorzug für die Elektrotechnik, daß sie praktisch allen Zweigen der Produktion und des Konsums diene und dadurch einen Risikoausgleich habe. Ein neues Gefahrenmoment liege in der Art der rationalisierten Fabrikation. Diese lasse sich weniger als früher dem Bedarf anpassen; ein Rückgang des Absatzes führe in viel kürzerer Zeit zu Verlusten, da die festen Unkosten einen bedeutend größeren Anteil am Gesamtprodukt ausmachen. Gleichzeitig haben sich die Verkaufsunkosten durch verschärfte Konkurrenz und Propagandakosten erhöht. Leider haben wir uns auch darin amerikanischen Zuständen genähert. Eine gesunde Entwicklung der Produktion und eine Milderung der Arbeitslosigkeit sei nur dann zu erwarten, wenn die einzelnen Unternehmungen auf gesunden finanziellen Füßen stehen und dadurch die Möglichkeit einer Ausdehnung erhalten. Das lasse sich nicht auf dem Irrwege der Spekulation erreichen, die eines Tages mit Ernüchterung und Verlusten für diejenigen ende, die an der Industrie Interesse nahmen, nicht um eine angemessene Rente zu erhalten, sondern durch Kauf und Verkauf einen sogenannten Kapitalgewinn erzielen wollen. Vor dem Kriege konnte die Mehrzahl der guten Gesellschaften auf einen festen Stamm von Aktionären rechnen und daher eine gesunde, beiden Seiten zugute kommende Finanzpolitik treiben. Auf diesen Zustand müsse man versuchen wieder zurückzukommen. Die Aufsichtsräte der beiden Mutterfirmen haben jetzt den Beschluß gefaßt, die Siemens-Schuckertwerke in eine Aktiengesellschaft umzuwandeln. Der Gedanke scheiterte früher oft an den außerordentlich hohen Abgaben. Das Steuermilderungsgesetz habe eine Änderung gebracht. Zwei Vorteile würden erzielt: Erstens habe es sich als wirtschaftlich und verwaltungsmäßig richtiger erwiesen, eine Reihe von im Besitz der SSW G. m. b. H. befindlichen Gesellschaften mit dem Stammhaus zu verschmelzen; zweitens tritt eine Erleichterung ein für eine in späteren Zeiten vielleicht einmal nötige weitere Geldbeschaffung. Eine Änderung im Verhältnis von S. & H. und Schuckert zu ihrer Tochtergesellschaft sei in keiner Weise beabsichtigt, beide Gesellschaften wollen ihre Aktien nicht veräußern.

Österr. Verband des Vereins deutscher Ingenieure.

Montag, den 9. Mai, 3/4 6 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dr. Ing. W. Oertel, Prokurist und Leiter der Abteilung Forschung und Überwachung der Stahlwerk Becker A.-G., Willich (Rhld.), über **„Neuere Forschungen auf dem Gebiete des Edelstahlwesens"** (mit Lichtbildern) im Österr. Museum für Kunst und Industrie, I. Wollzeile 41. — Die Mitglieder des EVW sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	14. IV. 1927	20. IV. 1927	22. IV. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125 1/4	126 3/4	126 3/4

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	57-57 1/2	57-57 1/2	57-57 1/2
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	120—130	120—130	120—125

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 22. April 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	15	0	62	5	0
Wire bars	62	5	0	—	—	—
Standard Kassa	55	7	6	55	8	9
Standard 3 Monate	55	17	6	55	18	9
Zinn:						
Engl. ingots	293	10	0	294	0	0
Standard Kassa	295	0	0	295	5	0
Standard 3 Monate	291	7	6	291	10	0
Blei:						
Engl. pig common	27	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	29	7	6	29	12	6
Remelted	30	15	0	—	—	—
English Swansea	30	6	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 20 10 sh. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 8. Mai 1927 | Heft 19

INHALT: Ziele und Methoden der Atomzertrümmerung. Von Dr. G. Stetter, Wien. S. 377. / Hochdruckdampfturbinenanlage für die Kohlengewerkschaft Witkowitz. Von Direktor Ing. Josef Reiner, Gablonz a. N. S. 387.
RUNDSCHAU: Verbrennungskraftmaschinen. S. 389. Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 389. / Elektrische Meßkunde. 391. / Stromverteilung. S. 392. Leitungen und Leitungsbau. S. 393.
LITERATURBERICHTE. S. 395.
WIRTSCHAFTLCHE NACHRICHTEN. S. 395.

Ziele und Methoden der Atomzertrümmerung.

Von Dr. G. Stetter, Wien[1]).

I.

Die heutige Generation hat wohl größtenteils in der Schule noch von den „törichten" Alchemisten gelernt, die da Aberglauben statt Naturwissenschaft pflegten und das phantastische Ziel verfolgten, Urstoffe zu verwandeln, Gold zu machen. Wenn auch ein ernstes wissenschaftliches Urteil anders gelautet haben mag, zum Beispiel, daß man mit chemischen Methoden nur die Wechselbeziehungen zwischen den Atomen, nicht aber diese selbst, beeinflussen könne, so dürfte doch die wie ein Glaubensbekenntnis aufgenommene Lehre von der Unteilbarkeit der Atome, der Unwandelbarkeit der Elemente, manchem Forscher und Lehrer, wenn auch unbewußt, ein ernstes Hindernis in seiner Tätigkeit gewesen sein. Die moderne Naturwissenschaft ist in ihren Urteilen viel vorsichtiger als das seiner Erfolge frohe vorige Jahrhundert: sie hat gar zu viel Überraschungen erlebt. Jenes Dogma wurde durch die Entdeckung der radioaktiven Stoffe in den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts endgültig zerstört, nachdem schon früher Untersuchungen über Gasionisation sowie über Kathodenstrahlen gezeigt hatten, daß vom Atom zeitweilig Elektronen, kleinste negative Elektrizitätsteilchen, abgetrennt werden können. Die radioaktive Forschung, die Deutung der sichtbaren Spektren und die Röntgenspektroskopie sind es hauptsächlich, die zu unserer heutigen Vorstellung vom Bau der Atome geführt haben. Zahlreiche Physiker haben im Laufe der Entwicklung daran mitgearbeitet; gewöhnlich wird sie als das Rutherford-Bohrsche Atommodell bezeichnet. Auf Einzelheiten dieser Atomtheorie, die sich überraschend gut und vielseitig bewährt, einzugehen, ist hier nicht möglich; für unser Thema brauchen wir folgendes: Das Atom besteht aus dem positiv geladenen „Kern", der praktisch die ganze Masse des Atoms enthält, und einer Hülle von etlichen Elektronen, die den Kern in bestimmten Abständen umkreisen. (Abb. 1.) Ausschließlich die Zahl dieser Elektronen ist maßgebend für das chemische und meist auch für das physikalische Verhalten eines bestimmten Atoms (Element), wobei die Elektronen in den äußersten Bahnen (Valenzelektronen) die Hauptrolle spielen. Der Durchmesser der äußersten Bahn gibt auch den Atomdurchmesser an, der von der Größenordnung 10^{-8} cm ist; der Atomkern ist dagegen winzig klein, etwa 10^{-13} cm. Trotzdem bestimmt dieser Kern, bzw. seine Ladung, den Element-Charakter des Atoms, da ja die Zahl der Elektronen immer genau so groß ist, daß ihre — negative — Gesamtladung die Ladung des Kerns nach außen aufhebt; nach außen ist ja das Atom

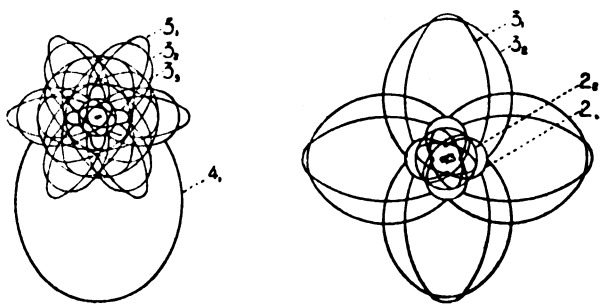


Abb. 1. Schematische Darstellung zweier Atome: links Kupfer (Atomnummer 29), rechts Argon (18). Die Schleifen bedeuten die Elektronenbahnen.

elektrisch neutral. Wie schon daraus hervorgeht, ist die Kernladung immer ein ganzes Vielfaches des elektrischen Elementarquantums ($1{\cdot}59 \cdot 10^{-20}$ e. m. E.). Diese für ein Element charakteristische Zahl, die Kernladungszahl, bezeichnet man auch als seine Atomnummer (zum Beispiel Wasserstoff 1, Sauerstoff 8, Kupfer 29, Platin 78, Uran 92). Darnach müßte also eine Änderung der Kernladung gleichbedeutend sein mit einer Elementverwandlung, zum Beispiel müßte aus Sauerstoff (8), wenn der Kern eine Ladungseinheit verliert, Stickstoff (7) werden.

Wie baut sich nun der Atomkern auf, bzw. soll er überhaupt aus Einzelbestandteilen zusammengesetzt gedacht werden? Entsprechend dem negativen Elementarquantum, dem Elektron, kennen wir auch in der Natur ein Teilchen, das eine gleich große positive Ladung trägt, wenn

[1]) Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 10. November 1926.

Digitized by Google

auch seine Masse etwa 2000 mal so groß ist als die des Elektrons: es ist das positive Wasserstoffion (H^+) oder, wie wir jetzt wissen, der Kern des Wasserstoffatoms, den wir füglich als die Verkörperung des positiven Elementarquantums ansehen können und, wie es jetzt meist geschieht, Proton nennen wollen. Daß Wasserstoff der Grundbaustein aller anderen Elemente, der Urstoff der Materie, sei, ist eine Hypothese, die schon vor mehr als 100 Jahren von Prout ausgesprochen wurde, einfach auf Grund dessen, daß nach den damaligen Kenntnissen die meisten Atomgewichte ganze Vielfache des Atomgewichtes von *H* zu sein schienen. Mit zunehmender Genauigkeit der Atomgewichtsbestimmungen zeigte sich aber, daß das nicht richtig war, wodurch Prouts Hypothese zunächst ihre Stütze verlor. Erst seit der Erforschung der Isotopie, die insbesondere von F. W. Aston über die meisten Elemente des periodischen Systems ausgedehnt wurde, wissen wir, daß die von den Chemikern bestimmten Atomgewichte nur als Mittelwerte richtig sind, während die Massen der einzelnen Atome (ein und desselben Elements!) ganz verschiedene Werte haben können: diese „wahren" Atomgewichte sind aber immer ganze Zahlen, wenn man *H* als Einheit nimmt, wie eben die massenspektrographische Untersuchung gelehrt hat. Man scheint zunächst berechtigt, die alte Hypothese im modernen Gewand so auszusprechen, daß der Kern der schwereren Atome einfach eine Anhäufung von H^+-Kernen sei; gegen diese einfache Vorstellung besteht aber der Einwand, daß die positiven Einzelteilchen sich abstoßen müssen, also allein keine höhere Einheit aufbauen können; außerdem die Tatsache, daß die Atomgewichte nicht gleich der Ordnungszahl (Atomnummer), sondern schon von Nummer 2 (He) ab, mindestens doppelt so groß sind als diese. (Daß die Ordnungszahlen eine geschlossene Folge bilden, in der, bis auf zwei wohlbekannte Lücken, kein Platz für weitere Elemente ist, ist durch spektroskopische und röntgenspektroskopische Ergebnisse erwiesen, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann.)

Hier helfen uns die Ergebnisse der radioaktiven Forschung, die überhaupt die meisten und wichtigsten Beiträge zur Kerntheorie geliefert hat, weiter.

Es ist natürlich unmöglich, über dieses Gebiet hier auch nur eine Übersicht zu geben;[2]) die für die Kerntheorie bedeutsamen Tatsachen seien aber hervorgehoben. Die Aussendung einer α-Partikel — identisch mit einem Heliumkern (He^{++}) — durch die radioaktiven Stoffe (es sind dies bekanntlich die schwersten Elemente von Nr. 82 bis 92) ist mit Verwandlung des betreffenden Elements verbunden; das Folgeprodukt (Restatom) ist ein ganz anderes Element von einer um zwei kleineren Ordnungszahl und einem um vier Einheiten kleineren Atomgewicht. Die α-Partikel, die höchstwahrscheinlich aus 4 Protonen (Masse 4) aufgebaut ist, muß also noch 2 (negative) Elektronen enthalten, die an der Gesamtmasse nichts wesentliches ändern, aber die positive Gesamtladung auf zwei reduzieren. Mag nun die α-Partikel im Kern des radioaktiven Atoms fertig vorhanden sein oder erst bei der Emission sich bilden, sicher enthält der Kern, und zwar, wie wir nun vermuten, jeder Atomkern (mit Ausnahme von *H*), außer den Protonen auch Elektronen (Kernelektronen zum Unterschied von denen, die die Hülle bilden), die offenbar durch die gegenseitige Anziehung die Existenz des Kerns erst ermöglichen, indem sie die positiven Bausteine zusammenhalten (daher auch „Bindeelektronen"). Die Kernelektronen treten selbständig auf bei den β-strahlenden Substanzen: durch Emission eines Elektrons aus dem Kern verwandelt sich das betreffende Element in jenes mit der nächst höheren Ordnungszahl, da ja der Verlust einer negativen Ladung dem Zuwachs einer positiven Einheit gleichkommt. Es ist jetzt klar, warum das Atomgewicht die Ordnungszahl umsomehr übertreffen muß, je schwerer das betreffende Atom, bzw. sein Kern ist: die höhere Zusammensetzung bedingt eine größere Zahl von Bindeelektronen, die die positiven Protonenladungen zum Teil kompensieren.

Ferner boten die radioaktiven Elemente die ersten Beispiele von isotopen Elementen (ἴσος, τόπος: am selben Platz, nämlich des periodischen Systems), die also, chemisch identisch, (gleiche Atomnummern, gleiche Hüllenelektronen) sich nur durch das Atomgewicht unterscheiden. Hier war die Unterscheidung leichter, weil auch in der Strahlung, die ja offenbar eine Funktion der Kernkonstitution ist, ein Unterschied besteht. Daß gerade hier zahlreiche Isotope auftreten, hat seinen Grund darin, daß im Verlaufe des Zerfalls, der von den drei schwersten Atomarten *U*, *Pa*, *Th* ausgeht, häufig die gleichen Kernladungszahlen auftreten; aber auch innerhalb ein und derselben Zerfallsreihe kommt dies vor, wenn zum Beispiel der Ladungsverlust durch eine α-Partikel durch Emission zweier Elektronen ausgeglichen wird.

Man hat den radioaktiven Zerfall, der ja eine fortlaufende Elementverwandlung darstellt, mit den verschiedensten Mitteln zu beeinflussen versucht; im Falle eines Erfolges hätte man hoffen können, mit gleichen Mitteln die gewöhnlichen, stabilen Elemente zum Zerfall anzuregen. Aber die stärksten elektrischen und magnetischen Felder, höchste und tiefste Temperaturen zeigten keinen merkbaren Einfluß.

II.

Die Erklärung für die Unbeeinflußbarkeit der radioaktiven Vorgänge ist bald gefunden, wenn man sich die ungeheure Energiekonzentration berechnet, die beispielsweise die Emission einer α-Partikel darstellt. Ihre Anfangsgeschwindigkeit beträgt bis 20 000 km/sec, die Energie daher (α-Partikeln von ThC) $\frac{mv^2}{2} = 1{\cdot}3 \cdot 10^{-5}$ Erg. Das

[2]) Siehe Meyer-Schweidler, Radioaktivität; vgl. a. Großmann, Strahlung, Elektrizität und Materie, E. u. M. 1918, S. 402 ff.

Digitized by Google

scheint auf den ersten Blick sehr wenig, wenn man nicht die große räumliche und zeitliche Konzentration in Betracht zieht. Wir dürfen ja nicht vergessen, daß dieser Energiebetrag einem einzigen Atom (He^{++}) zukommt; auf 1 Gramm gerechnet, beträgt diese Energie $1{\cdot}92 \cdot 10^{18}$ Erg., das ist rund 200 Milliarden Joule oder 20 Milliarden kgm! Um uns andererseits ein Bild von der Heftigkeit des Vorganges zu machen, berechnen wir die durchschnittliche Leistung, die eine α-Partikel auf ihrem Flug durch die Materie abgibt und erhalten für das einzelne Teilchen etwa 1000 Erg/sec, wobei die Bremsung relativ langsam durch einige hunderttausend durchflogene Fremdmoleküle erfolgt; bei einer Bremsung auf einer Strecke, die mit den Abmessungen des Atomkerns vergleichbar ist, kommen wir dann auf die phantastische Größe von 100 Mill. kW. Wir werden sehen, daß dieser Fall der plötzlichen Bremsung in seltenen Fällen wirklich vorkommt und dann zu katastrophalen Folgen im Mikrokosmos des Atoms führt.

Die beste Illustration aber ist wohl folgende: nach der kinetischen Theorie ist ja der Wärmeinhalt eines Gases nichts anderes als die gesamte kinetische Energie der den Raum durchschwirrenden Moleküle; wollten wir nun Heliumgas soweit erhitzen, daß die mittlere Geschwindigkeit der einzelnen Moleküle (= Atome, da *He* ein einatomiges Gas ist) gleich würde der Geschwindigkeit der α-Partikeln von *ThC* (das ist also He^{++}), so brauchten wir eine Temperatur von etwa 60 Milliarden Grad. (Die *He*-Atome wären dann natürlich längst alle doppelt ionisiert, das heißt, hätten beide Hüllenelektronen verloren und wären, als nackte Kerne, identisch mit den α-Partikeln.)

Eine derartige Energieentwicklung jedes einzelnen zerfallenden Atoms läßt nun zunächst das Problem einer künstlichen Einleitung dieses Vorganges hoffnungslos erscheinen. Denn die hiezu notwendige Energie, die wohl von gleicher Größenordnung und gleichermaßen konzentriert sein muß, steht uns derzeit aus künstlichen Energiequellen nirgends zur Verfügung. Andererseits gibt uns die Natur eben in der α-Strahlung der radioaktiven Substanzen ein Mittel in die Hand, mit dem, und nur mit dem eine künstliche Herbeiführung des Kernzerfalles anderer Atome, kurz eine „Atomzertrümmerung" möglich erscheint. Es sei gleich betont, daß wir mit diesem Wort immer nur einen Vorgang bezeichnen wollen, der eine Veränderung des Kerns zur Folge hat, also den Elementcharakter des Atoms wandelt. Wir kennen eine andere, leichtere Störung der Atome, die Ionisation, wie sie etwa durch auffallende Strahlung, Temperaturerhöhung, hohe elektrische Felder usw. hervorgerufen wird; da verliert das Atom bekanntlich ein oder mehrere Elektronen seiner Hülle. Jedoch ist das eine Verletzung, die meist rasch und von selbst heilt, indem das Ion durch Einfangung der fehlenden Elektronen sich wieder neutralisiert. Auch die α-Teilchen ionisieren beim Durchgang durch Materie, indem sie in gerader Bahn die Atomhüllen glatt durchschlagen; in Luft zum Beispiel werden von einem α-Strahl auf einem Gesamtwege von einigen cm mehrere 100 000 Ionen erzeugt und dabei die kinetische Energie der Korpuskel aufgebraucht, so daß auf das einzelne durchflogene Atom nur ein sehr geringer Bruchteil davon kommt. Nur wenn das α-Teilchen den Kern eines fremden Atoms trifft, muß bei der Bremsung die ganze Energie in Erscheinung treten und kann dann zu einer Kernzertrümmerung führen. Der erste, der ähnliche Überlegungen in die Tat umzusetzen versuchte, indem er verschiedene Substanzen einer intensiven Radiumbestrahlung aussetzte, um dann nach neu entstandenen Elementen zu suchen, war Sir William Ramsay. Die Überprüfung seiner Resultate durch andere Physiker und dann auch durch ihn selbst, verlief aber schließlich negativ, das heißt, es konnte keine „Transmutation" festgestellt werden. Heute wissen wir, daß der Fehler nur in der viel zu geringen Empfindlichkeit seiner (chemischen und spektroskopischen) Nachweismethoden bestand. Die Wahrscheinlichkeit eines Kerntreffers (und somit einer Transmutation) ist ja wegen der Winzigkeit dieser Gebilde außerordentlich klein, wofür Ramsay damals keine richtige Schätzung haben konnte.

Nun gibt es allerdings Möglichkeiten, einzelne Atome nachzuweisen; es sind die Methoden zum Nachweis einzelner α-Strahlen: Ionisationsmethode (elektrisch), Wilsonmethode, photographische und Szintillationsmethode. Immer vermittelt die spezifisch große Eigenenergie des Teilchens den Nachweis; ein nicht derartig ausgezeichnetes Einzelatom ist derzeit der Beobachtung unzugänglich. Die obigen Methoden, die alle auch der Atomzertrümmerungsforschung dienen, werden später einzeln besprochen. Die einfachste ist die Szintillationsmethode, der auch der erste Erfolg beschieden war. Ein mit *ZnS* (Zinksulfid, Sidotblende) bestrichener Schirm leuchtet unter α-Bestrahlung gelblich-grün, unter dem Mikroskop löst sich dieses Leuchten schon bei mäßiger Vergrößerung in eine Anzahl einzelner Lichtblitze (scintilla) auf, von denen, wie sich zeigen ließ, jeder einzelne von einem auftreffenden α-Strahl herrührt.[3]) Zahlreiche Untersuchungen wurden nach dieser Methode ausgeführt, unter anderen die für die Atomtheorie hochbedeutsamen Arbeiten über Streuung und Reflexion von α-Teilchen an Materie im Laboratorium von E. Rutherford. Im Jahre 1914 gelang auf diese Art E. Marsden der Nachweis einer neuen Strahlenart, die die Rutherford-Darwinsche Theorie der Kernstöße vorausgesagt hatte, der „*H*-Strahlen". Nach jener Theorie verläuft der Zusammenstoß zwischen einem α-Teilchen (He^{++}) und einem Proton (H^{+}) nach den Gesetzen des elastischen Stoßes: bei zentralem Stoß erhält der *H*-Kern eine 8/5 mal so große Geschwindigkeit wie der stoßende *He*-Kern, seine Reichweite berechnet sich rund zu dem Vier-

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, Die Lichttechnik, Heft 5, S. 37 ff.

Digitized by Google

fachen des α-Strahles. Diese *H*-Strahlen, erzeugt durch α-Bestrahlung von Wasserstoff oder wasserstoffhältigen Substanzen, zum Beispiel Paraffin, erzeugen nun ebenfalls distinkte Lichtblitze auf dem *ZnS*-Schirm, nur von kleinerer Lichtstärke, ihre Reichweite in Luft ist, wenn sie von α-Strahlen von *RaC* ($R = 7$ cm) erzeugt werden, zirka 29 cm. Die Reichweite wird in der Regel durch Einbringen von Absorptionsfolien in den Strahlengang gemessen. Das sogenannte „Luftäquivalent" der Folien ist aus Berechnung oder Eichmessungen bekannt, zum Beispiel 1 cm Luft $= 2{\cdot}1 \cdot 10^{-4}$ cm Gold $= 6 \cdot 10^{-4}$ cm Aluminium = zirka $6 \cdot 10^{-4}$ cm Glimmer.

Bei derartigen Untersuchungen an *H*-Strahlen wurde nun die auffallende Beobachtung gemacht, daß auch bei Weglassung des bombardierten Wasserstoffs, bzw. Paraffins eine ganze Anzahl von weitreichenden Strahlen von *H*-Charakter auf dem Schirm sichtbar blieben. Rutherford, der sich sogleich an eine ausführliche Prüfung dieser Tatsache machte, riet zunächst auf eine neue Strahlung aus der Quelle, der radioaktiven Substanz, die die α-Strahlen lieferte. Bei diesen Versuchen war hiezu *Ra Em*(anation), ein radioaktives Gas, das erste Folgeprodukt des *Ra*, in einer Glaskapillare eingeschlossen, verwendet worden. Die Wand der Kapillare war so dünn (1 bis 2 cm Luftäquivalent), daß die α-Strahlen durch sie ins Freie treten konnten. Mit *Ra Em* sind nach einigen Stunden deren Folgeprodukt *Ra A*, *Ra B* und *Ra C* im Gleichgewichte vorhanden, das heißt, die α-Strahler unter ihnen liefern jeder pro Zeiteinheit die gleiche α-Strahlen-Menge wie die Muttersubstanz. Eine Änderung der Zusammensetzung der Quelle ergab nun im großen und ganzen keine Änderung der Erscheinung. Nun deutete er die neuen Strahlen als Sekundärteilchen aus der umgebenden Luft, und zwar als N^+- und O^+-Ionen, wozu ihn eine Berechnung der Reichweite solcher Teilchen führte. Tatsächlich waren es wohl, wie wir heute sagen können, in der Hauptsache Atomtrümmer aus den das Glas der Kapillare zusammensetzenden Stoffen, die Marsden und Lantsberry durch einen glücklichen Zufall gefunden hatten und deren weitere Erforschung über mancherlei Irrwege zu der ersten als solche erkannten Atomzertrümmerung (1919) führte. Durch Variation der die Quelle umgebenden Gase fand nämlich Rutherford, daß aus Stickstoff weitaus die meisten Sekundärteilchen auftraten. Ihre, entgegen der vorgenannten Rechnung beträchtliche Reichweite, sowie die Ähnlichkeit der Szintillationen mit denen der *H*-Strahlen aus Wasserstoff führten ihn zu der letzten und wie jetzt erwiesen ist, richtigen Deutung: daß es sich um Sekundärteilchen aus Stickstoff, und zwar um aus dem *N*-Kern losgesprengte *H*-Teilchen handle. Dies suchte er noch durch Ablenkung der Strahlen im magnetischen Feld zu stützen; ihre Größe hängt, wovon später noch die Rede sein wird, von der Geschwindigkeit (v) und von der spezifischen Ladung $\left(\frac{e}{m}\right)$ des Teilchens ab. Indem Rutherford über jene gewisse plausible Annahmen machte, konnte er $\frac{e}{m}$ bestimmen. Da jedoch einmal die Voraussetzungen nur erste Annäherungen waren, andererseits die technische Ausführung ziemlich ungenau, wie eben bei einem ersten Versuch, kann man die verblüffende Genauigkeit, mit der der für das Proton zu erwartende Wert herauskam (9640 e. m. E.), nur als Zufall ansehen. Ähnliche Messungen ergaben denn auch bald darauf ein unrichtiges Resultat, eine zahlreiche Gruppe von Strahlen mit kürzerer Reichweite sollte darnach ein $\frac{e}{m} = \frac{2}{3}$ (Einheiten für e Elementarquantum, für m Masse des *H*-Atoms) haben; dies neue Atomfragment wäre demnach ein *He*-Isotop von der Kernladung 2 und der Masse 3 (Atomgewicht) gewesen. Tatsächlich handelte es sich hier um eine Gruppe von α-Strahlen übernormaler Reichweite aus der Quelle ($R = 9$ cm gegen $R_{normal} = 7$ cm), die wegen ihrer geringen Zahl vorher noch nicht beobachtet worden waren.

In die folgenden Jahre (bis 1922) fallen Zertrümmerungsversuche von Rutherford und J. Chadwick mit einer großen Zahl von leichteren Elementen, nach denen nur sechs Elemente zertrümmerbar, sein sollten, und zwar

Element	Reichweite der H-Strahlen	
	nach vorwärts cm	nach rückwärts cm
Bor	58	38
Stickstoff	40	18
Fluor	65	48
Natrium	58	36
Aluminium	90	67
Phosphor	65	49

Magnetische Ablenkungsversuche wurden außer bei *N* noch bei den Atomtrümmern aus *Al*, *P* und *F* gemacht, mit Ergebnissen, die der Deutung als *H*-Strahlen nicht widersprachen. Aus der Tatsache, daß gerade nur diese sechs Stoffe *H*-Strahlen abzugeben schienen, wurden recht weitgehende Schlüsse gezogen, bzw. Theorien über die Kernstruktur und den Vorgang der Zertrümmerung daran geknüpft. Darauf soll jedoch hier nicht näher eingegangen werden, da sich die experimentelle Grundlage dieser Hypothesen, insbesondere durch die Wiener Arbeiten, als irrig erwiesen hat.

III.

Das Ziel der Verwandlung der Elemente ist schon nach den ersten Anfängen offenbar zum großen Teil technischer Art: seltene, wertvolle Elemente aus anderen, wohlfeilen Stoffen herzustellen. Vorläufig freilich wird der Techniker an einer Umwandlung, deren Ausbeute sich nach Atomen abzählen läßt, also höchstens, sagen wir, Trillionstel Gramme hervorbringt, wenig praktisches Interesse haben. Dem Physiker näher liegt die Frage nach dem „Wie" des Zertrümmerungsvorganges; schließt sie doch, weiter gefaßt, das ganz große Problem nach dem Aufbau aller Materie

Digitized by Google

ein, das man früher wohl der Chemie zugewiesen hätte, das aber nun die Physik zu lösen im Begriffe ist. Aus der Fülle der wissenschaftlichen Fragen seien nur einige herausgegriffen: Sind alle oder nicht alle Elemente zertrümmerbar und warum? — Welchen Charakter haben die ausgesprengten Atomtrümmer (Ladung, Masse) bzw. welches sind die Bausteine der Atomkerne? — Gibt es nur He^{++} und H^{+} als Atomtrümmer (spontan und künstlich) und warum? — Nach welcher Richtung treten die Atomtrümmer aus, wie groß ist die Trefferwahrscheinlichkeit, wie groß der Atomkern; ganz allgemein, wie sind die Bausteine im Atomkern angeordnet? Mit welcher Reichweite, bzw. Geschwindigkeit treten die Atomtrümmer aus, in welcher Beziehung stehen sie zu der Geschwindigkeit der α-Geschosse; wieder ganz allgemein, was ergibt Impuls- und Energiebilanz?

Die letzte Frage ist wieder von eminentem technischen Interesse, wie ja oft rein physikalische Arbeit zur praktischen Anwendung drängt: ein flüchtiger Blick auf die Tabelle im vorigen Abschnitt zeigt schon, daß die Atomtrümmer zum Teil mit sehr bedeutenden Geschwindigkeiten austreten, so daß die Reichweite bei *Al* bis 90 cm in Luft beträgt; tatsächlich ist der Vorgang der Atomzertrümmerung in einzelnen Fällen exotherm, bei obigem wird etwa um die Hälfte mehr Energie frei als der zertrümmernde α-Strahl mitbringt. Wenn man bedenkt, daß sich dieses Verhältnis nach neueren Daten noch sehr verbessern ließe, kann eine einstige praktische Auswertung keineswegs als aussichtslos bezeichnet werden.

In Erkenntnis der Fülle und allgemeinen Bedeutung der hier aufgerollten Fragen begannen im Jahre 1922 Gerhard Kirsch und Hans Pettersson im Wiener Institut für Radiumforschung und II. Physikalischen Institut dieses Forschungsgebiet zu bearbeiten. Ihnen und einer wachsenden Zahl von Mitarbeitern gelang es in den letzten Jahren, unter mannigfachen Schwierigkeiten, von denen die finanziellen nicht die kleinsten sind, unsere Erkenntnis im Kernbau um ein beträchtliches Stück zu fördern.

Wir wollen nun im Interesse der Kürze den historischen Gang verlassen und uns mit gelegentlichen Hinweisen begnügen, besonders wo die Cambridger und Wiener Ergebnisse auseinandergehen. Am besten gehen wir dabei von der entwickelten Methodik aus, die ja auch einen erklecklichen Teil der geleisteten Arbeit darstellt, wie das auf einem neuen Gebiet wohl immer der Fall sein wird.

Bei der oben erwähnten Szintillationsmethode kommt es auf die Zusammensetzung (ganz reines ZnS phosphoresziert überhaupt nicht) und Körnung der Sidotblende, die Schirmherstellung, ferner auf die verwendete Optik und die möglichst quantitative Erfassung der Helligkeit der Szintillationen an. Mit der letzteren Frage, sowie mit der Technik der Schirmherstellung, hat sich besonders Fräulein Dr. Kara-Michailova, Wien, beschäftigt. In einer gemeinsam mit H. Pettersson ausgeführten Arbeit wird festgestellt, daß die Flächenhelligkeit der von α-Strahlen erzeugten Lichtblitze gut dreimal so groß ist als die der *H*-Szintillationen. Diese photometrische Messung (durch Einschieben geeichter Graugläser) bietet in vielen, wenn auch nicht allen, Fällen ein wertvolles Hilfsmittel zur Unterscheidung zwischen den beiden Strahlenarten, die naturgemäß oft gleichzeitig zur Beobachtung gelangen. Das obige Verhältnis gilt für vollkräftige Strahlen, gegen Ende der Reichweite nimmt die Szintillationshelligkeit immer mehr ab. Schon daraus ergibt sich, daß die Verwendung möglichst lichtstarker Mikroskope geboten sein wird; auf diesen Umstand, auf den in Wien besonders Gewicht gelegt wurde, ist ein großer Teil der Diskrepanzen gegenüber den Cambridger Ergebnissen zurückzuführen. Eine quantitative Vergleichung der verwendeten Mikroskope hat in letzter Zeit der Amerikaner R. L. Hasche in Wien ausgeführt. Vorteile der Szintillationsmethode sind ihre grundsätzliche Einfachheit und die Möglichkeit, direkt aus dem optischen Eindruck ein Urteil über die Strahlenart zu gewinnen; Nachteile das stark subjektive Moment und die Schwierigkeit, geeignete Beobachter zu finden. Diese müssen nicht nur hohe, sondern auch konstante Empfindlichkeit des Auges aufweisen, um nicht die ohnehin große Zahl der für sichere Mittelwerte nötigen Versuchsserien ins Ungemessene zu erhöhen. Außerdem ist der Zeitaufwand für solche Versuche schon deswegen immer beträchtlich, weil nur ein gut ausgeruhtes und längere Zeit dunkeladaptiertes Auge (der ganze Versuch findet im völlig abgedunkelten Raum statt) die erforderliche Leistungsfähigkeit aufweist. Die Bedienung komplizierter Apparaturen im Dunkeln ist natürlich auch eine Schwierigkeit.

Vor allem die Langwierigkeit solcher Versuche drängte uns, bei der Fülle der Aufgaben, in der letzten Zeit, andere Beobachtungsmethoden für unsere Zwecke auszubauen. Da ist zunächst die elegante, zuerst von C. T. R. Wilson angegebene Nebelmethode zur Sichtbarmachung von Korpuskularstrahlen. Es ist bekannt, daß gesättigter Wasserdampf bei Abkühlung nicht sogleich Kondenswasser abscheidet, sondern daß die Kondensation erst bei einem gewissen Punkte der Übersättigung eintritt; sie tritt aber bedeutend früher ein, wenn sogenannte Kondensationskerne, zum Beispiel Staubteilchen, vorhanden sind, an denen der Dampfdruck der kondensierten Nebeltröpfchen herabgesetzt ist. Als Kondensationskerne können nun auch Gas-Ionen, also elektrisch geladene Luftmoleküle oder Molekülaggregate dienen, worauf eben die Methode beruht. Die Strahlen treten zum Beispiel durch ein dünnes Verschlußfenster, in ein abgeschlossenes, wasserdampfgesättigtes Luftvolumen ein und ionisieren, wie wir wissen, längs ihrer Bahn die Luftmoleküle. Wird nun durch plötzliche Expansion des Luftinhaltes Abkühlung erzeugt, gerade soweit, daß

Digitized by Google

noch keine spontane Nebelbildung eintritt, so bilden sich die Nebeltröpfchen nur dort, wo Ionen vorhanden sind und markieren solchergestalt die Bahn des eben durchgegangenen Strahles. Bei heller seitlicher Beleuchtung sieht man diese „Nebelbahnen" über dunklem Boden leicht als kräftige weiße Striche. Schon früher waren

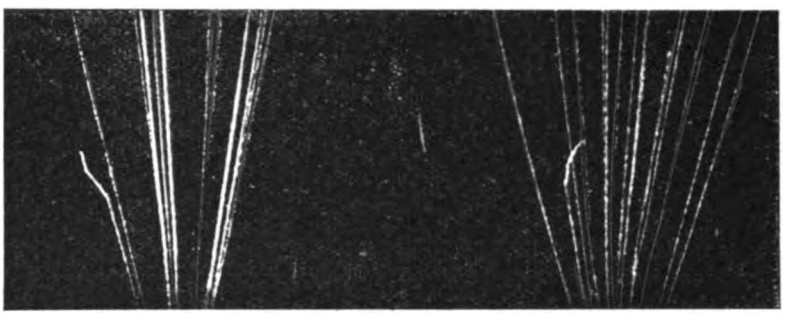


Abb. 2. Nebelbahnen.

α-Bahnen nach dieser Methode beobachtet und auch photographiert worden (Abb. 2). Das gleiche gelang auch mit natürlichen *H*-Strahlen (aus Wasserstoff): ihre Bahn zeichnet sich als viel feinere, scharfe Linie ab. Aber erst vor etwa zwei Jahren gelang es P. M. S. Blackett in Cambridge, Atomtrümmer aus *N* zu photographieren, und zwar nur 8 *H*-Strahlen unter im ganzen 270 000 Teilchenbahnen. (Die Zertrümmerung erfolgt in der Kammer selbst.) In Wien wurde für Zählzwecke der sogenannte Shimizu-Apparat (ein Wilson-Apparat für Massenaufnahmen, mit automatischer Expansion) so verbessert, daß R. Holoubek der Atomtrümmer aus *Al* und *C* untersuchte. 1 bis 2 *H*-Strahlen pro Sekunde beobachten konnte. Hier geschah die Beobachtung und Zählung visuell, was aber nicht bedenklich ist, da die Nebelbahnen auch mit ungeübtem Auge leicht zu sehen sind, zumal sie im Gegensatz zu den Szintillationen ($< 10^{-4}$ sec) zirka $\frac{1}{2}$ — 1 sec lang bestehen bleiben.

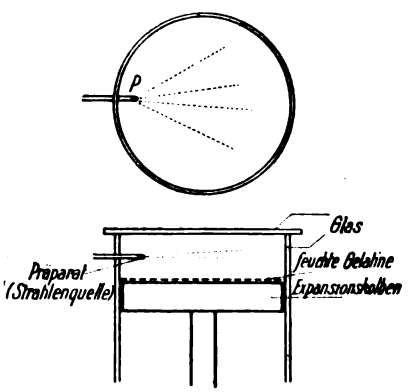


Abb. 3.

Abb. 3 zeigt die Nebelkammer in Aufsicht und Vertikalschnitt. Sie ist unten mit einem Kolben verschlossen, der durch eine (nicht gezeichnete) mechanische Einrichtung zirka einmal in der Sekunde auf und nieder bewegt wird.

Der große Vorteil der Wilsonmethode ist, daß man die ganze Bahn des Teilchens vor sich sieht und alle Erlebnisse, die es unterwegs hat: Streuung, Kerntreffer (Knick), Zertrümmerung, Krümmung der Bahn bei gleichzeitigem magnetischen Feld (P. L. Kapitza, Cambridge).

Dem Bestreben, das ohnehin überanstrengte Auge des Physikers durch das Ohr zu ersetzen, verdankt eine dritte Nachweismethode ihre Entstehung, die wir deswegen die akustische nennen wollen, wenn sie auch ihrem Wesen nach eine elektrische Methode ist. Es ist ein altes Verfahren, die Intensität radioaktiver Strahlungen zu messen, indem man die in der Luft gebildeten Ionen durch eine Spannung von einigen hundert Volt auf ein Elektrometer bringt und so mißt. Die von einem einzigen α-Strahl erzeugte Ionenmenge ist aber zu klein, um elektrometrisch bequem nachgewiesen werden zu können. Eine Art Verstärkung bringt der Spitzenzähler von H. Geiger (Abb. 4), bei dem die eine Elektrode der Ionisationskammer eine fein zugespitzte Nadel ist; die angelegte Spannung ist zirka 3000 V. Aus den Primärionen, die der α-Strahl erzeugt, werden durch die hohe Feldstärke an der Nadelspitze durch Stoß eine Menge Sekundärionen gebildet, die eine Entladung ermöglichen,

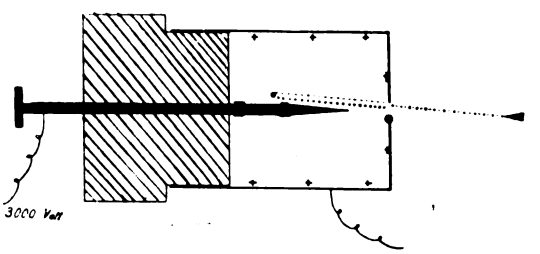


Abb. 4.

die in einem zwischengeschalteten Telephon als deutlicher Knack gehört wird. Diese etwas launische Anordnung, die außerdem den Nachteil hat, daß sie die Intensitätsunterschiede der erregenden Strahlen verwischt, ist von H. Greinacher in Zürich wesentlich verbessert worden durch Einschaltung eines geeigneten Röhrenverstärkers, der es schließlich erlaubte, von der unzuverlässigen Spitze abzugehen und nur die vom α-Strahl gebildeten Primärionen zu benützen. Der Nachweis von *H*-Strahlen, die eine viel kleinere Ionisation hervorrufen, ist erst in der allerletzten Zeit an den Wiener Instituten durch einen hochwertigen Verstärker[4]) und peinliche Vermeidung aller störenden

[4]) Bei der Zusammenstellung des Verstärkers war uns in liebenswürdigster Weise Herr Dr. R. Ettenreich, bezw. die Firma Radiowerk E. Schrack behilflich; einen geeigneten Lautsprecher stellte uns Herr Obering. Turek (S. & H., Wien) zur Verfügung, wofür ihm auch an dieser Stelle der verbindlichste Dank ausgesprochen sei. Zur Demonstration ist ein großer Trichterlautsprecher (Telefunken) am besten, zur Zählung im Laboratorium eignet sich aber besser der neue Falzlautsprecher von S. & H. wegen seiner weitgehenden Freiheit von störenden Eigengeräuschen.

Digitized by Google

Einflüsse gelungen. Diese für die Hörbarmachung von Korpuskularstrahlen von Dr. Ortner und dem Verfasser gebaute Apparatur zeigt Abb. 5; sie wird am Schlusse des Vortrages vorgeführt. Die erste Röhre ist ein Spezialrohr mit vorzüglicher Gitterisolation und kleiner Kapazität, die beiden letzten Röhren sind Hochemissionsröhren. Die hohe Verstärkung (100 millionenfach in bezug auf die Ladungsmenge des Stoßes) erfordert peinlichste Vermeidung jeder Rückkoppelung. Daher: elektrische Abschirmung durch Blechwände zwischen den einzelnen Stufen, Einschaltung zweier Widerstandskoppelungen in der Mitte, drei getrennte Anodenbatterien. Sehr wichtig ist die Verhinderung akustischer Rückkoppelung durch erschütterungsfreie Aufstellung und schalldichten Einbau, schließlich Verwendung eines Lautsprechers ohne ausgeprägte Eigenfrequenzen. Die Anordnung kann natürlich noch durch eine automatische Registriervorrichtung ergänzt werden, was für die vollkommen objektive Zählung von Bedeutung ist. Außerdem wird dann der Intensitätsunterschied zwischen α- und H-Stößen deutlich sichtbar, der bei der Hörbarmachung durch die verschiedene Lautstärke der Knacke qualitativ erkennbar ist.

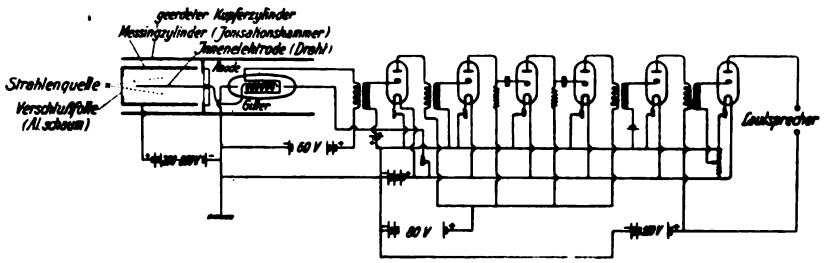


Abb. 5. Anordnung zur Hörbarmachung einzelner Korpuskularstrahlen.

Für viele Versuche, insbesondere Ablenkungsmessungen, wäre eine „photographische" Methode erwünscht, bei der die Strahlen ihren Auftreffpunkt auf der photographischen Platte selbst markieren. Langwierige Versuche von Fräulein Dr. M. Blau, Wien, haben gezeigt, daß die H-Strahlen, wie dies von α-Strahlen schon bekannt war, zwar die Platte schwärzen, daß aber diese Schwärzung nur bei verhältnismäßig intensiver Bestrahlung deutlich wahrnehmbar ist. Es erregt zwar jeder Strahl mehrere (untereinander liegende) Bromsilberkörner, aber die große Zahl natürlicher Schwärzungspunkte — auch bei sorgfältigster Behandlung der Platten zirka 10^3 pro mm^2 — deckt kleinere Effekte vollständig zu. Dagegen erkennt man die Wirkung einzelner Strahlen oft recht gut, wenn der Strahl die photographische Platte streifend trifft: die einzelnen geschwärzten Bromsilberkörner liegen dann in der Aufsicht nebeneinander und markieren so die Bahn des Teilchens. Die Länge dieser Bahn (Reichweite in Gelatine) beträgt freilich in der Regel nur Bruchteile eines Millimeters, so daß man ein gutes Bild davon erst durch mikrophotographische Reproduktion bekommt. Wegen der immer noch vorhandenen Schwierigkeiten hat diese Methode, außer orientierenden Versuchen noch keine weitergehende Anwendung gefunden.

Einen sehr umfangreichen Teil der Methodik bildet die Herstellung der radioaktiven Präparate (Strahlungsquellen), um dessen Fortentwicklung sich in Wien Pettersson, Ortner und Kindinger bemüht haben, dessen Beschreibung aber hier zu weit führen würde. Die meist verwendeten Strahlungsquellen sind: die gasförmige *Ra Em* (mit den Folgeprodukten *Ra A* und *Ra C*), die natürlich immer irgendwie abgeschlossen verwendet werden muß, was immer eine gewisse Primärabsorption (also Verminderung der Reichweite und der Energie der α-Geschosse) mit sich bringt; dann *Ra C* und Polonium als Niederschlag. Bei den beiden letzteren besteht die Gefahr radioaktiver „Verseuchung". Sie besteht darin, daß flüchtige Beimengungen (Emanation, Poloniumwasserstoff) oder feste Stäubchen, die durch die Gewalt der α-Emission (Rückstoß) sich von der Unterlage lösen, in den Apparat eindringen und neue Strahlungsquellen an unerwünschten Stellen bilden, wodurch der Versuch in der Regel vereitelt ist. Durch besondere Vorkehrungen kann diese Gefahr sehr eingeschränkt werden. Bei *Ra C* (und somit auch bei *Ra Em* + Folge) haben wir die Komplikation gleichzeitiger β- und γ-Strahlung. Besonders die durchdringende γ-Strahlung kann durch nichts vollständig abgeschirmt werden und stört erstens dadurch, daß sie den Zn S-Schirm zu diffusem Leuchten erregt, zweitens durch schädliche physiologische Einflüsse auf den Beobachter.

IV.

Die bei den ersten Versuchen in Cambridge wie in Wien verwendete Versuchsanordnung ist grundsätzlich folgende: (wie in Abb. 6 links und 7) Quelle, (zu zertrümmernde) Substanz, Absorptionsfolie, Schirm, Mikroskopobjektiv, liegen in einer Reihe hintereinander. In der Abb. 7 ist die Quelle eine sehr dünnwandige Glaskapillare Q, die, mit *Ra Em* gefüllt, häufig verwendet wird. Dort sind auch die Bleiziegel (B_{1-4}) angedeutet, die die γ-Strahlung zum Teil vom Beobachter abhalten.

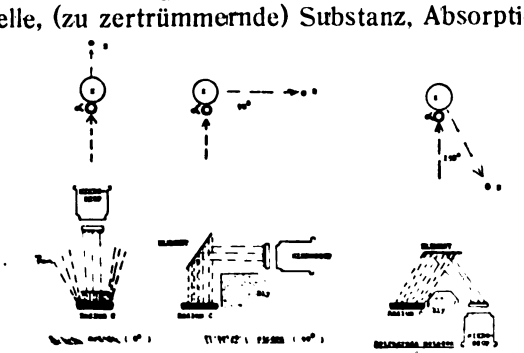


Abb. 6.

Digitized by Google

Ein angelegtes Magnetfeld (Polschuh *N*) biegt die leicht ablenkbaren β-Strahlen vom Schirm weg. Der Mikroskoptubus *M* ist in der Mitte geknickt und enthält einen Spiegel oder totalreflektierendes Prisma. Es gelangen also zwar die Lichtstrahlen (von der Szintillation) ins Auge, nicht aber die schädlichen γ-Strahlen, die ja, wie die Röntgenstrahlen, ohne Brechung sich nach allen Seiten geradlinig ausbreiten. Um die Reichweite der aus der Substanz tretenden Strahlung zu bestimmen, werden Absorptionsfolien verschiedenen Luftäqui-

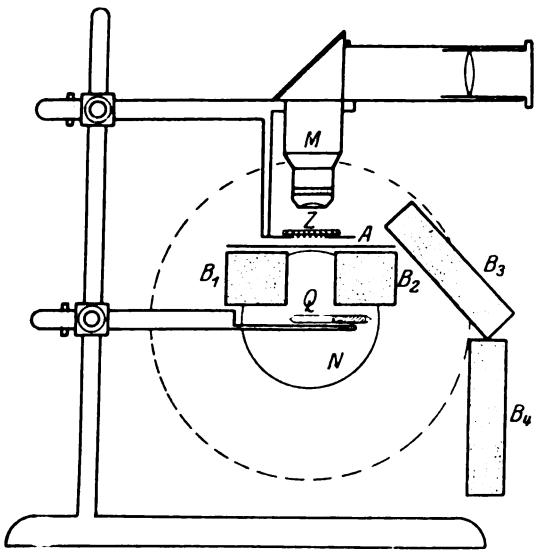


Abb. 7. Erste Anordnung nach der vorwärtigen Methode.

valents (meist ein Stufensatz verschieden dicker Glimmerblätter) vor den Zn S-Schirm gebracht. Da die Eichung des Absorptionsglimmers mit α-Strahlen bekannter Reichweite erfolgt, ist dabei zunächst stillschweigende Voraussetzung, daß das Absorptionsvermögen für die *H*-Strahlen das gleiche wie für α-Strahlen ist. Hierüber liegen orientierende Versuche der Cambridger Physiker sowie eine genaue Nachprüfung durch E. Rona, Wien, vor, die diese Annahme als mit ziemlicher Genauigkeit erfüllt erwies. Die Verwendung von Folien ergibt sich nicht nur aus Bequemlichkeitsgründen, sondern auch zur Erzielung einer gut zählbaren Ausbeute. Bei den ersten Versuchen von Rutherford und Chadwick hatten sich ja sehr kleine Ausbeuten, immer nur einige *H*-Strahlen pro Million auftreffender α-Teilchen, ergeben. Nun waren diese beiden Forscher bei der Zählung im allgemeinen nicht unter 30 cm Absorption gegangen, um der Komplikation durch natürliche *H*-Strahlen, die aus okkludiertem *H* oder einer Wasserhaut, sei es der Substanz oder des Präparatträgers, kommen, zu entgehen. So hatten sie bekanntlich nur sechs Elemente zertrümmerbar gefunden und daraus auf eine besondere Kernstruktur dieser Elemente geschlossen (Rutherfords Satellithypothese: ein Proton umkreist den Hauptkern in größerem Abstand und ist deswegen leicht abspaltbar). Diese Hypothese führt aber zu wenig plausiblen Folgerungen; Kirsch und Pettersson die eine Zertrümmerbarkeit aller oder doch der meisten Elemente für viel wahrscheinlicher hielten, fanden es für notwendig, die Untersuchung unter 30 cm Reichweite auszudehnen. Bei Vermeidung der genannten Schwierigkeit durch sorgfältige Entgasung des untersuchten Materials gelang ihnen der Nachweis von *H*-Strahlen zunächst aus *Be*, *Si* und *Mg*, mit Reichweiten von zirka 14 bis 20 cm. Von den Cambridger Physikern wurde dieses Resultat bestritten, da sie ungefähr gleichzeitig einige Gruppen von α-Teilchen übernormaler Reichweite aus den radioaktiven Quellen gefunden hatten und nun eine Irreführung durch diese vermuteten. Die folgende Diskussion erwies sich insofern als sehr fruchtbar, als man heute die Reichweite und Zahl dieser weitreichenden Teilchen, die von den Engländern anfänglich viel zu groß angegeben worden war, genau kennt und mit ihnen bei Zertrümmerungsversuchen rechnen kann. Die obigen Ergebnisse von Kirsch und Pettersson aber blieben bestehen.

Nach dem Erfolg dieser ersten Versuche erschien es höchst aktuell, nach *H*-Strahlen noch kleinerer Reichweite zu suchen. Bei der direkten Methode kommt man natürlich, selbst wenn man von den weitreichenden α-Strahlen absieht, nicht unter die Reichweite der primären α-Strahlen (zum Beispiel *Ra C* 7 cm), da deren Sperrfeuer die wenigen *H*-Teilchen vollständig verdeckt. Kirsch und Pettersson, bald darauf auch Rutherford, gingen deshalb zur „rechtwinkeligen" Methode über (Abb. 6, Mitte), bei der die im rechten Winkel zur primären α-Strahlung emittierten Atomtrümmer untersucht werden. Die Primärstrahlung gelangt dabei nicht mehr auf den Schirm, wohl aber die um 90° gestreuten (genauer: durch die Atomkerne der Substanz abgelenkten) α-Teilchen. Nach der Rutherford-Darwinschen Theorie läßt sich für jede Lage von α-Bahn und Atomkern die Ablenkung vorausberechnen, ebenso unter gewissen Voraussetzungen die Zahl der in einem bestimmten Winkelbereich (zum Beispiel 80 bis 100°) gestreuten Teilchen. Diese Zahl ist, besonders bei den leichteren Elementen, so klein, daß neben ihnen die Beobachtung von *H*-Teilchen meist nicht möglich ist; jedenfalls geht es sicher außerhalb der — stark verkürzten — Reichweite dieser gestreuten α-Teilchen.

Von den vielen verwendeten Apparatformen sei wieder nur ein Beispiel angeführt, dieses wegen der Bedeutung der damit ausgeführten Untersuchung. Es bedeuten wieder: *O* Strahlenquelle, *S* zu zertrümmernde Substanz, *B* Blende (gegen die direkte Strahlung), *V* Verschlußglimmer, *G* Absorptionsglimmer (verschiebbarer Satz), *Z* Zinksulfidschirm, *M* Mikroskop. Auf die Öffnungen zur Gasdurchleitung sei besonders hingewiesen: um Atomtrümmer aus den hier unvermeidlichen Zwischenräumen zu vermeiden, wird der Apparat mit Helium, das sicher keine Atomtrümmer abgibt, gefüllt. Wegen des geringeren spezifischen Gewichtes von *He* hat man gleichzeitig den Vorteil einer kleineren Apparatabsorption. Untersucht wurde hier Kohlenstoff. Der *C*-Kern wäre nach Ruther-

Digitized by Google

fords Kernhypothese ein Heliummultipel (aus drei Heliumkernen vom Atomgewicht 4 ein *C*-Kern vom Atomgewicht 12), also unzertrümmerbar. Die seither vielfach wiederholten Versuche bewiesen das Gegenteil und bildeten so eine Stütze für Pettersons Explosionshypothese: durch den Anprall des α-Projektils verliert der Kern seine Stabilität und zerfällt in zwei, manchmal vielleicht

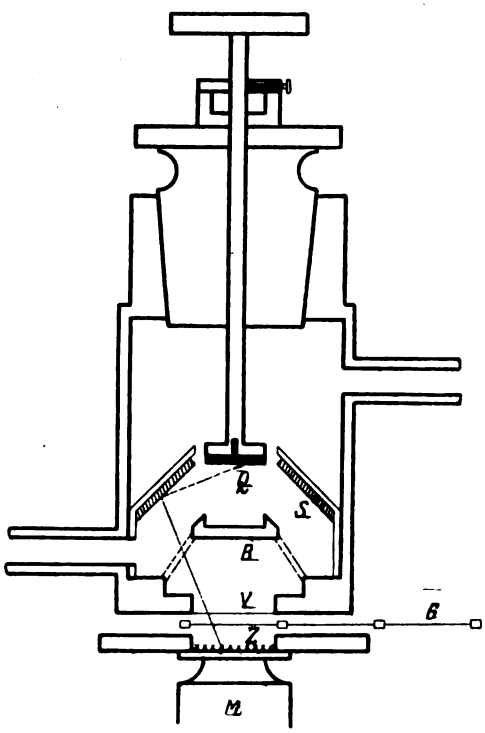


Abb. 8. Apparat nach der rechtwinkeligen Anordnung.

auch mehrere Bestandteile, denen sich innere Energie des Kernes als kinetische Energie mitteilt. Wenn wir nun gleich die Ergebnisse, die nach dieser Methode in Wien und Cambridge erzielt wurden, zusammenfassen, so ergibt sich, daß sämtliche Leichtelemente von *Be* bis *K* zertrümmerbar gefunden wurden. Die graphische Darstellung (Abb. 9) der Reichweiten der Atomtrümmer zeigt deutlich eine merkwürdige Regelmäßigkeit: aus den Elementen mit ungerader Atomnummer kommen die längeren *H*-Strahlen; die beim Zerfall dieser Kerne freiwerdende Energie ist also größer.

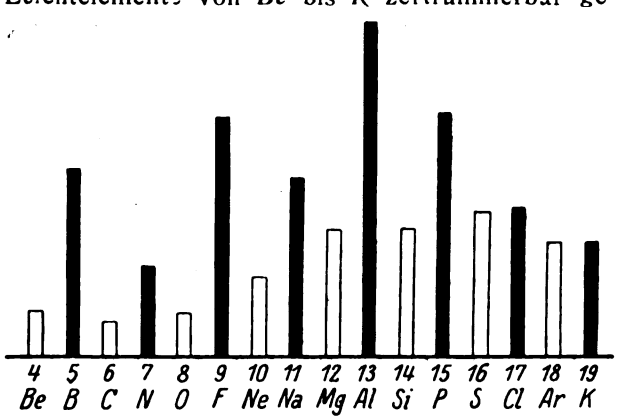


Abb. 9.

Es ist klar, daß die Komplikation der Primärstrahlung umso weitgehender vermieden wird, je größer der Winkel zwischen dieser Strahlung und der Beobachtungsrichtung ist. Dies führt folgerichtig zu der „retrograden" Methode, bei der die nahezu nach rückwärts (150 bis 180°) ausgeschleuderten Sekundärteilchen zur Beobachtung gelangen. (Abb. 6, rechts.) Zahlreiche Versuche wurden so ausgeführt, insbesondere die ausführliche Untersuchung von E. A. W. Schmidt über Atomtrümmer aus Aluminium. Abb. 10 zeigt den von ihm verwendeten Apparat: das α-strahlende Präparat hat Ringform und liegt in einer kreisförmigen Rinne, in deren Zentrum wieder der Zn S - Schirm. Darüber befindet sich die Substanz (*S*), auf einer Scheibe montiert, durch deren Drehung nacheinander verschiedene Substanzen der Bestrahlung ausgesetzt werden können. Bei der Schwierigkeit der Versuche ist es nämlich von Vorteil, neue Beobachtungen sogleich mit denen an einer bekannten („Bezugs"-)substanz vergleichen zu können. Eine von *E* aus betätigte Zange dient zum zeitweiligen Verdecken des Präparats; es dürfen dann keine Szintillationen auf dem Schirm auftreten (Verseuchungsprüfung). Auf zwei Fächern angeordnete Glimmerblätter verschiedener Dicke

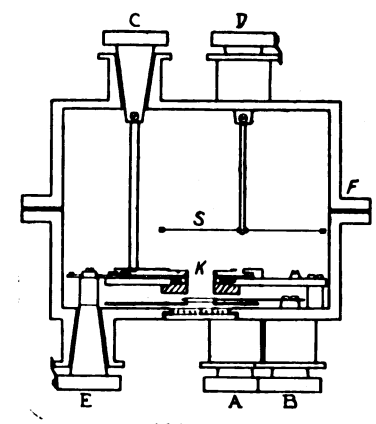


Abb. 10.

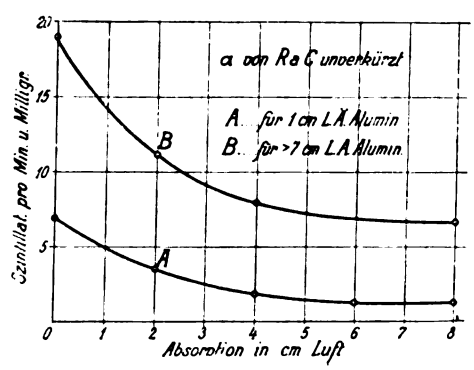


Abb. 11.

können abwechselnd vor den Schirm gedreht werden (Drehknöpfe *A*, *B*), um so stufenweise die Absorption im Strahlengang zu verändern. Zwei mit diesem Apparat aufgenommene Absorptionskurven zeigt Abb. 11, wobei sich die obere Kurve

Digitized by Google

auf dickes Aluminium bezieht, in dem sich die α-Strahlen „totlaufen", während bei einer dünnen Folie, die die α-Strahlen zum größten Teil durchläßt, die Zertrümmerungsausbeute natürlich kleiner ist (Kurve *A*). Der allgemeine Verlauf ist typisch und findet sich bei allen untersuchten Elementen wieder. Daß die Ordinate mit wachsender Absorption einen konstanten Wert anzunehmen scheint, der eben erst viel weiter rechts gegen Null geht, entspricht der oben erwähnten Tatsache, daß bei *Al* die Zertrümmerung in einem Teil der Fälle exotherm verläuft und dann sehr schnelle *H*-Strahlen großer Reichweite liefert. Andererseits haben wir bei kleinen Reichweiten ein starkes Anwachsen der Teilchenzahl zu verzeichnen. Da die Neigung der Kurve nach links ständig zunimmt, kann von einer Minimalreichweite (Rutherford und Chadwick) keine Rede sein, im Gegenteil, wir dürfen annehmen, daß noch weit mehr ganz weiche *H*-Strahlen existieren, deren Geschwindigkeit aber nicht mehr hinreicht, sichtbare Szintillationen hervorzurufen. Wenn man dazu hält, daß die beobachtete Gesamtausbeute an *H*-Teilchen mindestens 15 mal so groß ist, als seinerzeit von den englischen Forschern angegeben nämlich 30 pro Million α-Teilchen pro cm-Äquivalent Aluminium (es ist bei den anderen Elementen von gleicher Größenordnung), so erscheint eine Zertrümmerung „en gros" doch nicht mehr ganz hoffnungslos. Daß auch die Ansprüche bezüglich der erforderlichen Energie herabgesetzt werden können, zeigte (im Gegensatz zu den Cambridgern) ebenfalls F. A. W. Schmidt durch Versuche mit

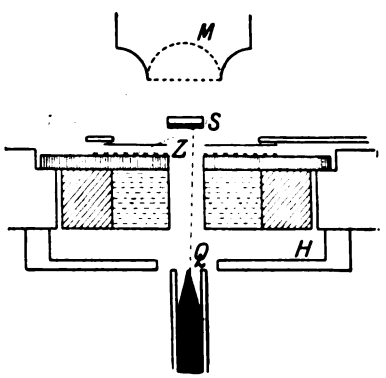


Abb. 12. Zentralapparat nach Pettersson.

α-Strahlen verkürzter Reichweite: sie behalten die Fähigkeit zur Zertrümmerung bis 1 cm,[5]) ohne daß eine untere Grenze zunächst festgestellt werden konnte.

Die zahlreichen, nach der retrograden Methode durchgeführten Untersuchungen sollen hier nicht näher besprochen, sondern nur noch eine Übersicht über die mit Sicherheit zertrümmerbar gefundenen Elemente in folgender Tabelle gegeben werden.

[5]) Das bedeutet, daß eine technische Zertrümmerung bei Verwendung von zirka 1 Mill. V bereits aussichtsreich wäre!

Tabelle
über die mit Sicherheit H-Teilchen gebenden Elemente.
(Abkürzungen: *D* = direkt, *RW* = rechtwinkelig, *R* = retrograd.)

Element	Atomnummer	Beobachtungsmethode	Zuerst festgestellt in
Lithium	3	*R*	Wien
Beryllium	4	*D* und *RW*	„
Bor	5	*D* „ *RW*[6])	Cambridge
Kohlenstoff	6	*D* „ *RW*	Wien
Stickstoff	7	*D* „ *RW*	Cambridge
Sauerstoff	8	*D* „ *R*	Wien
Fluor	9	*D* „ *RW*	Cambridge
Neon	10	*D* „ *RW*	„
Natrium	11	*D* „ *RW*	„
Magnesium	12	*D* „ *R*[7])	Wien
Aluminium	13	*D* „ *RW*[6])	Cambridge
Silizium	14	*D* „ *RW*[7])	Wien
Phosphor	15	*D* „ *RW*[6])	Cambridge
Schwefel	16	*RW*[6])	„
Chlor	17	*RW*[6])	„
Argon	18	*RW*	„
Kalium	19	*RW*	„
Titan	22	*R*	Wien
Chrom	24	*R*	„
Eisen	26	*R*	„
Kupfer	29	*R*	„
Selen	34	*R*	„
Brom	35	*R*	„
Zirkon	40	*R*	„
Zinn	50	*R*	„
Tellur	52	*R*	„
Jod	53	*R*	„

Von Einzelproblemen seien noch zwei erwähnt, die Frage nach dem multiplen Zerfall und die nach dem Charakter der Atomtrümmer. Der ersten Frage läßt sich nur mit einem Apparat großer Ausbeute, wie Abb. 12 näher kommen. Die Zeichnung ist wohl ohne weiters verständlich, die Bezeichnung ist dieselbe wie in Abb. 8, bemerkt sei nur, daß das Substanzscheibchen (*S*) sehr klein sein muß, da es den zentralen Teil des Mikroskop-Objektivs verdeckt. Die Versuche mit diesem Apparat ergaben keine Anzahl von gleichzeitigen Szintillationen, die über die nach den Zufallsgesetzen zu erwartende Häufung hinausging, also keine Anzeichen für simultane Aussendung mehrerer Atomtrümmer aus einem Kern.

Die zweite Frage läuft auf eine Bestimmung des Wertes $\frac{e}{m}$ (Ladung : Masse) der fraglichen Teilchen hinaus und wurde vom Verfasser durch massenspektroskopische Untersuchung gelöst. Die Methode, deren genaue Besprechung weit über den Rahmen dieses Aufsatzes hinausginge, benützt die kombinierte elektrische und magnetische Ablenkung, wie sie von F. W. Aston[8]) in seinem Massenspektrographen verwendet wurde. Abb. 13 gibt das Schema des Strahlenganges. Die Strahlen von der Quelle *O* (bei Zertrümmerungsversuchen muß an der gleichen Stelle die Substanz sich befinden) gehen durch das Spaltsystem *Sp*, werden

[6]) Qualitativ bestätigt von Kirsch und Pettersson nach der retrograden Methode.

[7]) Qualitativ bestätigt von Rutherford und Chadwick nach der rechtwinkligen Methode.

[8]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 206.

Digitized by Google

im elektrischen Feld (E_1, E_2) nach unten, im magnetischen Feld (N) nach oben abgelenkt und schließlich auf dem Schirm Z beobachtet. Die Hauptschwierigkeit war, den Forderungen genügender Intensität und ausreichender Dispersion gleichzeitig zu genügen. Es gelang, auf einem

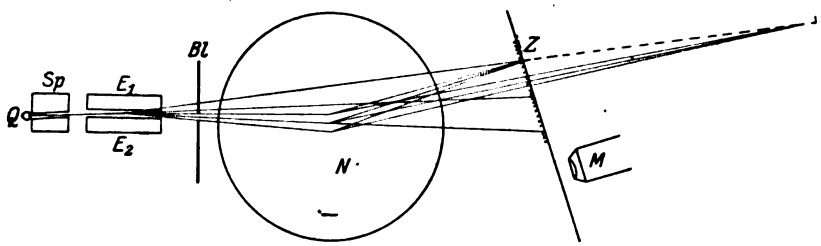


Abb. 13. Schema des Massenspektroskops für Atomfragmente nach Stetter.

länglichen Schirm ein Spektrum der Teilchen nach $\frac{e}{m}$ zu erhalten. Die wichtigsten bisherigen Resultate beziehen sich auf natürliche H-Teilchen aus Paraffin und auf Atomtrümmer aus Aluminium. In beiden Fällen ergab sich mit großer Genauigkeit der für den H-Kern zu erwartende Wert und somit eine Identifizierung der Teilchen mit Wasserstoffkernen.

V.

Zur Ergänzung des Bisherigen gehört noch eine — wohlfundierte — Hypothese, deren Begründung hier allerdings zu weit führen würde. Verschiedene experimentelle Ergebnisse deuten nämlich darauf hin, daß das α-Geschoß in vielen Fällen in dem getroffenen Atomkern stecken bleibt: das bedeutet einen Aufbau des betreffenden Kerns zu einem Element höherer Ordnungszahl. In welcher Richtung sich also eine spätere technische Entwicklung zunächst bewegen wird, ob Herstellung neuer Elemente durch Zerlegung oder Aufbau, ob Erschließung neuer Energiequellen, das kann jetzt noch nicht übersehen werden. Die Wissenschaft hat jedenfalls eine Fülle neuer interessanter Ergebnisse zu verzeichnen und die erfolgreiche Fortentwicklung des jungen Forschungsgebietes ist, das kann man heute wohl sagen, nur mehr eine Frage der Zeit und — last not least — der zur Verfügung stehenden Mittel. Dieser letzte Punkt, der ewige Geldmangel nämlich, eröffnet, wenigstens für die Forschung in unserem Lande, durchaus keine rosigen Aussichten.

Eine zusammenfassende Darstellung aller hiehergehörenden Arbeiten ist in dem Buch von Pettersson-Kirsch, Atomzertrümmerung,[9]) das Gründlichkeit und Verständlichkeit in ausgezeichneter Weise vereinigt, erschienen.

[9]) 247 Seiten mit 61 Abb. im Text und 1 Tafel. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1926, Preis geb. 15 Mk.; geh. 13 Mk.

Hochdruckdampfturbinenanlage für die Kohlengewerkschaft Witkowitz.

Von Direktor Ing. Josef **Reiner**, Gablonz a. N.[1])

Die Fragen der äußersten Ökonomisierung von Dampfkraftanlagen wurden noch niemals so eifrig und gründlich behandelt als in den letzten Jahren, wo sich die Notwendigkeit ergab, mit dem Energieträger der Kohle auf das sparsamste umzugehen. Diesem Gebot folgend wurde auch die Dampfturbine auf eine hohe Stufe der Wirtschaftlichkeit unter Beibehaltung der Betriebssicherheit gebracht.

Zwei Mittel sind es bekanntlich, die uns zu Gebote stehen, den Dampfverbrauch einer Dampfturbine zu verringern, und zwar die Erhöhung des Wirkungsgrades und die Vergrößerung des Wärmegefälles durch die Steigerung von Druck und Temperatur.[2]) Die Vorteile des Hochdruckdampfes waren lange bekannt, nur hatte man bisher nicht die Mittel, um diese Vorteile nutzbringend anzuwenden, da die konstruktive Durchbildung und die Materialfrage dies nicht gestattete. Heute, da letztere Frage gelöst ist, mußte man auch an die Verbesserung der konstruktiven Ausführung schreiten, um eine wirtschaftliche Ausnützung des Hochdruckdampfes zu ermöglichen.

Die konstruktive Durchbildung der Dampfturbine, die auf den neuen Erkenntnissen basieren, ergeben ganz neue Konstruktionen, welche dem hohen Druck und den hohen Temperaturen gewachsen sein müssen. So entstand eine neue Revolution im Dampfturbinenbau, welche die heutigen Ausführungen schuf.[3]) Zahlreiche Anlagen von 35 at und 400° C sind heute schon im Betrieb und haben sich auf das Beste bewährt, sodaß dieser Druck heute schon allgemein nicht nur bei Landanlagen, sondern auch bei Schiffsturbinen Anwendung findet. Alle Bedenken gegen die Verwendung von hohen Drücken und hohen Temperaturen sind heute bereits zerstreut, sodaß man auch an die Verwendung von 100 at und 450° C bereits geschritten ist. Es sei auch hier wieder erwähnt, daß bei all diesen Neuerungen auf dem Gebiete der Technik die innigste Zusammenarbeit des Erzeugers und des Käufers eine unbedingte Notwendigkeit

[1]) Auszug aus dem Vortrag über die Weltkraftkonferenz in Basel, gehalten am 26. Jänner d. J. vor der Hauptversammlung des deutschen Wasserwirtschaftsverbandes in der Tschechoslowakischen Republik in Reichenberg.

[2]) Vgl. St. Löffler, E. u. M. 1925, S. 584, 738; 1926, S. 63; ferner Hartmann, 1927, S. 357.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 583, 895; 1926, S. 397; Das El.-Werk 1926, S. 33, 108.

Digitized by Google

ist, wenn fruchtbringende Arbeit geschaffen werden soll.

Auf die Erfahrungen des Hochdruckdampfes gestützt, hat die Erste Brünner Maschinenfabriks A.-G. für die Kohlengewerkschaft Witkowitz[4]) eine Dampfturbine für 100 at, 450° C, 26 000 PS, 3000 U/min, geliefert, von der die zwei Niederdruck-Zylinder bereits im Betrieb sind und der Hochdruckteil noch in der ersten Hälfte dieses Jahres den Betrieb übernehmen wird. Die Turbine ist in vier Zylinder unterteilt, von denen der

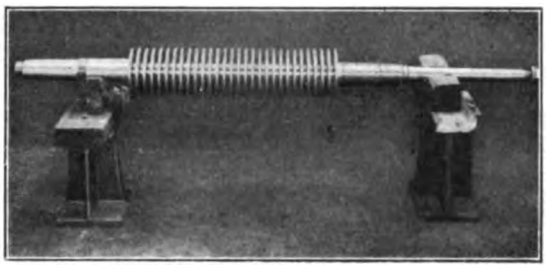


Abb. 1.

erste aus Siemens-Martin-Stahl aus einem Stück geschmiedet ist; in diesen ragt ein Stahlgußteil hinein, der mit dem Zylinder mittels einer Mutter verschraubt ist. Die Spindel (Abb. 1) ist mit den Rädern aus einem Stück geschmiedet, wodurch ein Lockern der Räder ausgeschlossen ist. Die Räder haben kleine Durchmesser, sowie kleine Umfangsgeschwindigkeiten und durch die verhältnismäßig schwachen Wellen werden die Undichtheitsverluste auf das Mindestmaß herabgedrückt. Die kritische Tourenzahl ist jedoch weit höher als die normale, sodaß die radialen Spiele der Abdichtungen an der Welle sehr klein gehalten werden können.

Der zweite Zylinder ist aus Stahlguß, zweiteilig hergestellt (Abb. 2) und bietet durch seine einfache Form volle Sicherheit hinsichtlich der

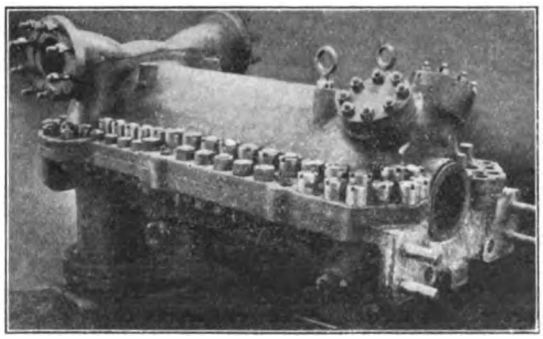


Abb. 2.

Festigkeitsbeanspruchungen. An diesem Zylinder wurden eingehende Versuche bezüglich der Dehnungen vorgenommen, um volle Gewähr für die Zuverlässigkeit der Konstruktion zu haben. Der dritte und vierte Zylinder ist aus Gußeisen hergestellt. Der letzte Zylinder ist als Doppelstrom ausgebildet.

[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 743.

Das Hochdruck-Steuerventil (Abb. 3) ist in mehrere Ventile aufgelöst, was durch den hohen Druck bedingt ist.

Die Arbeitsweise der Turbine vollzieht sich wie folgt: Der Dampf von 100 bis 120 at Dampfdruck und 450° C wird in einem Dampfkessel, System Löffler, erzeugt und entspannt sich in der Turbine bis zum Vakuum. Gleichzeitig wird in den Niederdruckkesseln, die von Koksgasen geheizt

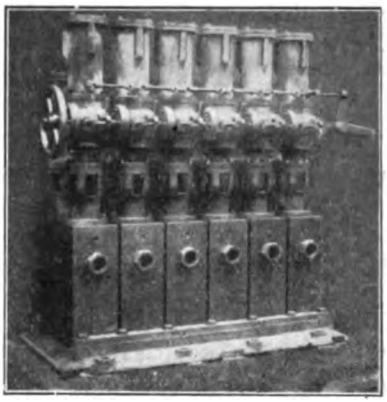


Abb. 3.

werden, Dampf von 15 at erzeugt, welcher dem dritten Zylinder des Turbosatzes zugeführt wird. Die Schaltung ist so, daß der Hochdruckdampf die Grundbelastung aufnimmt, das heißt, daß die Hochdruckkessel gleichmäßig belastet sind und die höhere und die Spitzenbelastung von den Niederdruckkesseln geleistet wird. Der jeweilige Verbrauch von Hochdruckdampf und Niederdruckdampf wird von einer Zweidrucksteuerung geregelt. Zwischen dem zweiten und dritten Zylinder ist eine Zwischenüberhitzung vorgesehen. Vom dritten Zylinder geht eine Anzapfung für Industriedampf in ein Heiznetz; die Entnahme wird durch eine

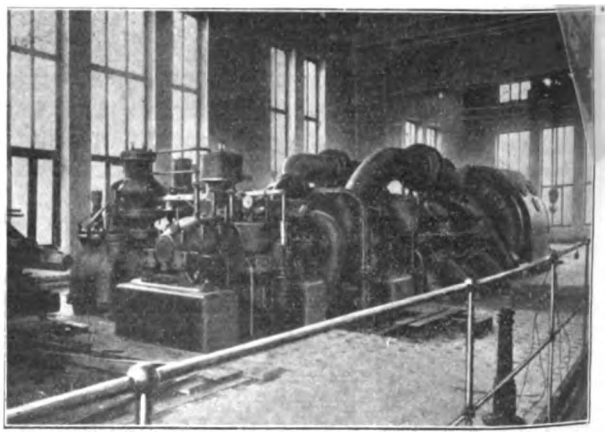


Abb. 4.

Anzapfsteuerung geregelt. Von zwei weiteren Stellen des dritten Zylinders wird Dampf für die Kesselspeisewasservorwärmung entnommen, wodurch das Kondensat auf 120° C vorgewärmt wird und mittels Hochdruckkesselspeisewasserpumpen dem Hochdruckkessel zugeführt wird. Den dritten und vierten Zylinder zeigt Abb. 4.

Digitized by Google

Der dazugehörige Dampfkessel besteht aus einem außerhalb des Feuerraumes liegenden Betriebskessel und aus einem im Feuerraum liegenden Überhitzerrohr-System. Beim Anfahren wird mit einem Hilfskessel Dampf erzeugt, der in den Betriebskessel eingeführt wird. Dieser Dampf wird von einer Pumpe dem Überhitzersystem zugeführt, dort überhitzt und gelangt sodann in den Betriebskessel, um dort seine Überhitzungswärme in das Wasser abzugeben. Der Dampf wird auf diese Weise in den Kessel bis auf den gewünschten Druck gebracht. Ist dieser erreicht, so geht ein Teil des Dampfes hinter dem Überhitzersystem in das Verbrauchsnetz, und der andere Teil in den Betriebskessel, um dort weiter zur Dampferzeugung herangezogen zu werden.

Was für hohe wirtschaftliche Resultate mit Hochdruckturbinen erzielt werden, beweist eine 35 at Turbinenanlage in Holland (Amsterdam), wo es zum erstenmal gelungen ist, nur 4 kg Dampf pro kWh zu erzielen. Diese Turbine wurde im Sommer 1923 als erste große Elektrizitätswerks-Hochdruckturbine in Betrieb genommen. Außerdem wurden große Hochdruckturbinen in Heizwerken, wie Charlottenburg[5]) und Dresden aufgestellt, die Dampf von 35 at auf 13 bis 16 at entspannen und diesen Dampf in die alte Turbinenanlage führen, während andererseits ein Teil in die Heizleitung strömt. Im Großkraftwerk Dresden erzeugt die Hochdruckturbine 11 000 kW Leistung, die die Rentabilität der neuen Anlage derart hebt, daß die neue Hochdruckturbinenanlage innerhalb neun Monaten bezahlt wurde.

[5]) Vgl. E. u. M. 1926, „Das El.-Werk", S. 33.

Rundschau.

Verbrennungskraftmaschinen.

Über die Abnahmeversuche an der 15 000 PSe Dieselmaschine der Hamburger E.-W. berichtet Ministerialrat W. Laudahn. Das Ingangsetzen der Maschine[1]) einschließlich der Inbetriebnahme der Hilfsmaschinen erforderte von dem Zeitpunkte der Anordnung der Betriebsaufnahme bis zur Übernahme der vollen Belastung normal 5¼ bis 8 min, konnte aber bis auf 3 min beschleunigt werden, woraus sich der große Wert der Dieselmaschine als Spitzen- oder Reservemaschine für Elektrizitätswerke erkennen läßt. Zur Prüfung der Maschine auf Überlastbarkeit wurde für kurze Zeit mit 110 vH Vollast gearbeitet, ohne daß sich daraus irgendwelche Anstände ergaben. Die Regelbarkeit wurde durch plötzliche Entlastung von 15 000 PS*e* auf Leerlauf geprüft. Hiebei stieg die Drehzahl zunächst um 14·5 vH, senkte sich darauf gleichmäßig und ging nach einem nochmaligen kleinen Anstieg schon in den vollkommenen Beharrungszustand über, der bereits nach 32 sec erreicht wurde. Als Brennstoff wurde Gasöl von 0·875 spezifischem Gewicht und 10 [illegible] WE/kg unterem Heizwert verwendet. Der Brennstoffverbrauch wurde bei ¾ Last (17 400 PS*i*, bezw. 14 500 PS*e* und 10 425 kW Dynamonutzleistung), ¾ Last (14 120 PS*i*, bezw. 11 280 PS*e* und 7941 kW), ½ Last (10 460 PS*i*, bezw. 7740 PS*e* und 5417 kW) und ¼ Last (6000 PS*i*, bezw. 3780 PS*e* und 2561 kW) mit 141·5 (¾), 131·7 (¾), 124·1 (½) und 122·5 (¼) g/PS*i* h, bezw. 168·7, 164·8, 167·9 und 207·5 g/PS*e* h, bezw. 236·4, 234·2, 240 und 306·3 g/kWh festgestellt. Hiebei ist die bei allen Belastungen rund 1000 bis 1200 PS betragende Verdichterleistung berücksichtigt, nicht aber der Kraftverbrauch für das Spülluftgebläse, der bei allen Belastungen rund 4·85 vH der effektiven Maschinenleistung betrug. Bei Einrechnung dieser Leistung ergibt sich ein Brennstoffverbrauch von 178 g/PS*e* h bei Vollast (15 000 PS*e*) bezw. 176 g/PS*e* h bei ¾ Last. Von der zugeführten Wärme wurde bei Vollast ohne Gebläse 37·5 vH und mit Gebläse 35·7 vH in Nutzleistung umgesetzt. Der mechanische Wirkungsgrad ist bei Vollast ohne Gebläse zu 0·84, mit Gebläse zu 0·80 bestimmt worden. Der Schmierölverbrauch belief sich auf 0·7 g/PS*e* h. J.

(ZVDI, Bd. 70, H. 43, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 567.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Über die Grenzen großer Gleichstrommaschinen. Beschränkungen zweierlei Art beherrschen den Bau von Gleichstrommaschinen, die „Erwärmungsgrenze" und die „Funkengrenze". Diese beiden Gesichtspunkte lassen sich nach C. Trettin auch durch folgende Fragestellung kennzeichnen: 1. Wie groß müssen für eine gegebene Leistung N kW bei n U/min. die Abmessungen einer Maschine mindestens sein? 2. Welche höchste Leistung läßt sich überhaupt in einer einzigen Maschine erzeugen? Das erste Problem wird meist mit Hilfe der Essonschen Leistungsgleichung

$$N = C \cdot r^2 \cdot l \cdot n \, 10^{-7} \text{ kW}$$

mit

$$C = \frac{\pi^2}{15} \frac{l_e}{l} \gamma \cdot A \cdot B \, 10^{-4}$$

erörtert. Hiebei sei $2r$ der Ankerdurchmesser, l die gesamte Ankerlänge, l_e die Ankereisenlänge in cm, γ der Polbedeckungsfaktor, A der Strombelag je cm Ankerumfang in A/cm und B der Mittelwert der Luftinduktion. Es gelingt durch Einführung der Stromdichte i in A/mm², des Kupferfüllfaktors der Nut φ (Nuttiefe t), sowie der scheinbaren Zahnwurzelinduktion Bz mit dem meist benutzten Durchschnittswert von 21 000 Gauß, den Strombelag

$$A = 100 \, i \varphi t \left(1 - \frac{t}{r} - 1{\cdot}1 \frac{B}{Bz}\right)^1)$$

als lineare Funktion von B und hiemit die Ausnutzungszahl C als Parabelfunktion von B darzustellen (Abb. 1).

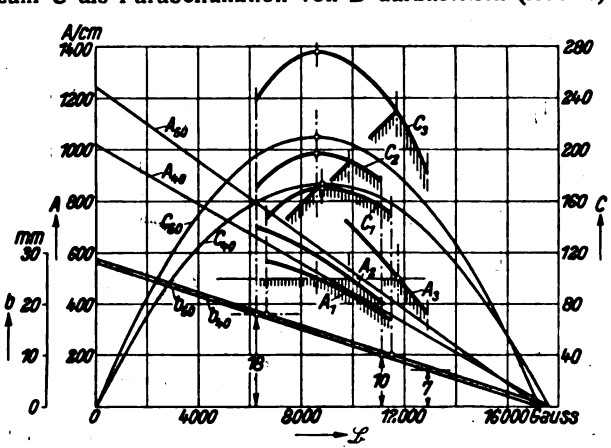


Abb. 1.

Die günstigste Ausnutzung für ein Modell deckt sich jedoch nicht mit dem Höchstwert der C-Parabel. Einerseits ist A mit Rücksicht auf die Stromwendung zu beschränken und die für die Abmessungen des Magnetgestells maßgebende Größe der Luftinduktion B nicht in beliebigen Grenzen wählbar, andererseits muß die Nuttiefe wegen der Wirbelstromverluste infolge der Stromwendung und Zahn-

[1]) Der Faktor 1·1 rührt von der Schwächung des Eisenquerschnittes durch Papierisolation her.

Digitized by Google

sättigung niedrig gehalten werden. Die Stromdichte i soll mit zunehmender Nutbreite b wegen der Radialstreuung kleiner gewählt werden; dagegen sinkt der Füllfaktor φ mit abnehmendem b infolge der gleichbleibenden Isolationsstärke. Die in Abb. 1 für mittelgroße Maschinen mit $r = 50$ cm und einem konstant angenommenen Wert $i\varphi = 2{\cdot}75$ entwickelten A- und C-Kurven (A_{40}, C_{40} für $t = 4$ cm, bzw. A_{50}, C_{50} für $t = 5$ cm) sind daher durch die stärker gezeichnete A_1- und A_2-Linie der praktisch

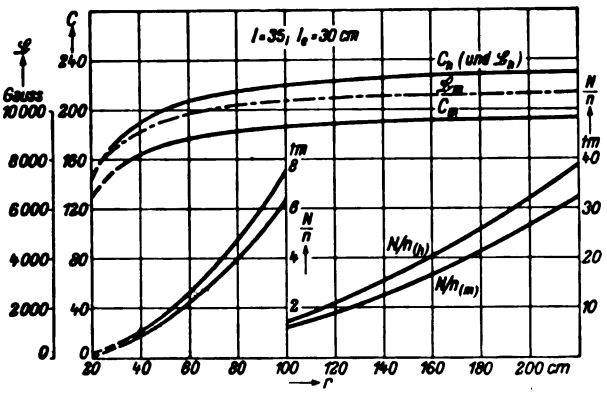


Abb. 2.

erzielbaren Strombeläge und der ihnen entsprechenden C_1- und C_2-Linie zu ersetzen. Bei Verwendung von Kunst- oder Seilstäben bzw. Fremdkühlung liegen die Werte natürlich höher (A_2-, C_2-Linie für $t = 5$ cm), da in solchen Fällen keine Rücksicht auf die Zusatzverluste genommen werden muß. Eine Begrenzung des Strombelages auf beispielsweise $A = 500$ äußert sich in der Abb. 1 durch den durch Schraffur angedeuteten Knick. Bemerkenswert ist noch der geringe Bereich, der einer günstigen Ausnützung zur Verfügung steht, beträgt doch bei $b = 18$ mm die Zahnkopfsättigung in den Schwalbenschwanzaussparungen bereits 42000 Gauss, während bei $b = 10$ mm ein unwirtschaftlicher Füllfaktor $\varphi = 0{\cdot}44$ auftritt. Es ist daher das günstigste C durch die Wahl von

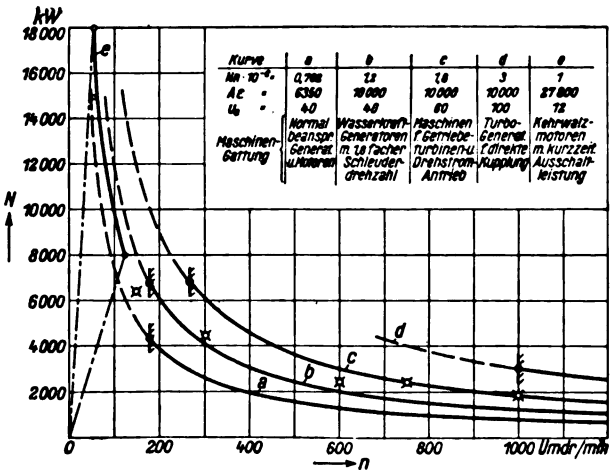


Abb. 3.

r und der Nebenbedingungen (Wicklung, Drehzahl, Lüftung usw.) annähernd eindeutig bestimmt. Abb. 2 zeigt $C = f(r)$ und zwar C_m für normale, C_h für hoch ausgenützte Modelle mit tiefen Nuten (künstliche Kühlung o. ä.). Mit $l = 35$ cm ist ferner der Wert N/n errechnet.

Zur Erfassung des zweiten Problemes — der Funkengrenze — geht der Verfasser von der durch einfache Umformung der Spannungsgleichung für Gleichstrommaschinen gewonnenen Beziehung

$$N \cdot n = 3 A \varepsilon u_a$$

aus, in welcher ε als die mittlere Lamellenspannung

$$\varepsilon = \frac{E}{K/2p} \quad (K \text{ Lamellenzahl})$$

definiert ist und u_a die Umfangsgeschwindigkeit des Ankers in m/s. bedeuten möge. Diese Gleichung spricht aus, daß das Produkt $N \cdot n$ von der elektrischen (A), magnetischen (ε) und mechanischen Beanspruchung (u_a) abhängig ist. Bei gleichen Beanspruchungen variiert N für n nach einer gleichseitigen Hyperbel, so daß ohne Kenntnis der Modelle eine Beantwortung folgender Fragen sofort möglich ist: 1. In wie viele und wie große Einheiten ist eine gegebene Leistung bei gegebener Drehzahl zu unterteilen? 2. Wie hoch darf die Drehzahl, z. B. eines Umformersatzes, für eine gegebene Leistung gewählt werden? 3. Welche höchste Leistung läßt sich in einer Maschine erzeugen, wenn der Ankerdurchmesser einen bestimmten Wert haben soll? Besonders die letzte Frage ist von Wichtigkeit, da Rotationskörper von mehr als 4·3 m Durchmesser nicht mehr verladen werden können.

Bezüglich der Größe der Beanspruchungen wird angegeben: Da die Kommutierung meist nach der Stromwendungsspannung

$$E_r = 2 \zeta l_e \cdot A \cdot u_a \, 10^{-8} \text{ V (etwa 8 V)}$$

beurteilt wird, in welcher erfahrungsgemäß A der entscheidende Faktor ist, stellt der Strombelag tatsächlich eine Grenze der Gleichstrommaschine dar. Um die Stromwendung nicht allzusehr zu erschweren, soll daher der oben erwähnte Wert von 500 A/cm nicht überschritten werden. Von der Steigerungsmöglichkeit dieses Wertes hängt die Weiterentwicklung im Gleichstrommaschinenbau wesentlich ab, da sowohl N/n, als auch $N \cdot n$ proportional A ist. Die Segmentenspannung ε ist dagegen als eine Lichtbogenspannung scheinbar eine unveränderliche Größe, die $\leqq 20$ V bleiben soll (bzw. $\varepsilon_{max} \leqq 30$ V). Die mechanische Grenze schließlich ist abhängig von der — wegen der erforderlichen ruhigen Auflage der Bürsten — heute höchst zulässigen Kollektorgeschwindigkeit von 25 bis 30 m/s.

Abb. 3 veranschaulicht die erwähnte hyperbolische Beziehung $N = f(n)$ für verschiedene Werte von N/n. Durch Rücksicht auf die Größe des Ankerdurchmessers ist ein bestimmter Bereich vorgeschrieben, der durch senkrechte Striche abgegrenzt ist. Zum Vergleich wird noch erwähnt, daß Synchronmaschinen mit einem $N \cdot n \, 10^{-8} = 11{\cdot}6$ (bei Wasserkraftantrieb) bis 100 (bei Dampfturbinenantrieb) ausgeführt wurden, was deutlich erkennen läßt, wie gering eigentlich die durch das Produkt $A \varepsilon u_a$ (s. Abb. 3) gezogene Grenze ist. St. Schw.

(Siemens-Zeitschr., 6. Jahrg., Heft 11, 1926.)

Ein Beitrag zum Studium der Bruchlochwicklungen. Unter Bruchlochwicklungen versteht man bekanntlich jene Wechselstromwicklungen, bei denen die Nutenzahl N durch das Produkt aus Polzahl $2p$ und Phasenzahl m nicht teilbar ist. Ihr Vorteil besteht in der Unterdrückung höherer Harmonischer in der Spannungskurve bei verminderter Nutenzahl. G. Rasch gibt nun eine einfache Methode zur Bestimmung des Wickelfaktors von Bruchlochwicklungen an, indem er diese in gleichwertige zweipolige Ganzlochwicklungen überführt. Die Spannung eines Stabes, bezw. einer Spulen-

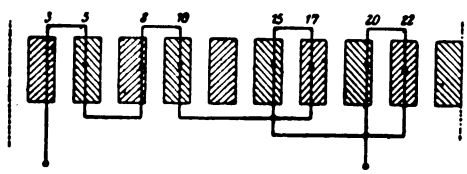


Abb. 4.

seite, ändert sich nach Größe und Phasenlage nicht, wenn man sich den Stab um ein ganzes Vielfaches der Polteilung, also um einen Wickelschritt gleich $\pm n \frac{N}{p}$ verschoben denkt, wobei n eine beliebige ganze Zahl bedeute. Es sei nun als Beispiel eine Dreiphasenwicklung mit $N = 24$ Nuten und $2p = 10$ Polen, also $q = {}^4/_5$ Nuten je Pol und Phase vorausgesetzt und einer der drei Stränge in Abb. 4 dargestellt. Läßt man nun

Digitized by Google

die Stäbe 3 und 5 an ihrem Platz, verrückt dagegen Stab 8 um $-1.\frac{24}{5} = -4{\cdot}8$, also an die Stelle 3·2, Stab 22 um 4.4·8 Nutenteilungen an die Stelle 2·8, Stab 17 um 3.4·8 an die Stelle 2·6 usw., so erhalten

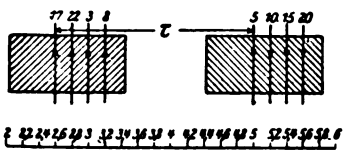


Abb. 5.

wir die gleichwertige zweipolige Wicklung der Abb. 5 mit vier Durchmesserspulen je Strang. Mit dem Nutenwinkel $\delta = \frac{\tau}{12}$ (also einer Phasenverschiebung der EMKe je Spule von $\alpha = \nu . 15^0$ für die νte Oberschwingung), ergibt sich ein Wickelfaktor (Verhältnis der geometrischen zur algebraischen Summe der einzelnen EMKe) von

$$\xi_\nu = \frac{\cos \nu . 7{\cdot}5^0 + \cos \nu . 22{\cdot}5^0}{2}.$$

Dieser Wert ist aber identisch mit einem Faktor

$$\xi_\nu = \frac{\sin 4\nu \frac{15^0}{2}}{4 \sin \nu \frac{15^0}{2}},$$

der für eine dreiphasige Vierlochwicklung gilt. Die Zahl der Nuten bei dieser ist aber $10 . 3 . 4 = 120$, also fünfmal so groß als bei der vorausgesetzten Bruchlochwicklung. Bei dem Ersatz der Bruchlochwicklung durch eine gleichwertige zweipolige Ganzlochwicklung ist zu beachten, daß nötigenfalls an dieselbe Stelle auch mehrere Stäbe gerückt werden müssen, was bei Bestimmung des Wickelfaktors zu berücksichtigen ist, und daß ferner statt einer Durchmesserwicklung, wie in unserem Beispiel, sich gegebenenfalls eine Sehnenwicklung ergeben kann. Wie aus Abb. 6 ersichtlich, läßt sich eine solche aber auf einfache Weise auf eine Durchmesserwicklung und somit auf die gewohnte Berechnungsmethode bringen. Man hat durch die Reihenschaltung der beiden Durchmesserwicklungen die EMK gegenüber der einfachen Sehnenwicklung zwar verdoppelt, an der Kurvenform jedoch nichts geändert.

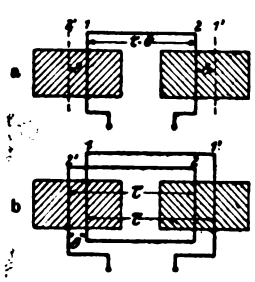


Abb. 6.

St. Schw.

(ETZ, Bd. 47, Heft 46, 1926.)

Elektrische Meßkunde.

Über das Kriechgalvanometer, eine neue Methode zur Messung von Spannungsintegralen, Elektrizitätsmengen und magnetischen Feldstärken, berichtet H. Busch. Die klassische Methode zur Messung von Elektrizitätsmengen ist die des ballistischen Galvanometers. In der Bewegungsleichung des Galvanometers

$$K\ddot{\varphi} + p\dot{\varphi} + D\varphi = qi$$

(K Trägheitsmoment, p Dämpfungskonstante, D Direktionskraft, q dynamische Konstante, φ Ausschlagwinkel) werden hiebei das rücktreibende Drehmoment $D\varphi$ und die Bremskraft $p\dot{\varphi}$ so klein gehalten, daß praktisch nur der Trägheitswiderstand $K\ddot{\varphi}$ übrig bleibt, was durch eine im Vergleich zur Schwingungsdauer des Galvanometers sehr kurze Dauer des Stromstoßes bei nicht zu großer Dämpfung erreicht wird. Die erforderliche große Schwingungsdauer des Systems macht das Arbeiten zeitraubend. Man kann einen der Elektrizitätsmenge proportionalen Ausschlag auch auf grundsätzlich anderem Wege erreichen dadurch, daß die Bewegung des Systems nicht durch das Trägheitsglied, sondern durch das Dämpfungsglied bestimmt ist. Die Dämpfungskonstante p ist groß zu machen, so wie bei einem normalen Drehspulgalvanometer mit kleinem äußeren Schließungswiderstand. Die Methode ist bereits bei dem sogenannten Fluxmeter zur Messung magnetischer Felder in Anwendung, das aus einer Prüfspule in Verbindung mit einem kriechend gedämpften Zeigergalvanometer besteht. Man erhält aus der Schwingungsgleichung:

$$p(\varphi_1 - \varphi_0) = q \int_0^t i\,dt = q\,Q,$$

wo φ_0 den Ausschlagwinkel vor, φ_1 nach dem Stromstoß bezeichnet und Q die während des Stoßes durchgeflossene Elektrizitätsmenge ist. Die Ausschlagsänderung $\varphi_1 - \varphi_2$ ist auch proportional dem Zeitintegral über die EMK, worauf es bei der Messung magnetischer Felder ankommt. Die Brauchbarkeit dieser Methode, bei der nicht gewartet wird bis der Nullpunkt erreicht ist, sondern wo man von einem beliebigen Ausschlag ausgeht, hängt davon ab, ob die gemachten Voraussetzungen erfüllt sind. Es läßt sich zeigen daß hierbei das Verhältnis δ/v_0 eine Rolle spielt, worin $\delta = \frac{p}{2K}$ und $v_0 = \sqrt{\frac{D}{K}}$. Dieses Verhältnis muß genügend groß sein (etwa gleich 30), dann bleibt der Fehler bei genügend großer Dämpfung unter der Grenze der Meßgenauigkeit. Eine weitere Fehlerquelle bildet das stets ungleichförmige Magnetfeld der Galvanometer. Dies gilt aber ebenso für die ballistische Methode. Durch Ungleichförmigkeit des Magnetfeldes in Verbindung mit dem nie restlos zu vermeidenden Magnetismus des Galvanometersystems ergibt sich eine Inkonstanz der Direktionskraft. Die Empfindlichkeit des Kriechgalvanometers bei magnetischen Messungen ist annähernd gleich groß der des ballistischen Galvanometers; bei Kapazitätsmessungen ist sie aber etwa 20 mal kleiner. Co.

(Zeitschrift für technische Physik, Jahrg. 7, Nr. 8, 1926.)

Methoden und Apparate zur Messung der Drehmomente elektrischer Meßinstrumente. Dipl. Ing. A. Täubler-Gretler. Während sich die bisher bekannten Apparate nur zur Messung des Drehmomentes an fertigen Instrumenten eignen, gibt der Verfasser Methoden zur Bestimmung des Drehmomentes zu verwendender Spiralfedern, also für die Fabrikation wichtige Methoden an. Bei der dynamischen Methode werden die Schwingungen eines möglichst reibungsfrei gelagerten Rotationskörpers beobachtet, an dem das innere Ende der zu prüfenden Spiralfeder befestigt ist. Von der Differentialgleichung für die schwach gedämpfte Schwingung ausgehend wird der Ausdruck für das Drehmoment bei einem Verdrehungswinkel von 90° entwickelt. Zur Berechnung dieses Ausdruckes ist die vorherige Ermittlung des Trägheitsmomentes des Rotationskörpers und der Dämpfungskonstante erforderlich. Diese Methode besitzt den Nachteil, daß die Dämpfungskonstante sich merklich ändern kann, da sie von der Lagerreibung abhängig ist. Ein weiterer Nachteil ist, daß die Messung zeitraubend ist und das Resultat berechnet werden muß. Die statische Methode ist eine Abänderung der von Schmiedel angegebenen. Bei diesem Apparat zieht die zu messende horizontal wirkende Kraft mittelst eines dünnen Fadens an einem Punkt eines anderen Fadens, dessen oberer Teil am Ende befestigt ist und dessen unterer Teil ein Gewicht trägt. Aus dem Winkel, den der obere Teil mit dem Lot einschließt und der Größe des Gewichtes kann die Größe der zu messenden Kraft bestimmt werden. Ein zur Anwendung der statischen Methode vom Verfasser gebauter Apparat besteht im wesentlichen aus einer vertikalen in Steinen gelagerten Achse, an der die

Digitized by Google

zu untersuchende Spiralfeder mit einem Ende befestigt ist, das andere Ende der Feder wird an einem Bock eingespannt. Ein an der Achse befestigter Zeiger spielt über einer Spiegelskala. Im Ruhezustand steht der Zeiger auf Null. Zur Messung ist die Achse um 90° gedreht, der Zeiger steht über dem zugehörigen Teilstrich 90°. Außerhalb der Skala drückt der Zeiger an einen vertikal hängenden Faden, der durch eine Kerbe des Zeigers läuft. Der Faden trägt an seinem unteren Ende ein Gewicht. Der Ständer, an dem der Faden hängt, ist auf einen geradlinig verschiebbaren Schlitten montiert. An dem Ständer ist eine gerade horizontale Skala so befestigt, daß sie knapp unter das Ende des Zeigers zu liegen kommt. Der Faden läuft frei herunterhängend in der Ruhelage am Nullpunkt der geraden Skala vorüber. Andererseits liegen jetzt der Nullpunkt dieser Skala, der 90° Teilstrich der kreisförmigen Spiegelskala und die Mittellinie der Achse in einer Geraden. Die gerade Skala ist parallel zur Tangente der Kreisskala in deren 90° Punkt. Nach Einhängen des Zeigers in den Faden wird jener durch Verschieben des Schlittens, was parallel zur geraden Skala erfolgt, über den Teilstrich 90° gebracht. Diese Verschiebung wird für ein bestimmtes Einheitsgewicht, Aufhängehöhe des Fadens und Länge des Zeigers vom Drehpunkt bis zur Einkerbung jedoch verschiedene Drehmomente an der Zeigerachse berechnet. Danach erhält die gerade Skala eine Teilung in cmg. Mit diesem Apparat können Drehmomente von 0·01 bis 20 cmg gemessen werden. Btz.

(Schweiz. Technische Zeitschrift, Heft 32, 1926.)

Stromverteilung.

Unsymmetrische Hochstromanlagen. Drehstromleitungen, die sehr starke Ströme führen, zum Beispiel solche, welche Öfen versorgen, unterliegen einer nicht unerheblichen Unsymmetrie der Stromverteilung durch den Umstand, daß die Induktivitäten der wechselweise aus je zweien der drei nebeneinanderliegenden Leitungen gebildeten Schleifen ungleich sind und die dadurch hervorgerufenen Blindkomponenten der Spannungen mit der hohen Stromstärke große Werte annehmen, während die Wirkkomponenten der Spannungen vermöge der negativen Charakteristik des Ofenwirkwiderstandes weitaus langsamer wachsen. Bei größeren Ofenleistungen muß dieser Unsymmetrie schon in irgendeiner

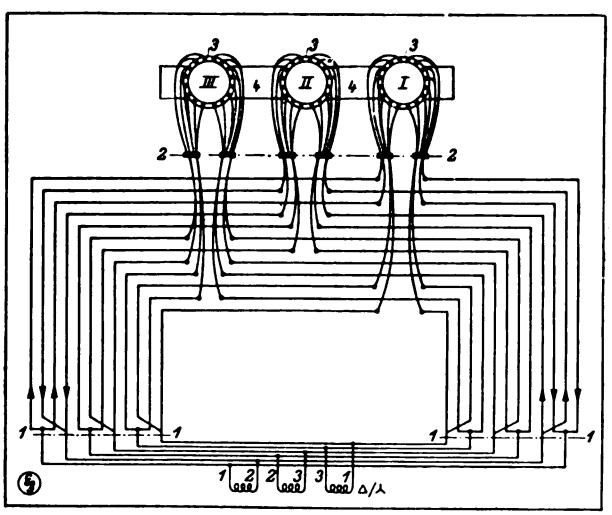


Abb. 7.

Weise gesteuert werden, da sie die Ausnützung des Ofens stark vermindert. Zunächst muß natürlich der Transformator vom Ofen eine möglichst geringe Entfernung haben, dann ist aber auch der Anordnung der Leitungen besondere Sorgfalt zu widmen. Um die nicht restlos befriedigenden Rechnungsergebnisse zu ergänzen wurden Versuche angestellt über die Dipl. Ing. R. Stein berichtet. Auf Grund von Beobachtungen an einer vorhandenen 8000 kVA-Anlage wurde zunächst ein Modell im Maßstab 1 : 5 hergestellt. Um am Modell das gleiche Verhältnis zwischen Wirk- und Scheinwiderstand zu erzielen, wie in Wirklichkeit, mußte es mit der 5^2fachen Frequenz, das ist mit 1250 Per/s, untersucht werden. Die Ergebnisse gaben Anlaß, zwei weitere Modelle anzufertigen, deren letztes die am meisten zufriedenstellenden Werte lieferte. Bei allen drei Modellen erfolgte die Stromzuführung in zwei nebeneinander angeordneten Leitergruppen, die in den beiden ersten Fällen aus je drei Leitern bestand. Bezeichnet man diese nebeneinander liegenden Leiter mit den Zahlen 1 bis 6, die drei Klemmen des Transformators mit *u*, *v*, *w* und die drei Elektroden mit *R*, *S*, *T* so erfolgte der Anschluß der Leitungen:

im Fall I	*u*	mit	1	und	6	*R* mit	2	und 5
	v	„	2	„	5	*S* „	1	„ 6
	w	„	3	„	4	*T* „	3	„ 4
im Fall II	*u*	„	1	„	4	*R* „	1	„ 4
	v	„	2	„	5	*S* „	2	„ 5
	w	„	3	„	6	*T* „	3	„ 6

Die Leiteranordnung im Fall III ist der Abb. 7 zu entnehmen. Die mit diesen Leiteranordnungen erzielten Werte waren (die Weiser *R*, *S*, *T* beziehen sich auf die gleichnamigen Elektroden):

im Fall I $N_R = 1225$ kW $N_S = 1350$ kW $N_T = 1300$ kW
$\cos\varphi = 0{\cdot}76$

im Fall II $N_R = 1200$ kW $N_S = 2130$ kW $N_T = 2190$ kW
$\cos\varphi = 0{\cdot}89$

im Fall III $N_R = 2030$ kW $N_S = 2130$ kW $N_T = 2950$ kW
$\cos\varphi = 0{\cdot}92$

Die Werte für den Fall I sind nach Messungen am Betriebsvorbild gerechnet, die in den anderen Fällen nach Messungen an den Modellen.

(Siemens-Zeitschrift, Bd. 6, Heft 7, 1926.)

Über die Wahl der zweckmäßigsten Spannung für Kraftverteilungen unter Tag. Dr. Ing. Küppers, Kassel. Die gegenwärtige Höhe des Kapitaldienstes zwingt dazu, die Anlagekosten im Bergbau tunlichst zu beschränken, und zwar vor allem durch richtige Wahl der Verteil- und Gebrauchsspannungen. Der Verfasser zieht hiebei nur Drehstromanlagen in Betracht und läßt die meist mit Gleichstrom betriebene Zugförderung unberücksichtigt. Infolge der zahlreichen, meist ortsveränderlichen und räumlich weit getrennten Verbraucher ist ein weit verzweigtes und dem Abbaufortschritt möglichst anpassungsfähiges Verteilnetz mit mehreren Verteil- und Gebrauchsspannungen erforderlich. Für den Betrieb der tragbaren Abbaugeräte und der Beleuchtung ist „Niederspannung" von 125 V nach den Normen des VDE vorgeschrieben, während die übrigen Verbraucher, wie Schüttelrutschen, Haspel, Schrämmmaschinen u. dgl. nur mit „Mittelspannung", 380 oder 500 V, wirtschaftlich betrieben werden. Die Spannung von 220 V scheidet mangels Vorteilen für die erwähnten Maschinengruppen aus. Die tragbaren Abbaugeräte usw. werden von den in jedem Abbauort aufgestellten Kleintransformatoren oder Transformatoren-Schaltkästen von etwa 5 bis 10 kVA gespeist, die die „Mittelspannung" auf 125 V herabsetzen. Die Zahl der Unfälle in den Gruben ist bei 380 V die gleiche wie bei 500 V. Nach den Normen des VDE sind 380 V als Normalspannung vorgesehen, während 500 V in Neuanlagen nur da gewählt werden sollen, wo die Verwendung von 380 V erhebliche Nachteile bietet. Als einziger Vorteil von 380 V wird die Möglichkeit bezeichnet, die unmittelbar zwischen Phase und Nulleiter angeschlossene Streckenbeleuchtung mit der vorgeschriebenen Spannung von 220 V zu betreiben. Bei 500 V sind hiezu besondere Lichttransformatoren oder Anzapfungen an den Hauptransformatoren erforderlich. Dieser Vorteil verliert jedoch an Bedeutung gegenüber der bei 500 V ganz wesentlich größeren Reichweite der verwendeten Kabel gleichen Querschnittes, die bekanntlich bei verhältnismäßig gleichem Spannungsabfall im

Digitized by Google

quadratischen Verhältnis der Spannung zunimmt. Bei den Nennspannungen 400 bezw. 525 V beträgt beispielsweise dieses Verhältnis 1 : 1·72. Der Verfasser stellt die Reichweiten der üblichen Kabelquerschnitte übersichtlich in Abhängigkeit von Entfernung und zu übertragender Leistung für 400 und 525 V getrennt in Form von Grenzwert-Kurvenscharen bei 5 vH Spannungsabfall dar, ergänzt sie durch Grenzbelastungskurven für die Höchstbelastungen bei Berücksichtigung der Erwärmung bei verschiedenen Leistungsfaktoren und Verlegung in Erde und der unter Tag häufigeren Verlegung in Luft. Aus diesen Schaulinienbildern können die erforderlichen Kabelquerschnitte leicht abgelesen werden, sowie die mit gegebenem Querschnitt übertragbaren Leistungen und Entfernungen. Aus den Grenzbelastungskurven sind die unabhängig von der Entfernung nur mit Rücksicht auf Erwärmung für Verlegung in Erde oder Luft und für Leistungsfaktoren zwischen $\cos\varphi = 0{\cdot}7$ bis 1·0 erforderlichen Mindestquerschnitte abzulesen. Der Vorteil von 500 V gegenüber 380 V geht aus den Beispielen deutlich hervor. Da mit zunehmender Leistung die Reichweite rasch abnimmt, muß eine höhere Übertragungsspannung „Hochspannung" verwendet werden. Hiefür kommen nach den Normen des VDE für Neuanlagen 6000 V in Frage; 2000 oder 3000 V sind wohl in älteren Anlagen sehr verbreitet, bieten jedoch keine besonderen Vorteile.

Für die Leistungsübertragung zu den Verbrauchern gibt es nun zwei Arten, und zwar: *A*) Übertragung bis zum Verbraucher mit Hochspannung und Herabsetzung an der Verbrauchsstelle mittels eines Einzel-Transformators auf Mittelspannung. *B*) Herabsetzung der Hochspannung auf Mittelspannung unmittelbar an den Hochspannungssammelschienen mit einem für mehrere Verbraucher gemeinsamen Transformator. Unter der Annahme, daß die Entnahme der Leistungen von 10 bis 50 kVA aus einem Haupttransformator von 100 kVA Gesamtleistung und der Leistungen von 75 bis 100 kVA aus einem 200 kVA Transformator bei $\cos\varphi = 0{\cdot}7$ erfolgen soll, daß weiter das Netz mit einem maximalen Spannungsabfall von 5vH betrieben wird, werden vom Verfasser mit Hilfe von Schaubildern — Reichweite in Abhängigkeit der gesamten Anlagekosten — folgende Grenzwerte für die Übertragungs-Entfernungen ermittelt, unterhalb deren eine Verteilung nach *B* (400, bezw. 525 V Anfangsspannung) wirtschaftlicher ist als der Fall *A* (Übertragung mit 6000 V).

Leistung bei $\cos\varphi = 0{\cdot}7$; max. Spannungsabfall 5 vH	Grenzentfernung in m bei Mittelspannung 525 V:	400 V:	Bemerkungen:
10 kVA	über 3000	2280	
20 „	1970	1640	Transformatorleistung 100 kVA
30 „	1600	1090	
50 „	1120	700	
75 „	850	610	Transformatorleistung 200 kVA.
100 „	790	530	

Bei Verwendung der angegebenen Werte ist zu beachten, daß die Kosten für die Unterbringung der Schaltgeräte und Transformatoren im Falle *B* wesentlich niedriger sind, als im Falle *A*. Die richtige Auswertung hat natürlich auch mit Berücksichtigung der Stromkosten und Transformatorenverluste zu erfolgen.

Fall *B* hat ferner den Vorteil, daß die erforderliche Transformatorleistung und dementsprechend auch die Betriebsbereitschaft niedriger gehalten werden kann, besonders wenn es sich um Verbraucher mit großen Belastungsschwankungen (Haspel usw.) handelt, weil sich die Belastungsspitzen praktisch genügend verteilen und sich eine mehr oder weniger gleichmäßige Mittelleistung ergibt, die natürlich wesentlich geringer ist, als die Summe der Leistungen der Einzeltransformatoren, von denen jeder für den vollen Anschlußwert bemessen sein muß.

Der Eigentümlichkeit des Grubenbetriebes, daß sich die Verbrauchspunkte immer mehr von dem Hauptspeisepunkt entfernen, wird zweckmäßig schon bei Planung der Anlage Rechnung getragen. Es läßt sich jedoch bei ausgedehnten Anlagen nicht vermeiden, daß die einzelnen Speisepunkte sowie auch die Hauptspeisepunkte nachgerückt werden müssen; dies tritt umso früher ein, je geringer die Reichweite der Kabel ist, so daß auch hierin ein wesentlicher Vorteil der Verwendung von 500 V als Mittelspannung gegenüber 380 V liegt. H. H.

(Elektrizität im Bergbau, 1. Jahrg., Heft 8, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Eine graphische Methode der Durchhangsberechnung teilt Sigurd Hagen, Drammen, mit. Unter der Voraussetzung, daß die Befestigungspunkte des Seiles unbeweglich sind und die Seilkurve durch eine Parabel ersetzt werden kann, ist der Krümmungshalbmesser im Scheitel der Kurve

$$R = p\,\frac{1000}{s},$$

worin R der Radius in m, p die Seilbeanspruchung in kg/mm² und s das spezifische Gewicht des Seiles in kg/dm³ ist. Die angegebene Konstruktion beruht auf der graphischen Ermittlung der „Überschußlängen", daß ist

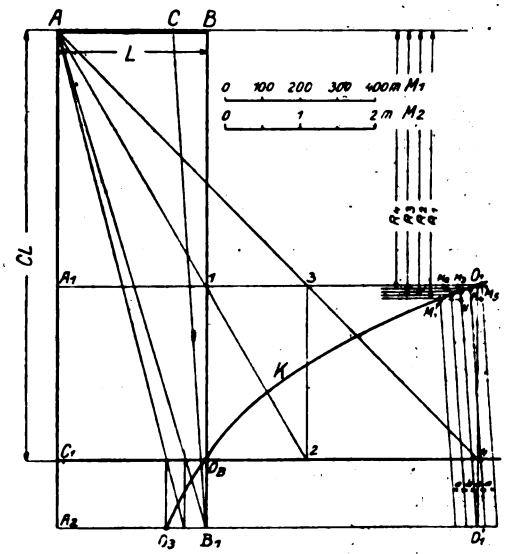


Abb. 8.

*M*₁: Maßstab für *L* und *R*, *M*₂: Maßstab für *O*.

Die Abbildung stellt folgendes Beispiel dar: $L = 400$ m, Kupferseil 70 mm² bei −5° C und Eislast 12 kg/mm²; $CL = \frac{5L}{\sqrt{3}}$; $R'_{max} = 1333$ m; $R''_{max} = 683$ m; a = Längenänderung bei 20° Temperaturunterschied; $\overline{CB} = 96$ m.

der Differenzen zwischen Bogenlänge und Spannweite. Diese Überschußlänge ist bekanntlich

$$O = \frac{1}{24}\,\frac{L^3}{R^2},$$

worin L die Spannweite in m bedeutet. Die Konstruktion geschieht folgend. Man bringt obige Formel auf die Form:

$$O = L\,\frac{(CL)^2}{R^2},$$

trägt in einem passenden Maßstab (Abb. 8) $\overline{AB} = L$ und $\overline{AC_1} = CL$ auf. Ist nun AA_1 der Wert von R dann gibt der Linienzug 1234 O_1 und Punkt O_1 und es ist

$$A_1 O_1 = L\,\frac{(CL)^2}{\overline{A\,A_1}^2} = O.$$

Es kann so für verschiedene R die Kurve K gezeichnet werden, deren Entfernung von AA_2 die jeweils vorhandene Überschußlänge ergibt. Diese Längen sind nun für Durchhang und Beanspruchung charakteristisch; ist ein Zustand durch den Punkt M_1 festgelegt, so können andere Zustände, die sich durch Temperaturänderungen ergeben, folgendermaßen ermittelt werden: Die Temperaturerhöhung vergrößert die Überschußlänge um das Maß $M_1 N$; ohne Berücksichtigung der elastischen Zusammenziehung ergäbe die Senkrechte in N im Schnittpunkt mit K den charakteristischen Punkt des neuen Zu-

Digitized by Google

standes, wird die Elastizität aber in Rechnung gestellt, so muß statt der Senkrechten die Schräge NM_3 gezogen werden, die zur Geraden B_1C parallel ist. Diese wird gefunden, indem $\overline{BB_1} = p\frac{1000}{s}$ und $\overline{BC} = -\frac{p}{E}L$ gemacht wird, wobei E der Elastizitätsmodul des Seiles in kg/mm² ist.

Um nun auch Änderungen des Seilgewichtes (Zusatzlast und dergleichen) darzustellen, ist es nur nötig, die Werte für R entsprechend umzurechnen. Sind g' und g'' die beiden Gewichte (mit und ohne Zusatzlast) bezogen auf die Längeneinheit und R' und R'' die zugehörigen Radien bei gleichem p, so ist $R' = R''\frac{g''}{g'}$

Es ergibt sich also eine zweite Überschußkurve für die geänderte Seilbelastung, von der aber im allgemeinen nur ein Punkt gebraucht wird, da die Rechnung mit Zusatzlast meist nur für einen Temperaturwert gefordert wird. Im vorliegenden Fall ist dies der Punkt O_1' in der Abbildung, der in folgender Weise gefunden wurde: R' für p_{max} und den nicht vereisten Leiter (g') ist AA_2, R'' für p_{max} und vereisten Leiter (g'') ist AA_1; in bekannter Weise wird die Überschußkurve des nicht vereisten Leiters O_2, OB, O_1 gezeichnet, deren dem Radius R' entsprechender Punkt O_1 auf A_2B_1 gelotet wird: $A_2O_1' = A_1O_1$. Nun gibt $O_1'M_3$ den Zustand bei einer bestimmten Temperatur, die Punkte M_1, M_2, M_4, M_5 bei anderen von ihr in gleichen Abständen liegenden Temperaturen. Die zahlenmäßigen Werte, die der Abbildung zugrundeliegen, sind der ihr beigegebenen Erklärung zu entnehmen.

Das Verfahren wird in jenen Fällen wertvoll, wo die Belastung über das Spannfeld ungleichförmig verteilt ist oder Einzellasten angreifen. In solchen Fällen wird die Rechnung meist sehr umfangreich werden, während die zeichnerische Methode immer noch ziemlich übersichtlich ist. A. Fr.

(ETZ, 47. Jahrg., Heft 37, 1926.)

Neuere Verfahren der Holzmastenkonservierung. A. Hugron, Materialprüfungsamt der französischen Post-, Telegraphen- und Telephon-Verwaltung, bringt eine Übersicht der verschiedenen, derzeit namentlich in Frankreich verwendeten oder in Erprobung befindlichen Konservierungsverfahren. Das wichtigste Imprägniermittel im Gebiete der französischen Verwaltung ist noch immer Kupfervitriol. Die Saftverdrängungsmethode von Dr. Boucherie[1]) stößt heute auf viele Schwierigkeiten, namentlich wegen der Beschaffung frisch gefällten Holzes. Mit dem Boucherieverfahren lassen sich alle Nadelhölzer gut imprägnieren, nur die Weymouthkiefer bleibt ausgeschlossen. Vor dem Weltkriege betrug die mittlere Lebensdauer der Boucheriestangen in Frankreich ungefähr 14 Jahre. Neuerer Zeit wird die Hauptmenge der Stangen im Kessel mit Kupfervitriol imprägniert. Die Tränkungskessel müssen gegen die Angriffe des Kupfersalzes geschützt werden. Die Tränkungslösung enthält 1 vH Kupfervitriol. Da sich Fichten, Tannen und Weymouthkiefer im Kessel nur mangelhaft durchtränken lassen, werden zur Kesseltränkung nur Kiefern und Lärchen zugelassen. Die bisher erzielten Ergebnisse mit solchen kesselgetränkten Stangen sind erheblich schlechter, die mittlere Lebensdauer scheint kleiner als zehn Jahre zu sein. Das kegelförmig zugeschnittene Zopfende der Stangen wird mit einem Anstrich von Ocker und Zinkweiß oder Teer versehen. Da die Stangen in manchen Gegenden am Fußende rasch faulen, imprägniert man das Fußende nachträglich mit Teeröl. Die lufttrockenen Hölzer werden auf 2 m vom Fußende mehrere Stunden lang in Teeröl von 90° C getaucht, wodurch bei Kiefern eine Ölaufnahme von 50 bis 60 kg/m³ erreicht wird. Die Mehrauslagen betragen 20 bis 22 vH der normalen Zubereitung. Der erzielte Schutz bewährt sich.

Zur Tränkung mit Quecksilbersublimat wird neuerer Zeit die tiefe Kyanisierung (Diakyanisation)[1]) verwendet. Beim feuchten Verfahren werden die Hölzer in Öfen gebracht, wo sie während mehrerer Stunden durchstreichendem Dampf ausgesetzt bleiben, dann bringt man sie noch heiß in die Tränkungströge. Die Sublimatlösung wird rasch aufgenommen. Die Tränkung ist in drei bis vier Tagen beendet. Die Eindringungstiefe ist wesentlich besser als beim gewöhnlichen Kyanisieren und beträgt 10 bis 40 mm. Beim trockenen Verfahren erhitzt man die Stangen auf 120 bis 130° C, um alle Feuchtigkeit zu entfernen, dann läßt man noch heiße Luft zirkulieren, wodurch sich starke, tief reichende Risse im Holze bilden. Die noch heißen Hölzer werden in die Tränkungströge gebracht und drei bis vier Tage darin belassen. Die Sublimatlösung wird bei beiden Verfahren im Verhältnisse 1 : 150 hergestellt. Die Tränkungsergebnisse sind recht gut. Kiefern werden bis zum Kern durchtränkt, Fichten und Tannen 20 bis 40 mm tief imprägniert. Der Kostenaufwand ist um etwa 25 vH größer als beim gewöhnlichen Kyanisieren.

Ein neues Verfahren der Teerölimprägnierung[2]), das die Elektromotokulturges. ausführt, hat Estrade angegeben. Die Stangen werden 24 Stunden lang auf 125° erhitzt, dann in Tränkungskessel mit heißem Teeröl gebracht und einem Drucke von 10 at ausgesetzt. Zum Schlusse wird etwas Öl durch Luftverdünnung abgesogen. Das Öl muß bei 15° C noch vollkommen flüssig sein und soll womöglich kein Naphthalin enthalten. Bei Kiefern wurden außerordentlich hohe Aufnahmen bis zu 600 kg/m³ erzielt, wodurch natürlich der Stangenpreis sehr erhöht wurde. Besser brauchbar scheint das Verfahren für Fichten und Tannen zu sein. Bei so starken Ölaufnahmen fließt ein Teil des Öles nach dem Einbau der Stangen wieder aus dem Holze, tränkt den umgebenden Erdboden und bildet so einen fäulnisabhaltenden Panzer um den Stamm. Beim Verfahren von Gilson bringt man die Hölzer während 40 Minuten in den Kessel mit heißem Teeröl von 95°, nach der Ölentleerung gibt man durch 40 Minuten Luftverdünnung, dann wird der Kessel neuerdings mit Öl von 95° gefüllt und mit 8 bis 10 at nachgedrückt. Ist genügend Öl aufgenommen, so werden die Kessel entleert, worauf man mit heißer Luft nachdrückt, bis der Splint ganz durchtränkt ist.

Auf die in neuerer Zeit verwendeten Imprägniermittel Aczol (ammoniakalische Kupfer- und Zinksalze mit Zusatz von Phenolen), Fluornatrium und Basilit[3]) wird hingewiesen. Beachtung verdient das Verfahren von Poulain, wobei das Fußende der Stangen im Kessel stärker mit Kreosotöl getränkt wird. Der Tränkungskessel ist um zwei starke Zapfen drehbar angeordnet, sodaß er auch in vertikale Stellung gebracht werden kann. Zuerst werden die Stämme in üblicher Weise unter Druck getränkt. Man läßt dann das Öl abfließen und von den Stangen abtropfen. Diese werden dann auf Imprägnierwägelchen so verladen, daß alle Stammenden nebeneinander liegen. Der geschlossene Kessel wird dann vertikal gestellt, sodaß die Fußenden unten liegen. Nachdem man während einer viertel Stunde Vakuum gegeben hat, läßt man Außenluft zuströmen, füllt den Kessel mit Kreosotöl bis zur gewünschten Höhe über dem Fußende der Stangen (1·5 bis 2·2 m) und drückt mit Luft nach. Zum Schlusse stellt man den Kessel horizontal und entleert ihn. Ebenso kann man Stangen behandeln, die vorher mit Kupfervitriol oder Sublimat getränkt worden waren. Durch diese Behandlung soll dem eingebauten Teil des Mastes etwa die gleiche Lebensdauer gegeben werden wie dem in freier Luft stehenden. Now.

(Techn. Mitt. d. schweiz. Telegr. u. Telephon-Verw., Jahrg. IV., Nr. 3, 4, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 61.

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 249.

[2]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 361; 1923, S. 581.

[3]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 178.

Digitized by Google

Literaturberichte.

3514 **Der Ein- und Mehrphasige Wechselstrom.** Einführung in das Studium der Transformatoren und Wechselstrommaschinen. Von Prof. Dr. R. Wotruba. 86 Seiten in 8°. Verlag R. Oldenbourg, München-Berlin, 1927. Geh. Mk. 4·—.

Die vorliegende Schrift ist offenbar als teilweise Ergänzung des bekannten Lehrbuches[1]) desselben Verfassers gedacht. In sechs Kapiteln werden die Grundgesetze der Wechselstromtechnik erläutert, wobei an den Leser keine höheren mathematischen Anforderungen gestellt werden, als die Kenntnis der einfachsten Regeln der Infinitesimalrechnung. Physikalische Analogien aus dem Gebiete der Mechanik werden zur Erklärung der Wechselstromerscheinungen in geschickter Art herangezogen, wodurch die Lektüre des Buches erleichtert wird. Weniger glücklich ist die Auswahl des Stoffes selbst. Während die Wirkungsweise des Wechselstrommotors, wie auch die Erzeugung des Wechselstromes kurz erklärt werden, vermißt man den im Untertitel genannten Transformator, über den nur im rein theoretischen Teil, bei der Erläuterung des Selbstinduktionskoeffizienten und des Kupplungsfaktors gesprochen wird. Die auf den Seiten 59 bis 62 gebrachte Abteilung übersteigt den Rahmen des Buches. Bei einer Neuauflage wären einige kleine Irrtümer richtig zu stellen; so zum Beispiel der sinnstörende Vorzeichenfehler in der Ableitung Seite 55. Von diesen kleinen Mängeln abgesehen, mag das Buch zur Einführung für technische Mittelschüler, besonders wegen der flüssigen Schreibweise, geeignet sein. Druck und Ausstattung sind gut. Ing. Franz Fritz.

3510 **Transformatoren.** Von Dipl. Ing. Fr. Sallinger, Professor an der Württembergischen Höheren Maschinenbauschule Eßlingen. Mit 66 Abb. im Text und 12 Tafeln. 114 Seiten. Sammlung Göschen, Bd. 952. Walter de Gruyter & Co., Berlin W. 10 und Leipzig. Preis in Leinen geb. Mk. 1·50.

Trotz des erstaunlich geringen Umfanges hat der Autor hier ein wirklich brauchbares Lehrbuch geschaffen, das der Studierende wegen der einfachen und durchaus klaren Ausdrucksweise gerne zur Hand nehmen wird; auch der Laie wird sich die Materie zu eigen machen können, da die Darstellungsweise nur eine geringe mathematische Vorbildung und die Kenntnis einiger physikalisch-elektrotechnischer Grundbegriffe voraussetzt. Hier wäre allerdings eben mit Rücksicht auf das Selbststudium eine gewissenhafte Redigierung mit Hinweisen, zum Beispiel in Fußnoten, auf entsprechende Stellen anderer Göschen-Bändchen am Platze gewesen, um dem Leser ein rasches Orientieren und Wiederholen dieser als bekannt angenommenen Sätze zu erleichtern. Andererseits dürften einzelne Kapitel, wie zum Beispiel das über die Berechnung der Streuinduktivitäten, wegen ihrer allzu gedrängten Form dem Nicht-Elektrotechniker Schwierigkeiten beim Studium bereiten, doch ist die Darstellung nirgends lückenhaft, so daß bei aufmerksamer Lektüre das Verständnis nicht mangeln wird. Nebst zahlreichen baulichen Ausführungsformen in bildhafter Wiedergabe bringt der Verfasser das Wesentlichste aus Konstruktion und Theorie des Transformators, die Ableitung der zur Berechnung erforderlichen Größen, sowie ein vollkommen ausgeführtes Berechnungsbeispiel. Schließlich hat auch Einiges aus dem Betrieb, Parallelarbeiten, Einschaltvorgang, Wirkung von Überspannungen und plötzlichen Kurzschlüssen, sowie deren Unschädlichmachung, Aufnahme gefunden.
St. Schwarz.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, TWN S. 366.

VORTRAG.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

Donnerstag, den 12. Mai 1927, um 1/2 7 Uhr abends, im Hörsaal III des Elektrotechnischen Institutes der Technischen Hochschule in Wien, IV., Gußhausstraße 25, Vortrag des Herrn Ing. Otto Herbatschek, Wien, über:

„Neuzeitliche Lichtreklame in Wien."

Wesen der Lichtreklame. Ihre Einteilung. Beschreibung einiger bemerkenswerter Wiener Anlagen. Weitere Entwicklungsmöglichkeiten. (Mit Lichtbildern.)

Die Mitglieder des EVW sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die neuen Zölle im Verkehr mit der Tschechoslowakei. Infolge des Abbruchs der Verhandlungen zwischen Österreich und der Tschechoslowakei sind auf beiden Seiten verschiedene, zum Teil sehr empfindliche Veränderungen des Zolltarifes in beiden Staaten eingetreten, von denen auch die elektrotechnische Branche betroffen ist. Im allgemeinen gilt der Grundsatz, daß bei allen denjenigen Positionen, die zwischen den beiden Ländern gebunden waren, an Stelle der Vertragszölle die autonomen Zölle in Kraft treten, andererseits genießt jeder der beiden Staaten das Meistbegünstigungsrecht, das heißt also, daß dort, wo mit irgend einem anderen Staate Vertragsbindungen bestehen, die günstiger sind, als die autonomen Zölle, diese Bindungen auch Österreich bezw. der Tschechoslowakei zugute kommen. In Tabelle I werden die Veränderungen für den Import in Österreich in den Pos. 448 und 453 behandelt. (Alle anderen Pos. der Tarifklasse XXXVII bleiben unverändert.) Zoll in Goldkronen pro 100 kg: *a*) bisheriger Zoll, *b*) nach Außerkrafttreten des Handelsvertrages. In Tabelle II sind die Veränderungen für die Einfuhr in die Tschechoslowakei, die also für unseren Export außerordentlich wichtig sind, behandelt; in č. Kronen pro 100 kg: *a*) autonome Sätze, *b*) auf Grund des Handelsvertrages, *c*) auf Grund anderer in Geltung stehender Verträge, *d*) im Vertrag mit der Schweiz (noch nicht in Geltung).[1])

Tabelle I.

	a)	*b)*
Pos. 448. Nicht besonders benannte elektrische Apparate und Vorrichtungen (Schalt- und Kontaktvorrichtungen, Anlasser usw.):		
2. Gummon, mit eingepreßten Metallbestandteilen	120	180 bis 250 kg 165 unter 250 kg
Pos. 453. Formteile aus Hartgummi, Glas, Porzellan usw. (nicht ausrüstet):		
a) aus Hartgummi	150	150
b) aus Porzellan im Stückgewichte:		
1. über 5000 g	frei	frei
2. von 5000 g bis 600 g	frei	25
3. unter 600 g	19	30
c) andere im Stückgewichte:		
1. von 600 g oder mehr	frei	frei
2. unter 600 g	19	25

Es ist unseren wirtschaftlichen Organisationen gelungen, Übergangsmaßnahmen bei unseren Behörden zu erwirken, um die Härten halbwegs zu mildern; darüber wurde auch in den Tageszeitungen bereits berichtet. Diese Einfuhrerleichterungen werden aber im Wesentlichen nur bis Ende Juni gelten, insbesondere müssen die im Vormerkverfahren angemeldeten Waren bis dahin entweder verzollt oder wieder ausgeführt sein. Der tariflose Zustand würde für unseren Export deshalb erst vom Juli an sich in voller Schärfe zeigen und es ist zu hoffen, daß bis dahin die geplanten neuen Verhandlungen zu einem Ergebnis geführt haben werden. Der Außenhandel Österreichs mit der Tschechoslowakei für elektrische Erzeugnisse ist recht beträchtlich. Die Einfuhr der Gruppe XXXVII betrug im Jahre 1924 4750 Doppelzentner, 1925 1207 dz, ohne Berücksichtigung der Isolations- und Montierungsbestandteile (Porzellan) in Höhe von 2741 dz i. J. 1924 bezw. 3865 dz i. J. 1925. Die Ausfuhr hingegen belief sich auf 12 036

[1]) Über die Bedeutung der einzelnen Positionen und Tarifklassen siehe Honigmann, Der neue österreichische Zolltarif, E. u. M. 1925, TWN, S. 77 ff.

Digitized by Google

bezw. 11 779 dz. Der Anteil Österreichs am tschechischen Außenhandel mit elektrischen Erzeugnissen ist sehr bedeutend, betrug doch sein Wert bei der Einfuhr von insgesamt 160 550 Mill. čK im Jahre 1925 52 676 Mill. čK, bei der Ausfuhr von 33 843 Mill. čK allerdings nur 3956 Mill. čK. Für unsere Elektroindustrie ist also die baldige Wiederherstellung normaler Beziehungen von größtem Werte. Hgn.

Tabelle II.

TNr.		a)	b[1])	c)	d)
539	Dynamomaschinen u. Elektromotoren (m. Ausnahme der Automobilmotoren) auch in untrennbarer Verbindung m. mechan. Vorrichtungen oder Apparaten; Transformatoren (rotierende oder ruhende Umformer); im Stückgewichte:				
	a) von 25 kg oder darunter				
	I) Elektro-Ventilatoren . . .	2160	1188	864 — I[3]).	864
	II) Elektr.-Motoren zu Ventilatoren	2160	1080	864 — I.	864
	III) Andere Elektromotoren u. Dynamomaschinen . .	2160	1080	1700 — I.	975
	IV) andere	2160	1188	1700 — I.	975
	b) von mehr als 25 kg bis 5 q:				
	I) Dynamomaschinen und Elektromotoren	1500	750	1200 — I. Fr.	700
	II) andere	1500	825	1200 — I. Fr.	700
	c) von mehr als 5 q bis 30 q	1290	708	1032 — I.	550
	d) „ „ „ 30 q „ 80 q	1080	594	648 — I.	486
	I) Für elektrische Lokomotiven				
	e) von mehr als 80 q . . .	720	396	432 — I.	360
540	I) Telegraphenapparate, elektrische Telephone und Mikrophone, (mit Ausnahme der Radiotelegraphen und Telephonapp.:				
	a) Im Stückgewichte von 5 kg oder darüber . . .	3000	2400		2100
	b) im Stückgewichte von unter 5 kg:				
	1) Telegraphenapparate, elektrische	6000	4200		3000
	2) andere	6000	3600[2])		3000
540	II) Meß- und Zählapparate, elektrische				
	a) Im Stückgewichte von 5 kg oder darüber . . .	3000	2400		1500
	b) im Stückgew. v. 1·5 b. 5 kg	6000	3900		2600
	c) „ „ „ 1·5 oder darunter	6000	3900		3300
	III) Läute-, Signal- u. Eisenbahnsicherungsapparate, elektr., Blitzschutzvorrichtung (exklusive Blitzableiter) im Stückgewicht von:				
	a) 5 kg oder darüber . . .	3000	2400		
	b) unter 5 kg	6000	4200		
	IV) Radiotelegraphen und Radiotelephonapparate, im Stückgewichte:				
	a) von 5 kg oder darüber .	3000			
	b) von unter 5 kg	6000			
543	Apparate, elektr. u. elektrotechn. Vorr. (Regulatoren, Widerstände, Anlasser) und dgl. n. b. b.[4])				
	I) Montierte Kohlenbürsten; elektr. Zündvorrichtung. f. Verbrennungsmotoren (auch für Automobil u. Flugzeugmotoren); elektr. Vorricht. zum Anlassen, Beleuchten und Signalisieren, für Motorfahrzeuge; Akkumulatoren				
	a) Im Stückgewichte von 10 kg oder darunter . .	3000	2160		1200
	b) im Stückgewichte von mehr als 10 kg bis 25 kg .	3000	1800		1200
	c) im Stückgewichte von mehr als 25 kg	3000	1440		1200
	II) Elektr. Koch- und Heizapparate, Trockenelemente	3000	1200		1200
	III) andere, im Stückgew. von				
	a) 10 kg oder darunter . .	3000	2160		1500
	b) 10 kg bis 25 kg	3000	1800		1500
	c) 25 kg bis 2 q	3000	1440		1350
	d) über 2 q	3000	1440		1200

[1]) Diese Sätze waren bisher im Verkehr mit Österreich in Geltung und sind derzeit aufgehoben.
[2]) nebst zugehörigen Blitzschutzvorrichtungen.
[3]) I = Italien, Fr = Frankreich.
[4]) Montierte Kohlenbürsten 1200 — Fr. Elektr. Zubehör für Automobile 1500 — Fr. I. Akkumulatoren 1800 — Fr.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	25. IV. 1927	27. IV. 1927	29. IV. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126³/₄	125¹/₄	125¹/₄

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	56¹/₂–57	55–56	55–56
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	120—125	115—125	115—125

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 29. April 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)		Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:							
Electrolytic		61	0	0	61	10	0
Wire bars		61	10	0	—	—	—
Standard	Kassa . .	54	11	3	54	12	6
	3 Monate .	55	1	3	55	2	6
Zinn:							
Engl. ingots		292	0	0	292	10	0
Standard	Kassa . .	294	0	0	294	5	0
	3 Monate .	287	10	0	287	12	6
Blei:							
Engl. pig common . .		27	0	0	—	—	—
Zink:							
Ordinary brands . .		29	2	6	29	5	0
Remelted		30	10	0	—	—	—
English Swansea . .		29	12	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Nominal.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut; sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 15. Mai 1927 | Heft 20

INHALT: Beitrag zur Ölschalterfrage. Von Ing. H. Kloninger, Baden (Schweiz). S. 397.
RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 406. Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 407. Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 408. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 410. / Baustoffe. S. 410.
PATENTBERICHT. S. 411.
LITERATURBERICHTE. S. 413.
CHRONIK. S. 414.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 415.

Beitrag zur Ölschalterfrage.

Von Ing. H. **Kloninger**, Baden (Schweiz)[1]).

Die Ölschalterfrage ist schon sehr oft behandelt worden. Es ist eine derartige Anzahl von Veröffentlichungen darüber erschienen, daß es recht schwer ist, etwas mitzuteilen, das nicht schon in irgendeiner Form berührt wurde. Wenn das Thema trotzdem hier nochmals behandelt werden soll, so ist der Grund darin zu suchen, daß gerade die große Anzahl von Veröffentlichungen eine klare Übersicht vermissen läßt. Die Vorgänge sind an und für sich sehr komplex, sodaß scheinbare Widersprüche entstehen, deren Aufklärung zweckmäßig ist. Außerdem haben besonders die in allerletzter Zeit vorgenommenen zahlreichen systematischen Versuche einen besseren Einblick in die Gesetzmäßigkeit dieser Vorgänge gegeben und die erwähnten scheinbaren Widersprüche zum Teil richtig zu stellen gestattet. Es wäre aber aussichtslos, im engen Rahmen dieser Veröffentlichung die Ölschalterfrage auch nur einigermaßen erschöpfend zu behandeln, deshalb sollen nur einzelne Punkte, welche entweder besonders interessant sind oder worüber die erwähnten Versuche besonders Klarheit geschaffen haben, herausgegriffen und hier besprochen werden.

I. Der Abschaltvorgang.

Zuerst soll der Abschaltvorgang behandelt werden. Es würde scheinen, als ob die logische Reihenfolge verlange, daß man dem Abschaltvorgang die Behandlung des Einschaltvorganges und auch des Einbaues des Ölschalters voranstellte. Der Abschaltvorgang beherrscht jedoch die Beanspruchung des Schalters und infolgedessen auch seine Konstruktion derart, daß man gewohnt ist, den Abschaltvorgang als den weitaus wichtigsten voranzustellen. Dieser Regel folgend wollen wir das Grundsätzliche und oft beschriebene an diesem Abschaltvorgang kurz streifen, um nachher umsomehr bei den weniger bekannten Einzelheiten zu verweilen.

Im wesentlichen besteht bei Ölschaltern für Wechselstrom, womit wir uns hier befassen wollen, der Abschaltvorgang darin, zwei oder mehr Kontakte soweit voneinander zu entfernen, bis der bei der Kontakttrennung entstehende Lichtbogen endgültig erlischt. Der Ausdruck „endgültig" ist notwendig, weil bei Wechselstrom der Lichtbogen bei Durchgang des Stromes durch 0, also zweimal in der Periode erlischt, um gleich wieder zu entstehen, wenn die Kontaktdistanz bzw. der Widerstand des Dielektrikums zwischen den Kontakten nicht inzwischen so sehr angewachsen ist, daß die an den Kontakten entstehende Spannung zum Durchschlagen der Strecke, also zum Wiederentstehenlassen des Lichtbogens nicht mehr ausreicht. Im vorliegenden Fall besteht das Dielektrikum nicht etwa aus Öl, wie man zunächst vermuten könnte, sondern aus Öldämpfen und mehr oder weniger gespaltenen und ionisierten Ölgasen.

Streng genommen bewirkt also die Bewegung der Kontakte eigentlich nicht das Löschen des Lichtbogens, sondern verhindert nur sein Wiederentstehen, nachdem er mehrere Male gelöscht und wieder gezündet hat. Da die Anzahl dieser Lösch- und Zündvorgänge derjenigen der seit der Trennung der Kontakte verstrichenen Halbperioden der Betriebsfrequenz entspricht, mißt man die Lichtbogendauer nach Halbperioden der Betriebsfrequenz.

P. Charpentier[2]) vergleicht den Ölschalter mit einem Ventil, das bei Durchgang des Stromes durch 0 geschlossen wird und somit ein Wiederfließen des Stromes verhindert.

Zunächst wollen wir sehen, welche Faktoren einen wesentlichen Einfluß auf die Lichtbogenlänge, das heißt, auf die Lichtbogendauer ausüben.

Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß die Spannung hauptsächlich in Betracht kommt. Auf den ersten Blick würde es scheinen, als ob die Lichtbogenlänge sich ungefähr in direktem Verhältnis zur Spannung am Ölschalter verändern

[1]) Auszug aus dem Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 26. Jänner 1927.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 489.

Digitized by Google

würde. Wir werden später jedoch sehen, daß weitere Faktoren dieses direkte Verhältnis verändern. Zunächst möchten wir bei dem Begriff „Spannung am Ölschalter" verweilen. Diese Spannung ist in Abb. 1 mit V_i (induzierte Spannung) angegeben. Diese ist nicht gleich der Betriebsspannung, sondern wird durch die vom Kurzschlußstrom verursachte Ankerrückwirkung stark beeinflußt. In ähnlicher Weise wirken gegebenenfalls verwendete Überstromschutzregler spannungsvermindernd. Diese Spannung wird auch die wiederkehrende Spannung genannt, da sie am Ende der letzten Halbperiode wiederkehrt und dann meßbar ist. Sie ist mit ein Maß für die Beanspruchung des Ölschalters.

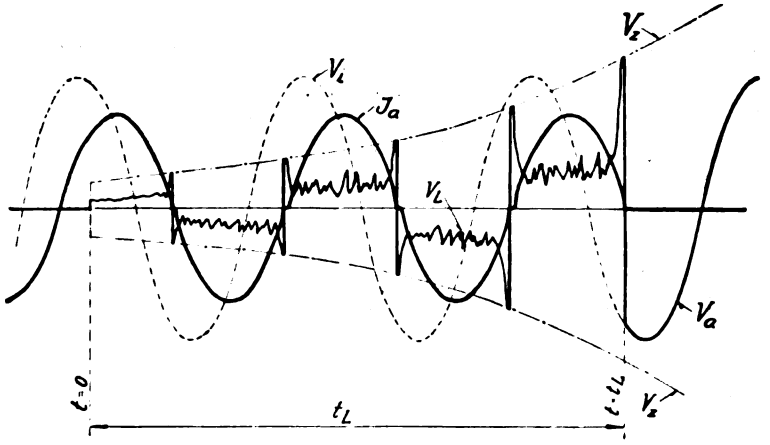


Abb. 1. Oszillogramm des Abschaltvorganges. V_i induzierte Spannung, V_L Lichtbogenspannung, J_a Kurzschlußstrom (Amplitude), V_a wiederkehrende Spannung (Amplitude), V_z Grenzlinien der Zündspannung (Amplitude), A_L Lichtbogendauer.

Neben der Spannung übt die Stromstärke einen wesentlichen Einfluß auf die Lichtbogenlänge aus. Das Interessante dabei ist, daß der Einfluß der Stromstärke nicht konstant ist. Sie wirkt zuerst verlängernd auf die Lichtbogenlänge. Dieser Einfluß erreicht jedoch bei einer gewissen Stromstärke einen Höchstwert und kann, je nach den Verhältnissen, sogar negativ werden, sodaß bei noch weiterer Zunahme des Stromes die Lichtbogenlänge je kV wiederkehrender Spannung wieder abnimmt. Der Scheitelpunkt der Kurve ist je nach der verwendeten Schaltertype und auch bei verschiedenen Betriebsspannungen veränderlich. Diese eigentümliche Formung der Kurve und somit das Negativwerden des Stromeinflusses lassen sich durch die magnetische Blaswirkung erklären.

Von ganz wesentlichem Einfluß auf die Lichtbogenlänge ist auch der Leistungsfaktor des Kurzschlußstromes. Es geht aus der Abb. 1 klar hervor, daß die Wahrscheinlichkeit für das Wiederzünden des Lichtbogens am Schluß der Halbperiode größer ist, wenn das Spannungsmaximum gleich auf den Durchgang des Stromes durch 0 folgt, das heißt, wenn der Strom nahezu um 90° gegen die Spannung verschoben ist. Das endgültige Löschen wird bedeutend begünstigt, wenn der Durchgang der Spannungslinie durch 0 gleichzeitig mit dem Nullwerden der Stromlinie stattfindet. Dieser Einfluß des Leistungsfaktors auf die Lichtbogenlänge ist sehr bedeutend, worauf bereits B. Bauer[3]) hingewiesen hat. Auch nach neuen Messungen von F. Kesselring zum Beispiel kann bei gleichen Werten der Spannung und des Stromes die Lichtbogenlänge allein durch den Einfluß des Leistungsfaktors im Verhältnis von einer Halbperiode zu sechs Halbperioden wechseln. Deswegen sagen Angaben über Strom und Spannung wenig über die eigentliche Schalterbeanspruchung aus, wenn nicht gleichzeitig auch der Leistungsfaktor festgestellt worden ist.

Ein weiterer Faktor, der oft nicht berücksichtigt wird, ist der Einfluß der Netzverhältnisse, das heißt, der dem Kurzschlußstromkreis parallel geschalteten Belastungsstromkreise. Die Kapazität dieser Netzteile hat einen ganz wesentlichen Einfluß auf die Steilheit der Zündspannungsspitze und somit auf die Möglichkeit einer Wiederzündung.

Nachdem wir nun die wesentlichen Faktoren berücksichtigt haben, welche dem Betrieb eigen sind und bevor wir auf diejenigen Faktoren übergehen, welche von der Schalterkonstruktion abhängen, wollen wir noch die Wirkung des Lichtbogens rasch überblicken.

Wir können uns, um bei der bisherigen allgemeinen Auffassung zu bleiben, den Lichtbogen hauptsächlich als Wärmequelle vorstellen, mit sehr hoher Temperatur und umgeben von einer Öldampf- und Ölgasblase, deren Temperatur gegen das Öl zu abnimmt, bis an der Grenze zwischen Gas und Öl die Ölverdampfungstemperatur erreicht wird. Die Blase besteht zum Teil aus Öldampf, zum Teil aber auch aus gespaltenen mehr oder

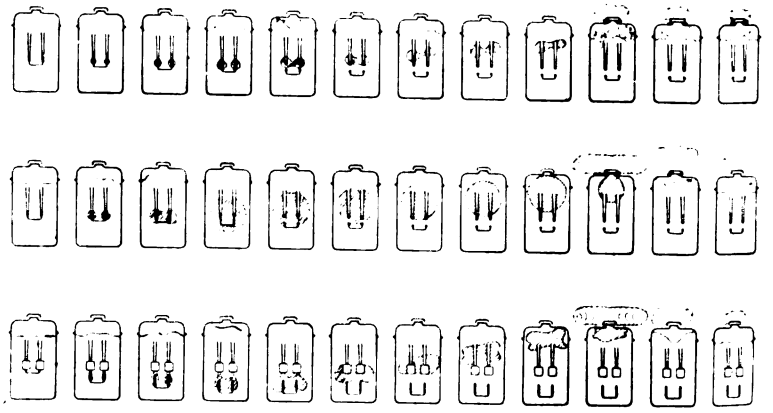


Abb. 2. Verlauf des Abschaltvorganges und der Gasblasenbildung. Erste Reihe: Abschaltung bei kleiner Kurzschlußleistung. Zweite Reihe: Abschaltung bei größerer Kurzschlußleistung. Dritte Reihe: Abschaltung mit einem Löschkammerschalter.

[3]) Vgl. E. u. M. 1917, S. 535.

Digitized by Google

weniger ionisierten Ölgasen, wobei neben Wasserstoff auch Ruß und Kohlenhydrate ausgeschieden werden. Die Entstehungsgeschwindigkeit dieser Glasblase ist so groß, daß explosionsartige Druckwellen sich durch das Öl fortpflanzen und die Schalterwände dynamisch beanspruchen. Das Öl wird auch kolbenartig gegen den Deckel geschleudert (Ölkolben-Theorie nach G. Brühlmann)[4]) und beansprucht ihn ebenfalls dynamisch. Gleichzeitig wird Kontaktmetall verdampft. Diese Metalldämpfe erhöhen die Leitfähigkeit der Gasstrecke zwischen den Kontakten.

Die Wärmebilanz dieses Abschaltvorganges ist schon mehrmals vorgenommen worden und zeigt, daß weitaus der größte Teil der entwickelten Energie in Form von stark erhitzten und gespaltenen Ölgasen aus dem Ölschalter entweicht, sodaß der kleinste Teil in Form von mechanischer Arbeit, wozu hauptsächlich die elastischen oder bleibenden Deformationen der Kesselwände zu rechnen wären, aufgewendet wird.

Die Abb. 2 zeigt ähnlich wie eine kinematographische Aufnahme die Entwicklung der Gasblase und die Bewegung des Öles im Schalter. Die obere Bilderreihe zeigt den Vorgang, wenn der Ölschalter sehr wenig beansprucht wird, das heißt, wenn die entwickelte Gasmenge kleiner ist, als die ursprünglich über dem Öl vorhandene Luftmenge (Luftkissen). Wie oben gesagt, bewirken die explosionsartigen Druckwellen ein Emporschleudern der Öloberfläche gegen den Deckel. Die Gasblasen, welche sich inzwischen vielleicht zu einer einzigen Blase zusammengeschlossen haben, steigen allmählich auf, durchbrechen die Oberfläche und entweichen nach außen. Es kann deshalb bei dieser geringen Gasentwicklung eine Vermengung der Ölgase über dem Öl mit der Luft des Luftkissens stattfinden. Es ist bekannt, daß diese Ölgas- und Luftgemische bei einem gewissen Mischungsverhältnis zündbar sind und explosionsartige Wirkungen nach sich ziehen können. Wir werden später auf diese Angelegenheit noch zurückkommen und zeigen, warum im vorliegenden Falle eine solche Gefahr nicht besteht. Wir wollen jedoch zuerst den Vorgang betrachten, wenn eine schwere Abschaltung, zum Beispiel in der Größenordnung der Leistungsfähigkeit des Ölschalters stattfindet (siehe zweite Bilderreihe der Abb. 2). Die obenerwähnten dynamischen Beanspruchungen sind in gleicher Weise, jedoch noch stärker vorhanden. Dagegen ist die entwickelte Gasmenge so groß, daß die über dem Öl befindliche Luftmenge zusammengepreßt und aus den Auspufföffnungen heftig herausgedrückt wird. Das Öl wird nicht nur, wie beim ersten Beispiel, gegen den Deckel geschleudert, sondern bleibt infolge des entwickelten statischen Überdrucks gegen den Deckel gepreßt und wird, nachdem die Luft entwichen ist, selbst teilweise aus den Auspufföffnungen herausgedrückt, und zwar solange, bis die Gasblase hochgestiegen ist und nun aus den Deckelöffnungen auspuffen kann. Der entwickelte statische Überdruck läßt sich nach dem Mariotteschen Gesetz leicht berechnen und ist auch verschiedentlich gemessen worden. Dieser Überdruck beträgt bei Abschaltungen in der Größenordnung der Schaltergrenzleistung je nach Konstruktion 1 bis 12 at und mehr. Man sieht nun, daß bei diesem zweiten Beispiel eine Vermengung der Gase und des Luftkissens im Schalter nicht stattfinden kann, sofern eine genügende Ölhöhe über den Kontakten vorhanden ist. Die Luft wird durch den Ölkolben zuerst herausgedrückt, bevor die Gase über das Öl und zu den Auspufföffnungen gelangen können.

Wir kommen nun auf das erste Beispiel wieder zurück, das heißt, zu dem Fall, wo die entwickelte Gasmenge kleiner war, als das oberhalb des Öles befindliche Luftkissen. Wir haben schon gesehen, daß eine Vermengung von Ölgasen und Luft dann im Schalter selbst stattfinden kann. Solche Ölgas- und Luftmischungen haben bei nachträglicher Entzündung, wie es scheint, schon zu Störungen geführt. Die einfache Überlegung wird jedoch zeigen, daß dies nur bei unzweckmäßiger Konstruktion des Schalters möglich ist, denn wenn, wie im vorliegenden Falle, die Gasmenge kleiner als die Luftmenge ist, so kann eine Vorkompression der Mischung nicht entstehen, sodaß auch bei einer im übrigen sehr unwahrscheinlichen Zündung, der sich entwickelnde Druck in der Größenordnung von höchstens 5 bis 6 at sein wird, was ein zweckmäßig gebauter Schalter unter allen Umständen aushalten soll. Erst bei schwereren Abschaltungen kann eine Vorkompression entstehen. In diesem Falle bleiben aber Luft und Gase im Schalter durch die gehobene Ölschicht (Ölkolben) getrennt. Dies bedingt allerdings eine zweckmäßige Anordnung des Luftkissens und der Auspufföffnungen und eine genügende Ölhöhe über den Kontakten. Für die Größe der Ölhöhe und der Auspufföffnungen besteht natürlich ein Optimum, das weder unterschritten noch überschritten werden darf. Es ist zum Beispiel klar, daß, wenn die Ölhöhe unnötig groß gewählt wird, bedeutend mehr Öl aus dem Schalter entweichen muß, bevor die Gase auspuffen können. Das gleiche trifft zu in bezug auf die Auspufföffnungen.

2. Die Beeinflussung der Abschaltleistung durch die Kontaktanordnung, die Traversegeschwindigkeit, das Luftkissen und die Kesselfestigkeit.

Nachdem wir vorhin diejenigen Betriebsfaktoren berücksichtigt haben, welche die Lichtbogendauer beeinflussen, wollen wir diejenigen Schaltereigenschaften betrachten, die auf die Lichtbogendauer und infolgedessen auf die Abschaltleistung des Schalters einen Einfluß ausüben. Zuerst wollen wir die Kontaktanordnung betrachten. Es würde zu weit führen, die verschiedenen Kontaktarten hier alle zu behandeln. Sowohl die Erfahrung, wie auch die Versuche von Bauer haben gezeigt, daß die Kontakte eine angemessene Kupfermasse in nächster Nähe des Lichtbogenflecks aufweisen, damit die auf der Kontaktoberfläche entwickelte Wärme soviel wie irgendmöglich im Kontakt auf-

[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 705.

Digitized by Google

genommen wird. Auf diese Weise wird die Metallverdampfung klein gehalten und die Leitfähigkeit der Gasstrecke vermindert.

Eine heute kaum mehr bestrittene Tatsache ist die, daß die Vielfachunterbrechung, das heißt, die Verwendung von mehr als zwei Kontaktpaaren, auf die Abschaltleistung des Ölschalters günstig einwirkt. Abb. 3 zeigt einen solchen Schalter mit Vielfachunterbrechung (Spezialausführung mit Widerstand für Transformatorenschutz) und Abb. 4*a*, *b*, *c* den Einfluß der Vielfachunterbrechung auf die Abschaltleistung bei Abschaltung von 500 A, 1400 V, induktive Belastung. In Abb. 4*a* ist die Ordinate 0·01 sec. Lichtbogendauer, in Abb. 4*b* gibt die Ordinate die Schalterarbeit in kWs pro Abschaltung, in Abb. 4*c* ist die Ordinate cm^3 Gas pro Abschaltung. In allen drei Fällen stellen die

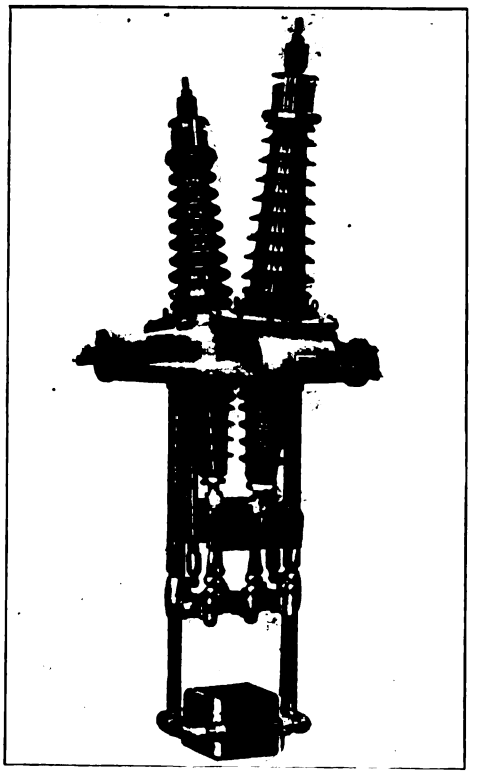


Abb. 3. Einpolige Ölschalter mit Vielfachunterbrechung[5]).

Abszissen die Anzahl der Unterbrechungsstellen dar. Diese günstige Wirkung der Vielfachunterbrechung ist leicht verständlich, denn bei gleicher Geschwindigkeit des Kontaktträgers (der Traverse) wird der gesamte Kontaktweg umso größer sein, je mehr Kontaktpaare in Serie geschaltet sind, sodaß der Widerstand des gesamten Lichtbogenwegs rascher zunimmt, wodurch der Lichtbogen eher am Wiederzünden verhindert wird. Diese Überlegenheit der Vielfachunterbrechung wird heute auch von Fachleuten anerkannt, die sie noch bis vor kurzem bestritten haben. Nach den vor zwei Jahren bei der American Gas & Electric Co. mit Schaltern mit Vielfachunterbrechung erzielten Ergebnissen, die sowohl in bezug auf Abschaltleistung, wie auf Erschwerung der Aufgabe die besten bis heute veröffentlichten sind, hat sich zum Beispiel eine große amerikanische Firma, welche sich bis dahin der Vielfachunterbrechung gegenüber ablehnend verhielt, dazu entschlossen, auch ihre Schalter mit Vielfachunterbrechung zu bauen.

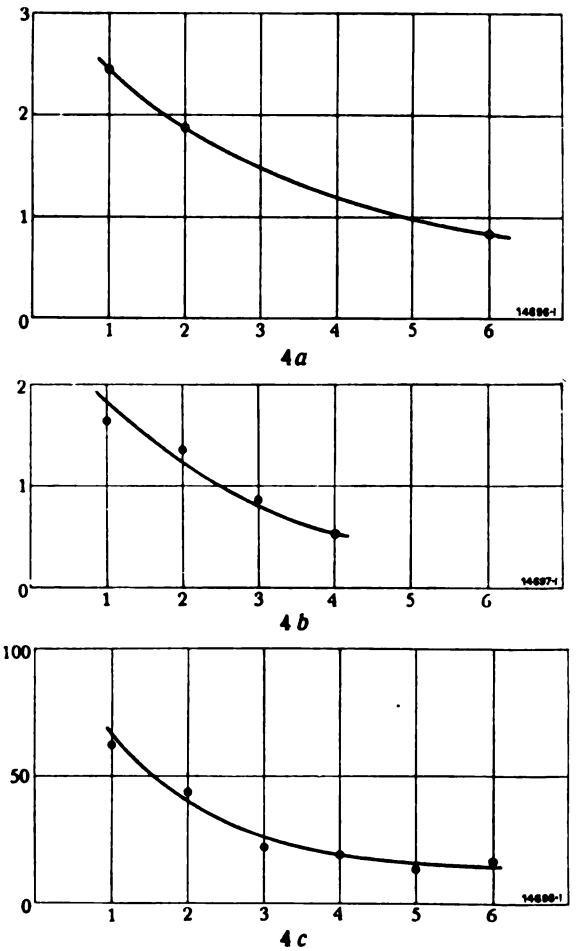


Abb. 4. Einfluß der Vielfachunterbrechung auf Lichtbogendauer. Schalterarbeit und Gasmengen.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß heute alle Konstrukteure scheinbar darin einig sind, die Kontaktbewegung nach unten und nicht nach oben vorzunehmen. Dies ist schon aus dem Grunde das Richtige, weil die Gasblase das Bestreben hat, sich hauptsächlich nach oben zu entwickeln, und zwar weniger wegen der Gravitationskraft, als weil die dynamischen Druckwellen infolge der beschränkten Nachgiebigkeit des Kesselbodens das Öl hauptsächlich nach oben befördern. Bewegen sich die Kontakte nach oben, so werden sie ständig in der Gasblase gehalten, womit die Abkühlungsmöglichkeit infolge der größeren Entfernung bis zur Ölverdampfungslinie weniger günstig ist, als bei einer Bewegung nach unten, wobei die unteren Kontakte und somit auch der untere Teil des Lichtbogens viel näher an die Ölverdampfungslinie gebracht werden.

Es ist einleuchtend, daß die Traversegeschwindigkeit einen Einfluß auf die Lichtbogendauer ausüben muß, denn der für die Abschaltung benötigte

[5]) Die Abbildung zeigt eine Spezialausführung mit Widerstand für Transformatorenschutz.

Digitized by Google

Lichtbogenweg wird rascher durchmessen, wenn die Traverse eine hohe Geschwindigkeit aufweist. Man hat verschiedentlich von einer kritischen Geschwindigkeit gesprochen und die Vermutung geäußert, daß die Erhöhung der Geschwindigkeit darüber hinaus keine Beschleunigung der Abschaltung herbeiführen kann. Dies hat man besonders mit Kavitationserscheinungen begründen wollen. Die Überlegung sowie die Versuche zeigen jedoch, daß diese kritische Geschwindigkeit in Ölschaltern praktisch nicht erreicht werden kann. Es zeigt sich aber, daß es für die Konstruktion verhältnismäßig rasch eine kritische Kontaktgeschwindigkeit gibt, deren Überschreitung keine Vorteile mehr bringt. Diese wird erreicht, sobald die Verwendung der Vielfachunterbrechung eine gegenüber der Erhöhung der Traversegeschwindigkeit konstruktiv überlegene Lösung darstellt.

Das Luftkissen hat zwei verschiedene Aufgaben, und zwar zuerst diejenige, den statischen Überdruck innerhalb zulässiger Grenzen zu halten und zweitens die dynamischen Schläge des Ölkolbens gegen den Deckel teilweise aufzufangen und somit den Deckel zu schonen. Wir haben vorhin gesehen, daß nach dem Mariotteschen Gesetz der Überdruck dem Verhältnis zwischen entwickelter Gasmenge und vorhandenem Luftkissen entspricht. Wird das Luftkissen zu klein gewählt, so kann ein Überdruck entstehen, welchem der Schalter nicht gewachsen ist. Es ist deshalb ein Unsinn, luftkissenlose Ölschalter für nennenswerte Abschaltleistungen bauen zu wollen. Mit Rücksicht auf den Schutz gegen übermäßigen Überdruck wäre es nicht sehr wichtig, wie das Luftkissen angeordnet wird. In bezug auf die zweite Aufgabe, nämlich das Dämpfen der dynamischen Schläge gegen den Deckel ist es jedoch unerläßlich, daß die Anordnung des Luftkissens genau überlegt und zweckmäßig vorgenommen wird, da es sonst nahezu nutzlos wird. Auch hier zeigt sich wieder ein Optimum, das weder unterschritten noch überschritten werden soll, da eine unnötige Vergrößerung des Luftkissens die Möglichkeit schafft, daß auch bei schweren Abschaltungen die heiße und dann gefährliche Gasblase die Oberfläche des Öles durchbricht, bevor die Luft zum größten Teil herausgedrückt wurde. Dies könnte, wie schon früher erwähnt, die Möglichkeit zu einer Explosion im Schalter schaffen.

Der Einfluß der Festigkeit des Ölkessels auf die Abschaltleistung des Schalters wird nun klar. Nicht nur muß der Schalter die dynamischen Druckwellen aushalten, und zwar ohne Bruch des starren Deckels und ohne Überbeanspruchung der mehr oder weniger elastischen Kesselwände, sondern der ganze Schalter muß auch dem statischen Überdruck gewachsen sein. Je höher die Festigkeit des Schalters in bezug auf den statischen Überdruck sein wird, desto größer wird die zulässige Gasmenge und desto größer wird somit auch die Schalterleistung. Sogenannte Hochleistungs-Ölschalter werden zum Beispiel für einen statischen Überdruck von etwa 12 at bei der höchsten Beanspruchung des Schalters gebaut. Dabei ist nicht der Festigkeit des Kessels selbst, sondern noch vielmehr derjenigen der Befestigung von Kessel und Deckel Aufmerksamkeit zu schenken, da sonst ungünstige Biegungsbeanspruchungen des Deckels und sein Bruch herbeigeführt werden können.

Im Zusammenhang mit der Abschaltleistung ist zu erwähnen, daß diese durch Verwendung von Schalterschutzwiderständen (Abb. 5) ganz wesentlich erhöht werden kann. Die Schalterschutzwiderstände sind verhältnismäßig niederohmige Widerstände, während hochohmige zur Dämpfung der Einschaltüberspannungen zum Beispiel in Zusammenhang mit Transformatoren verwendet werden. Sie überbrücken nicht den ganzen Schalter, sondern werden bei Ölschaltern mit Vielfachunterbrechung parallel mit der Hälfte der Unterbrechungsstellen geschaltet. Ihr Haupteinfluß liegt in der Verbesserung des Leistungsfaktors des Lichtbogenstromes, wodurch, wie wir vorhin gesehen haben, die Abschaltung ganz wesentlich begünstigt wird. Da diese Widerstände im allgemeinen außerhalb des Schalters angebracht werden, können sie in keiner Weise die Betriebssicherheit des Schalters selbst vermindern. Immerhin erscheint es zweckmäßiger, solche Schalter zu wählen, die an und für sich ohne Schalterschutzwiderstände eine genügende Abschaltleistung aufweisen. Die Verwendung dieser Widerstände bleibt als wertvolles Mittel zur Vergrößerung der Abschaltleistung von Ölschaltern zum Beispiel dort, wo die Platzverhältnisse das Einbauen größerer Schalter nicht gestatten.

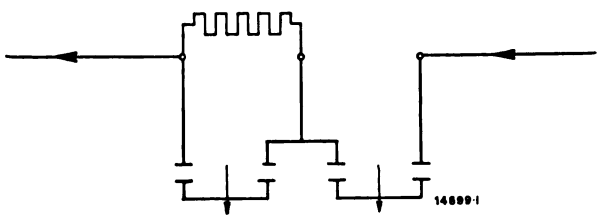


Abb. 5. Schaltung des Widerstandes für Schalterschutz.

3. Die Forderung nach mehrmaliger Abschaltbereitschaft.

Diese Forderung scheint bei oberflächlicher Prüfung eine Selbstverständlichkeit zu sein, denn der Betrieb verlangt, daß nach einer Abschaltung der Ölschalter baldmöglichst wieder geschlossen werden kann. Die schwere Beanspruchung des Schalters bei der Abschaltung und wie wir später sehen werden, bei der Einschaltung auf Kurzschluß, hat es jedoch mit sich gebracht, daß notgedrungen diese Forderung oft fallen gelassen werden mußte und daß man sich damit begnügte, wenn der Schalter ohne Zerstörung den Kurzschluß einmal abschaltete, wonach eine gründliche Revision und eine Instandstellung der Kontakte als unerläßlich für die Betriebssicherheit betrachtet wurden. Dies war wohl dort der Fall, wo in Netzen mit verhältnismäßig niedriger Spannung sehr hohe Abschaltstromstärken bewältigt werden mußten.

Zuerst haben sich die amerikanischen Betriebsingenieure gegen diesen Zustand gewehrt und die

Digitized by Google

Forderung aufgestellt, daß es möglich sein soll, kurz hintereinander und ohne Revision der Kontakte mindestens drei Abschaltungen und zwei Wiedereinschaltungen auf Kurzschluß bei voller Betriebssicherheit des Schalters vornehmen zu können. Wenn man bedenkt, daß besonders bei Überlandnetzen vorübergehende Störungen die Abschaltung einer wichtigen Leitung herbeiführen können, so wird man begreifen, daß sich der Schalttafelwärter sofort durch Wiedereinschalten überzeugen muß, ob die Störungsursache inzwischen verschwunden ist. Diese Forderung erscheint deshalb vollständig berechtigt und wurde dann auch vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein in seine neuen Richtlinien aufgenommen. Die schon erwähnten Versuche bei der American Gas & Electric Co. haben zum erstenmal diese Forderung bei großen Abschaltleistungen (725 000 kVA) völlig erfüllt. Dabei sind nicht weniger als elf kurz aufeinanderfolgende Aus- und Wiedereinschaltungen auf den Kurzschluß vorgenommen worden, ohne daß der Schalter seine Abschaltfähigkeit eingebüßt hätte. Dies wird von vielen Fachleuten als ein deutlicher Beweis der Überlegenheit der Vielfachunterbrechung mit gewöhnlichen Kugelkontakten ohne Schnappeinrichtung und Löschkammern betrachtet. Es scheint, daß in bezug auf wiederholtes Aus- und Einschalten Apparate mit komplizierten Kontakten und besonders solche, deren Kontaktmasse ungenügend ist, ungleichmäßige Resultate ergeben. Es sind tatsächlich im Laufe des letzten Jahres zum Beispiel in Amerika mehrfach Explosionen von Ölschaltern vorgekommen, die bei der ersten Abschaltung einwandfrei gearbeitet hatten, aber bei der zweiten oder bei der dritten Abschaltung versagt haben. Die Erklärung ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß gewisse Kontaktformen, die für die erste Abschaltung sehr günstig sind, gegen die wiederholten Verbrennungen und Deformationen, die sich bei einer solchen schweren Arbeit unvermeidlich einfinden, nicht die gleiche Widerstandsfähigkeit aufweisen, wie gewöhnliche Klotz- oder Kugelkontakte. Es scheint, daß in dieser Beziehung die höchste Betriebssicherheit mit solchen Kontakten erreicht wird, deren Druckfläche möglichst senkrecht zur Kontaktachse steht, sodaß auch bei beschädigter Oberfläche der Kontakt einzig und allein auf Druck erfolgt. Kontakte dagegen, bei denen ein Aufeinandergleiten der Kontaktflächen notwendig ist, neigen bei beschädigter Oberfläche naturgemäß eher zu Störungen.

Es sei noch erwähnt, daß, wenn die mehrmalige Betriebsbereitschaft des Schalters gewährleistet werden soll, die Konstruktion so getroffen werden muß, daß die bei der Abschaltung entwickelten Gase möglichst ungehindert entweichen und die entwickelte Wärmemenge mit abführen können. Das lange Zurückhalten der Gase in nächster Nähe der Kontakte ist besonders gefährlich, weil bei der nächsten Abschaltung das Wärmeaufnahmevermögen der Kontakte und infolgedessen die Abschaltfähigkeit vermindert werden.

4. Der Einschaltvorgang und die Kontaktabhebung.

Wird der Ölschalter auf einen bestehenden Kurzschluß eingeschaltet, so zeigt sich die sehr interessante und oft außerordentlich gefährliche Erscheinung der Kontaktabhebung, wenn der Anfangskurzschlußstrom mehr als etwa 6000 A

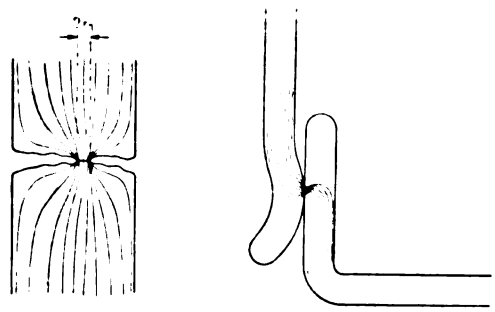


Abb. 6. Konzentration der Stromlinien an angebrannten Klotz- und Schleifkontakten. $2rl$ = Durchmesser der Kontaktstelle.

beträgt. Diese Kontaktabhebung ist nicht eine erst in der letzten Zeit wahrgenommene Erscheinung. Die technische Literatur hat schon von Zeit zu Zeit darauf hingewiesen, und zwar besonders in England, wo man von jeher mit verhältnismäßig niedriger Spannung und hoher Stromstärke gearbeitet hat.

Wenn die Kontaktabhebung erst in letzter Zeit die heutige Bedeutung erreichte, so ist dies darauf zurückzuführen, daß durch die Erhöhung der Leistung der parallelarbeitenden Maschinen die für die Kontaktabhebung gefährliche Momentankurz-

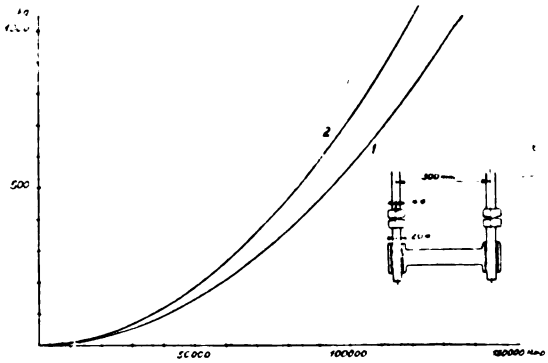


Abb. 7. Größe der durch Schleifenwirkung und Stromkonzentration entwickelten Abhebekräfte in Abhängigkeit von der Amplitude des Momentankurzschlußstromes.

schlußstärke in einer stets zunehmenden Anzahl von Werken erreicht wird. Andererseits wird nun besonders bei Anlagen mit Freileitungen von dem Ölschalter verlangt, daß er ohne weiteres auf den Kurzschluß eingeschaltet werden kann. Dies war früher nicht der Fall, und es fehlte deshalb in den meisten Anlagen die Möglichkeit, die Kontaktabhebung zu beobachten. Es kommt noch hinzu, daß diese Kontaktabhebung bei gleichem Schalter und bei scheinbar gleichen Betriebsbedingungen nicht regelmäßig auftritt. Erst eingehende Versuche haben ermöglicht, einwandfrei festzustellen, wie die Kontaktabhebung entsteht und wie sie behoben werden kann.

Digitized by Google

Die Erscheinung selbst läßt sich an Hand der Abb. 6 leicht erklären. Sie wird verursacht durch die Stromkonzentration auf eine kleine Kontaktfläche. Die magnetische Feldstärke in der Umgebung der Kontaktstelle wird dann sehr groß und übt auf die beiden Kontakte eine Abstoßungskraft aus, welche das Bestreben hat, die beiden Kontakte wieder zu trennen und einen Lichtbogen aufrecht zu erhalten. Dieser Lichtbogen hat mehrere Nachteile. Nicht nur, daß im Ölschalter eine große Wärmemenge mit entsprechender Gasbildung entwickelt wird, wodurch der Schalter schon vor dem eigentlichen Abschaltvorgang beansprucht

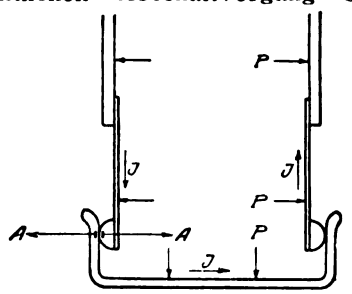


Abb. 8. Anordnung der Stromzuführungen zur Verminderung der Abhebekräfte.

wird, sondern es werden die Kontakte selbst auf eine solch hohe Temperatur gebracht, daß die Kontaktflächen schmelzen und zusammenschweißen. Das Zusammenschweißen der Abbrennkontakte wiederum kann zur Explosion des Ölschalters führen, sei es, daß die Kontakte zum Beispiel nur

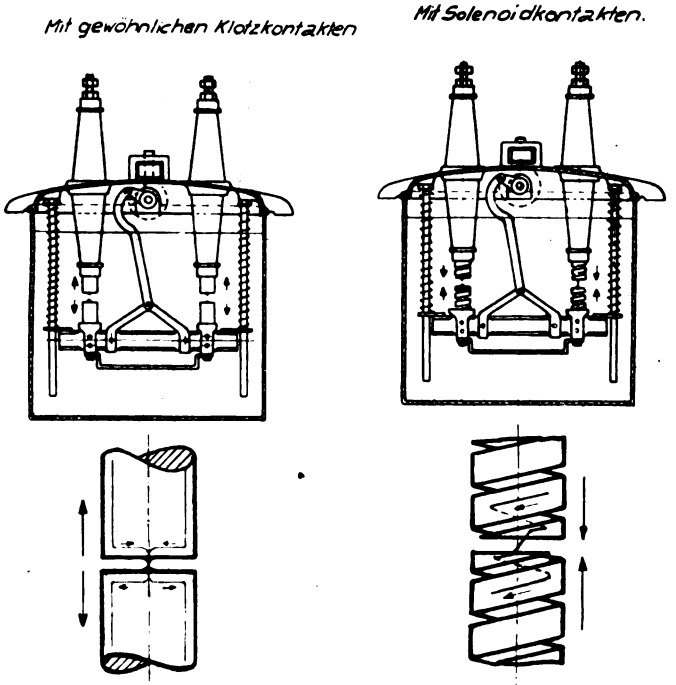


Abb. 9. Einfluß von gewöhnlichen Klotzkontakten und von Solenoidkontakten.

an einigen Unterbrechungsstellen zusammengeschweißt werden, wodurch an den anderen bei der Abschaltung Stehlichtbogen entstehen; sei es, daß die Abbrennkontakte überhaupt vollständig zusammenschweißen, wodurch die Kurzschlußstromstärke dauernd über die Abbrennkontakte geführt wird, was bei dem für eine Dauerbelastung ungenügenden Querschnitt zum Schmelzen der Abbrennkontakte und zur Explosion des Schalters führen kann.

Man hat längere Zeit geglaubt, daß der Hauptgrund zur Kontaktabhebung in der schleifenförmigen Anordnung der beiden Unterbrechungsstellen mit der Verbindungstraverse liege. Genaue Messungen haben jedoch ergeben, daß der größere Teil der Abhebungskräfte nicht in dieser Schleife, sondern an den Kontakten selbst zu finden ist. Abb. 7 zeigt zum Beispiel auf Kurve 1 die Kraft, die auf die Traverse im Sinne der Kontaktabhebung ausgeübt wird, die Kurve 2 die Abhebekraft für ein Kontaktpaar. Es zeigt sich, daß nahezu Dreiviertel der Abhebekraft auf die Kontakte selbst und nur wenig mehr als ein Viertel auf die Traverse ausgeübt wird. Aus diesem Grunde hat sich auch

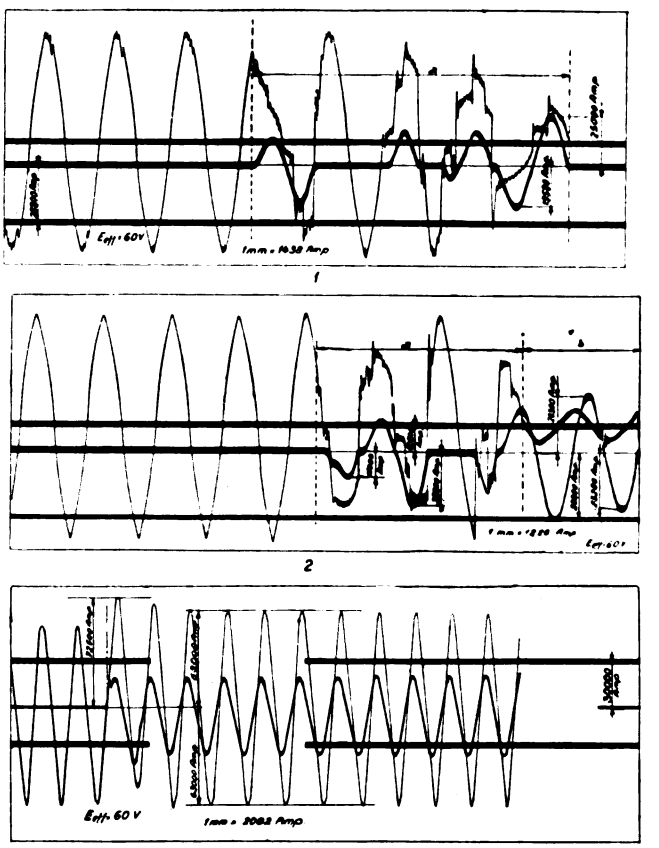


Abb. 10. Oszillogramme des Einschaltvorganges.

die Umkehrung der Kontaktanordnung, wobei man die auf die Traverse ausgeübte Kraft zum Anpressen der Kontakte benützen wollte, als ungenügend erwiesen, abgesehen davon, daß die Anordnung von Gleitkontakten aus Gründen der Betriebssicherheit wenig günstig ist. Die Anordnung gemäß Abb. 8 hat sich zwar als eine Verbesserung gezeigt, die jedoch ungenügend war, um die Kontaktabhebung vollständig zu verhindern. *A* ist die Abhebekraft an der Kontaktstelle, *P* Stromkräfte (Schleifenwirkung), *T* ist die Stromwirkung.

Es hat sich als notwendig erwiesen, die Behebung der schädlichen Kontaktabhebung an

Digitized by Google

den Kontakten selbst anzuordnen. Dies ist mit den Solenoidkontakten erreicht worden, die in Abb. 9 dargestellt sind. Diese Solenoidkontakte üben unter dem Einfluß des Stromes eine gegenseitige Anziehungskraft aus, welche die Abhebungskraft auf Kontakte und Traverse aufhebt. Da Abhebung und Kompensationswirkung beständig im gleichen Verhältnis zur Stromstärke stehen, so ist der Ausgleich für alle Stromstärken vollständig gesichert. Abb. 10 zeigt drei Oszillogramme, die besser als jede Erklärung die günstige Wirkung

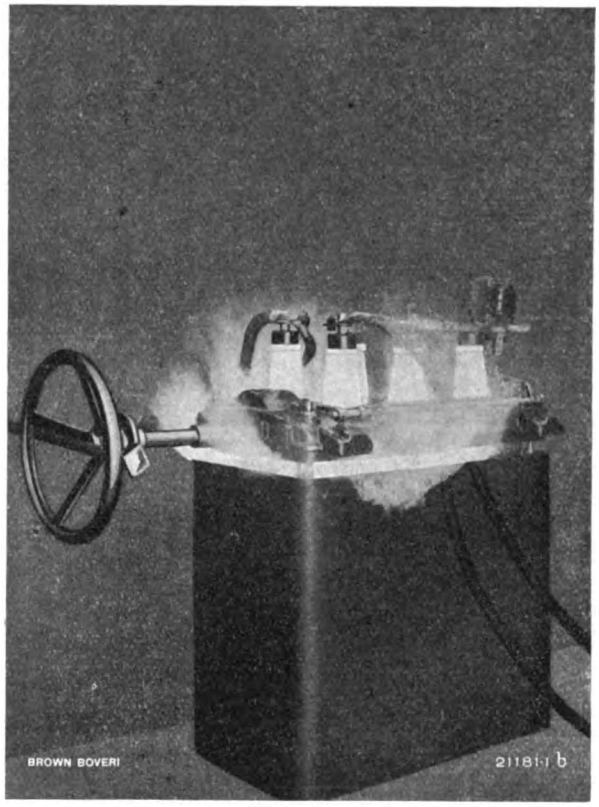


Abb. 11. Einschaltung auf Kurzschluß mit gewöhnlichen Kontakten.

dieser Solenoidkontakte beweisen. Oszillogramm 1 und 2 sind mit gewöhnlichen Kontakten aufgenommen und zeigen wiederholt die Kontaktabhebung, die Verzeichnung der Spannungskurve und Oszillogramm 2 zuletzt das Verschweißen der Kontakte. Bei diesen beiden Oszillogrammen erreicht die höchste Momentanstromstärke nicht ganz 25 000 A, Oszillogramm 3 der Abb. 10 dagegen zeigt eine Aufnahme mit 72 500 A Momentanstromstärke, also nahezu das Dreifache derjenigen, welche auf den beiden ersten Oszillogrammen aufgezeichnet ist. Bei Oszillogramm 3 sind Solenoidkontakte verwendet worden. Das Oszillogramm zeigt nicht die geringste Spur der Kontaktabhebung und eine absolut reine Spannungskurve. Abb. 11 und 12 zeigen photographische Aufnahmen des Schalters bei zwei der obenerwähnten Versuche. Dabei blieb der Schalter teilweise offen, um die Gasentwicklung besser beobachten zu können. Selbstverständlich mußte dann die Abschaltung durch einen zweiten, in Serie geschalteten Schalter vorgenommen werden. Es wurde eine größere Anzahl von Ein- und Ausschaltversuchen mit Schaltern ausgeführt, die mit Solenoidkontakten ausgerüstet waren. Diese Versuche haben nicht nur die soeben hervorgehobenen Ergebnisse in ihrer Richtigkeit bestätigt, sondern merkliche Vorteile der Solenoidkontakte gezeigt, auch in bezug auf die Abschaltung. Es sind heute einige Hundert Schalter mit Solenoidkontakten in Betrieb; sie haben sich alle nicht nur in bezug

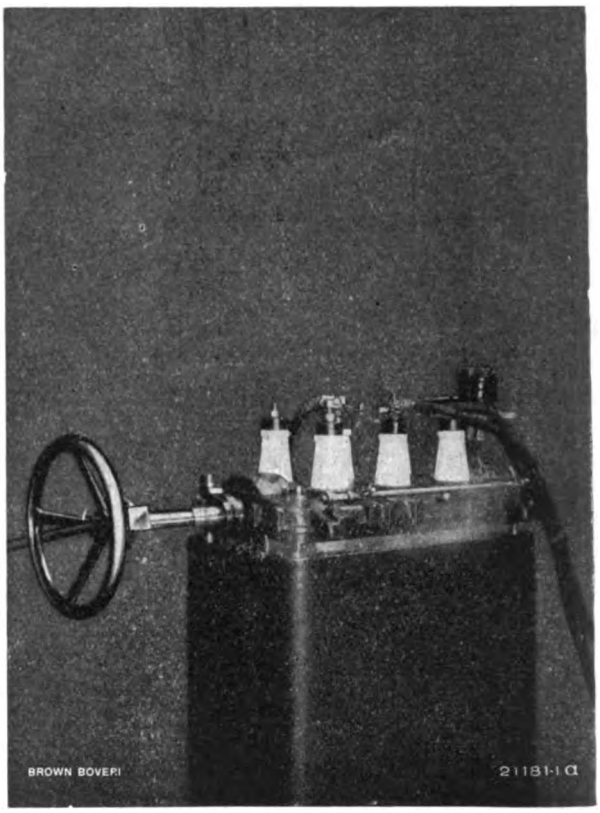


Abb. 12. Einschaltung auf Kurzschluß mit Solenoidkontakten.

auf die gesuchten Resultate, sondern auch, was die Lebensdauer der Abbrennkontakte anbetrifft, äußerst günstig verhalten.

5. Der Schalterantrieb und die Schaltgeschwindigkeit.

Der weitaus größte Teil der Ölschalter ist lange Zeit hindurch von Hand betätigt worden. Obwohl heute noch eine ganz große Anzahl solcher Handbetriebe geliefert werden, haben sich doch die Zahlenverhältnisse etwas verschoben. Dies ist zunächst darauf zurückzuführen, daß viele Schalter, die früher nur zum Einschalten einer Verteilleitung dienten, heute auch zum Synchronisieren gebraucht werden, infolge der immer mehr um sich greifenden Parallelschaltung von Kraftwerken auf dasselbe Netz. Wenn das Parallelschalten mit Handbetrieb nicht ganz ausgeschlossen ist, so ist doch in den meisten Fällen schon wegen der Entfernung zwischen dem Ölschalter und dem Kommandoraum

Digitized by Google

eine Fernbetätigung notwendig, sodaß Fernantriebe unerläßlich sind.

Ein weiterer Grund ist schon soweit gestreift worden, als wir die Möglichkeit der Kontaktabhebung beim Schalten auf den Kurzschluß betrachteten. Wenn auch die Kontakte abhebungsfrei ausgeführt werden, ist es klar, daß das Einschalten trotzdem rasch und sicher stattfinden soll. In solchen Anlagen, wo die Kurzschlußstromstärke sehr hoch wird und abhebungsfreie Kontakte notwendig werden, ist gewöhnlich auch die Abschaltleistung bedeutend, sodaß der Schalter kräftiger Federn bedarf. Soll der Schalter von Hand geschlossen werden, so kommt es vor, besonders bei ungeübtem Personal, daß die Einschaltbewegung nicht rasch genug erfolgt und daß besonders im letzteren Teil des Abschaltweges, wo die Kontaktfedern zusammengedrückt werden müssen, die Einschaltkraft nachläßt und eine Rückwärtsbewegung entsteht. Es kann auf diese Weise ein Lichtbogen gezogen werden, der wegen der langsamen Bewegung nicht wie bei einer normalen Abschaltung gelöscht wird und eine derartige Gaserzeugung verursacht, daß der Schalter und sehr oft auch der Maschinist gefährdet werden. Aus diesem Grunde sollten in Netzen mit hoher Kurzschlußstromstärke Schalter, die auf Kurzschluß eingeschaltet werden können (und es sind nur wenige, bei denen diese Möglichkeit ausgeschlossen ist) mit einem sicheren elektrischen Antrieb versehen werden, der Gefährdung von Anlage und Personal beim Einschalten auf Kurzschluß ausschließt.

Es ist bekannt, daß zwei verschiedene Arten von elektrischen Antrieben, nämlich die Magnetantriebe und die Motorantriebe allgemeine Verwendung gefunden haben. Der Magnetantrieb hat besonders für kleine Schalter den Vorteil der Einfachheit und des niedrigen Preises.

Bei ganz großen Schaltern zieht man den Motorantrieb mit Vorgelege vor. Dieser Motorantrieb muß überhaupt dort verwendet werden, wo keine Gleichstrom-Hilfsquelle zur Verfügung steht, weil der Magnetantrieb zum Anschluß an Wechselstrom wenig geeignet ist. Außerdem hat aber der Motorantrieb bei großen Schaltern den Vorteil, daß die in Bewegung befindliche Masse des Antriebsmechanismus nicht wie beim Magnetantrieb am Ende des Einschaltvorganges abgebremst werden muß, sondern dieser Antriebsmechanismus läuft über eine Freiluftkupplung aus, sobald der Einschaltvorgang beendet und infolgedessen auch die Stromzuführung unterbrochen wird.

Es ist unerläßlich, daß der Antriebsmechanismus einfach und sicher sei, da, wie aus dem vorher Gesagten hervorgeht, eine große Gefahr für die Anlage besteht, sobald der Einschalt- oder der Ausschaltvorgang nicht vollständig zu Ende geführt wird. In beiden Fällen kann ein Stehlichtbogen mit den bekannten Folgen entstehen. Die Einschaltgeschwindigkeit ist besonders durch die Notwendigkeit des genauen Synchronisierens bedingt und kann erst dann als genügend betrachtet werden, wenn die Einschaltzeit nicht mehr als eine halbe Sekunde beträgt. In gewissen Fällen ist sogar diese Einschaltzeit zu groß. Was die Ausschaltung anbetrifft, so scheint es, daß die Ansicht allgemein durchbricht, daß der Antrieb, das heißt, die Kupplung so gebaut werden muß, daß der Ölschalter beim Einschalten auf einen Kurzschluß nicht ausschalten kann, bevor der Einschaltvorgang beendet ist. Dies ist notwendig, damit die Federn vollständig gespannt werden und die Schaltertraverse in dem Moment der Trennung der Ausschaltkontakte ihre volle Geschwindigkeit schon erreicht hat. Andernfalls kann der Abschaltvorgang verzögert werden, wodurch die Gasentwicklung und infolgedessen der statische Überdruck derart zunehmen können, daß eine Überbeanspruchung und Gefährdung des Schalters stattfinden.

6. Der Einbau des Ölschalters.

Auch über diese Frage ist schon viel geschrieben worden, sodaß wir uns hier kurz fassen können. Es soll aber doch die Möglichkeit eines Mißverständnisses in bezug auf den sogenannten „explosionssicheren" Einbau der Ölschalter berührt werden. Wir haben den Eindruck, daß, wenn

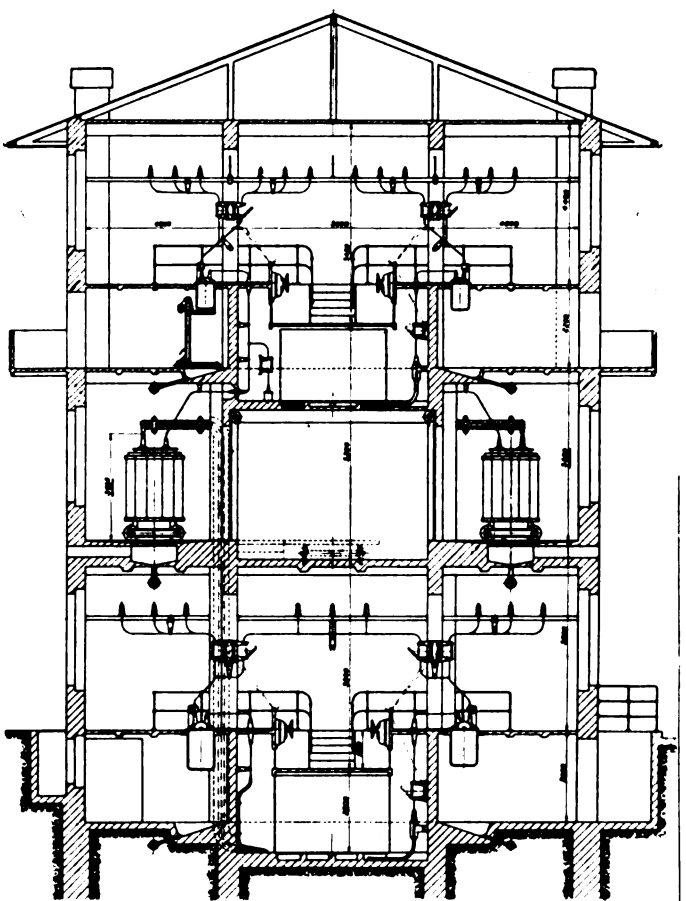


Abb. 13. Schnitt durch die Schaltanlage einer Transformatorenstation zur Darstellung des Hallenbaues und des versenkten Einbaues von Ölschaltern.

ein moderner Hochleistungsschalter explodiert, kein „explosionssicherer" Einbau die umgebenden Anlageteile vor Zerstörung schützen wird.

Digitized by Google

Damit soll jedoch nicht gesagt werden, daß dieser Einbau unzweckmäßig oder nutzlos sei. Die bei schweren Abschaltungen entwickelten Gasmengen sind derart, und weisen eine solche Temperatur auf, daß eine Selbstentzündung beim Austritt aus dem Schalter möglich ist. Findet eine Selbstzündung beim Austritt nicht statt, so kann bei der Vermengung der Ölgase mit der Luft ein explosives Gasgemisch entstehen, das sich beim Aufsteigen an den Schalterdurchführungen oder an den Leitern entzünden kann, wodurch nicht nur Überschläge in der Schaltanlage verursacht werden, sondern, wie dies schon mehrmals vorgekommen ist, eine weitgehende Zerstörung der Gebäudeteile und eine Gefährdung des Personals möglich sind. Man darf auch nicht vergessen, daß die Auspuffgase meistens sehr viel Ruß mitführen. Dieser Ruß wird nun von dem Stromfeld der Leiter angezogen und setzt sich gerne an die Durchführungsisolatoren an, die sich bald mit einer leitenden Schicht überziehen, wodurch Überschläge ganz wesentlich begünstigt werden. Wir betrachten deshalb den Einbau der Ölschalter derart, daß die Auspuffgase nicht in die Schaltanlage aufsteigen können, als unbedingt erforderlich. Dies kann dadurch geschehen, daß die Gase durch Rohre nach außen abgeführt werden. Die Rohre weisen jedoch meistens einen zu geringen Querschnitt auf, sodaß sie durch einen Ölpfropfen verstopft werden können und zu noch größeren Zerstörungen führen. Wird der Schalter, wie Abb. 13 zeigt, so versenkt, daß der ganze Raum unterhalb der Deckelhöhe zum Druckausgleich dient, und so, daß die Gase von dort aus ungehindert und ohne stromführende Teile anzutreffen, ins Freie auspuffen können, so werden sekundäre Explosionen sicher vermieden. In diesem Sinne kann dieser Einbau als „explosionssicher" bezeichnet werden.

Schlußbemerkung.

Wie einleitend gesagt, haben diese Ausführungen nicht den Zweck, eine auch nur unvollkommene Übersicht über die Ölschalterfrage zu geben. Es scheint doch notwendig, immer wieder darauf hinzuweisen, daß die damit zusammenhängenden Probleme vor allen Dingen dasjenige der Bemessung und der Wahl der Ölschalter bedeutend komplexer sind, als sie auf den ersten Blick erscheinen. Es geht aus den Ausführungen hervor, daß eine Bewertung nach Abschaltstrom und Abschaltspannung allein nicht alle Faktoren berücksichtigt und daß die Betriebssicherheit der Schaltanlage, wenn man gleichzeitig bei wirtschaftlichen Apparaten- und Anlageabmessungen bleiben will, nur durch enges Zusammenarbeiten von Fabrikant und Betriebsleitung und unter Berücksichtigung der jeweiligen Betriebsverhältnisse erreicht werden kann.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Das Wallenpaupack Kraftwerk und die 220 kV Kraftübertragungsanlagen der Pennsylvania Power & Light Company. A. E. Silver und A. C. Clougher. Im Gegensatz zum westlichen Küstengebiet der Vereinigten Staaten, wo der Übergang zu immer höheren Übertragungsspannungen bis zu 220 kV in erster Linie durch die großen, zu überwindenen Entfernungen bedingt war, sind es die gewaltigen Kraftmengen welche in den industriell am höchsten entwickelten und auch die größte Bevölkerungsdichte aufweisenden Oststaaten in Frage kommen, die zur Errichtung von Höchstspannungsanlagen zwingen. Derart entsand als gewissermaßen erstes Glied eines umfassenden 220 kV Kraftübertragungssystems die vom Wallenpaupack Kraftwerk nach dem in der Nähe von Allentown erbauten Siegfried Unterwerk führende 220 kV Leitung, welche die erste mit dieser Spannung betriebene Anlage im Osten ist. Das Kraftwerk nützt das aufgespeicherte Wasser des Wallenpaupack Creek aus, welches in den Lackawaxanfluß, an dessen Ufer das Werk selbst errichtet wurde, abgearbeitet wird. Die Entnahmestelle aus dem Stausee bildet ein aus zwei je 20·5 m langen und 4·3 m hohen Zylinderschützen gebildetes Wehr, durch welches das Betriebswasser in die 5·5 km lange, als Holzrohr ausgebildete Oberwasserleitung gelangt. Diese Leitung ist mit 4·3 m Durchmesser ausgeführt und mit 3·75 vT Gefälle verlegt; sie genügt für die Abfuhr von 48 m³/s. Das Rohr wird von in Beton fundierten eisernen Satteln getragen; es mündet in einen 41 m hohen Pufferturm von 17 m Durchmesser, bei welchem die Ausführung mit doppeltem Mantel zur Vermeidung der Gefahr des Gefrierens bei vollständigem Stillstand, wie ein solcher bei dieser, in erster Linie als Spitzendeckungswerk arbeitenden Anlage auch während des Winters zeitweise längere Zeit hindurch vorkommen kann, bemerkenswert ist. Auch sind Vorkehrungen getroffen, damit die den Zwischenraum beider Mäntel ausfüllende Luft im Notfalle mit im Kraftwerk erzeugtem und hingeleitetem Dampf geheizt werden kann. Vom Pufferturm führen zwei eiserne Druckrohre von je 127 m Länge, 2·1 m Durchmesser zu den beiden Turbinen des Werkes, Das ausgenützte Nettogefälle beträgt 100 m. Jede der mit senkrechter Achse ausgeführten Francisturbinen leistet bei 300 U/min 28 500 PS und treibt einen 20 000 kW ($\cos\varphi = 0{\cdot}8$) 11 000 V, 60 Per/s Drehstromgenerator an. Die über den Generatoren angeordneten, auf deren Gehäuse abgestützten Spurlager der Kingsburytype tragen eine Last von 140 t. Oberhalb des Spurlagers ist die 125 kW Erregermaschine aufgebaut. Die Stromabgabe aus dem Werk erfolgt an die unmittelbare Umgebung mit der Maschinenspannung von 11 kV, ferner mit 66 und 220 kV. Zu diesem Zwecke sind Maschinensammelschienen vorhanden, von welchen die 11 kV Leitungen abgehen und an die auch die Auftransformatoren angeschlossen sind. Die 220 kV Leitung wird durch eine aus drei wassergekühlten Einphasentransformatoren von je 16 667 kVA gebildete, in Dreieck-Stern mit festgeerdetem Nullpunkt geschaltete Gruppe bedient, zu welcher eine vierte gleich große Einheit die Betriebsreserve bildet. Die abgehende Leitung ist an die Oberspannungsklemmen über einfache Trennschalter angeschlossen; sonstige 220 kV Apparate, insbesondere auch Ölschalter fehlen vollständig, doch ist für die spätere Einbaumöglichkeit eines Ölschalters auf der Oberspannungsseite in der Gesamtanordnung Vorsorge getroffen. Die Transformatoren sind mit zwei Oberspannungsanzapfungen für 5 und 10 vH versehen, welche später unter Last umschaltbar sein sollen. Die Kurzschlußspannung beträgt 14 vH, der Vollastwirkungsgrad bei $\cos\varphi = 1$ 98·75 vH. Das Gewicht eines Transformators stellt sich ohne Ölfüllung auf 50 t, jenes der Ölfüllung selbst auf 20 t. Das 66 kV Netz wird von zwei Drehstromtransformatoren von je 5000 kVA bedient.

Die 105 km lange 220 kV Kraftübertragungsleitung

Digitized by Google

ist als Einfachleitung ausgeführt. Als Leitermaterial dienen Stahlaluminiumseile von 400 mm² Aluminiumquerschnitt mit einem Außendurchmesser von 28 mm. Die Stahlseele besteht aus sieben Drähten, der Aluminiummantel aus in drei mit gegenläufiger Schlagrichtung angeordneten Lagen untergebrachten 54 Drähten. Die Elastizitätsgrenze des ganzen Seiles stellt sich auf 8700 kg, die Bruchgrenze auf 12 700 kg. Die Verlegung erfolgte derart, daß im Seile bei ungünstigsten Verhältnissen ein Zug von 8100 kg auftritt, wobei als größte Belastung in den durch Rauhreif besonders Gefährdeten Gebieten ein Eismantel von 38 mm Stärke, in den übrigen Strecken ein solcher von 25·4 mm Stärke angenommen wurde, bei — 18° C und gleichzeitigem Wind von 39 kg/m². Mit dieser Spannung wurden auch alle Seile anläßlich der Verlegung vor Einregulieren des Durchhanges auf die Dauer von 3 min gereckt. Als Verbinder dienen Quetschhülsen, welche an Ort und Stelle mittels einer hydraulischen 100 t Presse zusammengepreßt wurden. Zuerst werden die abgemantelten Stahlseelen mittels einer Stahlhülle derart verbunden; eine über diese Verbindungsstelle geschobene Aluminiumhülse dient zur Verbindung der Mäntel. Diese Verbindung hat dieselbe Festigkeit als das Seil selbst. Auch die Endverbindungen wurden unter Anwendung solcher Hülsen hergestellt. Die an den Zwischenmasten angeordneten Tragklemmen sind als Rutschklemmen ausgebildet, welche bei Auftreten eines einseitigen Leiterrisses das Seil freigeben und derart einen Ausgleich in den beiderseitigen Feldbelastungen herbeiführend die Tragmaste von einem Umbruch schützen. Wie die Ausführung und Befestigung der Leiter selbst, so zeigen auch die Maste große Verschiedenheiten gegenüber der bei Herstellung der 220 kV Leitungen in Californien[1]) geübten Praxis, welche dadurch bedingt sind, daß hier mit zeitweise auftretenden großen Eislasten gerechnet werden mußte, wogegen solche im Westen nicht zu erwarten sind. Hiebei wurde von dem Grundsatze ausgegangen, daß ein Leitungsbruch als das kleinere Übel angesehen werden kann, daher die Maste mit größerer Sicherheit ausgeführt werden müssen und überdies sind Maßnahmen zu treffen, daß trotzdem keine unwirtschaftlich hohen Mastgewichte sich ergeben. Die zur Entlastung der Tragmaste getroffenen Vorkehrungen sind schon oben erwähnt. Eine Verringerung der Eck- und Abspannmastgewichte wurde durch weitgehende Verwendung von Stahlankern erzielt. Während die Tragmaste als elastische, nur senkrecht zur Leitungsrichtung widerstandsfähige Portalmaste ausgebildet wurden, an welchen die drei Leiterseile in gleicher Höhe angeordnet sind, wurden die Eckmaste in drei Einzelmaste aufgelöst, die am Fußende in einem Drehzapfen abgestützt und durch je drei kräftige Anker gehalten sind. Die Leitungen selbst sind auch an den Eckmasten nur durch eine Isolatorenkette gehalten, welche durch den beiderseitigen Leitungszug in die Winkelhalbierende der Ecke sich einstellt. Auf je etwa 10 Tragmaste folgt ein etwas kräftiger ausgeführter Mast, an welchem im Notfalle eine Festhaltung des Seiles mittels eigener Anker möglich ist, wie solche im übrigen auch an jenen Stellen zur Verwendung kamen, wo zufolge einer Richtungsänderung nach oben ein Hochzug entsteht. An solchen Stellen werden zwei an der Klemme von unten angreifende, unter 45° in der Leitungsebene angeordnete Anker verwendet, in die selbstverständlich eigene Isolatorenketten eingeschaltet sind, und welche die Leitung niederhalten. Als Ankerseil dient ein 35litziges Stahlseil 32 mm stark und 48 000 kg Bruchfestigkeit. Die normale Spannweite beträgt 335 m, die größte 730 m. Die normale Höhe der Leiter über Boden beträgt rund 20 m, gemessen an der Leiterklemme am Mast; die kleinste Bodenentfernung bei ungünstigsten Bedingungen 7·6 m. Bei der Wahl der Maststandpunkte wurde besonders darauf geachtet, daß der Bodenabstand selbst bei ungleicher Vereisung in den Nachbarfeldern auf kein gefährliches Maß herabsinkt, was bei den langen Isolatorenketten, die bei der vorliegenden Betriebsspannung notwendig sind, besonders sorgfältige Überlegung verlangt, wozu noch zu bemerken ist, daß die Rutschklemmen die Leitung bei derartigen Verhältnissen noch nicht freigeben, sondern erst bei einem Leiterriß zur Wirkung kommen. Die Isolatorenketten sind im allgemeinen aus 14 Einheiten der Locke Insulator Co. (normale Kappentype von 254 mm Durchmesser und 145 mm Höhe) gebildet, deren Bruchfestigkeit mit 8200 kg angegeben wird. Bis zu 3200 kg Leitungszug sind Einfachketten, deren Gesamtlänge einschließlich Aufhängevorrichtung und Klemme 2·9 m beträgt, verwendet. Darüber hinaus bis zu 5500 kg Zug kamen Doppelketten von 3·1 m Länge zur Verwendung, für noch höhere Züge sind aus drei 16gliedrigen Ketten zusammengestellte Dreifachketten von rund 3 m Länge angeordnet; die trotz der größeren Gliederzahl gegenüber der Einfachkette kaum größere Länge erklärt sich aus der gedrängteren Ausgestaltung der Aufhängevorrichtung. Die Ketten tragen am Klemmende einen Schutzring, am Traversenende ein Schutzhorn zur Verbesserung der Spannungsverteilung und Vermeidung der Lichtbogenkaskade über die Kette bei etwaigen Überschlägen.

Das Siegfried Unterwerk bestand schon seit einigen Jahren vor Errichtung der gegenständlichen Kraftübertragung und diente zur Verteilung von mit 66 und 110 kV zugeführter 25periodiger Energie. Neben diesen Anlagen wurden die 220 kV Einrichtung, sämtlich als Freiluftanlagen erbaut, welche in der Hauptsache derzeit aus der Transformatorengruppe für 86 600 kVA Nennleistung und den in die ankommende Leitung eingebauten Trennschaltern bestehen; auch in dieser Anlage sind Ölschalter für diese Spannung zunächst nicht vorgesehen worden. Die Transformatorengruppe besteht aus drei Einphaseneinheiten für den Betrieb und einer vierten Einheit als Reserve. Die Transformatoren sind hier als Dreiwicklungstransformatoren für 220, 66 und 10·7 kV ausgeführt Die beiden erstgenannten Wicklungen sind in Stern, die 10·7 kV Wicklung in Dreieck geschaltet. Die Tertiärwicklung wird zunächst unbelastet betrieben und dient später zur Speisung von Synchronphasenschiebern. Die Sekundärwicklung ist bis 75 000 kVA, die Tertiärwicklung bis 60 000 kVA belastbar. Die Kurzschlußspannung bezogen auf die 220/11 kV Wicklung beträgt 18 vH, für die 220/66 kV Wicklung 12 vH und für die 66/11 kV Wicklung 4·7 vH; das Gewicht eines Transformators ohne Öl stellt sich auf 92 t, jenes der Ölfüllung auf 36 t. Im übrigen sind auch diese Transformatoren ebenso, wie jene des Kraftwerkes als Kerntransformatoren mit Wasserkühlung ausgeführt. Dr. B.

(Electrical World, Bd. 88, Heft 4, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 35.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Dampfverbrauchsversuche an einer 5000 bis 7000 kW Ljungströmturbine. Die von der Svenska Turbinsfabrik A. B. Ljungström gebaute mit 3000 U/min laufende Turbine wurde auf Wunsch der Bestellerin so entworfen, daß der größte thermodynamische Wirkungsgrad bei 5000 kW Belastung erzielt wird (0·80, bezogen auf den Zustand hinter dem Reglerventil), zu welchem Zwecke in den ersten 14 Stufen die Dampfquerschnitte gegenüber der normalen Type verkleinert wurden. Die erzielten Ergebnisse liegen etwa 2 vH unter jenen, die bei gleichen Dampf- und Vakuum-Verhältnissen mit der normalen Bauart dieser Größe erreicht wurden. Bei den etwa je eine halbe Stunde dauernden Versuchen wurde bei einem Dampfdruck von 17·78 bis 19·08 atü vor dem Reglerventil und 327 bis 382° Dampftemperatur an dieser Stelle, sowie einer Luftleere von 0·0141 bis 0·0254 ata nach dem letzten Laufrade (entsprechend 12·8 bis 22·5° Dampftemperatur), einer Eintritts- und Austrittstemperatur des Kühlwassers von 5·6 bis 9·1°, bezw. 8 bis 12·8°, sowie einer Kondensattemperatur von 9 bis 13·9° ein Dampfverbrauch der Turbine (ohne den Verbrauch des Strahlkondensators) je kWh

kg/h . . . . . 5·39, 4·74, 4·59, 4·41, 4·44, 4·16, 4·09

bei kW Belastung 1254, 2474, 3527, 5028, 6244, 5739, 5726

gemessen.

(Engg., Bd. 122, Nr. 3170, 1926.)

Digitized by Google

20 000 kW Dampfturbine der English Electric Co. (Rugby). Die mit 3000 U/min laufende, im Valley Road Kraftwerk in Bradford aufgestellte Turbine weist eine ganze Reihe bemerkenswerter baulicher Einzelheiten und auch sehr gute Wärmeausnutzung auf. Das Gewicht des ganzen Satzes, einschließlich Stromerzeuger und Kondensator ist 11·8 kg je abgegebene PS; je kW Leistung werden nur 0·0026 m² Grundfläche benötigt. Der Satz nimmt etwa den gleichen Platz ein, wie ein älterer 1000 kW Satz mit Kolbendampfmaschine, den er ersetzt. Als durchschnittlicher Dampfverbrauch — berechnet aus 3 mal dem Verbrauch bei Höchstleistung plus 4 mal dem Verbrauch bei 80 vH der Höchstleistung plus 3 mal dem Verbrauch bei 60 vH Höchstleistung geteilt durch 10 — wurde 5·08 kg/kW bei 13·5 atü Anfangsdruck, 350° Dampftemperatur und 711 mm Luftleere gewährleistet und bei den Abnahmeversuchen wurden 5·04 kg/kWh (auf diese Verhältnisse umgerechnet) erreicht. Der Dampfverbrauch schwankte bei Belastungen von 12 000 bis 20 000 kW nur zwischen 11·43 und 10·9 kg/kWh (wieder auf Garantie-Verhältnisse umgerechnet). Die Turbine konnte statt mit 20 000, wie vorgesehen, mit 22 000 kW belastet werden. Der thermodynamische Wirkungsgrad wurde mit 0·81 festgestellt (auf welche Stelle und auf welche Verhältnisse dies bezogen ist, wird nicht angegeben), bei 18 000 kW wurde ein noch höherer Wert erreicht. Bei dieser Belastung war die gesamte Wärmeausnutzung 0·261, bei Anzapfung zur Speisewasservorwärmung (siehe unten) 0·278. Die Turbine kann mit Dampf von 14 at und 370° betrieben werden, wobei man noch auf eine weitere Verbesserung der Wärmewirtschaftlichkeit rechnet. Die Maschine ist zweizylindrig mit gekuppelten Läufern. Der Hochdruckteil, der etwa 60 vH der Gesamtleistung abgibt, weist 12 voll beaufschlagte Gleichdruckräder von 876 mm mittlerem Durchmesser auf. In diesen 12 Stufen expandiert der Dampf von 13·5 ata auf 1 at, das Wärmegefälle je Stufe ist nur rund 5 WE (!). Die größte Dampfgeschwindigkeit ist etwa 290 m/s. Der Hochdruckläufer ist ein einziges Schmiedestück. Dadurch wird seine Baulänge stark verkürzt, so daß die 12 Stufen nur etwa die Länge von 7 Stufen mit auf der Welle aufgesetzten Rädern einnehmen. Auch wird der Läufer infolge seiner geringen Länge so steif, daß er sicher unter seiner ersten kritischen Umlaufszahl läuft. Durch den Wegfall der Scheibennaben können die Leitradzwischenwände bis an die Welle von 260 mm Durchmesser geführt werden und dadurch konnte der Spaltverlust auf 0·22 vH der Gesamtleistung des Satzes bei der günstigsten Belastung herabgesetzt werden. Auch die Scheibenreibung wird durch die kleineren Scheibendurchmesser bis auf 0·21 vH der Gesamtleistung vermindert. Die Welle ist der ganzen Länge nach durchbohrt, die Scheiben wurden sorgfältig auf Fehlerstellen überprüft und außerdem noch Probestücke besonderen Prüfungen unterzogen. Die Laufradscheiben haben 625 bis 825 mm Außendurchmesser und 22 mm Stärke. Die größte Umlaufgeschwindigkeit am Schaufelumfang ist etwa 175 m/s. Die Labyrinthdichtung zwischen den Zwischenwänden und der Welle besteht aus in die ersteren eingelassenen schmalen Kupferringen. Die Leitschaufeln aus weichem Stahl sind in die Stahlgußräder eingegossen, die Laufschaufeln sind aus Nickelstahl gefräst und außen durch schmale über die Schaufelbreite etwas vorstehende Kupferstreifen abgedeckt, über welchen dann der eigentliche Deckring läuft. Bezweckt wird damit eine Verhinderung des Dampfaustrittes an den Stellen zwischen Leit- und zugehörigen Laufschaufeln. Das Hochdruckgehäuse aus Stahlguß ist nach einer wagrechten Ebene geteilt, zwischen der vierten und fünften Stufe ist die Zuführung von Überlastdampf vorgesehen. Der Niederdruckteil ist eine Überdruckturbine der Zweiflußbauart mit Dampfströmung von der Mitte nach außen. Der Niederdruckläufer ist eine gleichfalls aus dem vollen geschmiedete Trommel mit 9 Stufen. Die größte Umlaufsgeschwindigkeit am Schaufelumfang ist hier etwa 260 m/s. Auch hier ist die Welle der ganzen Länge nach durchbohrt und auch dieses Schmiedestück ist sehr sorgfältig überprüft worden. Die Laufschaufeln der ersten fünf Stufen sind aus weichem Stahl gewalzt, die der letzten vier Stufen gefräst. Der Dampfquerschnitt in der letzten Stufe ist insgesamt 2·88 m² und bei 711 mm Luftleere beträgt der Austrittsverlust nur 1·14 vH des adiabatischen Wärmegefälles. Nach der vierten Stufe kann Dampf für die Speisewasservorwärmung abgezapft werden. Bei 16 000 kW Belastung ist der Druck an dieser Stelle etwa 0·45 ata. Hiebei wird etwa 5600 kg/h Dampf, das ist $^1/_{16}$ der gesamten durch Turbine gehenden Dampfmenge, abgenommen. Das Niederdruckgehäuse ist aus Gußeisen und ebenfalls nach einer wagrechten Ebene geteilt. Jeder Läufer ist in zwei Weißmetallagern gelagert. Die Schalen liegen in der Mitte nur auf einer kurzen Strecke im Gehäuse auf und fallen dann kegelig nach beiden Seiten nach außen ab, so daß die Wirkungsweise im wesentlichen die gleiche wie bei Lagern mit Kugelbewegung (Sellers-Lagern) ist. Außerdem ist an jedem Läufer ein Ringdrucklager der Bauart Michell vorgesehen. Der Hochdruckläufer kann, wie in England vielfach üblich, axial etwas verstellt werden. Zwischen der Hoch- und Niederdruckwelle und zwischen die letztere und die Welle des Stromerzeugers ist je eine nachgiebige Kupplung geschaltet. Das Hauptabsperrventil ist zugleich auch das Schnellschlußventil. Die Regelung durch ein Drosselventil weist keine Besonderheit auf. Bei Überlast wird selbsttätig Frischdampf in die fünfte Stufe geleitet. Abb. 1 zeigt einen Schnitt durch die Turbine.

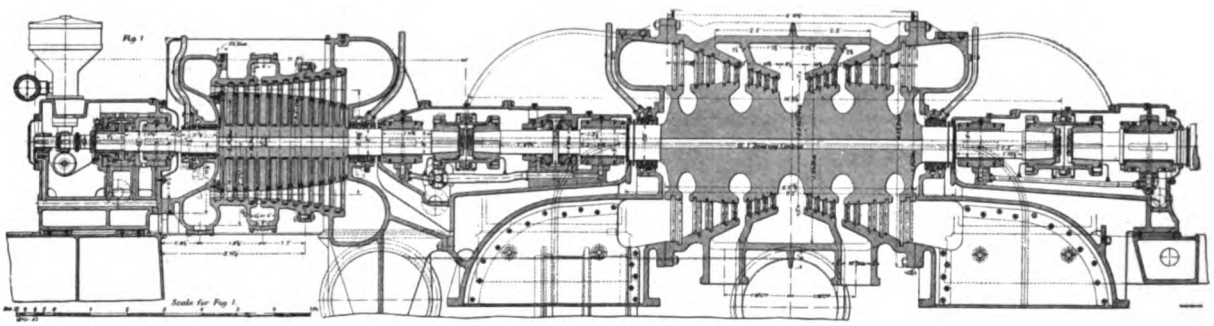


Abb. 1.

(Engineering, Bd. 122, Nr. 3170, 1926.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Strommeßwandler mit Nickeleisenkernen behandelt Thomas Spooner. Bei Strommeßwandlern für Hochspannung mit einem einzigen, durch das Fenster des siliziumlegierten Kernes hindurchgeführten Primärleiter ergeben sich Schwierigkeiten, weil einerseits die MMK des Primärleiters nur gering ist, andererseits aber die Windungszahl der normalen 5 A-Sekundärwicklung durch das Umsetzungsverhältnis bedingt wird. Bei der geringen Anfangspermeabilität des Siliziumeisens werden daher für die erforderliche Sekundärleistung größere Eisenmengen erforderlich, die auch größere Verluste und damit merkliche Fehler sowohl hinsichtlich des Stromstärkenverhältnisses als auch hinsichtlich

Digitized by Google

der Phase des Sekundärstromes mit sich bringen. Abb. 1 zeigt das zugehörige Vektordiagramm unter Vernachlässigung der hier bedeutungslosen Streureaktanz. Es bedeuten: Φ den magnetischen Fluß; J_1 und J_2 die primäre und sekundäre Stromstärke; E_2 die sekundäre Spannung; n das Verhältnis der sekundären zur primären Windungszahl; φ den Phasenwinkel der sekundären Belastung; M die Blind- und F die Wirkkomponente des Magnetisierungsstromes und Θ_i den Phasenfehler des Meßwandlers. Für das Verhältnis R der primären und sekundären Stromstärke und den Phasenfehler Θ gilt nach Agnew[1]) annähernd die Beziehung:

$$R = n + (M \cdot \sin\varphi + F \cdot \cos\varphi)/J_2 \quad \ldots \quad (1)$$

$$\operatorname{tg}\Theta = (M \cdot \cos\varphi - F \cdot \sin\varphi)/n \cdot J_2 \quad \ldots \quad (2)$$

die für induktionsfreie Last $\varphi = 0$ in

$$R = n - F/J_2 \quad \ldots \quad (3)$$

und

$$\operatorname{tg}\Theta = M/n J_2 \quad \ldots \quad (4)$$

übergeht. Aus (3) und (4) erkennt man unmittelbar den Einfluß der beiden Komponenten des Magnetisierungsstromes auf den Verhältnis- und Phasenfehler und es ist einleuchtend, daß die Wahl eines Kernbaustoffes mit möglichst hoher Anfangspermeabilität und dabei geringen Hysteresis- und Wirbelstromverlusten eine wesentliche Verbesserung bewirken muß. Ein solcher Baustoff wurde in einer „Hypernik" genannten Nickel-Eisenlegierung gefunden, deren Zusammensetzung zwar nicht ausdrücklich angegeben wird, die aber nach der Beschriftung auf zweien der dem Artikel beigegebenen Schaulinienbilder aus 50 vH Ni und 50 vH Fe bestehen dürfte, also eine ähnliche Legierung wie Permalloy[2]) (80 vH Ni und 20 vH Fe) darstellt. Es wurden gleiche Ringe aus „Silicon" (Siliziumeisen) und Hypernik angefertigt und mit Primär- und Sekundärwicklungen von gleicher Windungszahl versehen. Die Größen E_2, M und F wurden nun mit Hilfe des zweiphasigen Wechselstromkompensators von Tinsley-Gall[3]) bestimmt. Dieser Kompensator besteht aus einem Drehtransformator mit einer primären Dreiphasen- und einer sekundären verketteten Zweiphasenwicklung; die beiden Phasen der Sekundärwicklung sind jede mit einem besonderen Potentiometer zur Einstellung der zur Kompensation erforderlichen Spannung versehen. Die Primärwicklung des Proberinges wurde aus einem einphasigen Stufentransformator gespeist, dessen Primärwicklung aus einer Phase derselben Drehstromquelle Strom erhielt, die den Drehtransformator des Kompensators speiste. Als Nullinstrument diente ein Vibrationsgalvanometer. Bei der Kompensation der Sekundärspannung E_2 wurde der Drehtransformator so eingestellt, daß die Kompensation mit dem Potentiometer A der einen Phase allein erzielt werden konnte, während das zweite Potentiometer B auf Null stand. Die Kompensation der Komponenten des Magnetisierungsstromes, oder vielmehr der an den Enden eines von ihm durchflossenen induktionsfreien Widerstandes herrschenden Spannungsdifferenz wurde bei unveränderter Einstellung des Drehtransformators vorgenommen, so daß die Einstellung von A unmittelbar der Wirkkomponente F und die von B der Blindkomponente M proportional war. Aus der gemessenen Spannung E_2 ergibt sich die magnetische Induktion nach der bekannten Formel

$$B = E_2 \cdot 10^8/4{\cdot}44 \cdot q \cdot n_2 \cdot f \quad \ldots \quad (5)$$

(q = Eisenquerschnitt, n_2 = sekundäre Windungszahl und f = Frequenz.) Die vorbeschriebenen Kompensationen können bei verschiedenen Induktionen von B vorgenommen werden. Die beiden Komponenten von J_1 mit der Sekundärspannung multipliziert und auf die Gewichtseinheit des untersuchten Eisens reduziert zeigen, daß bei Hypernik die Wirkleistung des Magnetisierungsstromes im allgemeinen 0·5 mal und die Blindleistung 0·25 mal so groß ist als bei Silicon. Demnach ergibt sich für einen Ring von den in Tafel I angegebenen Abmessungen:

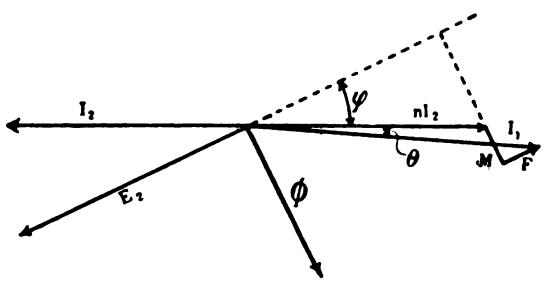


Abb. 2.

Tafel I.

Ringabmessungen: Durchmesser außen 14·9 cm, innen 9·2 cm, Eisenquerschnitt 14·22 cm², Blechstärke 0·356 mm.

Frequenz Per/s	Magnetische Induktion	Wirkleistung in W/kg Hypernik	Silicon	Blindleistung in VA/kg Hypernik	Silicon
60	100	0·00013	0·00026	0·0004	0·0015
60	200	0·00055	0·00114	0·0013	0·0042
60	300	0·0013	0·0026	0·0022	0·0081
25	100	0·00007	0·00013	0·00022	0·00073
25	200	0·00022	0·00051	0·00044	0·0020
25	300	0·00048	0·00108	0·00088	0·0036

Aus diesen Werten erhält man bei 60 Per/s und $n_2 = 100$; $r_{t_2} = 0{\cdot}109$ Ohm; $r_{a_2} = 0{\cdot}480$ Ohm, $L_2 = 956\,\mu$H, woraus sich bei $J_2 = 5$ A eine Scheinleistung von 3·45 VA bei $\cos\varphi = 0{\cdot}853$ ergibt:

Tafel II.

J_2	E_2	B	VA	Watt	M	F	R	tg Θ	Θ
0·5	0·345	91	0·00015	0·000049	0·435	0·142	1·0069	0·00590	20′
2·0	1·380	364	0·00140	0·00086	1·014	0·624	1·0053	0·00270	9′
5·0	3·450	910	0·00540	0·00530	1·566	1·537	1·0042	0·00107	4′

Die Fehler bei Hypernik betragen also nur $^1/_3$ bis $^1/_4$ jener bei Silicon. Sehr bemerkenswert ist, daß sich der Verhältnisfehler bei Hypernik mit der Belastung nur wenig ändert, also durch ein kleine Änderung des Windungsverhältnisses fast vollständig kompensiert werden kann, was bei Silicon bei weitem nicht so vollkommen möglich ist. Die Beobachtungen an ausgeführten gleichen Meßwandlern aus Hypernik und Silicon für 60 Per/s sind in der Tafel III zusammengestellt.

Hypernik ist zufolge des hohen Nickelgehaltes natürlich teurer als Silicon; die damit hergestellten Wandler stellen sich daher höher als die bisherigen von gleicher Größe. Erst bei gleich großen prozentuellen Fehlern können sie zum gleichen Preise wie die in diesem Falle viel schwereren Silicon-Wandler gebaut werden. Sie eignen sich wegen ihrer Genauigkeit vornehmlich in Verbindung mit Hochspannungszählern und Leistungszeigern. Für die Betätigung von Relais, welche starke Ströme erfordern, eignen sie sich nicht, da das Hypernik schon bei geringen MMKen gesättigt wird. Es empfiehlt sich ferner, die Kernbleche gleich in geschlossenen Ringen zu stanzen und die Kerne nicht etwa aus L-förmigen Teilen zusammenzusetzen, da die Wirkung der Trennungsfugen die hohe Permeabilität des Nickeleisens nicht zur Geltung kommen lassen würde. (Wir finden hier die erste Anwendung der hochbedeut-

[1]) A Study of the Current Transformer with Particular Reference to Core Losses; P. G. Agnew, Bull. Bur. of Stand., Bd. 7, 1911, S. 423 bis 474.

[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 547.

[3]) A New A.-c. Potentiometer; by D. C. Gall, Electrician, Bd. 90, S. 360, 6. April 1923, und Some Applications of the A.-c. Potentiometer; Th. Spooner, Journ. Opt. Soc. of America and Reviews of Scientific Instruments, März 1926, S. 217.

Digitized by Google

Tafel III.

Umsetzungsverhältnis	Gewicht kg	Sek. Höchst-Last in VA	Sekund. cos φ	Stromstärke in A	Verhältnisfehler vH[1]) Hy	Si	Phasenfehler Minuten Hy	Si
500/5	4·54	3·16	0·824	0·5	0·20	0·61	10	40
500/5	4·54	3·16	0·824	2·0	0·19	0·48	7	23
500/5	4·54	3·16	0·824	5·0	0·17	0·38	4	15
500/5	4·54	15·0	0·8	0·5	0·7	1·95	22	67
500/5	4·54	15·0	0·8	2·0	0·55	1·35	10	33
500/5	4·54	15·0	0·8	5·0	0·43	0·92	4	19
200/5	9·08	3·0	0·8	0·5	0·69	2·24	28	95
200/5	9·08	3·0	0·8	2·0	0·56	1·56	15	57
200/5	9·08	3·0	0·8	5·0	0·51	1·18	9	34
1500/5	4·54	15·0	0·8	0·5	0·084	0·268	3·8	13·4
1500/5	4·54	15·0	0·8	2·0	0·072	0·188	2·2	7·9
1500/5	4·54	15·0	0·8	5·0	0·064	0·134	1·2	4·8
1500/5	0·91	3·0	0·8	0·5	0·088	0·268	4·1	14·1
1500/5	0·91	3·0	0·8	2·0	0·074	0·188	2·4	8·4
1500/5	0·91	3·0	0·8	5·0	0·068	0·148	1·4	5·0

[1]) Der Verhältnisfehler in vH wird durch $100\,(R-n)/n$ dargestellt.

samen Eisen-Nickellegierungen in der Starkstromtechnik, nachdem in der Schwachstromtechnik die Anwendung des Permalloy zur Krarupisierung[1]) des amerikanischen Azorenkabels mit vorzüglichem Erfolge vorausgegangen war. Der Ber.) R. H.
(Journ. of the A. I. E. E., Bd. 45, Nr. 6, S. 540; Juni 1926.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Selbsttätige elektrische Regler mit hydraulischem Hilfsmotor[2]). Von der Firma Neufeldt & Kuhnke, Kiel, wurde, wie Bogen berichtet, ein hydraulisch betätigter Regler für elektrische Maschinen entwickelt, der grundsätzlich der Konstruktion der Regler für Wasserkraftmaschinen folgt, sich jedoch durch kleinere zur Verfügung stehende Verstellkräfte unterscheidet. Während die letzteren die erhebliche Steuerkraft eines Fliehkraftpendels ausnützen, wird in vorliegendem Fall der Steuerschieber (Abb. 3) auf magnetischem Wege gehoben und gesenkt. In dem in der Abb. 3 angedeuteten Beispiel der Spannungsregelung eines Gleichstromgenerators bedeutet also eine Spannungsverminderung ein Abwärtsgehen von Anker und Steuerschieber, so daß von der Zahnradpumpe das Öl über Leitung 1 in den Raum 2 gedrückt wird, der mit dem Feldregler fest

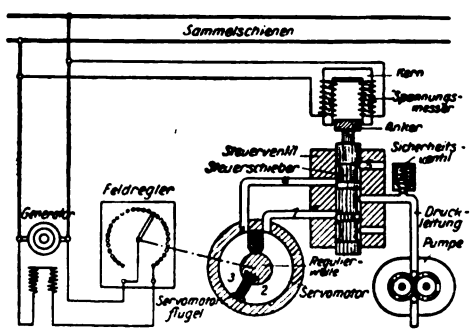


Abb. 3.

gekuppelte Servomotor eine Drehung im Uhrzeigersinn ausführt und das überschüssige Öl in Raum 3 über Leitung 4 durch die Öffnung 5 abfließen kann. Um eine Regelungsverzögerung durch Massenträgheit zu vermeiden, ist die Ölpumpe ständig — und zwar meist durch einen mit dem Regler konstruktiv vereinigten Elektromotor — angetrieben. Für größere Regler, wo die Hubkraft des Magneten für Halten und Verstellen des Schiebers nicht ausreichen möchte, wurde eine eigene hydaulische Vorsteuerung (siehe Abb. 4, rechts) ausgebildet. Anker und Vorsteuerhülse gehen bei sinkender Spannung abwärts, wobei letztere die in der Abb. 4 angedeutete Öffnung des Steuerschiebers nach und nach verschließt. Neben den zur Verstellung des Servomotors dienenden Ölwegen besteht nun ein Nebenschluß für das Öl zur Steuerung des Hauptschiebers. Das im stationären Zustand durch den (strichlierten) axialen Kanal und die Öffnung austretende Öl wird nun, da diese Öffnung durch die abwärtsgehende Vorsteuerhülse verschlossen wird, in einem unterhalb befindlichen (nicht mehr gezeichneten) Ringraum des Schiebers gestaut, so daß die Kraft einer Gegenfeder überwunden und die Verstellung des Schiebers eingeleitet wird. Da infolge der Trägheit der elektrischen Maschinen ständig Überregeln und Pendeln beim Regulierungsvorgang eintreten müßte, ist auch bei diesen Reglern, ähnlich wie bei denen für Wasserkraftmaschinen, eine nachgiebige Rückführung einzuschalten (Abb. 4, links). Ein durch das Zahnrad zwecks Verminderung der Reibung dauernd in Umdrehung gehaltener Rückführungsspieß wird durch eine auf der Regulierwelle befestigte Spirale angehoben oder gesenkt und bewirkt mittels der durch eine Drosselschraube verstellbaren Ölbremse eine gleichartige Bewegung des Kolbens derselben, der durch eine Blattfeder mit dem Anker des Auslösemagneten verbunden ist. Wird nun bei sinkender Spannung eine Drehung der Regulierwelle (mitsamt der Spirale) im Uhrzeigersinn vollzogen, so bewirkt der aufwärtsgehende Rückführungsspieß und Kolben der Ölbremse eine Unterbrechung der Regelbewegung bei geeigneter Überregelung, worauf bei Steigen der Spannung der Regler wieder auf den neuen Beharrungszustand zurückgeht. Die Steuerung läßt sich durch geeignete Schaltung des Verstellmagneten für alle erwünschten Regelungsarten, nach Spannung, Strom, Wirk- und Blindleistung, ausführen. Ferner können auch Schutzmaßnahmen, wie Aberregen, mit dem beschriebenen Regler kombiniert werden.

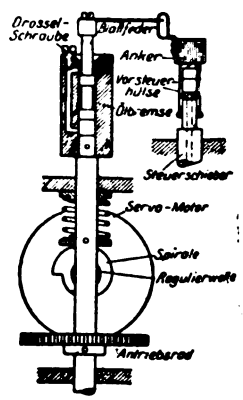


Abb. 4.

St. Schw.
(ETZ, Bd. 47, Heft 46, 1926.)

Baustoffe.

Über den elektrischen Widerstand einiger keramischer Stoffe bei erhöhten Temperaturen berichtet R. M. King. Die Probekörper (Ringscheiben von 15 mm Außen- und 6 mm Innendurchmesser, Dicke 6 mm) wurden zwischen Platten aus Chromnickel in einem Rahmen aus demselben Material gepreßt und der Rahmen in einen keramischen Ofen eingesetzt, der auf 710 bis 990° C geheizt wurde. Die Messung des elektrischen Widerstandes erfolgte mittels Wechselstrom und Voltmeter nach der Methode des direkten Ausschlages. Das Voltmeter hatte 12 000 Ohm Widerstand. Folgende Tafel gibt den spezifischen Widerstand in Ohm/cm³; die erste Kolonne enthält die Temperatur

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 128; 1926, S. 23, 164.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 24 und Abb. 1 dortselbst.

Digitized by Google

oder die No. des Segerkegels, bei der das Material gebrannt war.

Über die chemische Zusammensetzung und Herkunft der Materialien werden folgende Angaben gemacht: „Chemisches Porzellan" besteht aus 15 vH Nord Carolina Kaolin, 10 vH Florida Kaolin, 25 vH Tenn. Kugelton Nr. 5, 20 vH kalzinierter Kaolin, 10 vH Flint und 20 vH Kanad. Feldspat. Der Körper Nr. 152

Material	Seger Kegel	713° C	762	812	862	913	963	990° C
Chemisches Porzellan	C 13	84	81	83	72	46	28	22
Bureau of Standards, Körper Nr. 152 .	C 16	548	380	312	272	252	250	251
Gepreßter Talk . .	C 11	—	—	1272	460	250	—	204
Massiver Talk von Maryland	1100° C	—	—	—	—	—	225	167
von Italien	„	—	—	—	285	165	116	89
„ Indien	„	—	—	—	—	457	217	150
Beryll	C 11	51	34	17	13	9	8	—
Sillimanite	C 18	—	659	388	308	308	172	124
Cyanit	C 18	—	—	—	—	—	228	104
Andalusit	„	551	551	556	265	200	165	138
Dumortierit	„	193	146	123	107	81	70	52

des Bureau of Standards besteht aus: 10 vH Galv. Kaolin, 10 vH Florida Kaolin, 10 vH N. Car. Kaolin, 10 vH Delaware Kaolin, 40 vH Calcin Nr. 19 und 20 vH Calcin Nr. 14. Dabei versteht man unter Calcin Nr. 19 ein Gemenge von 70·2 vH Kaolin, 27·8 vH kalziniertes Al_2O_3 und 2 vH Borsäure, während Calcin Nr. 14 aus 18·2 vH Magnesiumkarbonat, 25·8 vH Flint und 56 vH Kaolin besteht. Gepreßter Talk ist ein kalifornisches Erzeugnis, wird fein gepulvert mit Leinöl gemischt und in Stahlmatrizen gepreßt. Er ist chemisch $3MgO\,4SiO_2\,H_2O$. Massiver Talk hat die physikalisch gleichmäßige Zusammensetzung, die zur Herstellung von bearbeiteter Isolation verwendet wird. Beryll ist chemisch $3BeO\,Al_2O_3\,6SiO_2$. Der Sillimanit stammte aus Indien und bestand aus: 62 Al_2O_3, 32 SiO_2, 2·1 FeO, 2·1 TiO_2. Der Andalusit stammte aus Kalifornien und war ähnlich zusammengesetzt. Den höchsten Widerstand hatte das Mineral Magnesiaspinell. Das bei den Versuchen verwendete Material wurde im elektrischen Ofen hergestellt und bestand aus 72·9 Al_2O_3, 27·7 MgO, 0·25 Fe_2O_3, 0·55 SiO_2. Besonders hohen Wert hatten auch chinesischer Talk und Periclase. Nach den gefundenen Werten kann man annehmen, daß für die Zusammensetzung Al_2O_3 SiO_2 durch Ersatz von MgO für entweder Al_2O_3 oder SiO_2 der elektrische Widerstand in dem Maße zunimmt, als der MgO-Gehalt steigt. Co.

(Meßtechnik, 1926, H. 15, n. Amer. Ceramic Soc., 1926.)

Die Prüfung von Isolierlacken. Die Bedeutung der Isolierlacke für die Haltbarkeit der Isolation elektrischer Maschinenwicklungen ist eine außerordentliche. Dr. W. Brauen gibt Prüfungsmethoden für diese Lacke an. Man unterscheidet ofentrocknende und lufttrocknende Isolierlacke, erstere sind im Elektromaschinenbau die wichtigeren. Geprüft werden Aussehen, spezifisches Gewicht, Verdünnungsfähigkeit, Verhältnis zwischen Lacksubstanz und Lösungsmittel, Säuregehalt, Trockenzeit, Durchschlagsfestigkeit, Angriff auf Kupfer, Wärmebeständigkeit, Verhalten gegen Transformatorenöl, gegen Wasserdampf, gegen Säuren und Laugen, Abspritzen. Je nach dem Verwendungszweck entfallen naturgemäß Proben auf Eigenschaften, die unwesentlich sind. Die Prüfung auf Durchschlagsfestigkeit erfolgt mit Wechselstrom von 50 Per/s zwischen einer ebenen Fläche und einer Elektrode von 25 mm Durchmesser mit Rändern von 3 mm Krümmungsradius, bei Zimmertemperatur und bei 60 und 100° C. und nach 48stündiger Erhitzung auf 100 Grad: die übrigen Prüfungen sind vorwiegend chemischer Natur, die zu stellenden Anforderungen hängen weitgehend vom Verwendungszweck ab und es fehlen daher darüber einheitliche Bestimmungen. Gn.

(Bulletin S. E. V. 17. Jahrg., Nr. 10, 1926.)

Patentbericht.

Elektrizitätszähler.

Induktionszähler.

Eine Erfindung der Firma Reimer & Seidel in Wien betrifft einen Ferrariszähler, dessen Triebsystem aus einem T-förmigen Spannungseisen 1 (Abb. 1) und einem U-förmigen Stromeisen 2 besteht. Diese beiden lamellierten Körper sind mittels der Jochstücke 1', 2' unter Zwischenlage einer entsprechenden Anzahl von Eisenlamellen 3' starr miteinander verbunden, und zwar so daß ihre drei lotrechten Schenkel, welche die Wicklungen tragen, zueinander in zwei zur Grundplatte parallelen Ebenen stehen. Die Pole des Stromeisens 2 sind durch die Einziehung nach innen möglichst nach der Mitte der Läuferscheibe verlegt, um die störend auftretende Bremsung des Hauptstromfeldes auszuschalten und so auch bei Überlastung eine richtige Anzeige zu ermöglichen. Zur Verkettung der Kraftlinien dient eine das Polende des Spannungseisens 1 allseits eng umschließende lamellierte Eisenbrücke 4, die nach einer

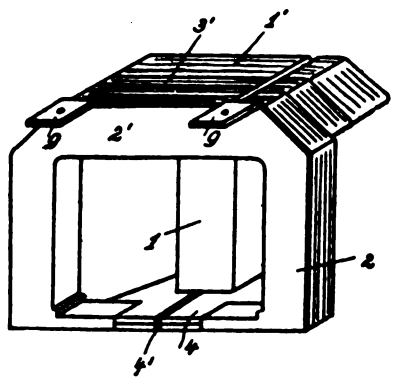


Abb. 1.

Seite zwischen die Polflächen des Stromeisens 2 hineinragt und die zur Bildung des magnetischen Kraftlinienweges für das Spannungsdrosselfeld dient. Um ein Kurzschließen des Kraftlinienflusses des Stromeisens durch die Brücke 4 zu vermeiden, ist dieser Teil der Brücke mit einem Schlitz 4' versehen. Versieht man die eingezogenen Enden des Stromeisens mit der Läuferscheibe zugekehrten Polansätzen, auf denen die Hauptstromwicklungen sitzen, so wird eine besonders einfache Ausführung des magnetischen Gegenschlusses erzielt.

(Ö. P. Nr. 104074 und 105302.)

Eine Reihe von Patenten auf Induktionszähler wurden der Firma Siemens-Schuckertwerke in Berlin-Siemensstadt erteilt.

Es ist bekannt, daß durch einen magnetischen Nebenschluß zum Triebfluß des Stromeisens die Fehlerkurve eines Ferrariszählers verbessert werden kann. Voraussetzung dafür ist eine richtige Bemessung und Anordnung des Nebenschlusses, sowie eine bestimmte magnetische Eigenschaft seines Eisens. Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, Unregelmäßigkeiten in der Beschaffenheit des Nebenschlußeisens bei der Massenfabrikation von Ferrariszählern auszugleichen oder überhaupt für irgendwelche Zwecke den Einfluß des Nebenschlusses zu regeln. Nach der Erfindung wird wenigstens zu einem Teil des Kraftlinienpfades des Nebenanschlusses ein Kraftlinienpfad mit regelbarem, magnetischem Widerstand parallel geschaltet. Man kann zum Beispiel den Querschnitt des parallelen Pfades durch Schlitze verengen, die durch drehbare Stege mehr oder weniger stark überbrückt werden.

(D. R. P. Nr. 436252.)

Digitized by Google

Eine weitere Erfindung stellt sich die Aufgabe, einen Spannungsmagneten zu schaffen, der in einfacher Weise auch bei niedrigen Frequenzen für jede gewünschte Phasenverschiebung eingestellt werden kann, ohne daß dabei sein Energieverbrauch unzulässig groß wird. Der magnetische Kreis des Spannungsmagneten ist in zwei mit Luftspalten versehene parallele Zweige gespalten, deren Flüsse durch eine oder mehr kurzgeschlossene Wicklungen miteinander verkettet sind. Eine solche Wicklung kann entweder auf dem unverzweigten Teil des magnetischen Kreises oder in Gestalt von zwei hintereinandergeschalteten Teilwicklungen auf den Zweigen des magnetischen Kreises oder an beiden genannten Stellen zugleich angebracht sein. Von den beiden Zweigen trägt der eine die Erregerwicklung, die von der Spannung des Verbrauchsstromkreises gespeist wird, der andere enthält in seinem Luftspalt die Triebscheibe des Zählers. Durch die Erregerwicklung wird in jeder kurzgeschlossenen Wicklung Strom induziert, der je nach Bedarf durch einen auf den Wicklungsdraht verteilten oder an irgendeiner Stelle im Stromzweig der Wicklung angebrachten Widerstand vermindert werden kann. Hiedurch läßt sich der Triebfluß des Spannungsmagneten sowohl der Phase als auch der Größe nach ändern. Durch Änderung der Widerstände, der Windungszahl der kurzgeschlossenen Wicklungen und einer Hilfserregerwicklung, die mit der Haupterregerwicklung verbunden ist und auf dem andern Zweig angebracht ist, läßt sich der Phasenwinkel zwischen Erregerspannung und Spannungstriebfeld innerhalb eines Bereiches regeln, der größer als 90° ist. Durch Umpolen der Hilfserregerwicklung kann dieser Bereich auf 180° erweitert werden. Die übrigen 180° des Bereiches erhält man durch Umpolen der Erregerwicklung des Spannungsmagneten.

(D. R. P. Nr. 438386.)

Gegenstand einer weiteren Erfindung ist eine neue Konstruktion eines Ankers für Induktionszähler, auf den zwei oder mehr Triebsysteme einwirken sollen. Bei dieser Konstruktion ist das bekannte Prinzip verwendet, den Strömen, die das eine Triebsystem in dem Anker induziert, die Wege zu dem anderen Triebsystem zu verlegen. Die Erfindung kann bei einem Scheibenanker durch Anordnung von Schlitzen, die vom Rande ausgehen und wesentlich radial gegen die Scheibenmitte hin laufen, durchgeführt werden. Erfindungsgemäß ist aber eine besondere Anordnung dieser Schlitze oder eine ihr gleichwertige Gliederung des elektrisch leitenden Ankermaterials in mehrere Leiterelemente gewählt, welche die störenden zusätzlichen Drehmomente bei allen Stellungen des Ankers praktisch vollständig unterdrückt und dabei dem Zähler die nötige Anlaufsempfindlichkeit läßt. Zu diesem Zwecke sind die Leiterelemente nur so groß bemessen, daß der der Größe eines Leiterelementes entsprechende Zentriwinkel kleiner ist als der Zentriwinkel, der dem Abstand benachbarter Triebsysteme entspricht. Als Scheitel der Zentriwinkel ist dabei der Drehpunkt des Ankers zu betrachten. Die Gliederung kann durch Einschnitte oder durch Querschnittschwächungen des leitenden Material erfolgt sein. In diesem Falle hängen die einzelnen Leiterelemente wenigstens teilweise miteinander zusammen. Die Gliederung kann jedoch auch so weit durchgeführt sein, daß die einzelnen Leiterelemente vollständig voneinander getrennt und voneinander elektrisch isoliert sind. Die Leiterelemente können aus Draht- oder Blechringen oder aus vollen Blechstücken bestehen. Sie können nebeneinander, aber auch in zwei oder mehr Schichten übereinander angeordnet sein oder sich gegenseitig dachziegelartig überlappen.

(D. R. P. Nr. 433189.)

Bei Drehstromzählern mit drei Systemen läßt man das dritte System am besten auf eine zweite Scheibe einwirken, behält aber für die übrigen Systeme die diametrale Anordnung (um 180° gegeneinander versetzt) bei. Da aber mit Rücksicht auf Raumersparnis der Scheibenabstand klein gehalten werden muß, läßt es sich nicht vermeiden, daß der Spannungsstreufluß eines zum Beispiel auf die untere Scheibe einwirkenden Systems auch die obere Scheibe trifft. Aber man kann erreichen, daß die durch das Zusammenwirken der Spannungs- und Spannungsstreuflüsse erzeugten Kräfte durch die Zählerachse gehen, wenn man das dritte System ober- oder unterhalb eines der beiden anderen anbringt. In manchen Fällen ist man jedoch gezwungen, das dritte System auf der zweiten Scheibe um 90° gegen die anderen zu versetzen, um für das Zählwerk oder andere Meßeinrichtungen Platz zu gewinnen. Dann gehen die durch Zusammenwirken der Spannungsflüsse erzeugten Kräfte nicht durch die Achse und beeinträchtigen besonders bei kleinen Lasten die Meßgenauigkeit. Die Erfindung besteht in einem Mittel zur Beseitigung der Fehler, die durch das Zusammenwirken der Spannungs- und Spannungsstreuflüsse der Systeme hervorgerufen werden. Bei der Scheibe mit den zwei Systemen ist an einer ungefähr um 90° gegen die Systeme versetzten Stelle ein Hilfspol angebracht, der durch je einen Streupol der Spannungseisen der beiden einander gegenüberliegenden Systeme oder durch einen Streupol des alleinstehenden Systems mittels eines paramagnetischen Leiters gespeist wird. Dieser Leiter ist jeweils an solche Streupole oder an einen solchen Streupol angeschlossen, daß er dem durch das Zusammenwirken des Spannungs- und Spannungsstreuflüsse erzeugten Drehmoment entgegenwirkt.

(D. R. P. Nr. 433362.)

Bekannt ist die Anordnung von Bohrungen oder Einschnitten am äußeren Rand der Ankerscheibe zur Vermeidung von Leerlauf oder zur Einstellung des Anlaufes eines Zählers. Gemäß der Erfindung wird der Anker *A* (Abb. 2) derart ausgebildet, daß sich die Störungen der Scheibenströme nicht nur auf das Nebenschlußfeld, sondern auch auf das Hauptstromfeld ausdehnen und sich über die ganze Scheibenfläche verteilen und dadurch einen ständigen Scheibenstromschwerpunkt bilden. *N* ist der Nebenschlußpol, H_1 und H_2 die Hauptstrompole. Die Ankerscheibe *A* besitzt drei Ausschnitte a_1, a_2, a_3 von der Form und Größe, daß je nach der Lage dieser über den Polen des Triebsystems eine ständige Beeinflussung der Kraftlinienfelder und somit der Scheibenströme vorhanden ist. In der gezeichneten Lage werden die beiden von den Hauptstromfeldern induzierten Scheibenstromfelder sehr stark verzerrt, in der Stellung eines Ausschnittes über dem Nebenschlußpol wird dagegen hauptsächlich das Nebenschlußfeld gestört. Durch die Anordnung mehrerer Ausschnitte kann eine gleichmäßige Beeinflussung des Drehmomentes erzielt werden. Durch die Erfindung wird erreicht, daß der Zähler erst bei einer höheren Belastung anläuft und daß er diesen Anlaufschwerpunkt dauernd zu beseitigen hat und dadurch nur entsprechend seiner Mehrbelastung, das heißt, dem Überverbrauch, anzeigt.

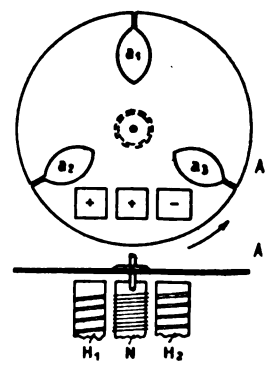


Abb. 2.

(D. R. P. Nr. 432984.)

Es ist bekannt, bei Ferrariszählern mit radialen Triebsystemen an der den Hauptstromtriebpolen gegenüberliegenden Seite der Scheibe Gegenpole anzubringen, durch welche der magnetische Widerstand des Stromtriebflusses vermindert und so die im Hauptstromkreis erforderliche Amperewindungszahl herabgesetzt wird. Bei diesen bekannten Einrichtungen sind die Gegenpole magnetisch entweder überhaupt vom Spannungstriebeisen getrennt oder mit dem mittleren Spannungstriebpol verbunden. Eine erhebliche Verbesserung läßt sich gemäß einer Erfindung der AEG dadurch erzielen, daß die Gegenpole mit einem Punkt des Zählers magnetisch verbunden sind, der annähernd oder voll-

Digitized by Google

ständig das entgegengesetzte magnetische Potential des Spannungstriebpoles besitzt. Hiedurch geht ein zusätzlicher Spannungstriebfluß von dem Gegenpol auf das Stromeisen und von dort weiter auf den Spannungstriebpol und die Gegenpole über, so daß ein zusätzliches Drehmoment erzielt wird.

(D. R. P. Nr. 430786.)

Von derselben Firma rührt ein Wechselstromzähler mit mehreren sich gegenseitig beeinflussenden Triebsystemen her. Bei der gedrängten Bauart der modernen Induktionszähler für Drehstrom treten unerwünschte Drehmomente dadurch auf, daß die Strom- und Spannungsfelder auch mit den Streufeldern benachbarter Spannungskerne zusammenwirken. Bei Annahme einer bestimmten Phasenfolge ist es ja möglich, diesen Fehler bei der Eichung zu eliminieren, doch kann ein solcher Zähler bei einer anderen Phasenfolge beträchtliche Fehler aufweisen. Die Erfindung gibt ein Mittel an die Hand, die Phasenabhängigkeit bei normalen Drehstromzählern auf ein Minimum zu beschränken, und zwar durch Verwendung eines Kompensationsbleches, durch das die störenden zusätzlichen Drehmomente so abgeglichen werden, daß sie bei beiden Phasenfolgen etwa denselben Wert erreichen. Das Kompensationsblech wird aus einem stromleitenden Material, zum Beispiel Kupfer, Messing oder Aluminium, hergestellt und im Pfade des Streuflusses eines Spannungskernes angebracht. Durch das Blech wird der Streufluß belastet und in seiner Phase etwas nach rückwärts verschoben. Dadurch ändert sich der Winkel zwischen diesem Streufluß und dem Strom- bzw. Spannungsfluß, mit dem der Streufluß zusammenarbeitet und ein zusätzliches Drehmoment erzeugt, und zwar wird der Winkel bei der einen Drehfeldrichtung größer, bei der anderen kleiner. So ist erreicht, daß das durch Zusammenwirken eines Strom- bzw. Spannungsflusses mit dem Streufluß eines benachbarten Spannungskernes entstehende zusätzliche Drehmoment, ob positiv oder negativ, bei der einen Phasenfolge ansteigt und bei der anderen sich verringert. Wird das Blech verstellbar angeordnet, so daß der Streufluß mehr oder weniger stark belastet werden kann, so kann der Gang des Zählers für beide Drehrichtungen genau abgeglichen werden.

(Ö. P. Nr. 104084.)

Gegenstand einer Erfindung der Firma Landis & Gyr A.-G. in Zug (Schweiz) ist ein Triebsystem für Induktionszähler mit einem dreischenkligen Stromeisen, zwischen dessen Schenkeln eine Gegenpolanordnung zum Spannungseisen vorgesehen ist (Abb. 3). Das Spannungseisen 6, 7 ist C-förmig und seine Enden 8, 9 sind einander bis auf einen schmalen Luftspalt in der Längsmittellinie des Systems genähert. Zwischen den Schenkeln 2, 3, 4 des Stromeisens 1 sind Gegenpole 2' zu dem Spannungseisen 6, 7 angeordnet. Die Enden 8, 9 des Spannungseisens weisen je einen Pol 11, 12 auf, welche Pole in ihrer Ausdehnung je ungefähr dem

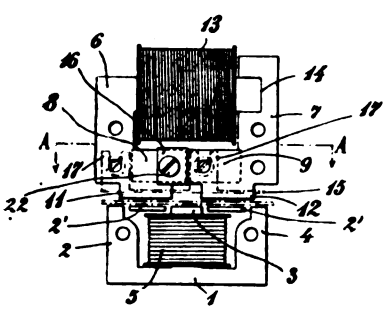


Abb. 3.

Zwischenraum zwischen dem gegenüberliegenden Endschenkel 2 bzw. 4 und dem Mittelschenkel 3 entsprechen. Auf dem mittleren Teil des Spannungseisens sitzt die Spannungsspule 13. 15 und 16 sind zur Phasenabgleichung dienende Mittel, und zwar ist 15 durch eine brillenartige Kupferlasche gebildet, die über die Pole 11, 12 geschoben ist und Lappen 17 aufweist. Mit diesen Lappen kann die Lasche 15 durch Schrauben am Spannungseisen festgestellt werden. Das Abgleichmittel 16 ist ein im Querschnitt V-förmiger Kupferwinkel, der durch eine Schraube 22 verstellt werden kann.

(Ö. P. Nr. 104676.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3498 **Lehrbuch der Physik.** Von O. D. Chwolson. 3. Auflage. Erster Band, 1. Teil, Mechanik und Meßmethoden. Vor der Drucklegung durchgesehen von Gerhard Schmidt. Mit 188 Abb. und 401 Seiten. Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Akt.-Ges., Braunschweig 1926. Preis geh. Mk. 15·—, geb. Mk. 17·50.

Das Lehrbuch der Physik von O. D. Chwolson ist längst zu einem Standardlehrbuch der Physik geworden, das nicht nur für das Studium, sondern auch für die Lehre von größtem Nutzen ist und die Wertschätzung, die es allenthalben gefunden, vollauf verdient. Chwolson begnügt sich nicht damit, die einzelnen Erfahrungstatsachen aneinander zu reihen und sie durch mehr oder minder schwierige mathematische Formeln zu verknüpfen, sondern er deckt die inneren Zusammenhänge auf, die zwischen diesen Tatsachen bestehen und gibt die Gesetze an, denen sie gehorchen. Die in diese Gesetze eintretenden physikalischen Begriffe klar und deutlich zu definieren sieht Chwolson als seine vornehmste Aufgabe an und jeder Leser wird erkennen, wie eine Klärung dieser Begriffe nottut, nottut für die Forschung und für das Studium und keinem wird entgehen, wie zutreffend die Kritik ist, die Chwolson an manchen durch Gewöhnung vollkommen verständlich erscheinenden Begriffen übt. Durch diese kritische Durchleuchtung des ganzen physikalischen Lehrgebäudes wird Chwolsons Lehrbuch der Physik zu einem wahren und eindringlichen collegium logicum. Wer wäre auch berufener ein derartiges Kolleg zu halten als Chwolson, der durch seine Schriften erkenntnistheoretischer Natur den vollgiltigen Beweis für seine Befähigung hiezu erbracht hat.

Einleitend seines Buches bespricht Chwolson die Aufgaben, die der Physik vorbehalten sind und die Methoden, derer sich die physikalische Forschung bei Lösung dieser Aufgaben bedient. Hierdurch gewinnt der Studierende einen Einblick in die Werkstätte des Physikers und einen Wegweiser für eigene Forschertätigkeit. Als solcher Wegweiser ist auch die Warnung anzusehen, der mathematischen Physik, die von der theoretischen Physik wohl zu unterscheiden ist, keinen zu großen Wert beizulegen. Tatsächlich steht der rein deduktive Charakter der mathematischen Physik zu dem induktiven Wege, auf dem alle Errungenschaften der Physik erworben wurden, in einem offensichtlichen und unlösbaren Gegensatz. In dem Kapitel über Bau und Zustand der Materie gibt Chwolson einen vorläufigen kurzen Überblick über die neuere Atomtheorie und findet in dem Abschnitte „Mechanik" reichlich Gelegenheit, an die Klärung der mechanischen Begriffe zu schreiten. Eine eingehende Analyse des zweiten Bewegungsgesetzes von Newton führt ihn zu einem neuen Begriff der Masse, den er auf dem gleichen Wege einführt wie die übrigen physikalischen Begriffe und dadurch dem Massebegriff den metaphysischen Charakter benimmt, der auch von ernster Seite der Masse zugeschrieben wird. Eine eingehende Erörterung der Begriffe Arbeit und Energie ist für die Studierenden deshalb am Platze und begrüßenswert, um einer Verwirrung dieser Begriffe zu begegnen. Der neueren Entwicklung der Wissenschaft Rechnung tragend weist er auf die innige Beziehung zwischen Masse und Energie hin und verschmilzt die beiden Sätze von der Erhaltung der Masse und der Energie in einen. Die folgenden Abschnitte, die von der Schwingungsbewegung, der allgemeinen Gravitation, der Lehre vom Potential, von den Meßapparaten und Meßmethoden handeln, sind größtenteils ein unveränderter Abruck der früheren Auflage.

Digitized by Google

Die klare und übersichtliche Darstellung d
von denen diese Abschnitte handeln, i
Studierenden eine erhebliche Erleichterun
Mangel eines komplizierten mathematische
ein Vorzug, der dem ganzen Lehrbuche eige

Chwolson zeigt in seinem Lehrbuc
den Meister des Stils, sondern den scharfe
Denker und liefert einen treffenden Beweis
Regel: Qui bene distinguit bene docit. Da
bringt eine wirkliche Bereicherung der
Literatur. Kus

3476 **Die Sicherungs-Einrichtungen für den
auf den deutschen Bahnen.** Von H. Möller
baurat a. D., Honorarprofessor der Technis
schule Dresden. Mit 376 Abb., 554 Seiten,
Verlag S. Hirzel, Leipzig 1927. Preis geh.
geb. Mk. 35·—.

Das wichtige Gebiet der Sicherungs-Ei
für den Zugsverkehr ist in dem vorliegender
sehr übersichtlicher Weise dargestellt; das
dem Studierenden, sowie dem Eisenbahnbetri
sehr gute Dienste leisten, da die Einarbeitun
schwierigen Zweig des Eisenbahnwesens ohn
verlässigen Führer erhebliche Mühe macht.

Das Buch bringt außer zahlreichen,
wiedergegebenen Bauzeichnungen der me
und elektrischen Teile der Signale und Stell
viele schematische Darstellungen der Wirk
der mechanischen und elektrischen Einzelteil
vielfachen gegenseitigen Abhängigkeiten;
tonung des Grundsätzlichen und Wesentlich
das Studium besonders wertvoll.

Neben den allgemein geltenden Grunda
gen sind die besonderen Einrichtungen, die sic
deutschland (Preußen), in Sachsen, in Südd
und in Österreich herausgebildet haben, sehr
lich behandelt, wenn auch nicht erschöpfend, d
Umfang des Werkes vielleicht verdreifacht
Beschränkung auf das Wichtigste war durchau
fertigt und erleichtert das Studium. Für die
dem Gebiete in allen Einzelheiten nähertrete
ist eine Literaturübersicht am Schlusse de
beigefügt; hiezu wäre nur der Wunsch beizuf
der Verfasser in der nächsten Auflage eine gr
zahl von Zeitschriftenaufsätzen anführen mö
am Schlusse jedes Abschnittes. Dadurch w
Studierenden und dem jungen Ingenieur das
Vertiefen in alle weiteren Fragen sehr erleich

Das Buch behandelt in neun Abschnitten
Gebiete: 1. Die Signale und ihre Abhängigkeite
mechanischen Sicherungseinrichtungen. 3. Di
einrichtungen. 4. Die Bahnhofsblockung. 5. Die
blockung. 6. Die Kraftstellwerke. 7. Die Bloc
tungen bei Kraftstellwerken. 8. Die selbsttätige
blockung. 9. Die Mittel zur Verhütung des Üb
der Haltsignale.

Bei der Durchsicht des Buches fiel es dem
erstatter auf, daß das neue preußische Signal für
Kreuzungsweichen nicht erwähnt ist (Seite 28); es ist
im „Stellwerk" 1916, Seite 153 bis 158 und 1917, Seite
81 bis 85 und Seite 89 bis 94, ausführlich beschrieben.

Für den Elektrotechniker werden sich besonders
die auf Seite 151 ff. vorgebrachten Erläuterungen über
die vereinfachte Darstellung der Blockschaltungen
(„Kurzzeichnung") als wertvoll erweisen; als Ergänzung
hiezu können auch die beiden Abhandlungen im „Stell-
werk" 1916 und 1919 dienen, welche die „Entwicklung
des Blockplanes aus der Verschlußtafel und aus dem
Schaltplan" behandeln.

Das Werk kann bestens empfohlen werden und
verdient auch die Beachtung der Studierenden und
Ingenieure in Österreich, da auch die österreichischen
Einrichtungen entsprechende Berücksichtigung gefunden
haben.

Die Ausstattung des Buches ist durchaus lobens-
wert; Papier, Druck und Zeichnungen entsprechen allen
Anforderungen. Der Preis kann mit Rücksicht auf die
zahlreichen Abbildungen als angemessen bezeichnet
werden. Prof. Ing. R. Edler.

3. Strahler, Antennen . . . .
A. Zweck 209. — B. Bestimmungsstücke 209. — C. Anordnung des Gegengewic
215. — D. Richtwirkung 215.
4. Die Erregung von Schwingungskreisen . . . .
A. Knallfunkenerreger 217. — B. Löschfunkenerreger 218. — C. Taktfunkenerre
von Marconi 220. — D. Lichtbogenschwingungen 220. — E. Elektronenröhren 22
F. Hochfrequenzmaschinen 244.
5. Nachweis elektrischer Schwingungen, Wellenanzeiger . . . .
A. Aufgabe der Wellenanzeiger 250. — B. Auf Wärmewirkung beruhende Well
anzeiger 250. — C. Magnetdetektor 251. — D. Nachweis der Wellen durch Gle
richtung 251. — E. Überlagerer 258. — F. Tikker und Schleifer 260.

III. Die Vorgänge im Äther.

1. Das elektrische Feld in der Nähe des Senders . . . .
A. Sender 262. — B. Das elektromagnetische Feld des Senders 266.
2. Einflüsse des Zwischenmediums auf die Übertragungsverhältnisse de
elektrischen Wellen . . . .
A. Energieänderungen 273. — B. Richtungsänderungen der elektrischen Wellen 28
— C. Änderung der Polarisationsebene elektrischer Wellen 294. — D. Heavisi
schicht 295.
3. Atmosphärische Störungen . . . .
A. Die verschiedenen Arten von atmosphärischen Störungen 296. — B. Beob
tungsmethoden 297. — C. Abhängigkeit von der Wellenlänge 299. — D. Abhän
keit vom Ort 300. — E. Periodische Änderungen der Störungen 304. — F. Rich
effekt der atmosphärischen Störungen 307. — G. Verlauf der einzelnen Luftstör
gen 310.

Dritter Teil.

Die Einzelteile der Hochfrequenzgeräte.

I. Widerstände, Isolatoren.

1. Widerstände . . . .
A. Berechnung von Widerständen 312. — B. Ausführung von Widerständen 3
2. Isolatoren . . . .
A. Isolations- und Oberflächenwiderstand bei Gleichstrom 319. — B. Dielektris
Nachwirkung 320. — C. Durchschlagsfestigkeit 321. — D. Isolierstoffe 32

II. Kondensatoren.

1. Allgemeines . . . .
2. Kapazität spezieller Leiterformen . . . .
A. Kapazität eines einzelnen Leiters 327. — B. Kapazität eines Zweileitersystems
3. Einfluß des Dielektrikums . . . .
A. Dielektrizitätskonstante 331. — B. Verluste 332. — C. Rückstand 33
4. Die Schaltung von Kondensatoren . . . .
5. Technische Kondensatoren . . . .
A. Berechnung 336. — B. Sendekondensatoren 336. — C. Empfangskonden
toren 334. — D. Meß- und Normalkondensatoren 340. — E. Hilfskondensatoren

III. Spulen.

1. Allgemeines . . . .
2. Induktivität spezieller Leiterformen . . . .
A. Selbstinduktion 345. — B Gegeninduktion 351.
3. Energieverluste in Spulen . . . .
A. Übersicht 353. — B. Wirbelströme 354. — C. Spulenkapazität 360. — D. Spu
ableitung 361. — E. Wirkwiderstand 361.
4. Die Schaltung von Spulen . . . .
5. Technische Spulen . . . .
A. Gesichtspunkte für den Spulenbau 363. — B. Sendespulen 363. — C. Empfa
spulen 366. — D. Meß- und Normalspulen 369. — E. Hilfsspulen 370.

Kopenhagen. 3. Störungen beim Radioempfang. Berichterstatter: Postrat Dipl. Ing. Ferdinand Epper, Berlin und Direktor K. Louis, Bern. 4. *a*) Der Betrieb von Lokalbahnen in Schweden. Berichterstatter: Staatsinspektor L. V. Stahle, Stockholm. *b*) Ersparnisse im Lokalbahnbetrieb. Berichterstatter: Oberbaurat Ing. Eugen Bicskei, Budapest, Oberbaurat Dipl. Ing. Fischer von Tóváros, Budapest, und Direktorstellvertreter Ing. Michael Menczer, Budapest. 5. *a*) Vorrichtungen für eine einfache und rasche Umladung zwischen Eisenbahn und Lastwagen; Anforderungen, denen sie zu genügen haben. Berichterstatter: Generalsekretär Ing. A. Schaetz, Bern. *b*) Kübelverladung für Massengüter. Berichterstatter: Regierungsbaurat Karl Wehrspan, Wanne. 6. Personenwagen für Lokal- (Überland-) und Straßenbahnen (unter besonderer Berücksichtigung eiserner Wagenkasten). Berichterstatter: Direktor W. J. Burgersdijk, Haarlem. 7. Erzielbare mittlere Reisegeschwindigkeiten bei Straßenbahnen und Überland-(Lokal-)bahnen. Bericht-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Das Elektrizitätswerk, S. 123; 1927, Heft 8, S. 156.

Digitized by Google

IV. Tastdrosseln und Frequenzwandler.

Seite

Die Eisenverluste bei Hochfrequenz 371
Tastdrosseln 373
A. Allgemeine Bauart und Wirkungsweise 373. — B. Ausführungsform 374. — C. Anwendung 374.
Frequenzwandler 374
A. Frequenzwandler mit Gleichstrommagnetisierung 374. — B. Frequenzwandler ohne Gleichstrommagnetisierung 376. — C. Anwendung 378.

V. Maste, Antennen, Erdungen.

Allgemeines 378
Maste 379
A. Maste für bewegliche Stationen 379. — B. Maste für feste Stationen 380.
Sendeantennen 385
A. Bestimmung der erforderlichen Antennengrößen 385. — B. Berechnung der elektrischen und mechanischen Größen 392.
Erdungen 402
A. Allgemeines 402. — B. Erdnetz 403. — C. Gegengewicht 404. — D. Mehrfach abgestimmte Antennen 405. — E. Mehrfacherden 408.
Ausführung von Antennen 411
A. Baustoffe 411. — B. Durchhang 415.

VI. Funkenstrecken.

Allgemeines 417
A. Definitionen 417. — B. Funkenspannungen und Schlagweiten 417. — C. Der Vorgang in der Funkenstrecke 418. — D. Anwendung von Funkenstrecken 419.
Ausführungsformen 420
A. Knall- oder Knarrfunkenstrecken 420. — B. Löschfunkenstrecken 420. — C. Funkenstrecken mit rotierenden Elektroden 422.
Funkenwiderstand, Dämpfung durch die Funkenstrecke 423

VII. Detektoren und Thermoelemente.

Kristalldetektoren (Kontaktdetektoren) 424
A. Wirkungsweise und Charakteristik der Kontaktdetektoren 424. — B. Über Kristalle und ihre Verwendbarkeit für Detektoren 425. — C. Zusammensetzung des Materials und seine physikalischen Eigenschaften 427. — D. Einfluß von Widerstand und Stärke des Kontaktdruckes 429. — E. Verwendung eines Hilfspotentials und die Polarität der Kristalle 429. — F. Ausführungsformen 431. — G. Gegendetektorschaltung 434. — H. Schwingungserzeugende Detektoren 434.
Thermoelemente 434
A. Thermoelektrische Kraft, thermoelektrische Spannungsreihe 434. — B. Peltiereffekt 436. — C. Ausführungsform des Thermoelements, das Thermokreuz 437. — D. Messung mit dem Thermoelement und seine Heizung 437.

VIII. Elektronenröhren.

Elektronenemission glühender Körper 438
A. Emissionsgesetz 438. — B. Elektronenemission von Wolframdrähten 442. — C. Schottky-Effekt: Einfluß äußerer Felder auf die Austrittsarbeit 448.
Raumladung 449
Durchgriff und Kennlinien 455
A. Durchgriff 455. — B. Kennlinien 461.
Messungen an Elektronenröhren 463
A. Bestimmung von Steilheit, Durchgriff und innerem Widerstand 463. — B. Messung des Richtwertes 472. — C. Vakuummessung 474.
Kennlinien und Betriebsdaten 475
Herstellung von Elektronenröhren 501
A. Herstellung der Kathoden 501. — B. Verstärkerröhrenfabrikation 505. — C. Senderöhrenfabrikation 507. — D. Evakuierprozeß 509.

itze der Maschinen und Motoren, die
n Betrieb stehen (Reserve- und still-
schwanken in den einzelnen Industrie-
6 und 51·4 vH. J.
lectrician, Bd. 98, Nr. 2546, 1927.)

d der Deutschen elektrotechnischen
der ETZ, Heft 11 und 12 von 1927
ge aus dem Geschäftsberichte für
n wir folgendes. Die Mitglieder-
18 i. J. 1924 auf 413 i. J. 1925
1925 gesunken, die Zahl der bei den
rmen beschäftigten Arbeiter von fast
uf 194 000 i. J. 1926. Die Tätigkeit des
den verschiedenen Gebieten überaus
e Gültigkeit der allgemeinen Liefer-
ich seit ihrem Inkrafttreten i. J. 1921
haben, konnte durch Verträge mit
lehmerverbänden erweitert werden,
anlagen, Umformer und Transforma-
ndere technische Bedingungen fertig-
der Verband an den Arbeiten zur
ler behördlichen Lieferbedingungen in
igt. Von den Fachgruppen hat mit
daß die jeweils interessierenden
usschüssen behandelt wurden, nur die
ne rege Tätigkeit entfaltet. Zunächst
925 die vollständige Aufhebung aller
betreffend die Herstellung und den
geräten und Apparaten erreicht wer-
rde im gleichen Jahre auch die Frei-
ks im besetzten Gebiet erwirkt. Die
l die überaus große Zahl der Händler
ie wirtschaftlichen Verhältnisse der
ehr schwierig, bis es im Juli 1925 zu
n kam. Besondere Aufmerksamkeit
g zugewendet, sowie den Fragen des
en Sonderstudium im Dezember 1925
diengesellschaft für Rundfunk ge-
e Entwicklung des Rundfunks selbst
land sehr lebhaft gewesen. Die Zahl
g von 549 000 zu Ende 1924 auf über
5 und auf 1·26 Mill. am 1. September
breitung des Rundfunks sorgen der-
9 Zwischensender. Alle Sendegesell-
er Reichs-Rundfunk-Gesellschaft zu-
. Der Fachgruppe gehören 63 Firmen
en 6470 Arbeitern an. Der Verband
weiters mit verschiedenen Rechts-
den Lieferungsbedingungen und dem
i den Reparationslieferungen und mit
ungs- und Messewesen, wobei haupt-
eine Beschränkung der Beteiligung
ungen und Messen hingearbeitet
laß heute die maßgebenden Firmen
nur mehr die Leipziger Messe, die
Automobilausstellung in Berlin und die große
Funkausstellung beschicken. Die wichtigsten und
auch in vielen Belangen erfolgreichen Arbeiten
des Verbandes liegen auf dem Gebiete des
Außenhandels. Es sind dies die Bestrebungen zur
Verringerung der Zollsätze für elektrotechnische
Erzeugnisse in jenen Staaten, die mit Deutschland
in Handelsbeziehungen stehen und zur Erhöhung
der deutschen Sätze. (Bezüglich der Einzelheiten,
sowie der Verträge und Vertragsverhandlungen
mit den anderen Staaten muß auf den Geschäfts-
bericht selbst und die darin enthaltenen ausführ-
lichen Zusammenstellungen verwiesen werden.)
Umfassend war auch die Tätigkeit der Normen-
stelle, die mit dem VDE und dem Deutschen
Normenausschuß zusammenarbeitet. Die Zahl der
endgültigen Normblätter stieg von 38 am 1. Mai
1924 auf 171 am 30. September 1926. Über die
Bedeutung der deutschen elektrotechnischen In-
dustrie geben die dem Berichte angeschlossenen
statistischen Zusammenstellungen Aufschluß, denen
wir Nachstehendes entnehmen: Der Gesamt-
wert der Deutschen Elektroausfuhr betrug in den
Jahren 1924, 1925 und 1926 (errechnet auf Grund

Walzwerke, Gießereien und Schmelzhütten	1355013	—	445365	475850
Schmiedeeisen- und Stahlrohrerzeugung	25562	—	16836	71458
Weißblecherzeugung	101515	—	10003	4991
Baumwollindustrie	1400000 (1240000[1])	169512 (32074)	128506	176959
Schuhindustrie	30144 (19890)	—	3401	32519
Gummiindustrie	49958 (27440)	—	36747	56238
Farben-, Anstrich- und Firnisindustrie	14030	3006 (512)	2863	23568
Mühlenindustrie	143111 (155272)	—	13437	55084
Zuckerindustrie	35371 (13618)	18004 (4205)	30994	3489
Spirituserzeugung	12685	5041 (503)	6106	3022
Tabakindustrie	7013	—	2279	9485

[1]) Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Jahr 1907.

Digitized by Google

der Zahlen für die ersten 10 Monate) 324, 350 und 375 Mill. Mk. Etwa 1/6 davon entfällt auf Installationsmaterial, 18·5 vH auf Kabel und isolierte Leitungen und 15 vH auf Maschinen einschließlich Transformatoren (für 1926). Zu den Hauptausfuhrländern (mit mehr als 10 Mill. Mk. i. J. 1926) zählen Dänemark, Großbritannien, Italien, Niederlande (39 Mill.), Österreich (15 Mill.), Polen, Rußland, Schweden, Schweiz, Tschechoslowakei (13·5 Mill.) Japan und Argentinien.

Die Entwicklung der Aluminiumerzeugung und Verarbeitung. Seit der ersten Herstellung von Reinaluminium durch Friedrich Wöhler sind 100 Jahre vergangen und aus diesem Anlasse hat die „Zeitschrift für Metallkunde" ihr erstes Heft des heurigen Jahrganges ausschließlich dem heute für die Technik unentbehrlichen Metall gewidmet. Diesem Hefte sind auch die nachstehenden Angaben entnommen: Von der ersten fabriksmäßigen Erzeugung durch Deville im Jahre 1854 bis zum Jahre 1888 stieg die Jahreserzeugung auf der ganzen Erde von 25 auf 39 000 kg, der Preis, der anfangs über 1000 Mk/kg betragen hatte, sank auf 56 Mk. In die zweite Hälfte der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts fallen die Arbeiten zur Gewinnung von Aluminium auf elektrischen Wege, an welchen Arbeiten auch die damalige Deutsche Edisongesellschaft (jetzt AEG) großen Anteil hatte. Diese Arbeiten führten bald zur Gründung der Aluminium-Industrie Neuhausen A.-G. und damit begann die sprunghafte Zunahme der Erzeugung und das starke Fallen des Preises. Hierüber gibt die folgende Zahlentafel Aufschluß.

Jahr	Welterzeugung t	Preis M/kg	Jahr	Welterzeugung t	Preis M/kg	Jahr	Welterzeugung t	Preis M/kg
1888	39	56·00	1901	7 810	2·00	1914	69 500	1·65
1889	71	40·00	902	8 111	2·45	1915	65 300	2·80
1890	175	15·20	1903	8 200	2·30	1916	94 000	2·50
1891	333	10—5	1904	9 300	2·35	1917	120 300	2·10
1892	487	5·00	1915	11 500	3·50	1918	134 900	2·35
1893	716	5·00	1906	14 500	3·50	1919	132 500	3·25
1894	1240	4·00	1907	19 800	3·50	1920	133 400	2·40
1895	1427	3·00	1908	18 600	1·75	1921	74 900	1·70
1896	1790	2 60	1909	31 200	1·35	1922	96 300	1·65
1897	3394	2·50	1910	43 800	1·45	1923	140 700	2·36
1898	4035	2·20	1911	46 700	1·20	1924	168 900	2·24
1899	6098	2·20	1912	62 600	1·50	1925	180 000	2·37
1900	7810	2·00	1913	63 200	1·70			

Welterzeugung an Aluminium in den Jahren 1888 bis 1925.

Für 1926 rechnet man mit 200 000 t Erzeugung[1]). Die Aluminiumherstellung liegt in den Händen weniger großer Firmen, in den V. St. A. sind es die Aluminium Company of America, in Frankreich die L'Aluminium français, in England die British Aluminium Comp., in der Schweiz die schon genannte Aluminium A.-G. Neuhausen. Letzterer gehörte auch das einzige deutsche Werk in Rheinfelden mit etwa 800 t Jahreserzeugung, das vor dem Krieg bestand. Im Krieg wurden zunächst drei Werke von zusammen 9000 bis 12 000 t Jahresleistung errichtet, von welchen heute nur mehr das Werk Bitterfeld der Aluminiumwerke G. m. b. H. in Betrieb ist. Hiezu kamen noch 1917 das Erftwerk und das Lautawerk der Ver. Al.-Werke A.-G. mit je 12 000 t Jahreserzeugung und 1925 die im Anschlusse an das Innwerk in Tögging[2]) gebaute Aluminiumfabrik des gleichen Unternehmens. Die gesamte Leistungsfähigkeit der vier großen deutschen Aluminiumwerke beträgt über 30 000 t jährlich, die tatsächliche Erzeugung im Jahre 1926 wird auf rund 28 000 t geschätzt. Hiezu kommt noch die Einfuhr von etwa 6000 t Rohaluminium und Legierungen. Dem steht eine Ausfuhr (für 1925) von 4336 t Rohaluminium, 3276 t Halbzeug und 4098 t Fertigwaren einschließlich Blattaluminium gegenüber. (Für die ersten zehn Monate 1926 sind die entsprechenden Ziffern 11 452, 3404, 3431 t, 7849 t Rohaluminium gingen nach den V. St. A..) Der Jahresverbrauch wird auf 34 000 t geschätzt, davon entfallen etwa 2400 t auf die elektrotechnische Industrie, 2000 t auf den Maschinen- und Apparatebau. Im Hinblick auf die umfangreiche Verlegung von Aluminiumseilen (vorwiegend Stahlaluminiumseilen) in den V. St. A. im Jahre 1925 rechnet man auch in Deutschland mit stark zunehmendem Verbrauch in der Elektrotechnik. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 9, S. 179.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 525.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	2. V. 1927	4. V. 1927	6. V. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125¼	125¼	125¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	55-56	55-56	55-56
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	110—115	110—115	110—115

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 6. Mai 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	5	0	61	15	0
Wire bars	61	15	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	54	18	9	55	0	0
Standard { 3 Monate .	55	8	9	55	10	0
Zinn:						
Engl. ingots	294	10	0	295	0	0
Standard { Kassa . .	297	5	0	297	10	0
Standard { 3 Monate .	288	0	0	288	5	6
Blei:						
Engl. pig common . .	27	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	29	10	0	29	13	9
Remelted	30	10	0	—	—	—
English Swansea . .	30	0	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Nominal.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 22. Mai 1927 | Heft 21

INHALT: *Graphoanalytische Untersuchungsmethoden für asynchrone Drehstrommaschinen in mehrfacher Kaskadenschaltung. Von V. Kassjanoff, Leningrad. S. 417. / Der Stromwandler im Anodenkreis von Gleichrichtern. Von Heinrich Jungmichl. S. 423.*

RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 425. / Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 427. / Elektrische Meßkunde. S. 427. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 429. / Baustoffe. S. 430. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 430. / Elektrizität in der Landwirtschaft. S. 431.

PATENTBERICHT. S. 432.

LITERATURBERICHTE. S. 434.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 435.

Graphoanalytische Untersuchungsmethoden für asynchrone Drehstrommaschinen in mehrfacher Kaskadenschaltung.

Von V. **Kassjanoff**, Leningrad.

(Mitteilung aus dem Elektrotechnischen Institut in Leningrad.)

Übersicht: Es werden Methoden zur Untersuchung von Mehrfach-Kaskaden auf Grund von Ersatzschemas, Vektordiagrammen und anderen erörtert. Diese Untersuchungsmethoden erlauben, zum Teil auf rechnerischem, zum Teil auf graphischem Wege, die Arbeitscharakteristiken solcher Kaskaden zu erhalten. Hierauf werden die Ergebnisse der experimentellen Prüfung der beschriebenen Untersuchungsmethoden dargelegt. Zum Schlusse werden die Charakteristiken eines Kaskadensatzes aus vier Maschinen wiedergegeben und es wird die praktische Verwendungsmöglichkeit von Mehrfach-Kaskaden und anderen besprochen.

In meinem Aufsatz „Mehrfache Kaskadenschaltung von asynchronen Drehstrommaschinen"[1]) wurden die Kaskadenschaltungen lediglich mit bezug auf die sich für diese Schaltungen ergebenden Geschwindigkeitsstufen ohne Berücksichtigung der Energieverluste betrachtet. Zur Beurteilung der praktischen Anwendungsmöglichkeit von Mehrfachkaskaden ist es jedoch notwendig, die Wirkung dieser Energieverluste in Betracht zu ziehen und Arbeitscharakteristiken der Kaskaden, das ist die graphisch dargestellten Beziehungen zwischen Leistung, Strom, Wirkungsgrad, Leistungsfaktor und Umlaufszahl pro Minute des Kaskadensatzes zu erhalten.

In diesem Aufsatz wird der Versuch gemacht, den Weg zur Lösung dieser Aufgabe zu weisen und die Möglichkeit und Zweckmäßigkeit der praktischen Anwendung von mehrfachen Kaskaden zu betrachten.

Die mehrfachen Kaskadenschaltungen von Drehstrommotoren sind, so weit uns bekannt ist, bis jetzt in der Literatur noch nicht untersucht worden; in der Praxis, welche in diesem Falle der Theorie voreilt, werden immerhin schon Versuche gemacht die Schaltungen für die elektrische Zuglokomotive anzuwenden;[2]) es erscheint deshalb die theoretische Erforschung des Problems der mehrfachen Kaskaden als zeitgemäß und hat Anspruch auf ein reelles praktisches Interesse.

I. Ersatzschemas und die Stromdiagramme der mehrfachen Kaskaden.

Die Untersuchung von mehrfachen Kaskaden wird am zweckmäßigsten auf graphoanalytischem Wege auf Grund von Ersatzschemas vorgenommen. Es fällt nicht schwer, diese zu erhalten, wenn man das von F. Arnold[3]) angegebene Ersatzschema für eine Kaskade aus zwei Maschinen weiter entwickelt. Im folgenden wird beispielsweise das Ersatzschema einer dreifachen Kaskade betrachtet.

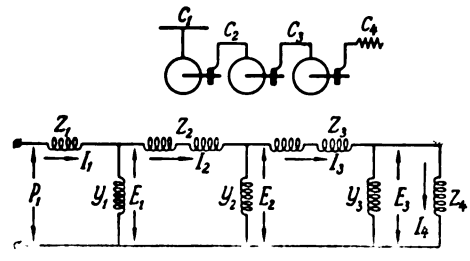


Abb. 1. Kaskade aus drei Maschinen und das entsprechende Ersatzschema.

Auf Grund dieses Beispiels bereitet es dann keine Schwierigkeit, ein analoges Schema für eine Kas-

[1]) E. u. M. 1926, S. 889 ff; desgleichen in der russischen Zeitschrift „Elektritschestwo" 1926, Nr. 2.

[2]) In dem Aufsatz von Ing. L. von Verebély „Die Phasenumformerlokomotive für 50 periodigen Wechselstrom der Königl. Ungarischen Staatsbahnen", E. u. M. 1925, Nr. 7, ist darauf hingewiesen, daß in der dort beschriebenen elektrischen Lokomotive für die ersten Geschwindigkeitsstufen eine vierfache Kaskade verwendet wird.

[3]) E. Arnold. Wechselstromtechnik. Bd. V, Seite 491.

Digitized by Google

kade, aus einer beliebigen Anzahl von Maschinen bestehend, aufzustellen.

Bei der Bildung des Schemas wird die übliche Annahme hinsichtlich der Unveränderlichkeit der Erregersusceptanz (des Blindleitwertes der Erregung) von Drehstrommaschinen bei Änderung des magnetischen Flusses gemacht, doch soll die Änderung der Erregerkonduktanz (des Wirkleitwertes der Erregung) bei Frequenzänderung in Betracht gezogen werden.

Das Ersatzschema einer dreifachen Kaskade zeigt Abb. 1.

Es gelten folgende Bezeichnungen:

P_1 Phasenspannung des Netzes;

c_1 Netzfrequenz;

E_1, E_2, E_3 EMKe des Stators und Rotors der ersten bzw. der zweiten und dritten Maschine, die auf den Stator der ersten Maschine und die Netzfrequenz reduziert worden sind.

$Z_1 = r_1 + j x_1$ Impedanz (Scheinwiderstand) einer Phasenwicklung des Stators der ersten Maschine (es wird Sternschaltung vorausgesetzt).

$$Z_2 = (r_1' + r_2)\frac{c_1}{c_2} + j(x_1' + x_2) = \frac{r_1' + r_2}{s_1} + j(x_1' + x_2)$$

Impedanz (Scheinwiderstand) einer Phasenwicklung des Rotors der ersten und des Stators der zweiten Maschine, die auf den Stator der ersten Maschine und die Netzfreuenz reduziert worden ist.[4]) Die sich auf den Rotor irgend einer Maschine beziehenden Konstanten werden zwecks Unterscheidung von den Statorkonstanten durch einen Strich oben (zum Beispiel r_1') gekennzeichnet.

$$Z_3 = (r_2' + r_3)\frac{c_1}{c_3} + j(x_2' + x_3) = \frac{r_2' + r_3}{s_1 s_2} + j(x_2' + x_3)$$

reduzierte Impedanz des Rotors der zweiten und des Stators der dritten Maschine.

$$Z_4 = r_3'\frac{c_1}{c_4} + j x_3' = \frac{r_3'}{s_1 s_2 s_3} + j x_3'$$

reduzierte Impedanz der Rotors der dritten Maschine.[5])

Hinsichtlich der Erregerkonduktanzen (Wirkleitwerte der Erregung) ist folgendes zu bemerken: da das aktive Eisen der die Kaskade bildenden Maschinen bei verschiedenen Freuenzen, also auch mit verschiedenen Energieverlusten, arbeitet, so erscheint die reduzierte Erregerkonduktanz irgend einer Maschine (zum Beispiel der zweiten) als eine Funktion der Frequenz.

$$g_2' = g_2\left[\alpha\frac{c_2}{c_1} + \beta\left(\frac{c_2}{c_1}\right)^2\right] = g_2(\alpha s_1 + \beta s_1^2) \quad (1).$$

Hierin ist g_2 die Erregerkonduktanz bei der Netzfrequenz; αs_1 entspricht den Hysteresisverlusten, welche der Frequenz, folglich auch dem Schlupf proportional sind, und βs_1^2 den dem Quadrat der Frequenz proportionalen Wirbelstromverlusten, wobei α und β gewisse Koeffizienten darstellen.

Da die Wirbelstromverluste verhältnismäßig gering und die Schlupfgrößen s_1, s_2 usw. gewöhnlich kleiner als 1 sind, so kann man die Größe βs^2 vernachlässigen, das heißt, es sollen nur die Hysteresisverluste berücksichtigt werden. Dann kann man schreiben:

$$g_2' = g_2 \cdot s_1,$$
$$g_3' = g_3 \cdot s_1 \cdot s_2,$$
$$g_4' = g_4 \cdot s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \text{ usw.}$$

Streng genommen müßte auch der Umstand berücksichtigt werden, daß das aktive Eisen des Stators einerseits und des Rotors andererseits irgend einer Maschine bei von einander verschiedenen Frequenzen und folglich auch mit verschiedenen Energieverlusten arbeitet. Es wäre deshalb richtiger zu schreiben:

$$Y_1 = (g_{1\,stat.} + s_1 g_{1\,rot.}) - j b_1,$$
$$Y_2 = s_1 (g_{2\,stat.} + s_2 g_{2\,rot.}) - j b_2 \text{ usw.} \quad (2).$$

Dementsprechend müßten im Ersatzschema, Abb. 1, an Stelle jeder der Admittanzen (Scheinleitwerte) Y_1, Y_2 zwei einzelne Admittanzen (Scheinleitwerte) eingesetzt werden. Um jedoch die Aufgabe nicht zu komplizieren, soll diese kleine Berichtigung vernachlässigt werden.

Hat man das Ersatzschema aufgestellt, so wird die Untersuchung der Wirkungsweise der Kaskade auf die Untersuchung der Arbeit eines Wechselstromkreises laut Abb. 1 zurückgeführt; diese Untersuchung kann nach verschiedenen Methoden vorgenommen werden; hier sollen nur zwei Hauptverfahren angegeben werden.

Erstes Verfahren. Auf Grund der allgemeinen Formeln[6]) findet man für eine Reihe von Umlaufzahlen n des Kaskadensatzes die entsprechenden Schlupfe s_1, s_2, s_3 usw. nach Größe und Vorzeichen oder auch die Frequenzen c_2, c_3, c_4 usw., da

$$s_1 = \frac{c_2}{c_1}; \quad s_1 s_2 = \frac{c_3}{c_1}; \quad s_1 s_2 s_3 = \frac{c_4}{c_1} \text{ usw.}$$

Dann berechnet man die reduzierten Impedanzen Z_2, Z_3, Z_4 usw. und die reduzierten Erregeradmittanzen $Y_2, Y_3 \ldots$ und trägt diese Größen in eine besondere Tabelle ein, um System in die Berechnungsarbeit hineinzubringen.

Daraufhin wird für jeden Wert von n die volle Admittanz des Stromkreises, Abb. 1, bestimmt, wobei man im Schema von rechts nach links fortschreitet und alle dort angegebenen Admittanzen und Impedanzen zu einer Gesamtadmittanz zusammenzieht. Dieses kann entweder auf analytischem oder graphischem Wege ausgeführt werden: das letztere Verfahren ist viel einfacher und führt rascher zum Ziele. Doch verweilen wir wegen der

[4]) Hinsichtlich dieser Reduzierung s. E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. V, Seite 485 u. 527.

[5]) Über die Bestimmung der Frequenzen c und der Schlupfgrößen s, siehe den vorher erwähnten Aufsatz des Verfassers.

[6]) Vgl. den früher erwähnten Aufsatz des Verf.

Digitized by Google

elementaren Einfachheit dieser Berechnungen nicht weiter hierbei.[7])

Hat man somit auf irgendeine Weise die volle Admittanz des Ersatzschemas für eine Reihe von n gefunden, so bestimmt man unter Anwendung des Ohmschen Satzes nach Größe und Phase den Strom, der dem Netz entnommen wird, somit also auch den cos φ und die aus dem Netz gelieferte Leistung.

Auf Grund dieser Ergebnisse kann man punktweise das Stromdiagramm der Kaskade und die Kurven $I = f_1(n)$, $\cos\varphi = f_2(n)$ und L_N (Netzleistung) $= f_3(n)$ aufzeichnen.

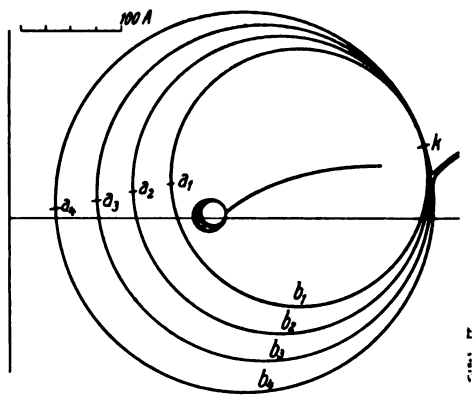


Abb. 2. Stromdiagramm einer Kaskade aus vier Maschinen.

Solche Kurven und Stromdiagramme, die nach dem beschriebenen Verfahren für einen Kaskadensatz aus vier gleichen Maschinen bestimmt worden sind, geben die Abb. 2 und 3 wieder.

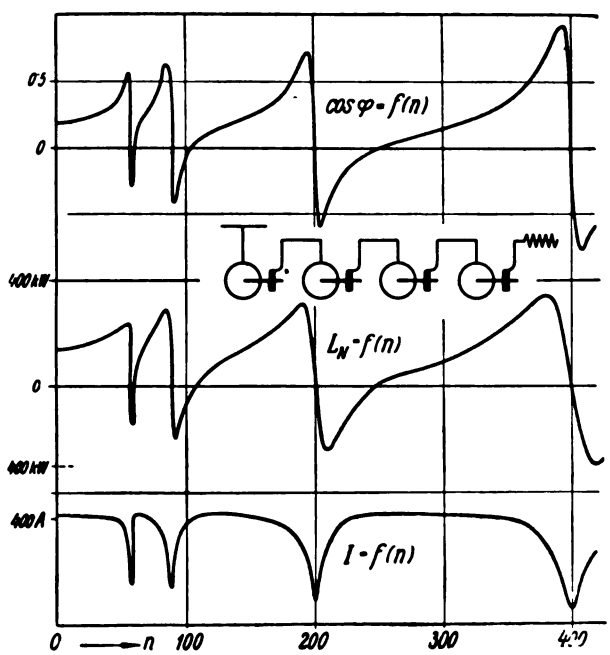


Abb. 3. Kaskade aus vier Maschinen und einige dazugehörige Charakteristiken.

[7]) E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. V, S. 79—83.

Die Maschinenkonstanten und andere Daten für diese Kaskade sind in den Tafeln II und III enthalten.

Das Stromdiagramm stellt ein kontinuierliche Kurve dar, die aus vier sich in nahe beieinander liegenden Punkten schneidenden Schleifen und einem besonderen nadelförmigen Ansatz, dem „Schweif", welcher fast zu einer einzigen Linie zusammenfließt und in der Abbildung nicht Platz gefunden hat, besteht; dieser „Schweif" ist in kleinerem Maßstabe innerhalb desselben Diagrammes dargestellt.

Der Weg, den das Ende des Stromvektors bei Änderung der Umlaufzahl des Maschinensatzes von Null bis zur synchronen Drehzahl der ersten Maschine beschreibt, ist folgender: Punkt k (entsprechend dem Kurzschluß der Kaskade) und weiter die Punkte a_1, b_1, k, a_2, b_2, k, a_3, b_3, k, a_4. Beim weiteren Wachsen der Umlaufzahl durchläuft das Ende des Stromvektors den Punkt b_4 und bei unendlich großer Geschwindigkeit entfernt es sich längs des rechten Endes des „Schweifes", welcher den Schlupfgrößen $\pm\infty$ entspricht. Greift man zum Ersatzschema, Abb. 1, zurück, so sieht man tatsächlich, daß bei sehr großem Schlupfe die Erregeradmittanzen

$$Y_2 = g_2 \cdot s_1 - j b_2,$$
$$Y_3 = g_3 \cdot s_1 \cdot s_2 - j b_3 \text{ usw.},$$

infolge der hohen Frequenzen und großen Eisenverluste in allen hinter der ersten folgenden Maschinen, sehr hohe Werte annehmen können. Als Grenzwert bei $n = \pm\infty$ oder $s_1 = \pm\infty$ wird Y_2 auch gleich ∞ und der Strom, den die Kaskade dem Netz entnimmt, wird

$$I = \frac{P_1}{Z_1 + \dfrac{1}{Y_1 + \dfrac{1}{Z_2}}} \quad \ldots\ldots (3).$$

Führt man jedoch für die Eisenverluste im Rotor die von uns vernachlässigte Berichtigung (vgl. Seite 418) ein, so erhält man

$$I = \frac{P_1}{Z_1},$$

da in diesem Falle $c_2 = \infty$, somit also auch $s_1 g_{1\,\mathrm{rot}}$ gleich ∞ ist.[8])

Die Punkte a_1, a_2, a_3, a_4 entsprechen denjenigen Umlaufszahlen, bei welchen die Frequenzen im Rotor der vierten, bzw. der dritten, zweiten und ersten Maschine gleich Null wird. In solchen Fällen steht die Sache so, als ob alle Maschinen, die sich hinter derjenigen, in deren Rotor die Frequenz gleich Null ist, befinden, aus der Kaskade herausgefallen wären; sie haben ihre Erregung verloren und verbrauchen keinen Magnetisierungsstrom. Das ist aus der Kurve $I = f_1(n)$, Abb. 3,

[8]) Das Vorhandensein eines ähnlichen „Schweifes" im Kreisdiagramm des asynchronen Motors soll in einer besonderen Veröffentlichung erörtert werden. Es sei hier bemerkt, daß dieser „Schweif" auch dann zutage tritt, wenn man die Hysteresisverluste vernachlässigt, jedoch die Wirbelstromverluste berücksichtigt, wie dies aus den Gleichungen (1), (2) und (3) folgt.

Digitized by Google

deutlich zu ersehen; hier entsprechen den Punkten a_1, a_2, a_3 und a_4 tiefe Einsenkungen der Stromkurve.

Aus dem Stromdiagramm, desgleichen aus den Kurven $\cos\varphi = f_2(n)$ und $L_N = f_3(n)$ ist zu ersehen, daß, wenn sich die Umlaufszahl der Kaskade von 0 bis $+\infty$ ändert, die Kaskade durch vier Arbeitsgebiete, wo sie als Motor wirkt, und durch vier Arbeitsgebiete, wo sie als Generator wirkt, hindurchgeht, wobei die einzelnen Arbeitsgebiete voneinander durch unstabile Betriebszustände getrennt sind. Von diesen Arbeitsgebieten besitzen praktisches Interesse nur der Motor- und Generatorbetrieb um den Punkt a_1 der inneren Schleife des Stromdiagramms herum, denn es hat ja keinen Sinn, die Kaskade zum Beispiel um den Punkt a_4 herum mit einer dem Synchronismus der ersten Maschine naheliegenden Umlaufsgeschwindigkeit arbeiten zu lassen, wenn im Rotorkreis dieser Maschine ein Zusatzwiderstand in Form der drei nachfolgenden Maschinen eingeschaltet ist; in diesem Falle ist es besser, die Schleifringe der ersten Maschine kurzzuschließen, um von ihr eine größere Leistung bei besserem Leistungsfaktor zu erhalten.

Bei guten Maschinenkonstanten, wie in vorliegendem Falle, nähern sich die Schleifen des Stromdiagrammes der Kreisform. Das ist aus

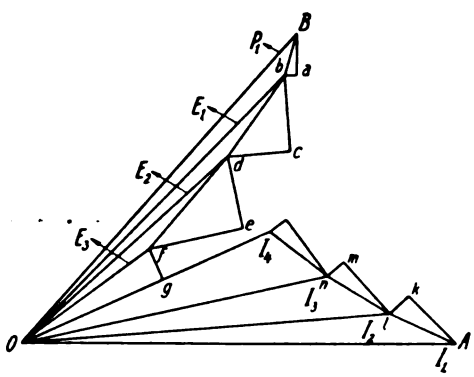


Abb. 4. Das Vektordiagramm des Ersatzschemas nach Abb. 1.

folgendem zu ersehen: man stelle sich vor, daß die Wirkkomponenten der Impedanzen Z_2 und Z_3 und Admittanzen Y_2 und Y_3 im Schema der Abb. 1 gleich Null oder so gering sind, daß sie vernachlässigt werden können; dann verbleibt im Ersatzschema nur eine variable Größe, nämlich Z_4, und das Stromdiagramm verwandelt sich in einen vollkommenen Kreis. Je schlechter dagegen die Maschinenkonstanten sind, desto mehr werden die Schleifen des Stromdiagrammes verzerrt, indem sie sich von der Kreisform entfernen, da in diesem Falle im Ersatzschema mehrere variable Größen vorhanden sein werden.

Zwecks Bestimmung der Energieverluste, des Wrikungsgrades, der Nutzleistung und des Drehmomentes der einzelnen Maschinen und ferner der gesamten Kaskade konstruiert man das Vektordiagramm auf Grund des Ersatzschemas.

Auf der Ausgangshorizontalen (Abb. 4) trägt man den Vektor $\overline{OA}$ des auf oben angegebene Weise gefundenen Stromes I_1, welcher irgend einer bestimmten Umlaufszahl entspricht, ab und nach Abtragung des diesem Strome entsprechenden Winkels φ konstruiert man den Vektor $\overline{OB}$ der Primärspannung P_1; hierauf wird vektoriell der Spannungsabfall im Stator der ersten Maschine abgezogen, indem man $\overline{Ba} = I_1 . x_1$ senkrecht zu I_1 und $\overline{ab} = I_1 . r_1$ parallel zu I_1 abträgt. Solchermaßen wird der Vektor $\overline{Ob}$ der EMK E_1 (des Stators der ersten Maschine) bestimmt. Um den Rotorstrom der ersten Maschine (folglich auch den Statorstrom der zweiten) zu erhalten, muß vom Strome I_1 der entsprechende Magnetisierungsstrom abgezogen werden; zu diesem Zwecke wird vom Ende des Vektors I_1 die Länge $\overline{Ak} = E_1 . b_1$ senkrecht zu E_1 und die Länge $\overline{kl} = E_1 . g_1$ parallel zu E_1 abgetragen; man erhält den Vektor $\overline{Ol}$ des Stromes I_2.

Ist nun der Strom I_2 bekannt, so kann man ähnlich dem Vorhergesagten den Spannungsabfall (reduziert auf die primäre Frequenz) im Rotor der ersten und im Stator der zweiten Maschine bestimmen. Diese Spannungsabfälle sind:

$$\overline{bc} = I_2 (x_1' + x_2) \text{ und } \overline{cd} = I_2 \left(\frac{r_1' + r_2}{S_1}\right).$$

Nachdem man die reduzierte EMK E_2 der zweiten Maschine gefunden hat, wird der ihr entsprechende Magnetisierungsstrom bestimmt; subtrahiert man letzteren vom Strome I_2, so hat man den Strom I_3 im Rotor der zweiten, bzw. im Stator der dritten Maschine erhalten.

Indem man diese geometrischen Konstruktionen fortsetzt, bestimmt man alle Stromgrößen und die auf Netzfrequenz reduzierten EMKe sämtlicher Maschinen der Kaskade, wie dies in Abb. 4 für eine dreifache Kaskade geschehen ist. Wird die Kenntnis der tatsächlichen EMKe im Stator und Rotor der Maschinen gewünscht, so sind die gefundenen Größen E_1, E_2, E_3 usw. mit dem Verhältnisquotienten der Frequenzen zu multiplizieren:

$$E_{1\,\text{stat.}} = E_1;$$

$$E_{1\,\text{rot.}} = E_1 \frac{c_2}{c_1} = E_1 S_1;$$

$$E_{2\,\text{stat.}} = E_2 \frac{c_2}{c_1} = E_2 S_1;$$

$$E_{2\,\text{rot.}} = E_2 \frac{c_3}{c_1} = E_2 S_1 S_2 \text{ usw.}$$

Auf diese Weise werden die Stromgrößen und EMKe sämtlicher Maschinen der Kaskade bei der gewählten Umlaufszahl gefunden. Die Phasenverschiebungen zwischen ihnen werden unmittelbar dem Vektordiagramm entnommen. Es genügt, all diese Werte zu kennen, um die Eisen- und Kupferverluste, die Nutzleistungen, Drehmomente, Wirkungsgrade, $\cos\varphi$ und andere für jede einzelne Maschine und folglich auch für die Kaskade im ganzen bestimmen zu können.

Digitized by Google

Die Eisenverluste sind gleich:

$$W_{1Fe} = E_1^2 g_1;$$
$$W_{2Fe} = E_2^2 g_2 s_1;$$
$$W_{3Fe} = E_3^2 g_3 s_1 s_2 \text{ usw.}$$

Die Kupferverluste sind:

$$W_{1Cu} = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_1';$$
$$W_{2Cu} = I_2^2 r_2 + I_3^2 r_2' \text{ usw.}$$

Die volle Nutzleistung einer Phase der ersten Maschine ist

$$L_1 = E_1 . I_2 \cos(E_1, I_2);$$

und ihre mechanische Nutzleistung

$$L_{m1} = L_1 (1 - s_1);$$

Wird die mechanische Leistung durch die uns bekannte Winkelgeschwindigkeit der Maschine dividiert, so erhält man das nützliche Drehmoment:

$$M_1 = \frac{L_{m1} . (1 - s_1)}{\omega_1} \quad \ldots\ldots (a).$$

Das beschriebene Berechnungsverfahren ist auch für das Bestimmen der Anlaufcharakteristiken der Kaskade, wenn in dem Rotorkreis der letzten Maschine ein beliebiger Widerstand eingeschaltet ist, anwendbar; doch müssen die Anlaufdrehmomente in diesem Falle anders bestimmt werden, da der Ausdruck (*a*) bei $s_1 = 0$ und $n_1 = 0$ zu einer Unbestimmtheit führt.

Der allgemeine Ausdruck für das Drehmoment eines asynchronen Motors lautet wie folgt:

$$M_1 = A . I_2 \Phi \cos(I_2, E_1) = B . I_2 E_1 \cos(I_2, E_1) \quad (b).$$

Setzt man die Ausdrücke (*a*) und (*b*) für irgendeinen Schlupf s_1, der sich von eins unterscheidet, einander gleich, so kann man daraus die Konstante *B* berechnen und zur Bestimmung des Drehmomentes bei beliebigem Schlupfe dient nun die Gleichung (*b*). Auf ähnliche Weise werden die Drehmomente der übrigen Maschinen der Kaskade gefunden.

Das dargelegte Verfahren zur Bestimmung der Arbeitscharakteristiken von Kaskaden ist das allgemeinste und auf die Untersuchung der Kaskaden bei beliebiger Umlaufzahl anwendbar, erfordert jedoch ziemlich viel zahlenmäßige und graphische Berechnungsarbeit, um zu den gesuchten Resultaten zu gelangen.

Für praktische Zwecke besteht keine Notwendigkeit die Kaskade in solch weiten Geschwindigkeitsgrenzen, wie es in den Abb. 2 und 3 geschehen ist zu untersuchen; es genügt vielmehr vollkommen, für das normale Arbeitsgebiet, das ist einen kleinen Teil des Stromdiagrammes um den Punkt a_1 (Abb. 2) herum, wo der Strom der Kaskade die zulässigen Grenzwerte nicht überschreitet, die Charakteristiken bestimmen zu können. In diesem Falle erfährt die Aufgabe eine bedeutende Vereinfachung und zu ihrer Lösung kann folgendes angenäherte, für praktische Zwecke jedoch genügend genaue Verfahren angewendet werden.

Zweites Verfahren: Der normalen Arbeit eines asynchronen Motors, besonders eines solchen großer Leistung, entspricht die Schlupfänderung in Grenzen bis 2 bis 2·5 vH und sogar weniger. Bestimmt man auf Grund der allgemeinen Formeln[9]) die Schlupfgrößen s_1 und s_2, welche dem Schlupfe der letzten (dritten) Maschine in den Grenzen von $s_3 = 0$ bis $s_3 = 2$ bis 3 vH entsprechen, und vergleicht sie untereinander, so überzeugt man sich, daß s_1 und s_2 sich nur sehr wenig — um 1 bis 1·5 vH — ändern. Zieht man nun in Betracht, daß diese geringen Schwankungen ihrerseits die Änderung gleichfalls sehr kleiner Größen

$$\frac{r_1' + r_2}{s_1} \text{ usw. und } g_2 s_1 \text{ usw.}$$

beeinflussen, so kann man ihre Schwankungen vernachlässigen und s_1 und s_2 als konstant annehmen. Dann verbleibt im Ersatzschema nur eine variable Größe, nämlich Z_4 und das Stromdiagramm verwandelt sich in einen Kreis.

Dieser Kreis kann auf graphischem Wege durch eine Reihe von Inversionen bestimmt werden, indem man zur variablen Impedanz Z_4 alle übrigen konstanten Impedanzen und Admittanzen des Ersatzschemas graphisch addiert nach Art der Konstruktion des Kreisdiagramms eines gewöhnlichen asynchronen Motors,[10]) oder auch indem man folgende Methode benützt:

Es wird in bezug auf die konstanten Größen des Ersatzschemas so oftmal als nötig die Transfiguration aus der Sternschaltung der Impedanzen in ihre äquivalente Dreieckschaltung (Abb. 5 *a*, *b*,

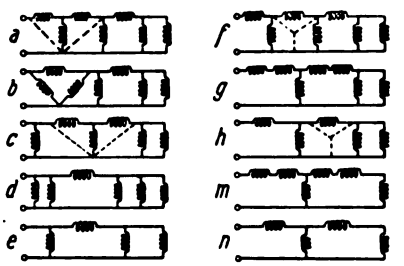


Abb. 5. Transfiguration des Ersatzschemas einer Kaskade aus drei Maschinen in ein vereinfachtes Schema.

c, *d*, *e*) oder umgekehrt die Transfiguration aus der Dreieckschaltung in die äquivalente Sternschaltung (Abb. 5 *f*, *k*, *l*, *m*, *n*) angewandt. Diese Operation kann entweder analytisch oder graphisch vollführt werden.[11]) Man erhält entweder das Schema, Abb. 5 *n*, welches das übliche Ersatzschema eines asynchronen Motors darstellt, oder das Schema nach Abb. 5 *e*. Auf Grund jedes dieser Schemas fällt es nicht schwer, das Stromdiagramm zu entwickeln und mit dessen Hilfe die Arbeit der Kaskade zu erforschen. Doch muß man im Auge behalten, daß das so erhaltene Stromdiagramm nur so lange richtig ist, als man die Impedanz- und Admittanz-Schwankungen der Kaskade vernachlässigen kann.

Bei guten Maschinenkonstanten behält ein solches Diagramm seine Richtigkeit für ziemlich weite Arbeitsgebiete der Kaskade. In Abb. 2 zum

[9]) Siehe den früher erwähnten Aufsatz des Verf.
[10]) E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. V, S. 80.
[11]) E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. I, S. 301.

Digitized by Google

Die klare und übersichtliche Darstellung der Probleme, von denen diese Abschnitte handeln, ist für den Studierenden eine erhebliche Erleichterung und der Mangel eines komplizierten mathematischen Apparates ein Vorzug, der dem ganzen Lehrbuche eigen ist.

Chwolson zeigt in seinem Lehrbuche nicht nur den Meister des Stils, sondern den scharfen, logischen Denker und liefert einen treffenden Beweis für die alte Regel: Qui bene distinguit bene docit. Das Lehrbuch bringt eine wirkliche Bereicherung der didaktischen Literatur. Kusminsky.

3476 **Die Sicherungs-Einrichtungen für den Zugsverkehr auf den deutschen Bahnen.** Von H. Möllering, Oberbaurat a. D., Honorarprofessor der Technischen Hochschule Dresden. Mit 376 Abb., 554 Seiten, 25 × 17 cm. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1927. Preis geh. Mk. 32·—, geb. Mk. 35·—.

Das wichtige Gebiet der Sicherungs-Einrichtungen für den Zugsverkehr ist in dem vorliegenden Werke in sehr übersichtlicher Weise dargestellt; das Buch wird dem Studierenden, sowie dem Eisenbahnbetriebsbeamten sehr gute Dienste leisten, da die Einarbeitung in diesen schwierigen Zweig des Eisenbahnwesens ohne einen zuverlässigen Führer erhebliche Mühe macht.

Das Buch bringt außer zahlreichen, sehr klar wiedergegebenen Bauzeichnungen der mechanischen und elektrischen Teile der Signale und Stellwerke sehr viele schematische Darstellungen der Wirkungsweise der mechanischen und elektrischen Einzelteile in ihren vielfachen gegenseitigen Abhängigkeiten; diese Betonung des Grundsätzlichen und Wesentlichen ist für das Studium besonders wertvoll.

Neben den allgemein geltenden Grundanforderungen sind die besonderen Einrichtungen, die sich in Norddeutschland (Preußen), in Sachsen, in Süddeutschland und in Österreich herausgebildet haben, sehr übersichtlich behandelt, wenn auch nicht erschöpfend, da dies den Umfang des Werkes vielleicht verdreifacht hätte; die Beschränkung auf das Wichtigste war durchaus gerechtfertigt und erleichtert das Studium. Für die Leser, die dem Gebiete in allen Einzelheiten nähertreten wollen, ist eine Literaturübersicht am Schlusse des Buches beigefügt; hiezu wäre nur der Wunsch beizufügen, daß der Verfasser in der nächsten Auflage eine größere Anzahl von Zeitschriftenaufsätzen anführen möge, etwa am Schlusse jedes Abschnittes. Dadurch wäre dem Studierenden und dem jungen Ingenieur das gründliche Vertiefen in alle weiteren Fragen sehr erleichtert.

Das Buch behandelt in neun Abschnitten folgende Gebiete: 1. Die Signale und ihre Abhängigkeiten. 2. Die mechanischen Sicherungseinrichtungen. 3. Die Blockeinrichtungen. 4. Die Bahnhofsblockung. 5. Die Streckenblockung. 6. Die Kraftstellwerke. 7. Die Blockeinrichtungen bei Kraftstellwerken. 8. Die selbsttätige Streckenblockung. 9. Die Mittel zur Verhütung des Überfahrens der Haltsignale.

Bei der Durchsicht des Buches fiel es dem Berichterstatter auf, daß das neue preußische Signal für Kreuzungsweichen nicht erwähnt ist (Seite 28); es ist im „Stellwerk" 1916, Seite 153 bis 158 und 1917, Seite 81 bis 85 und Seite 89 bis 94, ausführlich beschrieben.

Für den Elektrotechniker werden sich besonders die auf Seite 151 ff. vorgebrachten Erläuterungen über die vereinfachte Darstellung der Blockschaltungen („Kurzzeichnung") als wertvoll erweisen; als Ergänzung hiezu können auch die beiden Abhandlungen im „Stellwerk" 1916 und 1919 dienen, welche die „Entwicklung des Blockplanes aus der Verschlußtafel und aus dem Schaltplan" behandeln.

Das Werk kann bestens empfohlen werden und verdient auch die Beachtung der Studierenden und Ingenieure in Österreich, da auch die österreichischen Einrichtungen entsprechende Berücksichtigung gefunden haben.

Die Ausstattung des Buches ist durchaus lobenswert; Papier, Druck und Zeichnungen entsprechen allen Anforderungen. Der Preis kann mit Rücksicht auf die zahlreichen Abbildungen als angemessen bezeichnet werden. Prof. Ing. R. Edler.

Eingegangene Druckschriften.

Vereinigung der Elektrizitätswerke, E. V. Verhandlungsbericht der 34. Hauptversammlung in Düsseldorf am 23. bis 25. Juni 1926, 80 Seiten, mit vielen Abbildungen. Preis Mk. 8·—.

Das vorzüglich ausgestattete Heft enthält außer den Vorträgen von Mayer, Matthias, Rühle, Königsheim und Gábor, die an dieser Stelle bereits auszugsweise wiedergegeben wurden[1]), einen Vortrag von van Staveren „Die Bestrebungen zur Verbesserung des Unterrichts in der Elektrizitätslehre auf den Volksschulen in den Niederlanden", sowie die Aussprachen über die gehaltenen Vorträge.

Neue Preislisten.

N. V. Instrumentfabrieken -Handel V. H. P. J. Kipp & Zonen, Delft (Holland).

Präzisions-Wechselstrom-Instrumente zur Messung von Volt, Ampere, Watt, Leistungsfaktoren und dielektrischen Verlusten in Kabeln usw. Es sind dies thermoelektrische Instrumente, enthaltend einen Thermoumformer nach Dr. Moll. Dieser besteht aus einem Heizdraht, belegt mit einer Serie von 50 Thermoelementen. Nach der Wattmeter-Schaltung von H. W. L. Brückman sind zwei Heizdrähte parallel dem Spannungskreis und gleichzeitig in Reihe in den Stromkreis geschaltet. Meßbereich 30, 150, 300, 450, 600 V; der Thermoumformer verbraucht 1 W bei 220 V. Ein für alle drei Messungen geeignetes Instrument erhält auf dem Deckel einen Drehgriff, mit dem die einzelnen Schaltungen hergestellt werden.

Chronik.

IV. Internationaler Straßenbahn- und Kleinbahnkongreß. Der diesjährige Kongreß findet in Kopenhagen in der Zeit vom 19. bis 23. Juni statt. Der Kongreß wird am 20. Juni 1927, 9½ Uhr vormittags im Reichstags-Sitzungssaal des Schlosses Christianborg durch den Minister für öffentliche Arbeiten, J. P. Stensballe, eröffnet. Hiernach Vorträge, die am 21. und 22. Juni fortgesetzt werden. Am 21. Juni, nachmittags, Besichtigung der Hauptwerkstätte der Kopenhagener Straßenbahnen mit einleitendem Vortrag. Am 23. Juni 1927 Ausflug nach Helsingör, Kronborg und Frederiksborg. Der Preis der Teilnehmerkarte für die Veranstaltungen des Kongresses beträgt dän. K 20·—, für den ganztägigen Ausflug am 23. Juni 1927 dän K 15·—.

Die fachlichen Beratungen werden sich auf folgende Fragen erstrecken: 1. Entwicklung des Wagenparkes und der Hauptwerkstätte der Kopenhagener Straßenbahnen (mit Berücksichtigung der Neuerungen in Bremsvorrichtungen und im Lackierverfahren). Vortragender: Obering. Kurt Rhode, Kopenhagen. 2. Mittel zur Verminderung der Ausgaben für Gleiserhaltung (einschließlich der Frage der Sorbitierung). Vortragender: Obering. Nicolaj Hansen, Kopenhagen. 3. Störungen beim Radioempfang. Berichterstatter: Postrat Dipl. Ing. Ferdinand Epper, Berlin und Direktor K. Louis, Bern. 4. *a*) Der Betrieb von Lokalbahnen in Schweden. Berichterstatter: Staatsinspektor L. V. Stahle, Stockholm. *b*) Ersparnisse im Lokalbahnbetrieb. Berichterstatter: Oberbaurat Ing. Eugen Bicskei, Budapest, Oberbaurat Dipl. Ing. Fischer von Tóváros, Budapest, und Direktorstellvertreter Ing. Michael Menczer, Budapest. 5. *a*) Vorrichtungen für eine einfache und rasche Umladung zwischen Eisenbahn und Lastwagen; Anforderungen, denen sie zu genügen haben. Berichterstatter: Generalsekretär Ing. A. Schaetz, Bern. *b*) Kübelverladung für Massengüter. Berichterstatter: Regierungsbaurat Karl Wehrspan, Wanne. 6. Personenwagen für Lokal- (Überland-) und Straßenbahnen (unter besonderer Berücksichtigung eiserner Wagenkasten). Berichterstatter: Direktor W. J. Burgersdijk, Haarlem. 7. Erzielbare mittlere Reisegeschwindigkeiten bei Straßenbahnen und Überland-(Lokal-)bahnen. Bericht-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Das Elektrizitätswerk, S. 123; 1927, Heft 8, S. 156.

Digitized by Google

Verlagsbuchhandlung Julius Springer
in Berlin W 9 Linkstr. 23/24

Soeben erschien: *April 1927*

Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie

Bearbeitet von

Regierungsrat a. D. Dr. E. Alberti-Berlin; Dr.-Ing. G. Anders-Berlin; Dr. H. Backhaus-Berlin; Postrat Dipl.-Ing. Dr. F. Banneitz-Berlin; Dr.-Ing. H. Carsten-Charlottenburg; Prof. Dr. A. Deckert-Berlin; Postrat Dipl.-Ing. F. Eppen-Berlin; Prof. Dr. A. Esau-Jena; Prof. Dr. A. Gehrts-Charlottenburg; Ingenieur E. Gerlach-Berlin; Postrat Dipl.-Ing. W. Hahn-Berlin; Abt.-Dir. Dr.-Ing. H. Harbich-Berlin; Geh.-Rat Prof. Dr. W. Jaeger-Charlottenburg; Dr. N. v. Korshenewsky-Berlin; Dr. H. F. Mayer-Berlin; Dr. G. Meßtorff-Berlin; Dr. U. Meyer-Köln; Oberingenieur H. Muth-Berlin; Dr.-Ing. L. Pungs-Berlin; Oberingenieur J. Pusch-Berlin; Oberpostinspektor O. Sattelberg-Berlin; Dr. A. Scheibe-Charlottenburg; Oberpostrat H. Schulz-Berlin; Postrat Dr. A. Semm-Berlin; Oberpostrat H. Thurn-Berlin; Postdirektor F. Weichart-Berlin; Geh.-Rat Prof. Dr. K. Wirtz-Darmstadt; Telegraphendirektor Dr. A. Wratzke-Berlin; Regierungsrat Dr. G. Zickner-Charlottenburg

Herausgegeben von

Dr. F. Banneitz

Mit 1190 Abbildungen und 131 Tabellen. XVI, 1253 Seiten. 1927
Gebunden RM 64.50

Dies Buch enthält in knapper und exakter Darstellung alles, was der Ingenieur, Forscher und Betriebsbeamte an Unterlagen für Arbeiten auf dem Gebiet der drahtlosen Telegraphie und Telephonie braucht. Die einzelnen Abschnitte sind unter Berücksichtigung der letzten Erfahrungen von anerkannten Fachleuten bearbeitet. Durch ausführliche Literaturhinweise sind die einzelnen Kapitel ergänzt.

Aus dem Vorwort.

Die drahtlose Telegraphie und Telephonie hat sich im letzten Jahrzehnt, zunächst gefördert durch die Bedürfnisse des Weltkrieges nach Nachrichtenmitteln, sodann in ungeahntem Maße begünstigt durch den Rundfunk, weitgehende Anwendung erobert. Hand in Hand hiermit ging eine stürmische Entwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen und des technischen Ausbaus; heute ist es kaum noch dem einzelnen möglich, das ganze Gebiet dieser Technik vollkommen zu beherrschen. Es erschien notwendig, die Ergebnisse, die auf den verschiedenen Teilgebieten erzielt wurden und die in der Fachliteratur verstreut

Inhaltsverzeichnis umstehend.

Zu beziehen durch
Minerva Wissenschaftliche Buchhandlung
Gesellschaft m. b. H.
Geschäftsstelle für Technik: Wien I, Kärntner Str. 30

sind, in einem Taschenbuch zusammenzufassen, um sie so für die Weiterentwicklung des Gesamtgebietes voll nutzbar zu machen.

Das vorliegende, diesem Zweck dienende Taschenbuch umfaßt die Technik des Gesamtgebietes der drahtlosen Telegraphie und Telephonie und ist mit den physikalischen und technischen Grundlagen verwandter Gebiete zu einem Nachschlagewerk vereinigt, das das enthält, was der Ingenieur, Forscher und Betriebsbeamte an Unterlagen für Arbeiten auf diesem Gebiete braucht.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Teil.

Allgemeine Grundlagen.

I. Mathematik.

Seite

1. Rechentafeln 2
2. Mathematische Formeln 16

A. Ebene Trigonometrie 16. — B. Sphärische Trigonometrie 20. — C. Hyperbelfunktionen 25. — D. Infinitesimalrechnung 27. — E. Differentialgleichungen 37. — F. Fouriersche Reihen 45. — G. Vektorrechnung 45.

3. Die Verwendung komplexer Größen (symbolische Rechnung) 48
4. Graphische Darstellung 53
5. Fehlerrechnung 59

II. Physik.

1. Allgemeines 60

A. Mechanik, Dimensionen, Maßsysteme 60. — B. Akustik 62.

2. Elektrizität und Magnetismus 63

A. Kraftlinien, Feldstärke, Potential 63. — B. Elektrostatik 65. — C. Magnetostatik 69. — D. Elektromagnetismus 72. — E. Wechselstrom 85. — F. Die elektrischen Maßsysteme und Einheiten 90.

III. Elektrotechnik.

1. Allgemeines über Gleichstrom 92

A. Das Zweileitersystem 92. — B. Das Dreileitersystem 92.

2. Galvanische Elemente und Akkumulatoren 92

A. Galvanische Elemente 92. — B. Akkumulatoren 93.

3. Gleichstrommaschinen 94

A. Allgemeines 94. — B. Gleichstromgeneratoren 94. — C. Gleichstrommotoren 96.

4. Allgemeines über Wechselstrom 97

A. Definitionen 97. — B. Mittelwert und Effektivwert 99. — C. Leistung der Wechselströme 100. — D. Ohmsches Gesetz für Wechselstrom 101. — E. Darstellung von Wechselströmen durch Vektoren 102.

5. Wechselstromgeneratoren 103

A. Allgemeines 103. — B. Arbeitsweise 104.

6. Wechsel- und Drehstrommotoren 107

A. Synchronmotoren 107. — B. Asynchronmotoren 109.

7. Umformer 110

A. Motorgeneratoren 110. — B. Einankerumformer 111.

8. Gleichrichter 112

A. Allgemeines 112. — B. Mechanische Gleichrichter 112. — C. Elektrolytische Gleichrichter 114. — D. Gasgleichrichter 114.

9. Transformatoren 114

A. Allgemeines 114. — B. Die elektromotorische Kraft 114. — C. Das Übersetzungsverhältnis 115. — D. Arbeitsweise 115. — E. Drehstromtransformatoren 116. — F. Autotransformatoren 116.

Digitized by Google

Seite

10. Normen für die Bezeichnung von Klemmen 116
11. Schaltungsskizzen und Leistungsangaben einiger Maschinen und Anlasser 118
12. Starkstromleitungen 125
A. Bestimmung des Querschnittes 125. — B. Durchhang der Leitungsdrähte 128.
13. Selbsttätige Spannungsregulierungen 129

IV. Telegraphen- und Fernsprechtechnik.

1. Elektrische Vorgänge auf Leitungen 129
A. Differentialgleichungen 129. — B. Andauernde Sinusschwingungen 130. — C. Gleichstrom 134. — D. Gegenseitige Beeinflussung von Leitungen 137. — E. Leitungsnachbildungen 138.
2. Leitungen für Telegraphie und Fernsprecher 139
A. Freileitungen 139. — B. Kabel 140. — C. Amtsleitungen 141.
3. Telegraphenalphabete und Telegraphiergeschwindigkeiten. 141
A. Bildung der Zeichen 141. — B. Telegraphenalphabete 142. — C. Anwendung der Alphabete in den verschiedenen Telegraphensystemen 144. — D. Telegraphiergeschwindigkeiten 144.
4. Telegraphensysteme 146
A. Morseapparatsysteme 146. — B. Hughes' Typendrucker 157. — C. Typendrucker nach dem Fünferalphabet 158. — D. Bildtelegraphie 164.
5. Telegraphierschaltungen, Relais 165
A. Telegraphierschaltungen 165. — B. Telegraphenrelais 167. — C. Übertragungen, Umschalteinrichtungen 168.
6. Fernsprechapparate 170
A. Mikrophon 170. — B. Fernhörer 170. — C. Fernsprechrelais 170. — D. Wähler 171. — E. Verstärker für Leitungen 172.
7. Stromquellen und Hilfsapparate 172
A. Stromquellen 172. — B. Sicherungen 173. — C. Kondensatoren und Drosseln 174. — D. Meßinstrumente 175.
8. Fernsprechschaltungen 175
A. Teilnehmerschaltungen 175. — B. Vermittlungsämter für Handbetrieb 177. — C. Selbstanschlußämter 180. — D. Leitungsschaltungen 180.

Zweiter Teil.

Mathematisch-physikalische Grundlagen der Hochfrequenztechnik.

I. Allgemeines über Schwingungen.

1. Grundbegriffe 181
2. Schwingungsarten 182
A. Schwingungsverlauf und Dämpfung 182. — B. Quasistationäre und nichtstationäre Schwingungen 183. — C. Sinusförmige und verzerrte Schwingungen 183. — D. Modulierte Schwingungen 183. — E. Überlagerung 185. — F. Schwingungsverlauf und Erregung 186. — G. Resonanz 186. — H. Fortschreitende und stehende Wellen 186.
3. Strahlung 190
A. Allgemeines 190. — B. Satz von Poynting 191. — C. Elektrisches und magnetisches Feld eines Leiterelementes 191. — D. Mittlere Strahlungsleistung durch Kugelfläche mit Halbmesser R um ds 192. — E. Strahlungswiderstand 192. — F. Strahlungsvorgang, Kraftlinienfeld 193. — G. Scheitelwerte der elektrischen und magnetischen Feldstärke eines geerdeten, geraden Leiters 193. — H. Mittlere Strahlungsleistung des geerdeten geraden Leiters 194. — I. Strahlungswiderstand des geerdeten geraden Leiters 194. — K. Strahlungsvorgang des geerdeten geraden Leiters 194.

II. Die Vorgänge in Schwingungskreisen.

1. Kondensatorkreise 195
A. Der einfache, freischwingende Kondensatorkreis 195. — B. Gleichstromquelle und Kondensator 197. — C. Wechselstromquelle und Kondensator 197.
2. Gekoppelte Kreise 201
A. Allgemeines 201. — B. Wechselwirkung zwischen gekoppelten Kreisen 202. — C. Entkopplung 208.

Digitized by Google

Seite

3. Strahler, Antennen 209
A. Zweck 209. — B. Bestimmungsstucke 209. — C. Anordnung des Gegengewichts 215. — D. Richtwirkung 215.

4. Die Erregung von Schwingungskreisen 217
A. Knallfunkenerreger 217. — B. Löschfunkenerreger 218. — C. Taktfunkenerreger von Marconi 220. — D. Lichtbogenschwingungen 220. — E. Elektronenröhren 225. — F. Hochfrequenzmaschinen 244.

5. Nachweis elektrischer Schwingungen, Wellenanzeiger 250
A. Aufgabe der Wellenanzeiger 250. — B. Auf Wärmewirkung beruhende Wellenanzeiger 250. — C. Magnetdetektor 251. — D. Nachweis der Wellen durch Gleichrichtung 251. — E. Überlagerer 258. — F. Tikker und Schleifer 260.

III. Die Vorgänge im Äther.

1. Das elektrische Feld in der Nähe des Senders 262
A. Sender 262. — B. Das elektromagnetische Feld des Senders 266.

2. Einflüsse des Zwischenmediums auf die Übertragungsverhältnisse der elektrischen Wellen 273
A. Energieänderungen 273. — B. Richtungsänderungen der elektrischen Wellen 284. — C. Änderung der Polarisationsebene elektrischer Wellen 294. — D. Heavisideschicht 295.

3. Atmosphärische Störungen 296
A. Die verschiedenen Arten von atmospharischen Störungen 296. — B. Beobachtungsmethoden 297. — C. Abhängigkeit von der Wellenlänge 299. — D. Abhängigkeit vom Ort 300. — E. Periodische Änderungen der Störungen 304. — F. Richteffekt der atmosphärischen Störungen 307. — G. Verlauf der einzelnen Luftstörungen 310.

Dritter Teil.

Die Einzelteile der Hochfrequenzgeräte.

I. Widerstände, Isolatoren.

1. Widerstände 312
A. Berechnung von Widerständen 312. — B. Ausführung von Widerständen 317.

2. Isolatoren 319
A. Isolations- und Oberflächenwiderstand bei Gleichstrom 319. — B. Dielektrische Nachwirkung 320. — C. Durchschlagsfestigkeit 321. — D. Isolierstoffe 323.

II. Kondensatoren.

1. Allgemeines 326

2. Kapazität spezieller Leiterformen 327
A. Kapazität eines einzelnen Leiters 327. — B. Kapazität eines Zweileitersystems 328.

3. Einfluß des Dielektrikums 331
A. Dielektrizitätskonstante 331. — B. Verluste 332. — C. Rückstand 334.

4. Die Schaltung von Kondensatoren 334

5. Technische Kondensatoren 336
A. Berechnung 336. — B. Sendekondensatoren 336. — C. Empfangskondensatoren 334. — D. Meß- und Normalkondensatoren 340. — E. Hilfskondensatoren 343.

III. Spulen.

1. Allgemeines 344

2. Induktivität spezieller Leiterformen 345
A. Selbstinduktion 345. — B. Gegeninduktion 351.

3. Energieverluste in Spulen 353
A. Übersicht 353. — B. Wirbelströme 354. — C. Spulenkapazität 360. — D. Spulenableitung 361. — E. Wirkwiderstand 361.

4. Die Schaltung von Spulen 361

5. Technische Spulen 363
A. Gesichtspunkte für den Spulenbau 363. — B. Sendespulen 363. — C. Empfangsspulen 366. — D. Meß- und Normalspulen 369. — E. Hilfsspulen 370.

Digitized by Google

IV. Tastdrosseln und Frequenzwandler.

Seite

1. Die Eisenverluste bei Hochfrequenz 371
2. Tastdrosseln 373

A. Allgemeine Bauart und Wirkungsweise 373. — B. Ausführungsform 374. — C. Anwendung 374.

3. Frequenzwandler 374

A. Frequenzwandler mit Gleichstrommagnetisierung 374. — B. Frequenzwandler ohne Gleichstrommagnetisierung 376. — C. Anwendung 378.

V. Maste, Antennen, Erdungen.

1. Allgemeines 378
2. Maste 379

A. Maste für bewegliche Stationen 379. — B. Maste für feste Stationen 380.

3. Sendeantennen 385

A. Bestimmung der erforderlichen Antennengrößen 385. — B. Berechnung der elektrischen und mechanischen Größen 392.

4. Erdungen 402

A. Allgemeines 402. — B. Erdnetz 403. — C. Gegengewicht 404. — D. Mehrfach abgestimmte Antennen 405. — E. Mehrfacherden 408.

5. Ausführung von Antennen 411

A. Baustoffe 411. — B. Durchhang 415.

VI. Funkenstrecken.

1. Allgemeines 417

A. Definitionen 417. — B. Funkenspannungen und Schlagweiten 417. — C. Der Vorgang in der Funkenstrecke 418. — D. Anwendung von Funkenstrecken 419.

2. Ausführungsformen 420

A. Knall- oder Knarrfunkenstrecken 420. — B. Löschfunkenstrecken 420. — C. Funkenstrecken mit rotierenden Elektroden 422.

3. Funkenwiderstand, Dämpfung durch die Funkenstrecke 423

VII. Detektoren und Thermoelemente.

1. Kristalldetektoren (Kontaktdetektoren) 424

A. Wirkungsweise und Charakteristik der Kontaktdetektoren 424. — B. Über Kristalle und ihre Verwendbarkeit für Detektoren 425. — C. Zusammensetzung des Materials und seine physikalischen Eigenschaften 427. — D. Einfluß von Widerstand und Stärke des Kontaktdruckes 429. — E. Verwendung eines Hilfspotentials und die Polarität der Kristalle 429. — F. Ausführungsformen 431. — G. Gegendetektorschaltung 434. — H. Schwingungserzeugende Detektoren 434.

2. Thermoelemente 434

A. Thermoelektrische Kraft, thermoelektrische Spannungsreihe 434. — B. Peltiereffekt 436. — C. Ausführungsform des Thermoelements, das Thermokreuz 437. — D. Messung mit dem Thermoelement und seine Heizung 437.

VIII. Elektronenröhren.

1. Elektronenemission glühender Körper 438

A. Emissionsgesetz 438. — B. Elektronenemission von Wolframdrähten 442. — C. Schottky-Effekt: Einfluß äußerer Felder auf die Austrittsarbeit 448.

2. Raumladung 449
3. Durchgriff und Kennlinien 455

A. Durchgriff 455. — B. Kennlinien 461.

4. Messungen an Elektronenröhren 463

A. Bestimmung von Steilheit, Durchgriff und innerem Widerstand 463. — B. Messung des Richtwertes 472. — C. Vakuummessung 474.

5. Kennlinien und Betriebsdaten 475
6. Herstellung von Elektronenröhren 501

A. Herstellung der Kathoden 501. — B. Verstärkerröhrenfabrikation 505. — C. Senderöhrenfabrikation 507. — D. Evakuierprozeß 509.

Digitized by Google

Seite

7. Röhren besonderer Bauart und Wirkungsweise 512

A. Besonderheiten der Steuerelektrode 512. — B. Das Negatron 513. — C. Durch ein Magnetfeld gesteuerte Röhren 514. — D. Sekundärstrahlröhren 516. — E. Mehrgitterröhren 518. — F. Indirekte Heizung der Glühkathode 519. — G. Gasgefüllte Röhren 520.

IX. Verstärker.

1. Niederfrequenzverstärker 522

A. Frequenzbereich 522. — B. Schaltung 523. — C. Anpassung 523. — D. Verstärkungsgrad 525. — E. Mehrfachverstärker 525. — F. Betriebsverstärkung von Mehrfachverstärkern 530. — G. Rückgekoppelte Verstärker 531. — H. Wahl der Röhren und Betriebsspannungen 531. — I. Endverstärker 534. — K. Verzerrung 535.

2. Hochfrequenzverstärker 536

A. Frequenzbereich 536. — B. Einfluß der schädlichen Kapazitäten auf die Verstärkungszahl 537. — C. Widerstandsverstärker 537. — D. Drosselverstärker 538. — E. Übertragerverstärker 538. — F. Aufbau und Leitungsverlegung 541. — G. Wahl der Röhren und Betriebsspannungen 541.

X. Telephone.

1. Theorie und allgemeine Eigenschaften des Telephons 542
2. Ausführungsformen für Telephone 545
3. Kondensatortelephon 545
4. Thermophon 547

XI. Lautsprecher.

1. Physiologisches 548

A. Frequenzbereich 548. — B. Lautstärkenempfindlichkeit des Ohres 548.

2. Die verschiedenen Ausführungsformen 549

A. Ausbildung der Schwingungserregersysteme 549. — B. Übertragung der Schwingungen an die Luft 553.

3. Leistungsbedarf der Lautsprecher 556

A. Leistungsbedarf der Zimmerlautsprecher 557. — B. Leistungsbedarf der Großlautsprecher 558.

4. Raumakustik und Lautsprecher 558

A. Raumakustik allgemein 558. — B. Akustische Rückkopplung 559.

5. Prüfung von Lautsprechern 560

XII. Kopplung und Entkopplung.

A. Die verschiedenen Arten von Kopplungen 560
B. Entkopplungen 562

XIII. Selektionsmittel.

1. Zweck 566
2. Überlagerungsempfang 566
3. Resonanzmethode 567

A. Allgemeines 567. — B. Definitionen 567. — C. Siebe und Siebketten 567. — D. Sperrketten 573. — E. Kettenleiter 574.

XIV. Hilfsapparate und Hilfseinrichtungen.

1. Relais 577

A. Allgemeine Eigenschaften der Relais 577. — B. Empfangsrelais 580. — C. Tastrelais 581. — D. Schaltrelais 584.

2. Die Konstanthaltung der Umdrehungsgeschwindigkeit von Hochfrequenzmaschinen 585

A. Die erforderliche Konstanz der Umdrehungsgeschwindigkeit 585. — B. Allgemeines über Drehzahlregulierungen 588. — C. Ausführungsformen 591.

Digitized by Google

XV. Meßinstrumente.

Seite

1. Spannungsmesser 597

A. Elektrostatische Spannungsmesser 597. — B. Thermische Spannungsmesser 601. — C. Röhrenvoltmeter 602. — D. Funkenmikrometer 602.

2. Strommesser 603

A. Direkt anzeigende Strommesser für Hochfrequenz 603. — B. Indirekt anzeigende Strommesser für Hochfrequenz 606. — C. Strommesser für Mittel- und Niederfrequenz 607. — D. Strommesser für Gleichstrom 608.

3. Instrumente zur Analyse der Schwingungen 610

A. Elektrodynamische Oszillographen 610. — B. Glimmlichtoszillograph 612. — C. Helmholtzsches Pendel 612. — D. Braunsches Rohr 612.

4. Wellenmesser 614

A. Resonanzwellenmesser 614. — B. Wellenmesser mit zwei Wechselstromwiderständen 617. — C. Wellenmesser mit Resonanzbrückenschaltung 619. — D. Wellenmesser mit harmonischen Oberschwingungen 620. — E. Frequenznormale (Quarzresonatoren) 620.

5. Dämpfungsmesser 621

A. Dämpfungsmesser nach Ludewig, Huth und Behne 622. — B. Dämpfungsmesser nach F. A. Kolster 622. — C. Dämpfungsmesser von Wisent 622.

Vierter Teil.

Meßmethoden und Meßtechnik.

I. Kapazitäts- und Induktivitätsmessungen.

1. Allgemeines 623

2. Messung von Kapazitäten 624

A. Absolutmethoden 624. — B. Relativmethoden 625. — C. Messung der Dielektrizitätskonstanten 630. — D. Messung des Verlustwinkels 631.

3. Messung von Induktivitäten 631

A. Absolute Messungen der Selbstinduktion 631. — B. Selbstinduktionsvergleichungen 632. — C. Messung der Gegeninduktion 635. — D. Messung des wirksamen Widerstandes 636.

4. Vergleichung von Kapazitäten und Induktivitäten 637

A. Im Schwingungskreis 637. — B. In der Brücke 640.

5. Messung der wirksamen Kapazität und Induktivität von Antennen . 642

A. Bedeutung der wirksamen Werte 642. — B. Absolutbestimmung 643. — C. Relativbestimmungen 643.

II. Bestimmung von Kopplungskoeffizienten.

A. Durch Ermittlung der wirksamen Größen 645. — B. Bestimmung durch Spannungsmessungen 645. — C. Aus den Kopplungsschwingungen 647.

III. Spannungsmessungen, Funkenpotentiale.

1. Messung von Spannungseffekten 651

A. Mit dem elektrostatischen Voltmeter 651. — B. Mit dem Hitzdrahtvoltmeter 651. — C. Mit dem Thermovoltmeter 652. — D. Mit dem Röhrenvoltmeter 652.

2. Messung von Scheitelspannungen 654

A. Mit dem Funkenmikrometer 654. — B. Mit der Glimmröhre 656. — C. Mit der Photozelle 657. — D. Mit dem Röhrenvoltmeter 657. — E. Durch Aufladung eines Kondensators 657.

IV. Strommessungen.

1. Messung großer Stromstärken 657

A. Mit Hitzdrahtamperemetern 657. — B. Nach dem indirekten Verfahren 659.

2. Messung kleiner Stromstärken 659

A. Mit direkt anzeigenden Strommessern 659. — B. Mit thermischen Detektoren 659. — C. Mit Gleichrichterdetektoren 662.

Digitized by Google

V. Leistungs- und Verlustmessungen.

Seite
1. Aus Strom und Wirkwiderstand 664
2. Mit dem Elektrometer 665
3. Durch drei Spannungsmessungen 665
4. Mit der Thermokreuzbrücke 666
5. Mit dem Differentialtransformator 666
6. Mit der Braunschen Röhre 667
7. Kalorimetrische Verlustmessung 667

VI. Bestimmung von Wellenlängen und Wellengruppenfrequenzen.

1. Wellenlängenmessungen bei Sendern 669
A. Durch Auswertung von Schwingungskurven 669. — B. Mittels des Paralleldrahtsystems von Lecher 669. — C. Bei Hochfrequenzmaschinen aus ihrer Umdrehungszahl 670. — D. Durch Strom- und Spannungsmessung 670. — E. Mit einem geeichten Wellenmesser (in Resonatorschaltung) 670. — F. Mit Schwebungsmethoden 671.
2. Wellenlängenbestimmung bei Empfängern 672
A. Durch Rechnung aus der Thomsonschen Formel 672. — B. Mit einem geeichten Wellenmesser in Oszillatorschaltung 672. — C. Mit einem geeichten Wellenmesser in Resonatorschaltung 673. — D. Eichung von Wellenmessern 674.
3. Messung von Wellengruppenfrequenzen 674

VII. Messung des Dämpfungsdekrementes und des Wirkwiderstandes von Schwingungskreisen.

1. Bestimmung des Dämpfungsdekrementes aus der Resonanzkurve des Stromeffektes über der Verstimmung 676
A. Erregung mit gedämpften Schwingungen 676. — B. Erregung mit ungedämpften Schwingungen 678.
2. Bestimmung des Dämpfungsdekrementes aus der Resonanzkurve des Stromeffektes über dem Frequenzverhältnis 680
3. Bestimmung des Dämpfungsdekrementes aus Frequenzverhältnis und Verstimmung 681
4. Bestimmung des Dämpfungswiderstandes durch Vergleich mit einem bekannten Widerstande 681
A. Aus der Änderung des Resonanzstromes mit der Größe eines Zusatzwiderstandes im Meßkreise 681. — B. Nach der Substitutionsmethode 684.
5. Bestimmung des Dämpfungswiderstandes durch Entladung eines Kondensators 685
6. Aus Strom- und Spannungsmessung 686
7. Aus Leistungsmessung und Strom- und Spannungsmessung 687

VIII. Messung der Empfangsintensität.

1. Relative Bestimmung der Empfangslautstärke 687
2. Quantitative Messung der Stärke des von einer Sendeanlage ausgestrahlten elektromagnetischen Feldes 688
A. Messung der Strahlungsleistung einer Sendeanlage, Bestimmung von effektiven Höhen von Sende- und Empfangsantennen (Nahmessungen) 688. — B. Messung der Feldstärke bei Fernempfang 692.

IX. Messungen an Telephonen.

1. Messung der Eigenfrequenz 702
2. Messung der Empfindlichkeit 702
A. Ermittlung der Empfindlichkeit durch Messung der elektrischen Leistung 702. — B. Ermittlung der Empfindlichkeit durch Messung der Lautstärke 703.
3. Messung des Wirkungsgrades 707
A. Mit Hilfe zweier gekoppelter Telephone 707. — B. Durch Aufnahme von Resonanzkurven 708.
4. Aufnahme der Charakteristik 708

Digitized by Google

X. Aufnahme und Analyse von Schwingungen.

Seite
1. Mit dem rotierenden Spiegel 708
2. Mit Oszillographen 709
A. Elektrodynamische Oszillographen 709. — B. Glimmlichtoszillographen 709.
3. Mit dem Helmholtzschen Pendel 709
4. Mit der Braunschen Röhre 709
A. Der Zeit proportionale Hilfsgröße 710. — B. Hilfsgröße bekannter, aber der Zeit nicht proportionaler Kurvenform 710. — C. Hilfsgröße proportional dem Differentialquotienten der gesuchten Wechselgröße 711.
5. Mit Hilfe eines Wellenmessers 711
A. Bei Nieder- und Mittelfrequenz 711. — B. Bei Hochfrequenz 712.

Fünfter Teil.

Die Einrichtungen zum Senden und zum Empfang.

I. Sender.

1. Allgemeines 713
A. Definitionen 713. — B. Die an einen Sender zu stellenden Forderungen 715. — C. Die Oberwellen der Sender und ihre Unterdrückung 721. — D. Besondere Eigenschaften 728. — E. Die verschiedenen Formen der Senderkonstruktionen 728.
2. Funkensender 729
A. Allgemeines 729. — B. Älteste Systeme mit direkter Antennenerregung 730. — C. Funkensender alter Art mit geschlossenem Schwingungskreis 730. — D. Tonfunkensender 731. — E. Ausführungsformen 732. — F. Bedienung eines Löschfunkensenders 735.
3. Lichtbogensender 736
A. Beziehungen zwischen den Gleichstrom- und Hochfrequenzgrößen 736. — B. Die praktische Anwendung und Ausführungsform der Entionisierungsmittel 737. — C. Die wichtigsten Schaltungen von Lichtbogensendern 745. — D. Technische Ausführungsformen 752.
4. Röhrensender 736
A. Allgemeines 767. — B. Einzelheiten über Röhrensender 778. — C. Ausführungsbeispiele 802.
5. Maschinensender 806
A. Allgemeines 806. — B. Maschinensender ohne ruhende Frequenzwandler 866. — C. Maschinensender mit ruhenden Frequenzwandlern 817.

II. Der Empfang.

A. Empfangsantenne 832. — B. Richtcharakteristiken von Antennenkombinationen 835. — C. Praktische Herstellung von Richtcharakteristiken 845. — D. Die Abstimmittel 850. — E. Die Verstärkung 854. — F. Schnelltelegraphie 857. — G. Mittel zur Beseitigung von Empfangsstörungen 858.

III. Die Empfänger.

1. Detektorempfänger 866
2. Röhrenempfänger 868
A. Empfänger mit einer Röhre 869. — B. Empfänger mit mehreren Röhren 876.

IV. Drahtlose Schnelltelegraphie und Schreibempfang.

1. Allgemeines 884
A. Definitionen 884. — B. Vorzüge der Schnelltelegraphie 885. — C. Bedingungen für die Anwendbarkeit der Schnelltelegraphie 885.
2. Die zusätzlichen Einrichtungen für drahtlose Schnelltelegraphie . . . 889
A. Sendeseite 889. — B. Empfangsseite 891. — C. Die Gesamtanordnung für Schnelltelegraphie 895.
3. Die Verwendbarkeit der gebräuchlichsten Schnelltelegraphenapparate für die drahtlose Telegraphie 897
A. Mit Morseschrift arbeitende Systeme 897. — B. Typendrucker 899.
4. Geheimhaltung 900
5. Anrufeinrichtungen 901

Digitized by Google

V. Drahtlose Telephonie.

Seite

1. Allgemeines 903
   A. Definition 903. — B. Betriebsarten 903. — C. Betriebsmittel 903.
2. Modulation der Trägerwelle 903
   A. Frequenzbereich von Sprache und Musik 903. — B. Modulation 904.
3. Die Telephonieeinrichtungen der Sender 910
   A. Allgemeines 910. — B. Modulationsmittel 910. — C. Die Aufnahmegeräte (Mikrophone) 917.
4. Fernbesprechung 925
   A. Allgemeines 925. — B. Fernbesprechung über Drahtleitungen 925. — C. Fernbesprechung auf drahtlosem Wege 925.
5. Wechsel- und Gegensprechen 926
   A. Allgemeines 926. — B. Wechselsprechen 926. — C. Gegensprechen 927.
6. Rundfunk 934
   A. Allgemeines 934. — B. Einteilung der Rundfunkdienste 935. — C. Wirtschafts- und Presserundfunk 935. — D. Unterhaltungsrundfunk 935.

VI. Die Funkpeilung.

1. Allgemeines 942
   A. Grundlagen der Funkpeilung 942. — B. Bestandteile der Anlagen für Funkpeilung 942.
2. Empfangsanlagen für Funkpeilung 943
   A. Antennenformen 943. — B. Das Vielfachantennensystem 945. — C. Das Radiogoniometer 947. — D. Der Peilrahmen 951. — E. Trommelspule 957.
3. Sendeanlagen für Funkpeilung 958
   A. Antennenformen 958. — B. Anlagen mit sprungweiser Richtungsänderung 959. — C. Anlagen mit stetiger Richtungsänderung 960. — D. Die Richtungssendeanlagen Cleve und Tondern 961. — E. Kursweiser 964. — F. Richtungssender mit kurzen Wellen 964.
4. Peilverfahren 965
   A. Allgemeines 965. — B. Fremdpeilung bei kürzeren Entfernungen 965. — C. Eigenpeilung bei kürzeren Entfernungen 966. — D. Peilung bei großen Entfernungen 967.
5. Fehlweisungen 969
   A. Allgemeines 969. — B. Einfluß des Bodens und des Zwischengeländes 969. — C. Einfluß des Zustandes der Atmosphäre 970. — D. Flugzeugpeilungen 971.

VII. Kurze elektrische Wellen.

1. Historische Entwicklung 972
2. Der Sender für kurze Wellen 974
   A. Antennen 974. — B. Erzeugung der Wellen 976.
3. Der Empfang kurzer Wellen 977
   A. Empfangsantennen 978. — B. Empfänger 979.
4. Vorgänge im Zwischenmedium 981
   A. Feldstärken kurzer Wellen 981. — B. Beschaffenheit des Wellenweges 981. — C. Atmosphärische Störungen 984. — D. Richtungsänderungen 984. — E. Drehung der Polarisationsebene 985.
5. Betriebserfahrungen 985
6. Anwendungsmöglichkeiten 986

VIII. Kurzwellensender.

1. Kurzwellensender für ungedämpfte Wellen 989
   A. Allgemeines 989. — B. Sonderschaltungen 990. — C. Fremdsteuerung und Frequenzvervielfachung 997.
2. Kurzwellensender für gedämpfte Wellen 999
   A. Allgemeines 999. — B. Sonderschaltungen 1000.

Digitized by Google

Ich bestelle hiermit:

.....Expl. **Banneitz, Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie.** Mit 1190 Abbildungen und 131 Tabellen. XVI, 1253 Seiten. Geb. RM 64.50

Betrag anbei — folgt gleichzeitig durch Postanweisung, Postscheck, Überweisung auf umstehend bezeichnete Bank — ist nachzunehmen.

Unzutreffendes bitte zu streichen.

Ich bitte ferner um regelmäßige Übersendung von Katalogen und Prospekten über neuerscheinende Werke auf dem Gebiete der — des

.....

Name und Adresse:.....

(Um genaue und deutliche Angaben wird höflichst gebeten.)

.....

Digitized by Google

404.79. 4. 27. 404,5.

Bankkonten

Wien:
Wiener Bankverein, Wien I
Postsparkassenkonto 291

Prag:
Postscheckkonto 77 541

Zagreb:
Postscheckkonto 40 723

Warschau:
Postsparkassenkonto 190 984

Budapest:
Postsparkassenkonto 1758 (Wiener Bankverein, Wien I)

Czernowitz:
Societatea Vieneză de Bancă S. A.

Bücherzettel

An die

Minerva

Wissenschaftliche Buchhandlung

Gesellschaft m. b. H.

Zentral-Expedition

Wien I

Schottengasse 4

Digitized by Google

IX. Hochfrequenz-Telegraphie und -Telephonie längs Leitungen (Drahtfunk). Seite

1. Allgemeines 1001
2. Umformung der Nachrichtenenergie 1003

A. Modulation 1003. — B. Wechselstromdemodulation 1007.

3. Siebmittel 1007

A. Bedürfnisse der Frequenztrennung beim Mehrfachbetrieb einer Leitung 1007. — B. Siebketten 1008. — C. Allgemeine Siebkettenformeln 1009. — D. Besondere Formen der Siebketten 1009. — E. Besondere Formeln für die drei Hauptarten der Siebkette 1010. — F. Siebketten für die Bedürfnisse unter A. 1012.

4. Ausbreitung der Wechselströme auf Drahtleitungen 1013
5. Anwendung des Drahtfunks für den allgemeinen Verkehr (Rentabilität) 1016
6. Die technische Ausführung der Mehrfachtelephoniesysteme 1018

A. Telefunkensystem 1018. — B. Das Drahtfunksystem von C. Lorenz A.-G. 1023.

7. Hochfrequenztelephonie längs Hochspannungsleitungen. Elektrizitätswerkstelephonie 1024

X. Betriebstechnische Organisation des Funkverkehrs.

1. Die verschiedenen Formen des Funkverkehrs 1029

A. Rundfunk 1029. — B. Einfachverkehr (Simplexverkehr) 1030. — C. Doppelverkehr (Duplexverkehr) 1031. — D. Gabelverkehr 1031. — E. Vielfachverkehr 1032.

2. Betriebszentrale 1033

A. Allgemeine Gesichtspunkte 1033. — B. Anordnung und Ausrüstung der Arbeitsplätze, Spitzenplatz 1034. — C. Aufnahme der Telegramme 1036. — D. Senderkontrolle 1037.

3. Ferntastung und Fernbesprechung 1040

A. Ferntastung der Sender 1040. — B. Fernbesprechung der Sender 1041. — C. Relaissender 1041.

4. Empfangsübertragung mit Endempfang 1042

Sechster Teil.

Die Funkstationen und der Funkverkehr.

I. Die Funkanlagen Deutschlands.

1. Übersicht über den Funkverkehr Deutschlands 1044

A. Einrichtungen für den gegenseitigen Verkehr fester Stationen 1044. — B. Einrichtungen für den Verkehr fester Stationen mit beweglichen Stationen 1046. — C. Einrichtungen für den Rundfunkverkehr 1047.

2. Technische Einrichtungen der Funkanlagen der Deutschen Reichspost 1048

A. Technische Einrichtung der Hauptfunkstelle Berlin 1048. — B. Technische Einrichtung der Großfunkstellen Nauen und Eilvese sowie der Empfangsstelle Geltow 1052. — C. Küstenfunkstellen 1055. — D. Technische Einrichtung der Rundfunksendeanlagen 1057.

II. Organisation und Rechtsverhältnisse des Funkverkehrs.

1. Organisation des Funkverkehrs in Deutschland 1058

A. Oberleitung 1058. — B. Der Auslandsfunkverkehr 1058. — C. Bordfunkverkehr 1060. — D. Rundfunkdienste 1061.

2. Die Rechtsverhältnisse im Funkverkehr 1070

A. In Deutschland 1070. — B. Die gesetzliche Regelung des Funkwesens in den europäischen Vertragsländern 1078.

3. Internationale Abmachungen 1089

A. Die Telegraphenkonferenzen nach dem Weltkriege 1089. — B. Internationale Funkverträge 1090.

Digitized by Google

III. Die Abwicklung des Funkverkehrs unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Deutschland.

Seite

1. Betriebsvorschriften 1092
2. Übermittlung der Funktelegramme 1093
   A. Morsezeichen 1093. — B. Abkürzungen 1095.
3. Verkehr mit Schiffen 1101
4. Funkpeildienst 1105
5. Flugfunkdienst 1108
6. Zugfunkdienst 1109
7. Verkehrsübersichten 1111
8. Personalausbildung 1112
9. Der funktelegraphische Wetter- und Zeitzeichendienst 1114
   A. Wetterdienst 1114. — B. Zeitzeichendienst 1116.
10. Das Telegraphengeheimnis in der Funktelegraphie 1118

IV. Funkverkehrsübersichten.

1. Die deutschen Funkstellen 1119
   A. Großfunkstellen 1119. — B. Hauptfunkstellen 1120. — C. Küstenfunkstellen 1120. — D. Flugfunkstellen 1122.
2. Die neuen europäischen Wellenlängen für den Rundfunk 1123
3. Übersicht über die europäischen Sendestellen für den funktelegraphischen Wetterdienst 1127
4. Funkstellen für den Zeitzeichendienst 1133
5. Funkstellen, die Presseberichte „an alle" senden 1138
6. Die hauptsächlichsten Funkstellen für den Telegrammverkehr von Land zu Land und ihre Verkehrsbeziehungen 1141
   A. Europäische Staaten 1141. — B. Außereuropäische Staaten 1147.
7. Rufzeichenlisten 1150
   A. Verteilung der Rufzeichen für Küsten- und Bordfunkstellen 1150. — B. Rufzeichenliste der bekanntesten Funkstellen 1151.

Siebenter Teil.

Anhang.

1. Zahlenwerte von Schwingungskreisen 1160
2. Die Konstanten der gebräuchlichsten Stoffe 1169
3. Fachausdrücke 1176
   A. Englisch-Deutsch 1176. — B. Französisch-Deutsch 1185.
4. Zusammenstellung der wichtigsten Fachbücher und Fachzeitschriften 1191
   A. Fachbücher 1191. — B. Fachzeitschriften 1193.
5. Maße, Einheiten, Konstanten 1194
   A. Gebräuchliche praktische Maße und Einheiten 1194. — B. Verschiedene Zahlen und Konstanten 1197.
6. Verschiedenes 1198
   Wellenlängen der Schallwellen 1198. — Schallgeschwindigkeiten in verschiedenen Stoffen 1198. — Uhrzeiten der Länder 1198. — Die gebräuchlichsten Formelzeichen 1200. — Gebräuchliche Abkürzungen 1201.

Nachtrag.

I. Kondensatoren und Spulen 1202
II. Elektronenröhren 1205
III. Drahtlose Bildübertragung (Bildfunk) 1212
Namen- und Sachverzeichnis 1220

579. 4. 27. 490.

Digitized by Google

Funkverkehrs unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Deutschland.

telegramme . . . . .

B. Abkürzungen 1095.

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

etter- und Zeitzeichendienst . . . . .

Zeitzeichendienst 1116.

in der Funktelegraphie . . . . .

unkverkehrsübersichten.

. . . . . .

Hauptfunkstellen 1120. – C. Küstenfunkstellen usw.

lenlängen für den Rundfunk . . . . .

en Sendestellen für den funktelegraphischen . . . . .

endienst . . . . .

e „an alle" senden . . . . .

llen für den Telegrammverkehr von Land . . . . .

ziehungen . . . . .

B. Außereuropäische Staaten 1147.

. . . . . .

ten- und Bordfunkstellen 1150. – B. Rufzeichen- 1151.

nter Teil.

nhang.

sen . . . . .

ten Stoffe . . . . .

. . . . . .

nösisch-Deutsch 1185.

Fachbücher und Fachzeitschriften 1191

riften 1193.

. . . . . .

inheiten 1194. – B. Verschiedene Zahlen

. . . . . .

. . . . . .

challgeschwindigkeiten in verschiedenen 1198. – Die gebräuchlichsten Formel- gen 1201.

ng.

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Digitized by Google

erstatter: Betriebsleiter Dr. Ing. Friedrich Lademann, Berlin. 8. Statistik. Berichterstatter: Direktor Dr. Ing. Wilhelm Mattersdorf, Hamburg. 9. Geschäftsreklame bei Straßenbahnen und Lokal-(Überland-)bahnen. Berichterstatter: Direktor Ing. Samuelsen, Oslo. 10. Der Wettbewerb zwischen Eisenbahnen und Kraftfahrzeugbetrieben. *a*) Die Rechtslage für Eisenbahnen und Kraftfahrzeugbetriebe in den verschiedenen Ländern. Berichterstatter: Vizepräsident Dr. jur. Franz G. Strafella, Graz. *b*) Autobus und Straßenbahn im Verkehrsgebiet von Großstädten. Berichterstatter: Direktor Dipl. Ing. Konrad Sieber, Nürnberg. *c*) Die Konkurrenz durch Kraftfahrzeuge im Personen- und Güterverkehr bei Überland-(Lokal-)bahnen. Berichterstatter: Direktor, Oberbaurat Dr. Ing. Ladislaus Benke, Steyr.

Bundeslehranstalt für Maschinenbau und Elektrotechnik in Wien, X., Pernerstorfergasse 81. Die Anmeldungen für die Höhere Abteilung für Elektrotechnik (4 Jahrgänge) finden ab 2. Mai bis einschließlich 5. Juli an allen Wochentagen in der Zeit von 8 bis 15 Uhr in der Direktionskanzlei statt. Die Aufnahmsprüfungen werden am 7. und 8. Juli abgehalten. Programme sind gegen Voreinsendung von dreißig Groschen erhältlich.

Verband der Landesfachgenossenschaften der konzessionierten Elektroinstallateure Österreichs in Wien. Die Vertreter der Landesfachgenossenschaften der konzessionierten Elektroinstallateure Österreichs haben zur Wahrung der gemeinsamen Interessen des Berufsstandes am Delegiertentage zu Graz am 10. April 1927 die Gründung dieses Verbandes mit dem Sitze in Wien beschlossen. Zum Verbandsvorsteher wurde Kommerzialrat Ing. Julius Gruder aus Innsbruck und zum Verbandsvorsteher-Stellvertreter Ing. Karl Kurmayer aus Wien gewählt. Der Verband hat sich nach § 130 c des Gesetzes vom 5. Februar 1927, R. G. Bl. Nr. 26, konstituiert. Der Sitz der Geschäftsstelle ist Wien, IX., Severingasse 9.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Verwendung von motorischer Kraft in der englischen Industrie. Nach statistischen Zusammenstellungen für 1924, die sich nur auf Großbritannien beziehen, wurden in den verschiedenen Industriezweigen Antriebsmaschinen, Stromerzeuger und Elektromotoren mit Gesamtleistungen verwendet, die aus nachstehender Tabelle zu entnehmen sind.

Industriezweig	Gesamtleistung			
			Elektromot. betrieb. mi	
	Arbeitsmaschinen	Stromerzeuger	in eigener Anlage erzeugten Strom	Fremdstrom
	PS	kW	PS	PS
Eisenerzeugung (Hochofenbetrieb) . . .	441 165	—	106 563	33 067
Walzwerke, Gießereien und Schmelzhütten	1355013	—	445 365	475 850
Schmiedeeisen- und Stahlrohrerzeugung	25 562	—	16 836	71 458
Weißblecherzeugung	101 515	—	10 003	4 991
Baumwollindustrie .	1400000 (1240000[1])	109512 (32074)	128 506	176 959
Schuhindustrie . . .	30 144 (19 890)	—	3 401	32 519
Gummiindustrie . . .	49 958 (27 440)	—	36 747	56 238
Farben-, Anstrich- und Firnisindustrie . .	14 030	3 006 (512)	2 863	23 568
Mühlenindustrie . .	143 111 (155 272)	—	13 437	55 084
Zuckerindustrie . . .	35 371 (13 618)	18 004 (4 205)	30 994	3 489
Spirituserzeugung . .	12 685	5 041 (503)	6 106	3 022
Tabakindustrie . . .	7 013	—	2 279	9 485

[1]) Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Jahr 1907.

Die Prozentsätze der Maschinen und Motoren, die nicht gewöhnlich in Betrieb stehen (Reserve- und stillgelegte Anlagen), schwanken in den einzelnen Industriezweigen zwischen 6 und 51·4 vH. J.

(The Electrician, Bd. 98, Nr. 2546, 1927.)

Zentralverband der Deutschen elektrotechnischen Industrie. Dem in der ETZ, Heft 11 und 12 von 1927 enthaltenen Auszuge aus dem Geschäftsberichte für 1925/26 entnehmen wir folgendes. Die Mitgliederzahl ist von 448 i. J. 1924 auf 413 i. J. 1925 und auf 380 i. J. 1926 gesunken, die Zahl der bei den angeschlossenen Firmen beschäftigten Arbeiter von fast 260 000 i. J. 1923 auf 194 000 i. J. 1926. Die Tätigkeit des Verbandes ist auf den verschiedenen Gebieten überaus rege gewesen. Die Gültigkeit der allgemeinen Lieferbedingungen, die sich seit ihrem Inkrafttreten i. J. 1921 sehr gut bewährt haben, konnte durch Verträge mit verschiedenen Abnehmerverbänden erweitert werden, für Dampfturbinenanlagen, Umformer und Transformatoren wurden besondere technische Bedingungen fertiggestellt, auch ist der Verband an den Arbeiten zur Vereinheitlichung der behördlichen Lieferbedingungen in Deutschland beteiligt. Von den Fachgruppen hat mit Rücksicht darauf, daß die jeweils interessierenden Fragen in Sonderausschüssen behandelt wurden, nur die Rundfunkgruppe eine rege Tätigkeit entfaltet. Zunächst konnte im Jahre 1925 die vollständige Aufhebung aller Beschränkungen, betreffend die Herstellung und den Handel von Funkgeräten und Apparaten erreicht werden, außerdem wurde im gleichen Jahre auch die Freigabe des Rundfunks im besetzten Gebiet erwirkt. Die Überproduktion und die überaus große Zahl der Händler gestalteten aber die wirtschaftlichen Verhältnisse der einzelnen Firmen sehr schwierig, bis es im Juli 1925 zu Preisvereinbarungen kam. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Normung zugewendet, sowie den Fragen des Funkrechts, zu deren Sonderstudium im Dezember 1925 die Deutsche Studiengesellschaft für Rundfunk gegründet wurde. Die Entwicklung des Rundfunks selbst ist auch in Deutschland sehr lebhaft gewesen. Die Zahl der Teilnehmer stieg von 549 000 zu Ende 1924 auf über 1 Mill. zu Ende 1925 und auf 1·26 Mill. am 1. September 1926. Für die Verbreitung des Rundfunks sorgen derzeit 12 Haupt- und 9 Zwischensender. Alle Sendegesellschaften sind in der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft zusammengeschlossen. Der Fachgruppe gehören 63 Firmen mit zusammen 6470 Arbeitern an. Der Verband befaßte sich weiters mit verschiedenen Rechtsfragen, mit den Lieferungsbedingungen und dem Verfahren bei den Reparationslieferungen und mit dem Ausstellungs- und Messewesen, wobei hauptsächlich auf eine Beschränkung der Beteiligung an Ausstellungen und Messen hingearbeitet wurde, so daß heute die maßgebenden Firmen grundsätzlich nur mehr die Leipziger Messe, die Automobilausstellung in Berlin und die große Funkausstellung beschicken. Die wichtigsten und auch in vielen Belangen erfolgreichen Arbeiten des Verbandes liegen auf dem Gebiete des Außenhandels. Es sind dies die Bestrebungen zur Verringerung der Zollsätze für elektrotechnische Erzeugnisse in jenen Staaten, die mit Deutschland in Handelsbeziehungen stehen und zur Erhöhung der deutschen Sätze. (Bezüglich der Einzelheiten, sowie der Verträge und Vertragsverhandlungen mit den anderen Staaten muß auf den Geschäftsbericht selbst und die darin enthaltenen ausführlichen Zusammenstellungen verwiesen werden.) Umfassend war auch die Tätigkeit der Normenstelle, die mit dem VDE und dem Deutschen Normenausschuß zusammenarbeitet. Die Zahl der endgültigen Normblätter stieg von 38 am 1. Mai 1924 auf 171 am 30. September 1926. Über die Bedeutung der deutschen elektrotechnischen Industrie geben die dem Berichte angeschlossenen statistischen Zusammenstellungen Aufschluß, denen wir Nachstehendes entnehmen: Der Gesamtwert der Deutschen Elektroausfuhr betrug in den Jahren 1924, 1925 und 1926 (errechnet auf Grund

Digitized by Google

der Zahlen für die ersten 10 Monate) 324, 350 und 375 Mill. Mk. Etwa 1/6 davon entfällt auf Installationsmaterial, 18·5 vH auf Kabel und isolierte Leitungen und 15 vH auf Maschinen einschließlich Transformatoren (für 1926). Zu den Hauptausfuhrländern (mit mehr als 10 Mill. Mk. i. J. 1926) zählen Dänemark, Großbritannien, Italien, Niederlande (39 Mill.), Österreich (15 Mill.), Polen, Rußland, Schweden, Schweiz, Tschechoslowakei (13·5 Mill.) Japan und Argentinien.

Die Entwicklung der Aluminiumerzeugung und Verarbeitung. Seit der ersten Herstellung von Reinaluminium durch Friedrich Wöhler sind 100 Jahre vergangen und aus diesem Anlasse hat die „Zeitschrift für Metallkunde" ihr erstes Heft des heurigen Jahrganges ausschließlich dem heute für die Technik unentbehrlichen Metall gewidmet. Diesem Hefte sind auch die nachstehenden Angaben entnommen: Von der ersten fabriksmäßigen Erzeugung durch Deville im Jahre 1854 bis zum Jahre 1888 stieg die Jahreserzeugung auf der ganzen Erde von 25 auf 39 000 kg, der Preis, der anfangs über 1000 Mk/kg betragen hatte, sank auf 56 Mk. In die zweite Hälfte der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts fallen die Arbeiten zur Gewinnung von Aluminium auf elektrischen Wege, an welchen Arbeiten auch die damalige Deutsche Edisongesellschaft (jetzt AEG) großen Anteil hatte. Diese Arbeiten führten bald zur Gründung der Aluminium-Industrie Neuhausen A.-G. und damit begann die sprunghafte Zunahme der Erzeugung und das starke Fallen des Preises. Hierüber gibt die folgende Zahlentafel Aufschluß.

Jahr	Welterzeugung t	Preis M/kg	Jahr	Welterzeugung t	Preis M/kg	Jahr	Welterzeugung t	Preis M/kg
1888	39	56·00	1901	7 810	2·00	1914	69 500	1·65
1889	71	40·00	902	8 111	2·45	1915	65 300	2·80
1890	175	15·20	1903	8 200	2·30	1916	94 000	2·50
1891	333	10—5	1904	9 300	2·35	1917	120 300	2·10
1892	487	5·00	1915	11 500	3·50	1918	134 900	2·35
1893	716	5·00	1906	14 500	3·50	1919	132 500	3·25
1894	1240	4·00	1907	19 800	3·50	1920	133 400	2·40
1895	1427	3·00	1908	18 600	1·75	1921	74 900	1·70
1896	1790	2 60	1909	31 200	1·35	1922	96 300	1·65
1897	3394	2·50	1910	43 800	1·45	1923	140 700	2·36
1898	4035	2·20	1911	46 700	1·20	1924	168 900	2·24
1899	6098	2·20	1912	62 600	1·50	1925	180 000	2·37
1900	7810	2·00	1913	63 200	1·70			

Welterzeugung an Aluminium in den Jahren 1888 bis 1925.

Für 1926 rechnet man mit 200 000 t Erzeugung[1]). Die Aluminiumherstellung liegt in den Händen weniger großer Firmen, in den V. St. A. sind es die Aluminium Company of America, in Frankreich die L'Aluminium français, in England die British Aluminium Comp., in der Schweiz die schon genannte Aluminium A.-G. Neuhausen. Letzterer gehörte auch das einzige deutsche Werk in Rheinfelden mit etwa 800 t Jahreserzeugung, das vor dem Krieg bestand. Im Krieg wurden zunächst drei Werke von zusammen 9000 bis 12 000 t Jahresleistung errichtet, von welchen heute nur mehr das Werk Bitterfeld der Aluminiumwerke G. m. b. H. in Betrieb ist. Hiezu kamen noch 1917 das Erftwerk und das Lautawerk der Ver. Al.-Werke A.-G. mit je 12 000 t Jahreserzeugung und 1925 die im Anschlusse an das Innwerk in Tögging[2]) gebaute Aluminiumfabrik des gleichen Unternehmens. Die gesamte Leistungsfähigkeit der vier großen deutschen Aluminiumwerke beträgt über 30 000 t jährlich, die tatsächliche Erzeugung im Jahre 1926 wird auf rund 28 000 t geschätzt. Hiezu kommt noch die Einfuhr von etwa 6000 t Rohaluminium und Legierungen. Dem steht eine Ausfuhr (für 1925) von 4336 t Rohaluminium, 3276 t Halbzeug und 4098 t Fertigwaren einschließlich Blattaluminium gegenüber. (Für die ersten zehn Monate 1926 sind die entsprechenden Ziffern 11 452, 3404, 3431 t, 7849 t Rohaluminium gingen nach den V. St. A..) Der Jahresverbrauch wird auf 34 000 t geschätzt, davon entfallen etwa 2400 t auf die elektrotechnische Industrie, 2000 t auf den Maschinen- und Apparatebau. Im Hinblick auf die umfangreiche Verlegung von Aluminiumseilen (vorwiegend Stahlaluminiumseilen) in den V. St. A. im Jahre 1925 rechnet man auch in Deutschland mit stark zunehmendem Verbrauch in der Elektrotechnik. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 9, S. 179.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 525.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	2. V. 1927	4. V. 1927	6. V. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125¼	125¼	125¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	55-56	55-56	55-56
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	110—115	110—115	110—115

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 6. Mai 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	5	0	61	15	0
Wire bars	61	15	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	54	18	9	55	0	0
Standard { 3 Monate .	55	8	9	55	10	0
Zinn:						
Engl. ingots	294	10	0	295	0	0
Standard { Kassa . .	297	5	0	297	10	0
Standard { 3 Monate .	288	0	0	288	5	6
Blei:						
Engl. pig common . .	27	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	29	10	0	29	13	9
Remelted	30	10	0	—	—	—
English Swansea . .	30	0	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Nominal.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 22. Mai 1927 | Heft 21

INHALT: Graphoanalytische Untersuchungsmethoden für asynchrone Drehstrommaschinen in mehrfacher Kaskadenschaltung. Von V. Kassjanoff, Leningrad. S. 417. / Der Stromwandler im Anodenkreis von Gleichrichtern. Von Heinrich Jungmichl. S. 423.

RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 425. / Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 427. / Elektrische Meßkunde. S. 427. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 429. / Baustoffe. S. 430. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 430. / Elektrizität in der Landwirtschaft. S. 431.

PATENTBERICHT. S. 432.

LITERATURBERICHTE. S. 434.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 435.

Graphoanalytische Untersuchungsmethoden für asynchrone Drehstrommaschinen in mehrfacher Kaskadenschaltung.

Von V. **Kassjanoff**, Leningrad.

(Mitteilung aus dem Elektrotechnischen Institut in Leningrad.)

Übersicht: Es werden Methoden zur Untersuchung von Mehrfach-Kaskaden auf Grund von Ersatzschemas, Vektordiagrammen und anderen erörtert. Diese Untersuchungsmethoden erlauben, zum Teil auf rechnerischem, zum Teil auf graphischem Wege, die Arbeitscharakteristiken solcher Kaskaden zu erhalten. Hierauf werden die Ergebnisse der experimentellen Prüfung der beschriebenen Untersuchungsmethoden dargelegt. Zum Schlusse werden die Charakteristiken eines Kaskadensatzes aus vier Maschinen wiedergegeben und es wird die praktische Verwendungsmöglichkeit von Mehrfach-Kaskaden und anderen besprochen.

In meinem Aufsatz „Mehrfache Kaskadenschaltung von asynchronen Drehstrommaschinen"[1]) wurden die Kaskadenschaltungen lediglich mit bezug auf die sich für diese Schaltungen ergebenden Geschwindigkeitsstufen ohne Berücksichtigung der Energieverluste betrachtet. Zur Beurteilung der praktischen Anwendungsmöglichkeit von Mehrfachkaskaden ist es jedoch notwendig, die Wirkung dieser Energieverluste in Betracht zu ziehen und Arbeitscharakteristiken der Kaskaden, das ist die graphisch dargestellten Beziehungen zwischen Leistung, Strom, Wirkungsgrad, Leistungsfaktor und Umlaufszahl pro Minute des Kaskadensatzes zu erhalten.

In diesem Aufsatz wird der Versuch gemacht, den Weg zur Lösung dieser Aufgabe zu weisen und die Möglichkeit und Zweckmäßigkeit der praktischen Anwendung von mehrfachen Kaskaden zu betrachten.

Die mehrfachen Kaskadenschaltungen von Drehstrommotoren sind, so weit uns bekannt ist, bis jetzt in der Literatur noch nicht untersucht worden; in der Praxis, welche in diesem Falle der Theorie voreilt, werden immerhin schon Versuche gemacht die Schaltungen für die elektrische Zuglokomotive anzuwenden;[2]) es erscheint deshalb die theoretische Erforschung des Problems der mehrfachen Kaskaden als zeitgemäß und hat Anspruch auf ein reelles praktisches Interesse.

I. Ersatzschemas und die Stromdiagramme der mehrfachen Kaskaden.

Die Untersuchung von mehrfachen Kaskaden wird am zweckmäßigsten auf graphoanalytischem Wege auf Grund von Ersatzschemas vorgenommen. Es fällt nicht schwer, diese zu erhalten, wenn man das von F. Arnold[3]) angegebene Ersatzschema für eine Kaskade aus zwei Maschinen weiter entwickelt. Im folgenden wird beispielsweise das Ersatzschema einer dreifachen Kaskade betrachtet.

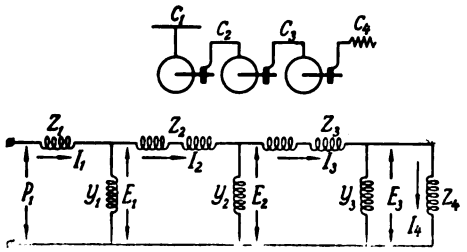


Abb. 1. Kaskade aus drei Maschinen und das entsprechende Ersatzschema.

Auf Grund dieses Beispiels bereitet es dann keine Schwierigkeit, ein analoges Schema für eine Kas-

[1]) E. u. M. 1926, S. 889 ff; desgleichen in der russischen Zeitschrift „Elektritschestwo" 1926, Nr. 2.

[2]) In dem Aufsatz von Ing. L. von Verebély „Die Phasenumformerlokomotive für 50 periodigen Wechselstrom der Königl. Ungarischen Staatsbahnen", E. u. M. 1925, Nr. 7, ist darauf hingewiesen, daß in der dort beschriebenen elektrischen Lokomotive für die ersten Geschwindigkeitsstufen eine vierfache Kaskade verwendet wird.

[3]) E. Arnold. Wechselstromtechnik. Bd. V, Seite 491.

Digitized by Google

kade, aus einer beliebigen Anzahl von Maschinen bestehend, aufzustellen.

Bei der Bildung des Schemas wird die übliche Annahme hinsichtlich der Unveränderlichkeit der Erregersusceptanz (des Blindleitwertes der Erregung) von Drehstrommaschinen bei Änderung des magnetischen Flusses gemacht, doch soll die Änderung der Erregerkonduktanz (des Wirkleitwertes der Erregung) bei Frequenzänderung in Betracht gezogen werden.

Das Ersatzschema einer dreifachen Kaskade zeigt Abb. 1.

Es gelten folgende Bezeichnungen:

P_1 Phasenspannung des Netzes;

c_1 Netzfrequenz;

E_1, E_2, E_3 EMKe des Stators und Rotors der ersten bzw. der zweiten und dritten Maschine, die auf den Stator der ersten Maschine und die Netzfrequenz reduziert worden sind.

$Z_1 = r_1 + j x_1$ Impedanz (Scheinwiderstand) einer Phasenwicklung des Stators der ersten Maschine (es wird Sternschaltung vorausgesetzt).

$$Z_2 = (r_1' + r_2)\frac{c_1}{c_2} + j(x_1' + x_2) = \frac{r_1' + r_2}{s_1} + j(x_1' + x_2)$$

Impedanz (Scheinwiderstand) einer Phasenwicklung des Rotors der ersten und des Stators der zweiten Maschine, die auf den Stator der ersten Maschine und die Netzfreuenz reduziert worden ist.[4]) Die sich auf den Rotor irgend einer Maschine beziehenden Konstanten werden zwecks Unterscheidung von den Statorkonstanten durch einen Strich oben (zum Beispiel r_1') gekennzeichnet.

$$Z_3 = (r_2' + r_3)\frac{c_1}{c_3} + j(x_2' + x_3) = \frac{r_2' + r_3}{s_1 s_2} + j(x_2' + x_3)$$

reduzierte Impedanz des Rotors der zweiten und des Stators der dritten Maschine.

$$Z_4 = r_3'\frac{c_1}{c_4} + j x_3' = \frac{r_3'}{s_1 s_2 s_3} + j x_3'$$

reduzierte Impedanz der Rotors der dritten Maschine.[5])

Hinsichtlich der Erregerkonduktanzen (Wirkleitwerte der Erregung) ist folgendes zu bemerken: da das aktive Eisen der die Kaskade bildenden Maschinen bei verschiedenen Freuenzen, also auch mit verschiedenen Energieverlusten, arbeitet, so erscheint die reduzierte Erregerkonduktanz irgend einer Maschine (zum Beispiel der zweiten) als eine Funktion der Frequenz.

$$g_2' = g_2\left[\alpha\frac{c_2}{c_1} + \beta\left(\frac{c_2}{c_1}\right)^2\right] = g_2(\alpha s_1 + \beta s_1^2) \quad (1).$$

Hierin ist g_2 die Erregerkonduktanz bei der Netzfrequenz; αs_1 entspricht den Hysteresisverlusten, welche der Frequenz, folglich auch dem Schlupf proportional sind, und βs_1^2 den dem Quadrat der Frequenz proportionalen Wirbelstromverlusten, wobei α und β gewisse Koeffizienten darstellen.

Da die Wirbelstromverluste verhältnismäßig gering und die Schlupfgrößen s_1, s_2 usw. gewöhnlich kleiner als 1 sind, so kann man die Größe βs^2 vernachlässigen, das heißt, es sollen nur die Hysteresisverluste berücksichtigt werden. Dann kann man schreiben:

$$g_2' = g_2 \cdot s_1,$$
$$g_3' = g_3 \cdot s_1 \cdot s_2,$$
$$g_4' = g_4 \cdot s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \text{ usw.}$$

Streng genommen müßte auch der Umstand berücksichtigt werden, daß das aktive Eisen des Stators einerseits und des Rotors andererseits irgend einer Maschine bei von einander verschiedenen Frequenzen und folglich auch mit verschiedenen Energieverlusten arbeitet. Es wäre deshalb richtiger zu schreiben:

$$Y_1 = (g_{1\,\text{stct.}} + s_1 g_{1\,\text{rot.}}) - j b_1,$$
$$Y_2 = s_1 (g_{2\,\text{stat.}} + s_2 g_{2\,\text{rot.}}) - j b_2 \text{ usw.} \quad . \quad (2).$$

Dementsprechend müßten im Ersatzschema, Abb. 1, an Stelle jeder der Admittanzen (Scheinleitwerte) Y_1, Y_2 zwei einzelne Admittanzen (Scheinleitwerte) eingesetzt werden. Um jedoch die Aufgabe nicht zu komplizieren, soll diese kleine Berichtigung vernachlässigt werden.

Hat man das Ersatzschema aufgestellt, so wird die Untersuchung der Wirkungsweise der Kaskade auf die Untersuchung der Arbeit eines Wechselstromkreises laut Abb. 1 zurückgeführt; diese Untersuchung kann nach verschiedenen Methoden vorgenommen werden; hier sollen nur zwei Hauptverfahren angegeben werden.

Erstes Verfahren. Auf Grund der allgemeinen Formeln[6]) findet man für eine Reihe von Umlaufzahlen n des Kaskadensatzes die entsprechenden Schlupfe s_1, s_2, s_3 usw. nach Größe und Vorzeichen oder auch die Frequenzen c_2, c_3, c_4 usw., da

$$s_1 = \frac{c_2}{c_1}; \quad s_1 s_2 = \frac{c_3}{c_1}; \quad s_1 s_2 s_3 = \frac{c_4}{c_1} \text{ usw.}$$

Dann berechnet man die reduzierten Impedanzen Z_2, Z_3, Z_4 usw. und die reduzierten Erregeradmittanzen $Y_2, Y_3 \ldots$ und trägt diese Größen in eine besondere Tabelle ein, um System in die Berechnungsarbeit hineinzubringen.

Daraufhin wird für jeden Wert von n die volle Admittanz des Stromkreises, Abb. 1, bestimmt, wobei man im Schema von rechts nach links fortschreitet und alle dort angegebenen Admittanzen und Impedanzen zu einer Gesamtadmittanz zusammenzieht. Dieses kann entweder auf analytischem oder graphischem Wege ausgeführt werden: das letztere Verfahren ist viel einfacher und führt rascher zum Ziele. Doch verweilen wir wegen der

[4]) Hinsichtlich dieser Reduzierung s. E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. V, Seite 485 u. 527.

[5]) Über die Bestimmung der Frequenzen c und der Schlupfgrößen s, siehe den vorher erwähnten Aufsatz des Verfassers.

[6]) Vgl. den früher erwähnten Aufsatz des Verf.

Digitized by Google

elementaren Einfachheit dieser Berechnungen nicht weiter hierbei.[7])

Hat man somit auf irgendeine Weise die volle Admittanz des Ersatzschemas für eine Reihe von n gefunden, so bestimmt man unter Anwendung des Ohmschen Satzes nach Größe und Phase den Strom, der dem Netz entnommen wird, somit also auch den cos φ und die aus dem Netz gelieferte Leistung.

Auf Grund dieser Ergebnisse kann man punktweise das Stromdiagramm der Kaskade und die Kurven $I = f_1(n)$, cos $\varphi = f_2(n)$ und L_N (Netzleistung) $= f_3(n)$ aufzeichnen.

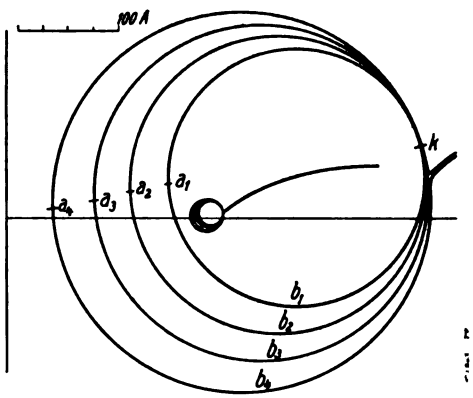


Abb. 2. Stromdiagramm einer Kaskade aus vier Maschinen.

Solche Kurven und Stromdiagramme, die nach dem beschriebenen Verfahren für einen Kaskadensatz aus vier gleichen Maschinen bestimmt worden sind, geben die Abb. 2 und 3 wieder.

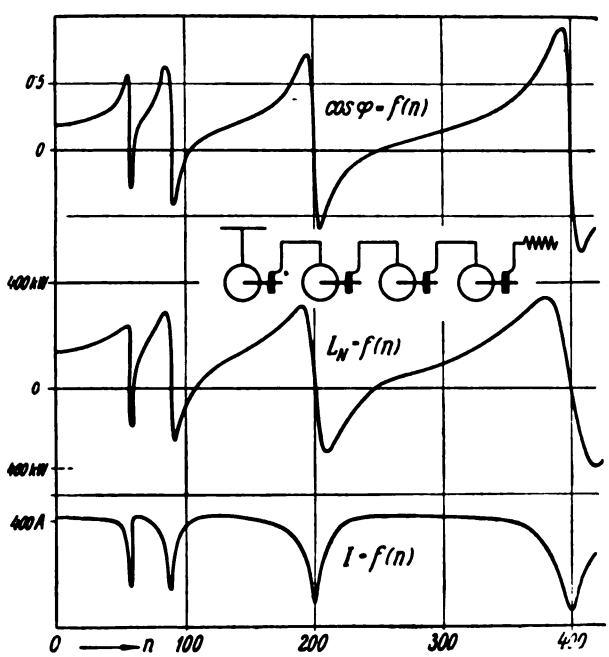


Abb. 3. Kaskade aus vier Maschinen und einige dazugehörige Charakteristiken.

[7]) E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. V, S. 79—83.

Die Maschinenkonstanten und andere Daten für diese Kaskade sind in den Tafeln II und III enthalten.

Das Stromdiagramm stellt ein kontinuierliche Kurve dar, die aus vier sich in nahe beieinander liegenden Punkten schneidenden Schleifen und einem besonderen nadelförmigen Ansatz, dem „Schweif", welcher fast zu einer einzigen Linie zusammenfließt und in der Abbildung nicht Platz gefunden hat, besteht; dieser „Schweif" ist in kleinerem Maßstabe innerhalb desselben Diagrammes dargestellt.

Der Weg, den das Ende des Stromvektors bei Änderung der Umlaufzahl des Maschinensatzes von Null bis zur synchronen Drehzahl der ersten Maschine beschreibt, ist folgender: Punkt k (entsprechend dem Kurzschluß der Kaskade) und weiter die Punkte a_1, b_1, k, a_2, b_2, k, a_3, b_3, k, a_4. Beim weiteren Wachsen der Umlaufzahl durchläuft das Ende des Stromvektors den Punkt b_4 und bei unendlich großer Geschwindigkeit entfernt es sich längs des rechten Endes des „Schweifes", welcher den Schlupfgrößen $\pm \infty$ entspricht. Greift man zum Ersatzschema, Abb. 1, zurück, so sieht man tatsächlich, daß bei sehr großem Schlupfe die Erregeradmittanzen

$$Y_2 = g_2 \cdot s_1 - j b_2,$$
$$Y_3 = g_3 \cdot s_1 \cdot s_2 - j b_3 \text{ usw.},$$

infolge der hohen Frequenzen und großen Eisenverluste in allen hinter der ersten folgenden Maschinen, sehr hohe Werte annehmen können. Als Grenzwert bei $n = \pm \infty$ oder $s_1 = \pm \infty$ wird Y_2 auch gleich ∞ und der Strom, den die Kaskade dem Netz entnimmt, wird

$$I = \frac{P_1}{Z_1 + \dfrac{1}{Y_1 + \dfrac{1}{Z_2}}} \quad \ldots\ldots (3).$$

Führt man jedoch für die Eisenverluste im Rotor die von uns vernachlässigte Berichtigung (vgl. Seite 418) ein, so erhält man

$$I = \frac{P_1}{Z_1},$$

da in diesem Falle $c_2 = \infty$, somit also auch $s_1 g_{1\,\mathrm{rot}}$ gleich ∞ ist.[8])

Die Punkte a_1, a_2, a_3, a_4 entsprechen denjenigen Umlaufszahlen, bei welchen die Frequenzen im Rotor der vierten, bzw. der dritten, zweiten und ersten Maschine gleich Null wird. In solchen Fällen steht die Sache so, als ob alle Maschinen, die sich hinter derjenigen, in deren Rotor die Frequenz gleich Null ist, befinden, aus der Kaskade herausgefallen wären; sie haben ihre Erregung verloren und verbrauchen keinen Magnetisierungsstrom. Das ist aus der Kurve $I = f_1(n)$, Abb. 3,

[8]) Das Vorhandensein eines ähnlichen „Schweifes" im Kreisdiagramm des asynchronen Motors soll in einer besonderen Veröffentlichung erörtert werden. Es sei hier bemerkt, daß dieser „Schweif" auch dann zutage tritt, wenn man die Hysteresisverluste vernachlässigt, jedoch die Wirbelstromverluste berücksichtigt, wie dies aus den Gleichungen (1), (2) und (3) folgt.

Digitized by Google

deutlich zu ersehen; hier entsprechen den Punkten a_1, a_2, a_3 und a_4 tiefe Einsenkungen der Stromkurve.

Aus dem Stromdiagramm, desgleichen aus den Kurven $\cos\varphi = f_2(n)$ und $L_N = f_3(n)$ ist zu ersehen, daß, wenn sich die Umlaufszahl der Kaskade von 0 bis $+\infty$ ändert, die Kaskade durch vier Arbeitsgebiete, wo sie als Motor wirkt, und durch vier Arbeitsgebiete, wo sie als Generator wirkt, hindurchgeht, wobei die einzelnen Arbeitsgebiete voneinander durch unstabile Betriebszustände getrennt sind. Von diesen Arbeitsgebieten besitzen praktisches Interesse nur der Motor- und Generatorbetrieb um den Punkt a_1 der inneren Schleife des Stromdiagramms herum, denn es hat ja keinen Sinn, die Kaskade zum Beispiel um den Punkt a_4 herum mit einer dem Synchronismus der ersten Maschine naheliegenden Umlaufsgeschwindigkeit arbeiten zu lassen, wenn im Rotorkreis dieser Maschine ein Zusatzwiderstand in Form der drei nachfolgenden Maschinen eingeschaltet ist; in diesem Falle ist es besser, die Schleifringe der ersten Maschine kurzzuschließen, um von ihr eine größere Leistung bei besserem Leistungsfaktor zu erhalten.

Bei guten Maschinenkonstanten, wie in vorliegendem Falle, nähern sich die Schleifen des Stromdiagrammes der Kreisform. Das ist aus

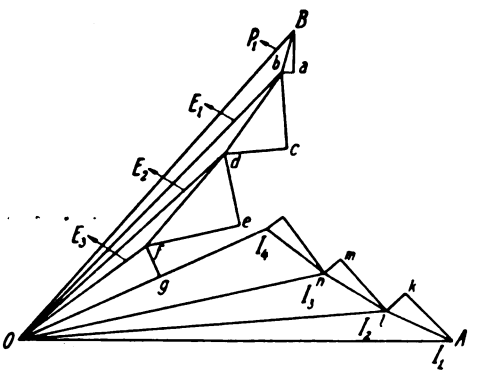


Abb. 4. Das Vektordiagramm des Ersatzschemas nach Abb. 1.

folgendem zu ersehen: man stelle sich vor, daß die Wirkkomponenten der Impedanzen Z_2 und Z_3 und Admittanzen Y_2 und Y_3 im Schema der Abb. 1 gleich Null oder so gering sind, daß sie vernachlässigt werden können; dann verbleibt im Ersatzschema nur eine variable Größe, nämlich Z_4, und das Stromdiagramm verwandelt sich in einen vollkommenen Kreis. Je schlechter dagegen die Maschinenkonstanten sind, desto mehr werden die Schleifen des Stromdiagrammes verzerrt, indem sie sich von der Kreisform entfernen, da in diesem Falle im Ersatzschema mehrere variable Größen vorhanden sein werden.

Zwecks Bestimmung der Energieverluste, des Wrikungsgrades, der Nutzleistung und des Drehmomentes der einzelnen Maschinen und ferner der gesamten Kaskade konstruiert man das Vektordiagramm auf Grund des Ersatzschemas.

Auf der Ausgangshorizontalen (Abb. 4) trägt man den Vektor $\overline{OA}$ des auf oben angegebene Weise gefundenen Stromes I_1, welcher irgend einer bestimmten Umlaufszahl entspricht, ab und nach Abtragung des diesem Strome entsprechenden Winkels φ konstruiert man den Vektor $\overline{OB}$ der Primärspannung P_1; hierauf wird vektoriell der Spannungsabfall im Stator der ersten Maschine abgezogen, indem man $\overline{Ba} = I_1 . x_1$ senkrecht zu I_1 und $\overline{ab} = I_1 . r_1$ parallel zu I_1 abträgt. Solchermaßen wird der Vektor $\overline{Ob}$ der EMK E_1 (des Stators der ersten Maschine) bestimmt. Um den Rotorstrom der ersten Maschine (folglich auch den Statorstrom der zweiten) zu erhalten, muß vom Strome I_1 der entsprechende Magnetisierungsstrom abgezogen werden; zu diesem Zwecke wird vom Ende des Vektors I_1 die Länge $\overline{Ak} = E_1 . b_1$ senkrecht zu E_1 und die Länge $\overline{kl} = E_1 . g_1$ parallel zu E_1 abgetragen; man erhält den Vektor $\overline{Ol}$ des Stromes I_2.

Ist nun der Strom I_2 bekannt, so kann man ähnlich dem Vorhergesagten den Spannungsabfall (reduziert auf die primäre Frequenz) im Rotor der ersten und im Stator der zweiten Maschine bestimmen. Diese Spannungsabfälle sind:

$$\overline{bc} = I_2 (x_1' + x_2) \text{ und } \overline{cd} = I_2 \left(\frac{r_1' + r_2}{S_1}\right).$$

Nachdem man die reduzierte EMK E_2 der zweiten Maschine gefunden hat, wird der ihr entsprechende Magnetisierungsstrom bestimmt; subtrahiert man letzteren vom Strome I_2, so hat man den Strom I_3 im Rotor der zweiten, bzw. im Stator der dritten Maschine erhalten.

Indem man diese geometrischen Konstruktionen fortsetzt, bestimmt man alle Stromgrößen und die auf Netzfrequenz reduzierten EMKe sämtlicher Maschinen der Kaskade, wie dies in Abb. 4 für eine dreifache Kaskade geschehen ist. Wird die Kenntnis der tatsächlichen EMKe im Stator und Rotor der Maschinen gewünscht, so sind die gefundenen Größen E_1, E_2, E_3 usw. mit dem Verhältnisquotienten der Frequenzen zu multiplizieren:

$$E_{1\,\text{stat.}} = E_1;$$

$$E_{1\,\text{rot.}} = E_1 \frac{c_2}{c_1} = E_1 S_1;$$

$$E_{2\,\text{stat.}} = E_2 \frac{c_2}{c_1} = E_2 S_1;$$

$$E_{2\,\text{rot.}} = E_2 \frac{c_3}{c_1} = E_2 S_1 S_2 \text{ usw.}$$

Auf diese Weise werden die Stromgrößen und EMKe sämtlicher Maschinen der Kaskade bei der gewählten Umlaufszahl gefunden. Die Phasenverschiebungen zwischen ihnen werden unmittelbar dem Vektordiagramm entnommen. Es genügt, all diese Werte zu kennen, um die Eisen- und Kupferverluste, die Nutzleistungen, Drehmomente, Wirkungsgrade, cos φ und andere für jede einzelne Maschine und folglich auch für die Kaskade im ganzen bestimmen zu können.

Digitized by Google

Die Eisenverluste sind gleich:

$$W_{1Fe} = E_1^2 g_1;$$
$$W_{2Fe} = E_2^2 g_2 s_1;$$
$$W_{3Fe} = E_3^2 g_3 s_1 s_2 \text{ usw.}$$

Die Kupferverluste sind:

$$W_{1Cu} = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_1';$$
$$W_{2Cu} = I_2^2 r_2 + I_3^2 r_2' \text{ usw.}$$

Die volle Nutzleistung einer Phase der ersten Maschine ist

$$L_1 = E_1 . I_2 \cos(E_1, I_2);$$

und ihre mechanische Nutzleistung

$$L_{m1} = L_1 (1 - s_1);$$

Wird die mechanische Leistung durch die uns bekannte Winkelgeschwindigkeit der Maschine dividiert, so erhält man das nützliche Drehmoment:

$$M_1 = \frac{L_{m1} . (1 - s_1)}{\omega_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (a).$$

Das beschriebene Berechnungsverfahren ist auch für das Bestimmen der Anlaufcharakteristiken der Kaskade, wenn in dem Rotorkreis der letzten Maschine ein beliebiger Widerstand eingeschaltet ist, anwendbar; doch müssen die Anlaufdrehmomente in diesem Falle anders bestimmt werden, da der Ausdruck (*a*) bei $s_1 = 0$ und $n_1 = 0$ zu einer Unbestimmtheit führt.

Der allgemeine Ausdruck für das Drehmoment eines asynchronen Motors lautet wie folgt:

$$M_1 = A . I_2 \Phi \cos(I_2, E_1) = B . I_2 E_1 \cos(I_2, E_1) \quad (b).$$

Setzt man die Ausdrücke (*a*) und (*b*) für irgendeinen Schlupf s_1, der sich von eins unterscheidet, einander gleich, so kann man daraus die Konstante *B* berechnen und zur Bestimmung des Drehmomentes bei beliebigem Schlupfe dient nun die Gleichung (*b*). Auf ähnliche Weise werden die Drehmomente der übrigen Maschinen der Kaskade gefunden.

Das dargelegte Verfahren zur Bestimmung der Arbeitscharakteristiken von Kaskaden ist das allgemeinste und auf die Untersuchung der Kaskaden bei beliebiger Umlaufzahl anwendbar, erfordert jedoch ziemlich viel zahlenmäßige und graphische Berechnungsarbeit, um zu den gesuchten Resultaten zu gelangen.

Für praktische Zwecke besteht keine Notwendigkeit die Kaskade in solch weiten Geschwindigkeitsgrenzen, wie es in den Abb. 2 und 3 geschehen ist zu untersuchen; es genügt vielmehr vollkommen, für das normale Arbeitsgebiet, das ist einen kleinen Teil des Stromdiagrammes um den Punkt a_1 (Abb. 2) herum, wo der Strom der Kaskade die zulässigen Grenzwerte nicht überschreitet, die Charakteristiken bestimmen zu können. In diesem Falle erfährt die Aufgabe eine bedeutende Vereinfachung und zu ihrer Lösung kann folgendes angenäherte, für praktische Zwecke jedoch genügend genaue Verfahren angewendet werden.

Zweites Verfahren: Der normalen Arbeit eines asynchronen Motors, besonders eines solchen großer Leistung, entspricht die Schlupfänderung in Grenzen bis 2 bis 2·5 vH und sogar weniger. Bestimmt man auf Grund der allgemeinen Formeln[9]) die Schlupfgrößen s_1 und s_2, welche dem Schlupfe der letzten (dritten) Maschine in den Grenzen von $s_3 = 0$ bis $s_3 = 2$ bis 3 vH entsprechen, und vergleicht sie untereinander, so überzeugt man sich, daß s_1 und s_2 sich nur sehr wenig — um 1 bis 1·5 vH — ändern. Zieht man nun in Betracht, daß diese geringen Schwankungen ihrerseits die Änderung gleichfalls sehr kleiner Größen

$$\frac{r_1' + r_2}{s_1} \text{ usw. und } g_2 s_1 \text{ usw.}$$

beeinflussen, so kann man ihre Schwankungen vernachlässigen und s_1 und s_2 als konstant annehmen. Dann verbleibt im Ersatzschema nur eine variable Größe, nämlich Z_4 und das Stromdiagramm verwandelt sich in einen Kreis.

Dieser Kreis kann auf graphischem Wege durch eine Reihe von Inversionen bestimmt werden, indem man zur variablen Impedanz Z_4 alle übrigen konstanten Impedanzen und Admittanzen des Ersatzschemas graphisch addiert nach Art der Konstruktion des Kreisdiagramms eines gewöhnlichen asynchronen Motors,[10]) oder auch indem man folgende Methode benützt:

Es wird in bezug auf die konstanten Größen des Ersatzschemas so oftmal als nötig die Transfiguration aus der Sternschaltung der Impedanzen in ihre äquivalente Dreieckschaltung (Abb. 5 *a*, *b*,

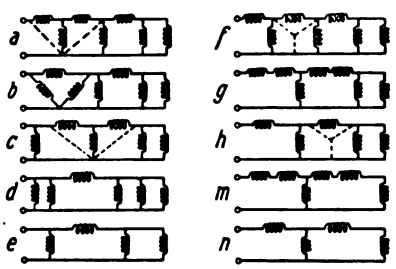


Abb. 5. Transfiguration des Ersatzschemas einer Kaskade aus drei Maschinen in ein vereinfachtes Schema.

c, *d*, *e*) oder umgekehrt die Transfiguration aus der Dreieckschaltung in die äquivalente Sternschaltung (Abb. 5 *f*, *k*, *l*, *m*, *n*) angewandt. Diese Operation kann entweder analytisch oder graphisch vollführt werden.[11]) Man erhält entweder das Schema, Abb. 5 *n*, welches das übliche Ersatzschema eines asynchronen Motors darstellt, oder das Schema nach Abb. 5 *e*. Auf Grund jedes dieser Schemas fällt es nicht schwer, das Stromdiagramm zu entwickeln und mit dessen Hilfe die Arbeit der Kaskade zu erforschen. Doch muß man im Auge behalten, daß das so erhaltene Stromdiagramm nur so lange richtig ist, als man die Impedanz- und Admittanz-Schwankungen der Kaskade vernachlässigen kann.

Bei guten Maschinenkonstanten behält ein solches Diagramm seine Richtigkeit für ziemlich weite Arbeitsgebiete der Kaskade. In Abb. 2 zum

[9]) Siehe den früher erwähnten Aufsatz des Verf.

[10]) E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. V, S. 80.

[11]) E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. I, S. 301.

Digitized by Google

Beispiel nähern sich die Schleifen des Stromdiagrammes sehr stark der Kreisform, und wenn wir sie deshalb durch Kreise ersetzen, so wird der begangene Fehler nicht groß sein.

Durch das vorgeschlagene Verfahren wird, was das Stromdiagramm betrifft, eine aus mehreren Maschinen bestehende Kaskade durch eine Maschine (die letzte in der Kaskade), welche ans Netz über einen variablen Vorschaltwiderstand (den vorhergehenden Maschinen entsprechend), dessen Änderungen man vernachlässigt, ersetzt.

So wird die komplizierte Konstruktion des Stromdiagramms der Kaskade nach der Punktmethode durch die einfache Konstruktion des Kreisdiagrammes ersetzt. Dies Diagramm ermöglicht es, den Strom, die Nutzleistung, das Drehmoment und andere der letzten Maschine der Kaskade zu bestimmen, desgleichen ihren Wirkungsgrad, wenn man darunter das Verhältnis der Nutzleistung der letzten Maschine der Kaskade zu der Leistung, den die Kaskade dem Netz entnimmt, versteht. Die Aufzeichnung der Arbeitscharakteristiken der übrigen Maschinen und der Kaskade im ganzen erfolgt dagegen auf Grund der Vektordiagramme nach Abb. 4 für verschiedene Stromstärken, die sich aus dem Kreisdiagramm ergeben.

Aus der Zahl der asynchronen Kaskaden sollen in diesem Aufsatz nur zusammengesetzte Kaskaden mit einer doppeltgespeisten Maschine (Abb. 6) er-

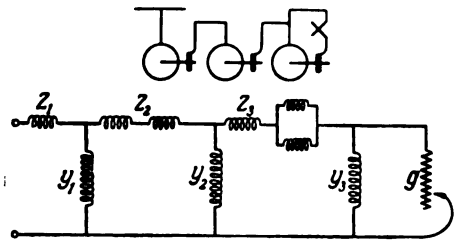


Abb. 6. Zusammengesetzte Kaskade aus drei Maschinen und das entsprechende Ersatzschema.

örtert werden. Doppeltgespeiste Kaskaden, desgleichen zusammengesetzte Kaskadensätze, in deren Bestand sich doppeltgespeiste Kaskaden befinden, stellen eine viel kompliziertere Aufgabe dar, und der Verfasser beabsichtigt ihrer Betrachtung einen speziellen Aufsatz zu widmen.

Die zusammengesetzte Kaskade nach Abb. 6 endet mit einer doppeltgespeisten Maschine. Einer solchen Maschine entspricht das von E. Arnold angegebene Kreisdiagramm,[12]) falls die Konstanten für den Rotor und Stator dieselben sind.

Ergänzt man das Ersatzschema einer doppeltgespeisten Maschine[13]) durch Impedanzen und Admittanzen, welche den beiden ersten Maschinen der Kaskade entsprechen, so erhält man gerade das Ersatzschema nach Abb. 6. Hier gelten folgende Bezeichnungen:

$$Z_1 = r_1 + j x_1$$

Impedanz des Stators der ersten Maschine;

$$Z_2 = \frac{r_1' + r_2}{s_1} + j(x_1' + x_2)$$

Gesamtimpedanz des Rotors der ersten Maschine und des Stators der zweiten Maschine; dieselbe ist auf die Netzfrequenz und den Stator der ersten Maschine reduziert worden;

$$Z_3 = \frac{r_2' + \frac{r_3}{2}}{s_1 s_2} + j\left(x_2' + \frac{x_3}{2}\right)$$

reduzierte Gesamtimpedanz des Rotors der zweiten Maschine und des parallel geschalteten Rotors und Stators der dritten Maschine (vorausgesetzt, daß ihre Konstanten gleich sind);

$Y_1 = g_1 - j b_1$ Erregeradmittanz der ersten Maschine;

$Y_2 = g_2 s_1 - j b_2$ reduzierte Erregeradmittanz der zweiten Maschine;

$Y_3 = g_3 s_1 s_2 - j b_3$ reduzierte Erregeradmittanz der dritten Maschine;

g die der mechanischen Belastung der Maschine entsprechende Konduktanz (Wirkleitwert).

In diesem Ersatzschema ist nur eine variable Größe, nämlich g, vorhanden, da es sich um eine synchrone Kaskade handelt und die Schlupfe s_1 und s_2 konstant sind. Deshalb ist das Stromdiagramm für dieses Schema ein Kreis, der entweder vermittels einer Reihe von Inversionen oder nach vorangegangener Umwandlung des Schemas nach Abb. 5, wie oben beschrieben, konstruiert werden kann.

So können vom Standpunkte des Stromdiagrammes aus die mehrfachen Kaskaden mit einer doppeltgespeisten Maschine als eine gewöhnliche doppeltgespeiste Maschine behandelt werden, indem man annimmt, daß eine solche ans Netz über einen konstanten Vorschaltwiderstand, dessen Rolle alle der letzten Maschine in der Kaskade vorgeschalteten Maschinen spielen, angeschlossen ist.

Die Arbeitscharakteristiken solcher Kaskaden sind nicht schwer zu erhalten, indem man Vektordiagramme nach Abb. 4 verschiedenen Stromstärken entsprechend, konstruiert; diese Ströme und ihre Phasenverschiebung werden dem Kreisdiagramme entnommen, wie oben bereits genau beschrieben worden ist.

(Schluß folgt.)

[12]) E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. V, S. 577.
[13]) E. Arnold l. c.

Digitized by Google

Der Stromwandler im Anodenkreis von Gleichrichtern.

Von Heinrich **Jungmichl**, Dynamowerk der SSW.

Es ist bekannt, daß man in Gleichrichteranlagen die dem Gleichrichtergefäß zugeführte Leistung mit Wattmetern messen kann, deren Stromspule vom Anodenstrom durchflossen wird, während die Spannungsspule an der Phasenspannung derselben Anode liegt[1]) (Abb. 1). Schaltet man so in jede Phase ein Wattweter, so ergibt sich die dem Gleichrichter zugeführte Leistung als Summe aller Wattmeterablesungen. Ist die Schaltung vollständig symmetrisch, so genügt auch ein einziges Wattmeter, dessen Ablesung mit der Phasenzahl zu multiplizieren ist. Hierbei ist zu beachten, daß der Anodenstrom ein veränderlicher Gleichstrom ist,

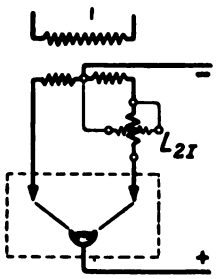


Abb. 1. Messung der Leistung direkt.

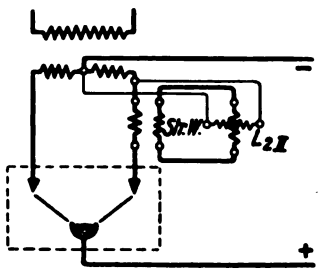


Abb. 2. Messung der Leistung über Stromwandler.

der in eine Gleichstromkomponente und in Wechselstromkomponenten verschiedener Frequenz zerlegt werden kann.[2]) Mit der als sinusförmig vorausgesetzten Phasenspannung gibt nur die Grundwelle des Anodenstromes eine Leistung am Wattmeter. Die Gleichstromkomponente des Stromes bleibt am eisenlosen Wattmeter wirkungslos.

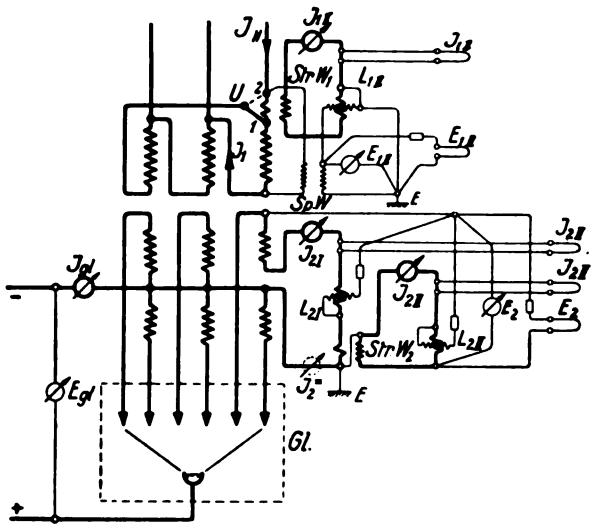


Abb. 3. Schaltung bei den Messungen.

Etwas veränderte Verhältnisse erhält man, wenn man die Stromspule des Wattmeters nicht direkt in den Anodenkreis einschaltet, sondern den Anschluß über einen Stromwandler (*StrW*) vornimmt (Abb. 2). In diesem Falle ist nicht von vornherein zu übersehen, welchen Einfluß die Gleichstromkomponente des Anodenstromes am Stromwandler nimmt. Die im nachfolgenden beschriebenen Messungen, die auf Anregung des Herrn Dr. Möllinger im Prüf- und Versuchsfeld des Dynamo-Werkes der SSW durchgeführt wurden, hatten den Zweck, in dieser Hinsicht Klarheit zu schaffen.

Die Messungen wurden an einem Großgleichrichter für 1000 A bei Sechsphasenbetrieb desselben vorgenommen. Der Haupttransformator, der an 6000 V angeschlossen war, hatte primär Dreieckschaltung, sekundär Sechsphasen-Sternschaltung. Die Gleichspannung war zirka 440 V. Als Belastung des Gleichrichters wurden induktionsfreie Widerstände verwendet. Es wurden Oszillogramme der interessierenden Ströme und Spannungen aufgenommen und gleichzeitig die Spannungen, Ströme und Leistungen gemessen. Die Schaltung bei den Messungen geht aus dem Schaltbild Abb. 3 hervor.

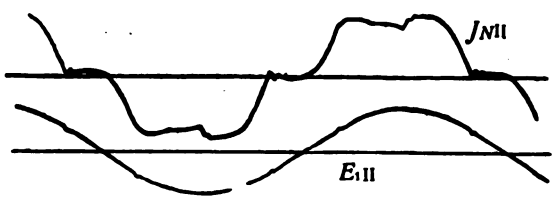


Abb. 4. Netzstrom und Netzspannung primär.

Auf der Hochspannungsseite wurde der verkettete Strom in einer Netzphase I_N (Umschalter U auf 1) und der Strom in der Transformatorphase 1 (Umschalter U auf 2) auf der Sekundärseite

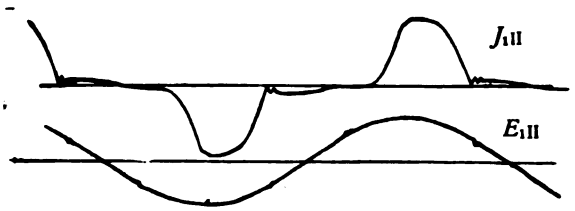


Abb. 5. Phasenstrom und Phasenspannung primär.

eines Stromwandlers ($StrW_1$) mit der Übersetzung 50/5 A gemessen und oszillographiert. Die Spannung wurde über einen Spannungswandler *SpW* 8000/100 V gemessen.

Abb. 4 zeigt den Strom in einer Netzphase I_{NII} und die Netzspannung E_{III}.

Abb. 5 zeigt den Strom in der Transformatorphase primär I_{III} und die zugehörige Spannung E_{III}. Die Stromkurven zeigen die erwartete Form. Die gemessenen auf die Primärseite der Wandler umgerechneten Werte während des Oszillographierens sind in Tabelle 1 angegeben.

[1]) Siehe ETZ 1917, S. 6.
[2]) Siehe Siemens-Zeitschr. 1926, S. 380.

Digitized by Google

Tabelle 1.

	Oszillogramme Abb. 4	Abb. 5
Gleichspannung E_{gl}	400 V	410 V
Gleichstrom I_{gl}	800 A	830 A
Netzspannung E_{1II}	5350 V	5560 V
Netzstrom I_{NII}	43·5 A	—
Phasenstrom primär I_{1II}	—	30 A
Phasenleistung primär L_{1II}	—	135 kW

Auf der Sekundärseite des Transformators wurde der Phasenstrom direkt (I_{2I}) und auf der Sekundärseite eines Stromwandlers $StrW_2$ (I_{2II}) mit der Übersetzung 600/5 A gemessen und oszillographiert. Gleichzeitig wurde die Leistung pro Phase direkt (L_{2I}) und auf der Sekundärseite (L_{2II}) des Stromwandlers gemessen.

Abb. 6 zeigt die beiden Ströme und die zugehörige Phasenspannung E_2. Der Strom I_{2I} zeigt die für Sechsphasenbetrieb des Gleichrichters normale Kurvenform. Beim Anwachsen und Abnehmen des Stromes wirkt die Streuung am Transformator dämpfend. Der Sekundärstrom I_{2II} am Wandler hat praktisch dieselbe Kurvenform, nur erscheint die ganze Kurve um ihren Gleichstromwert gegen die Nullinie verschoben. Die Phasenspannung zeigt beim Einsetzen und Aufhören des Stromes die durch die Streuspannungen verursachten Verzerrungen gegenüber der Sinusform. Die während dem Oszillographieren gemessenen auf die Primärseite der Wandler umgerechneten Werte sind in Tabelle 2 mit aufgenommen.

Nimmt man das normale Übersetzungsverhältnis des Wandlers $m = 1$ an, so läßt sich das Verhältnis

$$n = \frac{I_{2II}}{I_{2I}}$$

annähernd durch den Formfaktor f der primären Stromkurve ausdrücken, der durch das Verhältnis von Effektivwert zu Mittelwert gegeben ist:

$$f = \frac{I_{2I}}{I_{2m}}.$$

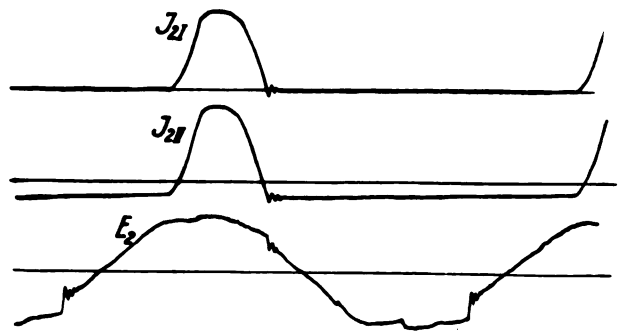


Abb. 6. Phasenstrom direkt und über Wandler und Phasenspannung sekundär.

Bei Vernachlässigung der Kurvenverzerrung, die durch den Frequenzfehler am Stromwandler hervorgerufen wird, kann man für die Effektiv-

Tabelle 2.

	Messung 1	2	3	4	5 Abb. 6 Osz.
Gleichspannung E_{gl}	430	422	410	393	410 Volt
Gleichstrom I_{gl}	154	306	540	830	860 Amp.
Phasenspannung E_{II}	339	336	335	330	350 Volt
Phasenstrom direkt I_{2I}	—	121	213·4	318·6	330 Amp.
„ über Wandler I_{2II}	—	108	186	276·6	288 „
„ Mittelwert I_{2m}	24·5	48·5	87	133	—
Formfaktor f des Phasenstromes	—	2·5	2·45	2·4	—
Verhältnis n aus der Messung bestimmt	—	0·892	0·872	0·869	—
Phasenleistung direkt L_{2I}	11·8	22·8	38·4	56·6	62·1 kW
„ über Wandler L_{2II}	11·7	22·8	38·6	57·2	62·5 „
Prozentualer Fehler b. d. Leistungsmessung	−0·85	0	+0·52	+1·06	+0·645

Beim Oszillographieren wurde durch Kurzschließen der einzelnen Instrumente festgestellt, daß die Kurvenformen durch die Meßinstrumente nicht merklich beeinflußt wurden.

Anschließend hieran wurde eine Meßreihe aufgenommen, bei welcher auch noch der Mittelwert des Anodenstromes I_{2m} gemessen wurde. Die Werte sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Gemessen wurde mit Präzisionsinstrumenten der Laboratoriumstype.

Bei den Messungen fällt in erster Linie auf, daß der über den Wandler gemessene Effektivwert des Phasenstromes wesentlich kleiner ist als der direkt gemessene. Diese Erscheinung rührt davon her, daß die Gleichstromkomponente des Primärstromes nicht mit auf die Sekundärseite übersetzt wird.[3])

werte setzen

$$I_{2II}^2 = I_{2I}^2 - I_{2m}^2$$

und es ergibt sich:

$$n = \sqrt{1 - \frac{1}{f^2}}.$$

Der Zusammenhang ist aus Abb. 7 ersichtlich. Die aus den Messungen bestimmten Werte von n wurden in die Abb. 7 mit eingetragen (Punkte P). Die Abweichungen liegen zwischen 2·2 und 4·6 vH.

Die Einwirkung der Gleichstromkomponente I_{2m} des Anodenstromes auf die magnetischen Belastungsverhältnisse am Stromwandler läßt sich an Hand der Abb. 8 erklären.[4]) Die Kurve m stellt die Magnetisierungskurve des Eisenkerns vor. Die Hysteresisverluste sollen hierbei vernachlässigt

[3]) Siehe Siemens-Zeitschr. 1926, S. 380.

[4]) Siehe auch A. f. Elektr., XVII, 1926, S. 416.

Digitized by Google

werden, da sie für die prinzipiellen Überlegungen von geringer Bedeutung sind. Bei normaler Wechselstromerregung liegen die magnetisierenden Amperewindungen AW_w symmetrisch zur Magnetisierungskurve und es gelten die Koordinatenachsen a für die Amperewindungen und b für den Fluß Φ.

Nimmt man an, daß der Kern durch eine zusätzliche Gleichstromkomponente AWg vormagnetisiert wird, so verschiebt sich unter Beibehaltung derselben Koordinatenachsen die Kurve m um den Betrag von AWg nach links. Zur zeichnerischen Vereinfachung soll die Kurve m in Abb. 8 bei-

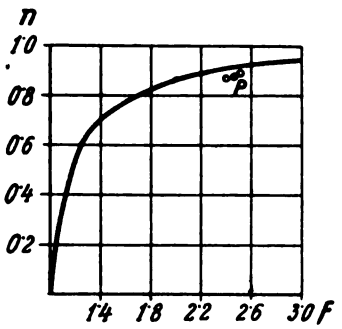


Abb. 7. Verhältnis n und Formfaktor F.

behalten und dafür die Achsen verschoben werden. Bei verhältnismäßig kleiner Vorsättigung AWg' verschiebt sich dann die Achse b nach b'. Die übergelagerten Wechselstromamperewindungen AWw' sind von dieser Achse aus zu rechnen.

Durch die Geraden 1' und 2' wird auf der Kurve m der Bereich begrenzt, in dem der Transformator auf Grund seiner Vorsättigung arbeitet. Die Nullinie a' für den Wechselfluß muß dann gegen a soweit verschoben werden, daß das Integral des Flusses über eine Periode Null wird. In der Abb. 8 müssen dann die beiden schraffierten Flächen gleich groß sein. Wie man sieht, wird beim gewählten Beispiele die Verzerrung der Flußkurve ganz erheblich.

Wird die Gleichstromvorsättigung AWg'' relativ zur Wechselstromerregung AW'' sehr groß, wie dies stets der Fall ist, wenn man die normalerweise schwach gesättigten Stromwandler in den Anodenstromkreis von Gleichrichtern schaltet, so verschiebt sich die Ordinatenachse über das Knie der Magnetisierungskurve heraus nach dem flachen Ast hin, zum Beispiel nach b'' und kommt in einen Bereich, wo der Fluß sich wieder annähernd proportional den AWw'' ändert. Für diesen Fall ist die Verzerrung der Flußkurve nur gering. Allerdings muß man bedeutend mehr Erregeramperewindungen (ungefähr 20 mal so viel) aufbringen, um einen Fluß von derselben Größe wie bei normalem Wechselstrombetriebe zu erzeugen.

Die Oszillogramme der Stromkurven zeigen, daß die Kurvenverzerrung durch den Wandler nur unbedeutend ist. Die größte Abweichung bei den Leistungsmessungen ergab sich zu 1·06 vH. Zu

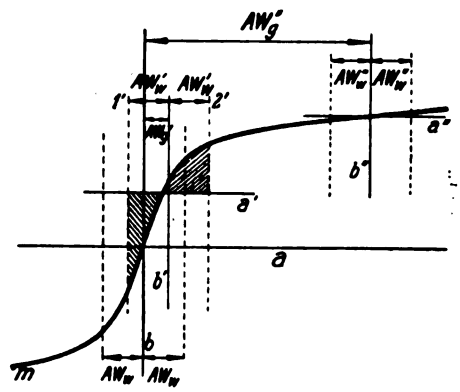


Abb. 8. Einfluß der Gleichstromvorsättigung.

beachten wäre hierbei noch, daß die Spannungsspulen der beiden Wattmeter L_{2I} und L_{2II} bei den Messungen nicht genau an derselben Spannung lagen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Leistungsmessung in Gleichrichteranlagen über Stromwandler im Anodenkreis zu Präzisionsmessungen nicht zu verwenden ist. Für Überschlagungsmessungen, wo man Fehler von 1 bis 2 vH zulassen kann, ist die Schaltung jedoch durchaus brauchbar.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

160 000 kW Turbodynamo für das Hell Gate-Werk in New York. Über diesen Satz[1]) entnehmen wir den BBC-Nachrichten, Heft 1 von 1927, noch folgendes: Der Satz wird im letzten noch vorhandenen freien normalen Turbinenfeld des Werkes aufgestellt, auf welchem Raum zuerst ein 35 000 kW, dann ein 40 000 kW, schließlich im Jahre 1923 ein 50 000 kW Satz Platz fanden. Die neue Turbine wird vorläufig normal nur 50 000 bis 100 000 kW leisten, soll aber bei Ausfall anderer Einheiten dauernd bis 160 000 kW leisten können. Auf Grund dieser Forderung wurde die Turbine mit flacher Wirkungsgradkurve, aber nur 84·5 vH Höchstwert (gegenüber 86 bis 87 vH bei ähnlichen Dampfverhältnissen) entworfen. Sie wird mit Rücksicht auf den verfügbaren Platz zweizylindrig als reine Überdruckturbine mit nebeneinander liegenden Wellen (Croß Compound) gebaut. Die Speisewasseranzapfung geschieht beim Eintritt des Dampfes in den Niederdruckzylinder (bei 90 000 kW Belastung bei etwa 1·2 ata) und in der Mitte des Niederdruckteiles bei etwa 0·7 ata. Vorgewärmt wird bei 90 000 kW auf 98°, bei 50 000 kW auf 87°, bei 160 000 kW auf 115°. Einschließlich des Dampfes für die Anzapfvorwärmung ist der garantierte Dampfverbrauch bei 90 000 kW 4·69 kg/kWh an den Klemmen bzw. 2975 WE/kWh. Der Hochdruckläufer mit 22 Stufen ist in vier Trommeln unterteilt, um Wärmespannungen möglichst zu vermeiden. Die Leitschaufeln sitzen in besonderen Stahlgußeinsätzen des Gehäuses, das dadurch eine sehr einfache zylindrische Form erhält. Der Niederdruckläufer hat sieben Stufen, in der letzten sind die Schaufeln über einen Meter lang. Zur Regelung dienen vier Ventile in einem eigenen Gehäuse, von welchen zwei bei 50 000 kW und alle bei 90 000 kW geöffnet sind. Bei Überlast wird der Dampf weiteren

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 190.

Digitized by Google

Stufen des Hochdruckläufers zugeführt. Eine von BBC auch sonst schon angewendete bemerkenswerte Einzelheit ist die Anordnung von Wasserableitkanälen in den Leitschaufelzwischenstücken. Bei den derzeit üblichen hohen Luftleeren tritt der Dampf sehr naß aus der Turbine und es fließen zum Beispiel bei der Hellgate Turbine etwa 110 000 kg Wasser in der Stunde durch die mit etwa 300 m/s Umfangsgeschwindigkeit laufenden Schaufeln. Dieses Wasser verzehrt sehr viel Energie und greift die Schaufeln sehr stark an. Da es von den Schaufeln nach außen zwischen die Leitschaufelreihen geschleudert wird, kann es durch die angeführten Kanäle außerhalb der Beschaufelung zum Kondensator fließen und kommt nicht wieder in den Bereich der folgenden Laufschaufeln. — Die Steuerung ist die normale Bauart von BBC, jedoch mit Vorsteuerung für die Regelventile. Die Hauptabschlußventile werden durch Öldruck geöffnet, alle Schaltvorgänge beim Anlassen und Abstellen werden in der richtigen Reihenfolge durch einen vom Maschinisten betätigten Kontroller eingeleitet. Da durch Auspuff ins Freie bei Versagen der Kondensation bei Maschinen dieser Größe infolge der Temperaturänderungen gefährliche Deformationen einzelner Teile entstehen könnten, wird bei Abfallen des Vakuums die Turbine selbsttätig entlastet. J.

Das Kraftwerk der Ford-Motor Company in Canada, Ford City Ontario, das den Dampf- und Kraftbedarf einer Fabrik Fords deckt, ist nicht nur nach den neuesten technischen Grundsätzen erbaut, sondern zeichnet sich auch noch überdies durch eine ganz besondere Ausstattung in bezug auf Schönheit und Zweckmäßigkeit aus. — Die Kohle wird dem Kesselhaus von dem am Flußufer befindlichen Lager mittels eines unterirdischen Bandkonveyers zugebracht. Da sich in dem Hauptwerk am River Rouge[1]) die Staubfeuerung sehr gut bewährt hat, so wurde auch das Canadische Werk mit derselben ausgerüstet. Die Fabrik benötigt 6000 kW und außerdem rund 9000 kg Hochdruckdampf für Maschinen, sowie 11 800 kg 0·4 at Dampf für Wasseranwärmung usw. in der Stunde. Für die Gebäudeheizung verwendet man das warme Kondensator-Kühlwasser, wobei das Vakuum im Kondensator je nach der Außentemperatur verschieden hoch gehalten wird. Das Kesselhaus erreicht eine Höhe von 30 m und enthält im Erdgeschoß die Kohlenaufbereitungsanlage sowie den Verdampfer- und den Pumpenraum. Gegenwärtig sind drei Steilrohrkessel mit je 1200 m² aufgestellt, wobei Platz für eine vierte Einheit derselben Größe vorgesehen ist. Die Kessel liefern Dampf von 16·5 atü und 315° C und haben zwei Obertrommeln und eine Untertrommel. Neu ist die Verwendung verschiedener Durchmesser bei den Wasserrohren. Das erste Rohrbündel und die erste Reihe des zweiten, wo die Gase am heißesten sind, hat Rohre mit 85 mm Durchmesser, hinter dem Flammenwender des zweiten Bündels sind Rohre mit 76 mm Durchmesser und im dritten Bündel, wo die Gase schon verhältnismäßig kühl sind, solche mit 63 mm Durchmesser. Das dritte Rohrbündel und die dazugehörige Obertrommel sind als Ekonomiser ausgebildet. Gespeist wird in die Obertrommel dieses Bündels mit rund 50°. Bei einer Belastung von rund 26 kg/m² in der Stunde erhält man Abgastemperaturen von rund 250°. Eigenartig ist auch die Anordnung des Schlackenrostes. Er besteht aus acht Paaren von 100 mm Rohren. Jedes Rohrpaar hat die Gestalt eines engen liegenden „V", dessen Öffnung sich unterhalb der Untertrommel befindet. Der tiefer liegende Schenkel dieses „V" wird von der Untertrommel über einen Header mit Wasser versorgt. Der obere Schenkel ist in der Untertrommel des Kessels mit den Rohren der letzten Reihe des ersten Bündels verbunden. Der Strahlungsüberhitzer hat senkrechte Rohre und befindet sich an der höchsten Stelle des Feuerraumes vor der ersten Obertrommel. Er liefert bei allen Belastungen fast gleich hohe Überhitzung. Die Dampftemperatur schwankt nur um 10° zwischen 13 und 45 kg/m² Belastung. Das Feuerraumvolumen ist 160 m³. Die Ausmauerung wird mit Luft gekühlt, deren gleichmäßige Verteilung mittels Klappen bei allen Belastungen aufrecht erhalten wird. Die höchsten Lufttemperaturen betragen bei normaler Last rund 60°. Die Asche wird aus den Trichtern, die mit Druckluftklappen verschlossen sind, direkt in Waggonets abgezogen. Über jedem Kessel sitzt ein ausgemauerter Blechschornstein. Jeder Kessel hat eine 6 t-Mühle mit automatischer Regelung, die von einem direkt gekuppelten Induktionsmotor angetrieben wird. Das Kohlenstaub-Luftgemisch wird von den Mühlen mittels Exhaustoren über Zyklonscheider in die hochgelegenen Bunker gefördert. Jeder Kessel hat sechs vertikale Brenner, die von einzeln angetriebenen Schnecken beschickt werden. Die Primärluft, welche aus der Luftrückleitung der Cyklonschneider entnommen wird, drücken elektrisch angetriebene Ventilatoren, die außerdem auch noch mit Automobilmotoren gekuppelt sind, mit 40 cm WS in die Brenner. Der Kraftverbrauch der Kohlenförderung vom Lagerplatz zu den Rohkohlenbehältern ist 1·8 kWh je Tonne. Der Kraftverbrauch der Mühlen bei einer Feinheit des Staubes von 25 vH Rückstände auf dem 6400 Maschen-Sieb, betrug 19 kWh je Tonne einschließlich der zum Staubtransport benötigten Kraft. Die Kessel werden automatisch geregelt und besitzen außerdem die zur Bedienung von Hand aus nötigen Instrumente. Das Zusatzwasser wird in einem Hochdruckverdampfer aufbereitet. Zwei Turbos, die eine mit 10 000 kW und 1800 U/min, die andere mit 5000 kW und 3000 U/min liefern 4600 V Drehstrom mit 60 Per/s. Das Turbinenfundament bilden gußeiserne Säulen. Die Generatoren haben Luftrückkühlung. Im Maschinenkeller befindet sich nur der Kondensator und die Kondensatpumpe, während alle übrigen Pumpen und die zugehörigen Rohre im Pumpenraum untergebracht sind. Dadurch und durch den nur galerieartig ausgebildeten Maschinenhausfußboden wurde der Kondensatorkeller, trotz der geringen Breite des Maschinenhauses hell und luftig. Die drei Kühlwasserpumpen arbeiten auf eine gemeinsame Hauptleitung und werden von ihnen nur so viele in Betrieb gehalten, als infolge der Belastung erforderlich ist. Das Kühlwasser wird dem Fluß entnommen und mit einem Siebband, das von einem Motor in ständiger Bewegung gehalten wird, gereinigt. Da die Anlage keinen Anschluß an ein anderes Kraftwerk hat, ist zum Anfahren des Werkes aus dem stromlosen Zustand eine Hilfsturbine, die mit einem Drehstrom- und einem Gleichstromgenerator gekuppelt ist, vorhanden, welche mit Dampfdruck von 3·5 atü arbeitet. Infolge dieses niedrigen Druckes ist es möglich, beim Anfahren des Werkes die Kessel direkt aus der städtischen Wasserleitung zu speisen. Während der kalten Jahreszeit wird das warme Kühlwasser jeder Turbine durch die Heizanlage der Fabrik gepumpt. Die Regelung der Temperatur dieses Warmwassers geschieht dadurch, daß man ein Ventil, durch welches der Kondensator Luft bekommt, mehr oder weniger öffnet. Das niedrigste Vakuum, das zur Beheizung der Fabrik notwendig war, hat sich mit 47 vH ergeben. Bei diesem Vakuum leistet die 10 000 kW-Turbine nur mehr 8000 kW und hat einen Dampfverbrauch von 8·7 kg anstatt 5·2 kg bei 95 vH Vakuum. Bei einem durchschnittlichen stündlichen Wärmebedarf für Heizzwecke in der kältesten Jahreszeit von 15 500 WE und einem Kraftbedarf von 2724 kW/h ergibt sich bei Vorwärmung des Heizwassers mittels Anzapfdampf ein Dampfverbrauch von 38 700 kg in der Stunde. Bei Verwendung des warmen Kühlwassers kam man tatsächlich mit 30 400 kg/h aus. Es ist auch die Möglichkeit vorhanden, der Rücklaufleitung der Heizanlage kaltes Flußwasser zuzusetzen und warmes Überschußwasser überlaufen zu lassen. Ganz besonders hervorzuheben ist die prächtige Innenausstattung der Anlage. Mit den verkachelten Wänden und den vielen vernickelten Gegenständen gleicht die Anlage einem luxuriös ausgestattetem Automobil. Alles ist sauber und blank geputzt, man sieht keinen Schmutzfleck. Die Instandhaltung dieser Anlage sollte als Vorbild für jeden Betrieb dienen. Und doch ist das Werk nicht nur ein Schaustück; denn es liefert die Brutto-kWh um 1·1 Cents

[1]) Siehe E. u. M. 1925, S. 549.

Digitized by Google

und mit Bewertung des Heizdampfes sogar um 0·8 Cents, ein für amerikanische Verhältnisse und für ein Werk dieser Größe gewiß sehr geringer Preis. Stip.
(Power, Bd. 64, Nr. 23, 1926.)

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Der Flächensatz, nach welchem das Produkt aus Radius r und zugeordneter Umfangsgeschwindigkeit c_u konstant ist, spielt in der Hydrodynamik eine bedeutende Rolle. Er wurde erstmals von Prof. Escher, Zürich[1]), zur Behandlung der großspaltigen Vollstrahlturbinen der Sichelschaufelräder herangezogen, wurde aber in den letzten Jahren wiederholt bei der Berechnung der Propellerturbinen erwähnt[2]), ebenso wie er auch zur Ermittlung der Strömung im Spiralgehäuse und bei der Wirbelstrahlturbine[3]) verwendet wurde. Um den Flächensatz auf seine Gültigkeit zu prüfen, werde die reibungsfreie Strömung des Wassers in einem Rotationshohlraume untersucht, in welchem dem Wasser durch unendlich viele Führungsflächen (Schaufeln) eine bestimmte Bewegung aufgezwungen wird. Die Wirkung der Schaufeln kann durch Einführung der Zwangsbeschleunigungen $-\frac{c_u^2}{r}$ und $\frac{c_r c_u}{r}$ in zentripetaler und Umfangsrichtung ersetzt werden. Im Polarkoordinatensystem $r\varphi z$ gelten dann für die resultierenden Beschleunigungen b_r, b_u und b_z in radialer, in Umfangs- und Achsenrichtung die Gleichungen

$$b_r = \frac{d c_r}{dt} - \frac{c_u^2}{r}, \quad b_u = \frac{d c_u}{dt} + \frac{c_r c_u}{r}, \quad b_z = \frac{d c_z}{dt} \quad (1).$$

Mit $c_r = \frac{dr}{dt}$, demnach $\frac{d c_u}{dt} + \frac{c_r c_u}{r} = \frac{d c_u}{dt} + \frac{dr.c_u}{dt.r} = \frac{1}{r}\frac{d(r c_u)}{dt}$, schreiben sich diese Gleichungen auch in der Form

$$b_r = \frac{d c_r}{dt} - \frac{c_u^2}{r}, \quad b_u = \frac{1}{r}\frac{d(r c_u)}{dt}, \quad b_z = \frac{d c_z}{dt} \quad (2).$$

Ist $b_u \lesseqgtr 0$, so hat man es mit einer Kraft- oder Arbeitsmaschine zu tun; im ersteren Falle mit einer Turbine, im letzteren mit einer Kreiselpumpe. Ist $b_u = 0$, so entspricht dies den sogenannten arbeitsfreien Schaufelenden dieser Kreiselmaschinen. Hiefür ist nach der zweiten Gleichung (2)

$$d(r c_u) = 0, \quad r c_u = \text{konstant} \quad \ldots\ldots (3)$$

Für die arbeitsfreien Schaufelenden ist demnach der Flächensatz stets erfüllt. Liegt dagegen ein schaufelloser Rotationshohlraum, zum Beispiel der Spaltraum zwischen Leit- und Laufrad vor, so entfallen die eingangs erwähnten Zwangsbeschleunigungen, wodurch die Gleichungen (1) auf

$$b_r = \frac{d c_r}{dt}, \quad b_u = \frac{d c_u}{dt}, \quad b_z = \frac{d z}{dt} \quad \ldots\ldots (4)$$

vereinfacht werden. Für $b_u = 0$, also für verlustfreie Strömung im Spalt, ergibt sich hiebei stets

$$d c_u = 0, \quad c_u = \text{konstant}^4) \quad \ldots\ldots (5)$$

Durch die unvermeidlichen Reibungen wird Gleichung (5) stets nur angenähert erfüllt sein. Ist namhaft und mit Absicht $b_u \lesseqgtr 0$, so hat man es mit einer Kraft- oder Arbeitsmaschine nach Art der Tesslaturbine zu tun. Auf diesen Grundlagen könnten auch die Untersuchungen aufgebaut werden, den Strömungsverlauf innerhalb einer Radzelle bei endlicher Schaufelzahl zu ermitteln: ist für die unmittelbar an der Schaufel gelegenen Stromlinien ein Gesetz nach der mittleren Gleichung (2) maßgebend, so werden die in Zellenmitte verlaufenden Stromlinien sich der Gleichung (5) nähern. Sie sind durch Beziehung (5) gegeben, wenn zwei Schaufeln um ihre Reichweite oder um mehr als ihre Reichweite voneinander entfernt sind. Dr. Baudisch.

Die Saugwirkung bei Kreiselpumpen erklärt nach Dipl. Ing. P. Schmidt, München, den Unterschied zwischen den Versuchsergebnissen und der Berechnung der Pumpenleistung. Beim Versuche wird eine wesentlich kleinere Förderhöhe festgestellt, als der Rechnung entsprechen würde, trotzdem die Pumpe guten Wirkungsgrad besitzt. Durch die Saugwirkung wird im Wasser im Laufrad-Eintrittsbereich am Schaufelrücken ein niedriger Druck erreicht, durch den das Wasser aus seiner ursprünglichen Zuströmrichtung seitlich abgelenkt wird. Wäre bei normalem Wassereintritte mit der Arbeitsgleichung

$$\frac{H}{\eta} = \frac{u_2 c_u}{g}$$

zu rechnen, so ergibt sich durch die Saugwirkung

$$\frac{H}{\eta} = \frac{u_2 c_{u_2} - u_1 c_{u_1}}{g},$$

trotzdem die Schaufelung für $c_{u_1} = 0$ entworfen wurde. Die Saugwirkung ruft an den besagten Stellen Korrosionen hervor. Anfressungen im Kanalinneren, insbesondere an der Druckseite der Schaufeln, sind auch als Folgen der Dampfbildung durch die Saugwirkung zu erklären. Bei mehrstufigen Pumpen treten Korrosionen vornehmlich am ersten Rade auf, an den übrigen nur, wenn durch die Räder nur kinetische Energie erzeugt wird.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 3, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Über die Messung der Drehstromleistung in Aronschaltung bei Zählereichungen mit Doppelgeneratoren. G. Hauffe. Bei der Eichung von Drehstromzählern in Aronschaltung ist es üblich, nach Herstellung symmetrischer Verhältnisse (Gleichheit der verketteten Spannungen und der Linienströme) diese dadurch nachzuprüfen, daß man künstlich Phasenverschiebung erzeugt, was durch Verwendung von Phasenschiebern oder Doppelgeneratoren bekanntlich leicht möglich ist. Man stützt sich heibei auf die von Breitfeld[1]) abgeleitete Beziehung für den tang φ symmetrisch belasteter Netze. Danach muß sein: 1. Drehmoment des einen Systems gleich dem des anderen bei 0° Phasenverschiebung. 2. Das Drehmoment des einen Systems gleich Null und das des anderen so groß wie unter 1. bei 60° Phasenverschiebung. Eine einfache Rechnung zeigt nun, daß diese Prüfung nicht zureichend ist. Es liegt dies daran, daß Strom- und Spannungskreis nur mechanisch und nicht elektrisch miteinander gekoppelt sind. Die unter 1. und 2. genannten Verhältnisse können insofern nicht einwandfrei nachkontrolliert werden, als man bekanntlich den Verschiebungswinkel nicht mitmißt. Die oben angeführten Beziehungen für die Drehmomente treten in unendlich vielen Fällen auf; hierbei sind unter der Voraussetzung gleicher verketteter Spannungen folgende Gleichungen erfüllt:

$$\frac{J_3}{2J_1} = \sin(30° - \varphi_3); \qquad \varphi_1 = 2\varphi_3; \qquad \psi = 60° - 2\varphi_3;$$

Es bedeuten: J die Linienströme, φ ihre Verschiebungswinkel gegen die sie erzeugenden Phasenspannungen, ψ den elektrischen Verschiebungswinkel, der der räumlichen Drehung des Phasenschiebers bezw. Doppelgenerators entspricht. Um einwandfreie Verhältnisse zu erzielen muß man, entgegen der bisherigen Gewohnheit, etwa nur im induktiven Sinn zu verschieben, auch auf kapazitive Verschiebung einstellen. Es müssen dann die unter 1. und 2. genannten Beziehungen der Drehmomente wieder auftreten, jedoch jeweils am anderen System. Daß diese Beziehungen nicht immer erfüllt sind, kann hier als der experimentelle Beweis

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 348.

[2]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 457; 1925, S. 648; Z. Ö. I. A. V. 1927, Heft 7/8.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 7, S. 132. Die Wasserwirschaft, 20. Jahrg., 1927, S. 147.

[4]) Vgl. Z. Ö. I. A. V. 1927, Heft 3/4; Deutsche Wasserwirtschaft 1927, Heft 2; Die Wasserwirtschaft 1927, S. 145.

[1]) ETZ 1899, S. 120.

Digitized by Google

für die obigen Behauptungen angesehen werden. Die entsprechende Nachregelung der Ströme führt dann sukzessive zu den gewünschten Verhältnissen. In sinngemäßer Änderung gelten die Ausführungen auch dann, wenn die Ströme untereinander gleich sind, der Spannungskreis aber unsymmetrisch ist.

(ETZ, Bd. 47, Heft 44, 1926.)

Die Messung hoher Spannung. Mit Rücksicht auf die zunehmende Verbreitung von Prüfanlagen mit sehr hoher Spannung von 300 bis 1000 kV bespricht M. de la Gorce die zur Messung solcher Spannungen geeigneten Verfahren, die gegenüber den Einrichtungen zur Erzeugung der Prüfspannungen selbst in ihrer Entwicklung im Rückstand sind. Zur Messung des Höchstwertes der Spannung, aus dem auf den meist gesuchten Effektivwert nur im Falle sinusförmigen Verlaufes oder bekannter Spannungskurve rückgeschlossen werden darf, dient die zuerst in Amerika von C. L. Fortescue und F. W. Peck ausgebildete Kugelfunkenstrecke[1]). Der kleinstzulässige Kugeldurchmesser ist von der Spannung abhängig, Korrekturen für Temperatur und Druck sind nicht zu übersehen. Ebenfalls die Maximalspannung zu messen gestattet das Verfahren von Sharp und Farmer[2]). Die Hochspannung wird über einen Luftkondensator und über zwei parallel geschaltete Glühkathoden-Gleichrichter (Kenotron) an Erde gelegt. Im Zweige des einen Kenotrons liegt ein Drehspul-Milliamperemeter. Dieses mißt einen Strom $i = 2\,nCE$, wo n die Frequenz, C die Kapazität des Luftkondensators und E die gesuchte Spannung bedeutet. Genaue Kenntnis von C und regelmäßige, nicht gezackte Spannungskurve sind für die Anwendbarkeit Voraussetzung. Glimmerscheinungen am Kondensator müssen vermieden werden. Die effektive Spannung kann mit Elektrometern (bis 200 kV nach Abraham-Villard) gemessen werden, die aber einer schwierig durchzuführenden Eichung durch Vergleich bedürfen. Bis 250 kV reicht ein Elektrometer von Hartmann und Braun in komprimiertem Stickstoff; ein Elektrometer von Guillet und Aubert[3]) wird als aussichtsreiche Form angesehen. Spannungen über 250 kV müssen mit Kondensatoren unterteilt werden; die Vermeidung von Strahlung an den Kondensatoren ist sehr schwierig. Mit einer solchen Anordnung kann auch der Höchstwert der Spannung leicht ermittelt werden, indem man parallel zum an Erde liegenden Kondensator statt des Spannungsmesser ein Kenotron mit einem Kondensator in Serie und diesem Kondensator parallel ein Elektrometer schaltet. Zwischen Messungen sehr hoher Spannung, vorgenommen mit verschiedenen instrumenten und Prüfanlagen, ergeben sich noch sehr häufig große Unterschiede, wofür wenigstens teilweise Verschiedenheiten der Spannungskurve verantwortlich gemacht werden müssen. Gn.

(Bulletin Soc. Franç. Electriciens, Oktober 1926.)

Messungen mit dem Schleifdraht-Wechselstromkompensator. W. Geyger beschreibt die endgültige Ausführungsform eines (von der Firma Hartmann & Braun in Frankfurt a. M. erzeugten) Schleifdraht-Wechselstromkompensators (Abb. 1), über dessen prinzipielle Wirkungsweise und Theorie schon berichtet wurde[4]). Die zu messende Spannung P_x wird aus zwei um 90° in der Phase verschobenen Teilspannungen (P_1 und P_2) zusammengesetzt, die als stetig regelbare Spannungsabfälle an zwei kalibrierten Meßdrähten (M_1 und M_2) mit parallel geschalteten Ohmschen Widerständen (R_1, R_2) abgegriffen werden. Die Verbindung der Mittelpunkte der beiden Meßdrähte ist derart durchgeführt, daß ein Überschleifen der Verbindungspunkte durch die Kontakte möglich ist, wodurch sich eine stetig veränderliche Spannung in allen vier Quadranten herstellen läßt. Die Phasenverschiebung von 90° zwischen E_2 und E_1 (Abb. 1) wird durch Lufttransformatoren T_A bezw. T_B mit genügender Annäherung erzielt, da der Impedanzwinkel α wegen des überwiegenden Ohmschen Widerstandes des Sekundärkreises verschwindend klein ist. Der Frequenzbereich ist durch den Stöpselwiderstand R_v regulierbar. Bei kurzgeschlossenem R_v besitzt der sekundäre Kreis einen Ohmschen Widerstand von 5 Ω und ist für eine niederste Frequenz von 12·5 Per/s mit dem Transformator T_A, bezw. 125 Per/s mit dem Transformator T_B bemessen, da die induktiven Widerstände von T_B 0·1 der Induktivitäten von T_A betragen. Die notwendige Stöpselung am Widerstand R_v ergibt sich dann aus der Beziehung

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2\pi f L_s}{5 + R_v} = \frac{2\pi \cdot 12{\cdot}5\, L_s}{5};$$

also

$$R_v = \frac{f - 12{\cdot}5}{2{\cdot}5}\,\Omega, \text{ bezw. } R_v = \frac{f - 125}{25}\,\Omega$$

(f = Frequenz in Per/s, L_s = Induktionskoeffizient des Sekundärkreises). Da R_v in vollkommen eingeschaltetem Zustand 55 Ω beträgt, so ist die obere Grenze des Frequenzbereiches etwa 150, bezw. 1500 Per/s. Die Wahl der Konstanten erfolgt derart, daß $E_1 = E_2 = 0{\cdot}08 \cdot I_1$ wird, und da aus Erwärmungsgründen $I_1 \leqq 0{\cdot}5$ A bleiben soll, so entspricht bei 2×20 cm Meßdrahtlänge und $I_1 = 0{\cdot}5$ A 1 cm der Skala 0·001 V. Man kann die Genauigkeit, im Falle P_2 von niedererer Größenordnung ist als P_1, dadurch steigern, daß man bei Frequenzen bis 150 Per/s T_B statt T_A verwendet und so $E_2 = 0{\cdot}1\,E_1$ macht. Jede andere, nicht im Meßbereich liegende Spannung läßt sich mit Hilfe von Spannungsteilern kompensieren, die an das Meßobjekt geschaltet werden. Als Nullinstrument wird ein Vibrationsgalvanometer verwendet. Auf die Vermeidung von Fehlerquellen, wie Außenfeldbeeinflussung der Lufttransformatoren und des Vibrationsgalvanometers, ferner durch Isolations- und Kapazitätsströme wird entsprechende Sorgfalt verwendet. Die letzteren werden durch Vorschalten eines Isoliertransformators zwischen Netz und Kompensator in Verbindung mit entsprechender Erdung vermieden. Ist jedoch Phasengleichheit zwischen Netzstrom und Kompensatorstrom erwünscht, so verwendet man statt des Isoliertransformators einen Präzisionsstromwandler, falls Phasengleichheit der Spannungen gefordert wird, einen Spannungswandler, dessen Sekundärkreis über einen Ohmschen Widerstand, dem ein Kondensator parallel geschaltet ist, an die Klemmen 1 und 2 gelegt wird. Der Kreis ist derart abgestimmt, daß die Phasengleichheit erzielt ist. Bei Verwendung eines Stromwandlers ist darauf zu achten, daß die Umschalter wegen der Überspannungsgefahr nicht betätigt werden dürfen, wenn der Kompensator unter Spannung ist. Eine eingehende Berücksichtigung erfordert ferner die Kurvenverzerrung. Vollkommene Stromlosigkeit des Kompensationskreises läßt sich im allgemeinen nur erzielen, wenn die beiden Spannungskurven einander völlig gleichen, was meistens nicht zutrifft. Es wird daher als Nullinstrument ein auf die Grundfrequenz des Wechselstromes abgestimmtes Vibrationsgalvanometer verwendet; ein Mittel, das bei geringer Kurvenverzerrung mit genügender Genauigkeit ausreicht. Bei stärkerer

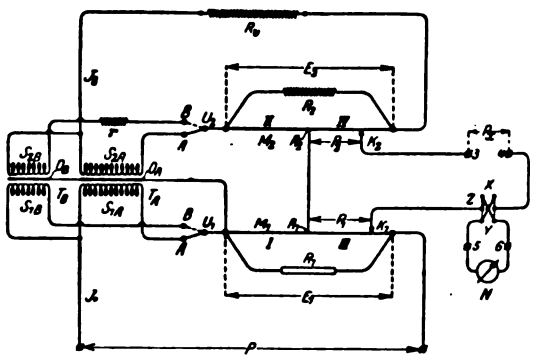


Abb. 1.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 809.
[2]) Proc. A. I. I. E. 1912, S. 1617.
[3]) Journ. de Phys. 1912, S. 990.
[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 586, 587; 1926, S. 495.

Digitized by Google

Kurvenverzerrung kann ein Abgleichen jedoch überhaupt unmöglich werden, wenn nicht die Ströme, welche die höheren Harmonischen im Kompensationskreis erzeugen, durch Einschalten eines Ohmschen Widerstandes oder bei stärkeren Verzerrungen von Siebketten künstlich unterdrückt werden. Hier zeigen sich, wie angemerkt sei, die Schwierigkeiten der Kompensationsmessungen bei Wechselströmen in aller Schärfe. An einer Reihe von Beispielen wird schließlich gezeigt, wie der Schleifdraht-Wechselstrom-Kompensator zur Lösung in der Praxis häufig vorliegender Aufgaben benutzt werden kann. Mitgeteilt werden Untersuchungen an Wechselstrommeßgeräten, an Stromwandlern und Induktionszählern, ferner Messungen mit dem magnetischen Spannungsmesser, Skineffekt- und Scheibenstrommessungen und Messung extrem kleiner Strom- und Spannungswerte unter Ausnützung der Verstärkerwirkung von Elektronenröhren. K.-M.

(Archiv f. Elektrot., Bd. XVII, Nr. 3, 1926.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Echosperre für Fernverbindungen. Von Dr. H. F. Mayer und H. Nottebrock. Von der Siemens & Halske A.-G. ist ein Echosperrer entwickelt worden, der im Gegensatz zu anderen Echosperrern als reines Elektronenrelais ohne mechanisch bewegliche Teile arbeitet[1]). Diese Echosperrer haben daher den Vorzug, daß sie zum Ansprechen einen geringeren Aufwand von Energie benötigen und gegenüber mechanischen Relais eine erhöhte Betriebssicherheit aufweisen. Die an einen Echosperrer zu stellenden Forderungen sind im wesentlichen folgende: 1. daß die Sperrung des zu sperrenden Verstärkers schon durchgeführt ist, ehe die Echoströme dort ankommen, 2. daß die Sperrung solange anhält bis die letzten Echoströme eingetroffen sind, 3. daß der Echosperrer der Sprechverbindung nicht zu viel Energie entzieht und so die Gesamtdämpfung nicht merklich erhöht, 4. daß der Echosperrer auf Störgeräusche in den Leitungen nicht anspricht. Die Wirkungsweise des neuen Echosperrers ist kurz folgende: Die auf einer Leitung ankommenden Sprechströme werden hinter einem Verstärker abgezweigt und auf den Eingangstransformator des Echosperrers geführt. Mittels vorgeschalteter Widerstände läßt sich die Empfindlichkeit des Echosperrers einstellen und gleichzeitig wird der, infolge der Abzweigung entstehende Dämpfungszuwachs der Leitung auf $b = 0{\cdot}05$ begrenzt. Der Eingangstransformator ist ein Resonanzübertrager mit einer Eigenschwingung von $\omega = 5000$. Durch diese Abstimmung wird bewirkt, daß der Echosperrer auf Störströme, die in der Hauptsache Frequenzen unter $\omega = 3000$ enthalten, nicht anspricht. Diese abgezweigten Sprechströme werden in einer Röhre verstärkt und in einer zweiten Röhre gleichgerichtet, so daß sie am Ausgang des Echosperrers bei normalen Verhältnissen eine negative Gleichspannung von etwa 40 V erzeugen. Diese wird dazu benutzt, das Gitterpotential des zu sperrenden Verstärkers der anderen Leitung ins Negative zu verlagern. In den Ausgangskreis des Echosperrers ist noch eine Siebkette geschaltet, welche die Aufgabe hat, die hinter dem Gleichrichter noch vorhandenen Wechselstromanteile vom Gitter des zu sperrenden Verstärkers abzuhalten. Weiters soll diese Siebkette verhindern, daß die Sperrung zu plötzlich einsetzt und keine Störimpulse auf die zweite Leitung gelangen, endlich wird durch diese Siebkette erreicht, daß die Sperrung solange aufrechterhalten wird, bis die letzten Störströme bei dem gesperrten Verstärker angekommen sind. Befindet sich der Echosperrer im ersten Verstärkeramt — von der Gabel aus gerechnet —, so kann man bei einer normalen Pupinisierung mit einer Laufzeit des Echos von 25 m/s rechnen, im zweiten Verstärkeramt mit 50 m/s usw. Mit diesen Zeitwerten kommt man für die Siebkette des Ausgangskreises zu Widerstandswerten von einigen hunderttausend Ohm und zu Kapazitätswerten von einigen Zehntel Mikrofarad. Die Echosperrer sind so eingerichtet, daß sich durch einfaches Auswechseln der Siebkettenkondensatoren ohne sonstige Änderungen alle Ansprech- und Nachwirkzeiten einstellen lassen, die bei einer Entfernung von einem bis zu vier Verstärkerfeldern, von der Gabel aus gerechnet vorkommen. Die Aufstellung des Echosperrers im vierten Verstärkeramt bedeutet bei normaler Pupinisierung eine Verzögerungszeit von 100 m/s. Dieses ist, wie die praktischen Versuche ergeben haben, die obere Grenze, die mit Rücksicht auf schnelles Gegenfragen im Sprechverkehr nicht überschritten werden soll. Die Einzelteile der Echosperrer sind auf einer Eisenplatte zusammengebaut und zu je 20 Echosperrern mit den notwendigen Überwachungs- und Sicherungseinrichtungen an einem Gestell befestigt, das in seinem äußeren Aufbau dem der Zwischenverstärker ähnlich ist. Kelch.

(Siemens-Zeitschrift, 6. Jahrg., Heft 9, 1926.)

Trägerstromtelephonie auf dem Unterseekabel zwischen Los Angeles und der Catalina Insel. Von H. W. Hitchcock. Auf einem der beiden Seekabel, welche durch den Catalina Kanal verlegt sind, wurde im Mai v. J. eine Mehrfachtelephonie mit hochfrequenten Trägerströmen eingerichtet. Und zwar wurden sieben Telephonkreise, von denen sechs mit hochfrequenten Trägerströmen arbeiten und einer ein normaler Fernsprechstromkreis ist, und ein Telegraphenstromkreis an das Kabel angeschlossen. Für die Trägerstromtelephonie wurde im vorliegenden Falle das „ausbalanzierte System" verwendet, bei welchem an jedem Ende der Leitung Leitungsnachbildungen verwendet werden und für je eine Verbindung in jeder Richtung die gleiche Frequenz verwendet wird. Das Kabel selbst ist zirka 23 Seemeilen lang und liegt in einer Wassertiefe von zirka 900 m, es ist ein einadriges Kabel, wobei als zweiter Leiter die Erde benutzt wird. Der Anschluß der Landdoppelleitung, welche ein für Trägerströme pupinisiertes Luftkabel ist, erfolgt über einen Transformator. Der Telegraphenstromkreis, welcher mit Gleichstromimpulsen arbeitet, wird vor dem Transformator direkt am Seekabel abgezweigt. Damit diese Telegraphiergleichströme sich nicht über die Seekabelwicklung des Transformators schließen, ist diese Wicklung durch einen Kondensator von 8·5 μF gegen Gleichströme blockiert. Dieser Kupplungstransformator zwischen Land- und Seekabel muß so beschaffen sein, daß er einen günstigen Wirkungsgrad für alle Frequenzen zwischen 250 und 30 000 Hertz besitzt, da er nicht nur die Trägerstromtelephonie, sondern auch die normale Telephonie mit Sprechfrequenzen des einen Stromkreises übertragen muß. Die Trennung der Sprechfrequenzen, von den Trägerstromfrequenzen geschieht durch Filter (Spulenketten für den Durchlaß der Sprachfrequenzen und Kondensatorketten für den Durchlaß der Trägerfrequenzen). Die Grenzfrequenz dieser Filter beträgt 3000 Hertz, und zwar so, daß die Spulenkette alle Frequenzen von 0 bis 3000 Hertz und die Kondensatorkette alle Frequenzen über 3000 Hertz durchläßt. Im Trägerstromsystem werden die Sender- und Empfangsströme durch eine Brückenschaltung mit Leitungsnachbildungen voneinander getrennt. Die einzelnen Frequenzen der Trägerstromkreise werden ebenfalls durch Filter voneinander getrennt, und zwar sind solche Filter auf der Sende- und auch auf der Empfangsseite eingebaut, und so beschaffen, daß sie nur eine ganz bestimmte Trägerfrequenz und eine ihrer Seitenbande durchlassen. Der Durchlässigkeitsbereich dieser Filter beträgt etwa 2500 Hertz. Der Modulator besitzt zwei Röhren in „Push-pull-Schaltung"[1]) und der Oszillator ist so gekuppelt, daß nur die Seitenbande hinausgesendet werden und die Trägerfrequenz in den Zeiten, in denen keine Sprachfrequenzen vorhanden sind, unterdrückt wird. Um diese Unterdrückung möglichst vollkommen zu machen sind bei beiden Röhren zwischen Gitter und Kathode kleine Kondensatoren geschaltet, von denen der eine variabel ist, damit man Ungleichmäßigkeiten der Röhren ausgleichen kann. Der Demodulator ist ganz ähnlich wie der Modulator geschaltet und besitzt ebenfalls zwei Röhren in „Push-pull-Schaltung". Die Ströme werden sowohl auf der Sender- als auch auf der Empfängerseite über Verstärker geleitet, welche aus zwei hinter-

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 217; 1927, Heft 14, S. 279.

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Heft 4 (14), S. 47.

Digitized by Google

einandergeschalteten Push-pull-Verstärkern bestehen, von denen die zweite Verstärkerstufe aus je zwei parallel geschalteten Röhren mit hoher Ausgangsenergie besteht. Kelch.
(The Bell System Technical Jounal, Bd. V, Heft 4, 1926.)

Baustoffe.

Steinzeug als Werkstoff. Von Dr. phil. und Dr. Ing. Singer, Charlottenburg. Steinzeug unterscheidet sich vom Porzellan wesentlich nur durch das Verhältnis seiner Zusammensetzung: Tonsubstanz 30 bis 70 vH gegen 42 bis 66 vH, Quarz 30 bis 60 vH gegen 12 bis 30 vH, Feldspat 5 bis 25 vH gegen 17 bis 27 vH. Träger des Gemenges beim Steinzeug ist Ton, bei Porzellan Kaolin, die sich chemisch nicht wesentlich, immerhin aber physikalisch bedeutend unterscheiden, da Ton viel bildsamer und fester brennend ist, für große Gegenstände daher der gegebene Stoff ist. Weiters zeigt das Steinzeug bei geringerer Brenntemperatur auch geringere Schwindung. Es ermöglicht ferner ein leichtes Nachbearbeiten auf 0·1 mm, welche Genauigkeit man auf 0·0025 mm zu erhöhen hofft. Ein sehr günstiges Verhalten zeigt die Glasur, die dadurch erhalten wird, daß gegen Schluß des Garbrandes Kochsalz in den Ofen eingeblasen wird, dort verdampft und die sich dabei bildenden Natriumoxyddämpfe eine Wechselwirkung mit der Steinzeugoberfläche eingehen und so eine unendlich dünne, innig verbundene Glasurschichte (Salzglasur) bilden. Diese bleibt, da sie zuverlässig bis auf 5 vH die gleiche Ausdehnungszahl wie der Grundstoff besitzt, sicher immer frei von Haarrissen, was bei Porzellan nicht ohneweiters zu gewährleisten ist. Während die Glasur bei Porzellan die Festigkeit beeinflußt, sei es im Sinne einer Vermehrung oder einer Verminderung[1]), bleibt sie bei Steinzeug ohne Wirkung. Die chemische Widerstandsfähigkeit der Glasur ist eine fast absolute, wie auch die jahrtausendalten Funde beweisen. Für chemische Zwecke läßt sich die Wärmeleitfähigkeit auf das Dreifache erhöhen. Für kleine Arbeitsstücke (bis zu einer Gesamthöhe von 500 mm) bleibt jedoch das Porzellan wegen seiner höheren Zug- und Durchschlagsfestigkeit der gegebene Werkstoff, an dessen Stelle in neuerer Zeit häufig noch Steatit[2]) tritt. Steinzeug und Porzellan treten nicht in Wettbewerb, sondern ergänzen sich. Für große Stücke jedoch wird das Steinzeug vorherrschen, besonders da man diese dann aus einem Stück herstellen kann und so das umständliche Zusammenfügen vermeidet. V. H.
(ZVDI, Bd. 71, Heft 4, 1927.)

Zugfestigkeit und Härte bei Leichtmetallen und Messing. Von R. Baumann. Bekanntlich läßt sich aus der Brinellhärte bei Stahl durch eine einfache Umrechnung die Zugfestigkeit mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen. Die Versuche des Verfassers an Aluminium-, Duraluminium- und Messingblechen hatten den Zweck, festzustellen, ob auch bei diesen Stoffen in so einfacher Weise aus der Kugeldruckhärte auf die Festigkeit geschlossen werden kann. Die Bleche wurden kalt auf verschiedene Stärken heruntergewalzt und die Streckgrenze, die Zugfestigkeit und die Kugeldruckhärte nach Brinell und mit dem Schlaghärteprüfer bestimmt. Bei Aluminium kann im Mittel das Verhältnis Zugfestigkeit in kg/cm² (K_z) : Brinellhärte (250 oder 1000 kg Belastung, 10 mm Kugel) mit 33 angenommen werden, das Verhältnis K_z: Schlaghärte (mit dem Baumann-Steinrück-Prüfer) mit 38·5. Für geglühtes Duraluminium wurde als Mittelwert festgestellt $K_z = 36\,H_{3000}$ (3000 kg Belastung. 10 mm Kugel) oder $K_z = 40\,H_{Schlag}$, für veredeltes Duralumin $K_z = 34\,H_{3000}$, oder $K_z = 40\,H_{Schlag}$. Für Messing *M* (mit 38 v. H. Zink) und Messing *P* (32 v. H. Zink) können die folgenden Formeln benutzt werden:

$$H_{1000} = H_{Schlag} = \frac{2{\cdot}1}{100}\,\sigma_s + 35$$

(für Messing *M*) und

$$H_{1000} = H_{Schlag} = \frac{2{\cdot}1}{100}\,\sigma_s + 38$$

(für Messing *P*), sowie die Gleichung

$$K_z - \sigma_s = 2700 - 300\,.\,\sqrt{H - 50},$$

wobei noch σ_s die Spannung an der Streckgrenze bedeutet. Man bestimmt demnach mit Hilfe des gemessenen *H* aus der ersten Formel σ_s und sodann aus der zweiten *K*. Die Formeln ermöglichen daher auch bei den untersuchten Werkstoffen rasch eine Festigkeitsbestimmung zu machen, ohne das Werkstück zu beschädigen oder Probestäbe entnehmen zu müssen. Besonders dort, wo es sich um die Feststellung der Gleichmäßigkeit handelt, ist damit ein sehr einfacher Weg gewiesen.
(ZVDI, Bd. 70, H. 37, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 427; 1927, S. 135.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 922.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Auf die Kettenleitertheorie gegründete hochwertige Wiedergabsmethode für Musik und Sprache beschreiben J. P. Maxfield und H. C. Harrison. Es handelt sich um die verzerrungsfreie Aufnahme von Musik und Sprache zum Zwecke der Herstellung von Grammophonplatten und ebensolche Wiedergabe durch ein vervollkommnetes Grammophon. Als Aufnahmsorgan dient ein Kathodophon, das gegenüber der mechanischen Aufnahme mittels Schalltrichter, die der räumlichen Verteilung der Tonquellen namentlich bei Orchestermusik sehr fühlbaren Zwang auferlegt, eine zwanglose, den musikalischen Forderungen entsprechende Verteilung der Instrumente im Aufnahmsraum gestattet und außerdem im Tonfrequenzbereiche von 50 bis 5000 Per/s fast absolut verzerrungsfrei arbeitet. Die im Kathodophon erzeugten, der Schallintensität proportionalen Spannungs-

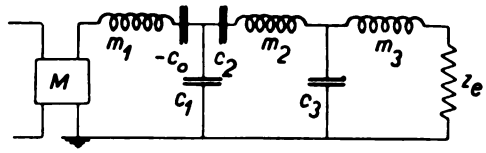


Abb. 2.

schwankungen werden in einem Röhrenverstärker genau proportional verstärkt und einem elektromagnetischen Schreiber zugeführt, der sie mittels eines Schneidegriffels in eine Wachsplatte überträgt. Der Schreiber besteht aus einem permanenten Magnet mit geblätterten Weicheisenpolen, zwischen denen eine um eine exzentrische Achse drehbare Eisenzunge spielt. Diese Zunge bewegt sich im Innern einer festen Magnetisierungsspule, die vom Verstärkerstrom durchflossen wird. Das Interessante an der ganzen Konstruktion ist nun, daß der bewegliche Teil des Schreibers als mechanische Siebkette

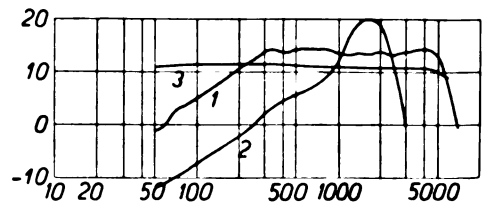


Abb. 3.

ausgebildet ist, die eine vollkommene Analogie zu einer nur Frequenzen unter einer oberen Grenzfrequenz durchlassenden elektrischen Siebkette mit Induktanzen in Reihe und Kapazitäten im Nebenschlusse darstellt. Die Analogie beruht auf folgendem. Denkt man sich ein mechanisches Schwingungssystem, bestehend aus einer Masse *m* und einer masselosen Feder von der „Federung" (Nachgiebigkeit) *c* cm pro Krafteinheit, das sich mit einer der Geschwindigkeit proportionalen Reibung $f\,.\,ds/dt$ unter der Einwirkung der periodischen Kraft $p_0 \sin \omega\, t$ bewegt, so gilt für diese Bewegung die Differentialgleichung

$$m\,.\,d^2s/dt^2 + f\,.\,ds/dt + s/c = p_0 \sin \omega\, t \quad . . (1)$$

Digitized by Google

die mit der elektrischen Gleichung

$$L \cdot d^2Q/dt^2 + R \cdot dQ/dt + Q/C = e_0 \sin \omega t \quad . \quad (2)$$

vollkommen identisch ist, wenn man an Stelle

der Ladung Q (Coulomb) den zurückgelegten Weg s (cm),
des Stromes i (Ampere) die Geschwindigkeit v (cm/s),
der EMK e (Volt) die Kraft p (Dyn),
des Widerstandes R (Ohm) den Reibungsfaktor f (Dyn . s/cm),
der Induktanz L (Henry) die Masse m (g),
der Kapazität C (Farad) die Federung c (cm/Dyn),
der Reaktanz $L\omega$ (Ohm) die mechanische Reaktanz x (Dyn . s/cm) und
der el. Impedanz $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$ die mechanische Impedanz $z = \sqrt{f^2 + (m\omega - 1/c\omega)^2}$

setzt. Dyn . s/cm werden auch als mechanische Ohm bezeichnet. In diesem Sinne stellt Abb. 2 die Siebkette des Schreibsystems dar. In diesem Schema bedeutet: m_1 die Masse des Ankers; $-c_0$ die negative Federung des magnetischen Feldes; c_1 die Federung der Welle zwischen Schneidegriffel und Anker; m_2 die Masse des Schneidegriffels samt Halter; c_2 die Federung der Feder, die den Schneidegriffel in seiner Ruhelage zu halten strebt; c_3 die Federung der Welle zwischen dem Schneidegriffel und dem Kupplungsstück mit der Endimpedanz; m_3 die Masse dieses Kupplungsstückes. Die Endimpedanz z_e besteht aus einem längeren dicken Gummistrang, der aus drei übereinandergezogenen Gummischläuchen besteht. Wird dieser Strang durch das Kupplungsstück in Torsionsschwingungen versetzt, so laufen diese gegen sein anderes befestigtes Ende und werden dort reflektiert. Die Dämpfung dieser Wellen ist aber so groß, daß sie aufgezehrt sind, bevor sie wieder den Anfang des Stranges erreichen. Hiedurch wird die Siebkette nicht reflektierend gemacht. In diesem Schema ist das Prinzip festgehalten, daß alle Federungen, die beim Festhalten einer Reihenmasse, zum Beispiel des

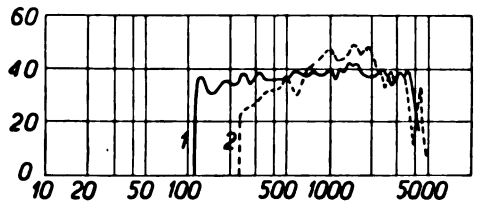


Abb. 4.

Schneidegriffels oder des Kupplungsstückes eine Bewegung der vorhergehenden Reihenmassen gestatten, wie c_1 und c_3, als Nebenschlußkapazitäten zu betrachten sind. Für die obere Grenzfrequenz f_c eines solchen Systems aus gleich abgestimmten Gliedern gilt die Formel

$$f_c = 1/\pi\sqrt{m\,c} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

und für die Eingangsimpedanz des ersten Halbgliedes im größeren Teile des durchgelassenen Frequenzbandes

$$z_0 = \sqrt{m/c} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Die Grenzfrequenz lag bei etwa 6000 Per/s; dies hat den Vorteil, daß Schwingungen des Schneidegriffels von höherer Frequenz, die durch Unregelmäßigkeiten der Reibung entstehen und bei der Wiedergabe der Musik von der fertigen Platte unliebsame Nebengeräusche erzeugen könnten, verhindert werden. Die Schaulinie 1 der Abb. 3 zeigt die Amplitude der Bewegung des Schneidegriffels für verschiedene Frequenzen, jedoch für gleiche vom Verstärker gelieferte Stromamplituden, in willkürlichen Einheiten. Die Begrenzung des wiedergegebenen Frequenzbandes nach unten ist auf die unvermeidliche Reihenkapazität c_2 zurückzuführen. Die Schaulinie 2 zeigt dasselbe für ein hochgedämpftes einfaches mechanisches Schwingungssystem, dessen Resonanzpunkt bei etwa 1600 Per/s liegt. Schauline 3 stellt die Amplituden des Kathodophons samt Verstärker für gleiche Schallamplituden dar. Derselbe Schreibapparat mit einer Endimpedanz, bestehend aus nicht gleichmäßig verteilten, sondern geballten Elementen zeigte einen ähnlichen Amplitudenverlauf wie Schaulinie 1, jedoch mit vielen starken Zacken im horizontalen Teil. In gleicher Art wurden die Elemente der Schalldose des zur Wiedergabe bestimmten Grammophons ermittelt. Schaulinie 1 der Abb. 4 zeigt die erzielte Gleichmäßigkeit der Wiedergabe in willkürlichen Einheiten. Dagegen stellt Schaulinie 2 die entsprechenden Verhältnisse für einen der besten derzeit erhältlichen Apparate dar. Das Schema für den mechanischen Kettenleiter der Schalldose gibt Abb. 5. Die führende Grammophonplatte wird als Wechselstromquelle von konstanter Stromstärke gedeutet. Der Grammophonstift befindet sich am Ende eines zweiarmigen Hebels, der am anderen Ende rechtwinklig umgebogen ist und daselbst etwas federt. Der umgebogene Teil ist in der Mitte eines kuppelförmig aufgewölbten sechsstrahligen Sternes, der sogenannten „Spinne" befestigt, deren Füße wieder mit dem mittleren Teile der daselbst zur Unterstützung der „Kolbenwirkung" durch eingepreßte Vertiefungen versteiften Membran verbunden sind. An die Membran grenzt eine Luftkammer mit enger, das Mundstück eines mehrfach gefalteten Exponentialhornes bildender Schallöffnung. Im zugehörigen Kettenleiterschema Abb. 5 bedeuten: c_1 die Federung der Nadelspitze; T_1 einen Transformator, dargestellt durch das Armlängenverhältnis des vorerwähnten zweiarmigen Hebels; m_1 die Masse dieses Hebels; c_2 die Federung seiner Achse; c_3 die Federung seines Armes; c_4 die Federung der Befestigungsstelle an der Spinne; m_2 die Masse der Spinne; c_5 die Federung der Spinnenfüße; m_3 die wirksame Masse der Membran; c_6 die Federung ihres Randes; c_7 die Federung der Luft in der Luftkammer; T_2 einen Transformator, dessen Umsetzungsverhältnis gleich dem Verhältnisse der wirksamen Membranfläche zur Mundstückfläche ist; z_h die Impedanz des Exponentialhornes. Um die Masse der Membran tunlichst zu verringern, wurde sie aus einer Aluminiumlegierung hergestellt; ihre Dicke betrug 0·043 mm; ihre wirksame Masse 0·186 g; ihre wirksame Fläche 13 cm². Die Verbindung der Gleichung (3) und (4) liefert

$$z_0 = \pi f_c \cdot m \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Setzt man hierin $m = m_3 = 0{\cdot}186$ g und wählt

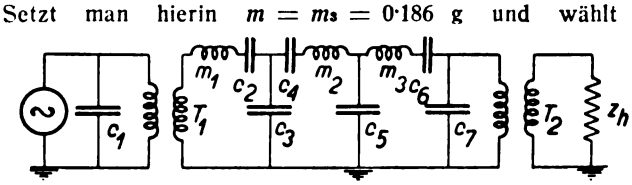


Abb. 5.

$f_c = 5000$ Per/s, so findet man $z_0 = 2920$ mech. Ohm. Versuche haben ergeben, daß die von der Grammophonplatte abgegebene Leistung unter sonst gleichen Umständen der Eingangsimpedanz proportional ist und eine genügende Lautstärke eine Eingangsimpedanz $z_0 = 4500$ mech. Ohm erfordert. Hieraus ergab sich das Übersetzungsverhältnis des Hebels. Die hiedurch weiter bedingte Federung der Nadel entsprach den üblichen Verhältnissen. Der Widerstand am Hornmundstück ist $G \cdot A_2$, worin G der Widerstand einer unendlich langen zylindrischen Röhre von 1 cm² Querschnitt und A_2 der Querschnitt des Hornmundstückes ist. Der Wert von $z_0 = 2920$ mech. Ohm an der Membran ist hier wieder zu groß, da $G = 41$ mech. Ohm/cm² und $A_2 = 13$ cm² also $G \cdot A_2 = 533$ mech. Ohm ist. Es mußte also auch hier eine Luftkammer mit verschieden großen Ein- und Austrittflächen als Transformator eingeschaltet werden.

R. H.

(Journ. of the A. I. E. E., Bd. 45, März 1926.)

Elektrizität in der Landwirtschaft.

Die elektrische Pflügeeinrichtung der Mailänder Firma Fratelli Violati-Tescari[1]) besteht aus zwei vierräderigen Wagen, an deren Vorderfront ein 36 PS-Motor untergebracht ist. Die Anordnung ist nun so getroffen, daß der Pflug, an dem mehrere Pflugscharen

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, TWN, S. 167.

Digitized by Google

angebracht sind, mit Hilfe eines 400 m langen Seiles zwischen den beiden entfernt aufgestellten Motorwagen hin- und herbewegt wird. Zu diesem Zweck wird die Motordrehzahl von 800 U/min durch ein doppeltes Vorgelege auf 30 U/min an der Seilscheibe ermäßigt. Während nun jeweils ein Motor Seil und Pflug aufwindet, gibt der andere leerlaufend das ablaufende Trum frei. Bei einem Probeversuch ackerte ein Pflug mit vier Scharen in einer Breite von 1·2 m und bei einer Furchentiefe von 27 cm stündlich 3·5 km auf. Man kann also annehmen, daß eine 30 PS-Einrichtung 3·5 ha in einem zehnstündigen Arbeitstag durchpflügen kann. Hiezu ist eine drei Leute starke Bemannung erforderlich, und zwar je ein Mann für die Bedienung der beiden Motoren und des Pfluges. Die Kosten der Einrichtung werden mit einem Drittel des Preises eines Dampfpfluges angegeben[1]). St. Schw.

(El. Rev., Bd. 100, Nr. 2565. 1927.)

Die Elektrifizierung der Landwirtschaft sieht einer entwicklungsfähigen Zukunft entgegen., wenn man bedenkt, daß die Haltung von Arbeitstieren mit einem Eigenverbrauch von 24 vH des Kornes. 44 vH des Heues und 67 vH des angebauten Hafers vom volkswirtschaftlichen Standpunkt unrationell ist. Besonders fällt aber die Personalersparnis und Ertragssteigerung für die Elektrifizierung ins Gewicht. Maschinelle Melkeinrichtungen, wie sie zum Beispiel in Neuseeland auf 16 000 Gütern in Verwendung stehen, sind vielfach so eingerichtet, daß die Milch direkt von der Kuh in Rohren zur Molkerei fließt, wobei ein Mann zur Bedienung von 50 Kühen genügt. In Wintermonaten mit erhöhter Nachfrage nach Eiern ergibt elektrische Beleuchtung in Geflügelgeställen 20 vH größere Produktion. Vielerorts wird elektrische Wärme in Brutanstalten, ferner zur Trocknung von Heu und Korn verwendet, desgleichen Hochspannung zur Vernichtung von Insekten. Die elektrische Futterkonservierung mit einem Energieverbrauch von 0·8 bis 1·5 kWh je 100 kg zu konservierenden Grünfutters bringt eine Steigerung des Milchertrages um 1 bis 2 l je Tag und Tier mit sich. Mit Elektrofutterkonservierung kann unter sonst gleichen Verhältnissen der Viehstand bis zu 100 vH vergrößert werden.

St. Schw.

(Schweiz. Techn. Zeitschr., Heft 5. 1927.)

Patentbericht.

Elektrizitätszähler.

Induktionszähler.

(Fortsetzung aus Heft 20, Seite 411.)

Eine Erfindung von A. Wolf und O. Raffel in Wien bezieht sich auf einen Wechselstromzähler, bei dem die Triebkerne des Haupt- und Nebenschlusses derart gegenüberliegend angeordnet sind, daß ihre verketteten wirksamen Strom- und Spannungsfelder ein Drehmoment auf eine zwischen den Triebkernen angeordnete Ankerscheibe ausüben. Nach der Erfindung (Abb. 4) ist auf dem einen Pol des zweizinkigen Spannungseisens *A* ein aus Eisen bestehender Stab *F* parallel zur Ankerscheibenfläche verschiebbar und reicht mit einer Polfläche *S* über einen Pol des Stromeisens *C* und am Joch des Stromeisens ist gegenüber dem den Stab *F* tragenden Pol des Spannungseisens ein senkrecht zur Ankerscheibe *E* beweglicher Eisenwinkel *M* angeordnet. Die Zugkraft dieses Triebsystems ist durch die Schaffung neuer Kraftlinienwege und die Möglichkeit einer genauen Justierung des Spannungsfeldes infolge der hiedurch bedingten Gleichmäßigkeit und beträchtlichen Ausbreitung des Nutzfeldes sehr groß. Auch bietet die Phasenabgleichung keine Schwierigkeiten mehr.

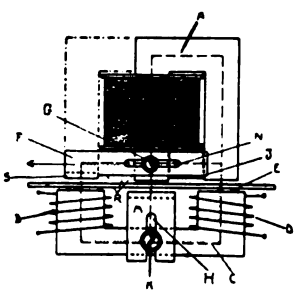


Abb. 4.

(Ö. P. Nr. 104985.)

Es sind Amperestundenzähler für Wechselstrom bekannt, bei denen durch Kombination von gesättigten und ungesättigten Eisenteilen eine lineare Charakteristik zwischen Strom und Drehmoment annähernd erreicht wird. Die bekannten Anordnungen, bestehend aus einem stark und einem schwach dimensionierten Eisenkern, gestatten nicht, eine gute Abgleichung zwischen den Wirkungen des gesättigten und ungesättigten Teiles zu erreichen. Nach einer Erfindung der Firma Dr. Paul Meyer Akt.-Ges. in Berlin bilden die beiden Kerne die äußeren Schenkel eines dreischenkligen Magneten, dessen Mittelschenkel eine Kurzschlußwicklung trägt, sodaß die Flüsse, die von den Wicklungen in dem starken und schwachen Kern erzeugt werden, beide in dem gleichen Sinne drehmomentbildend wirken. Das Schlußstück auf der anderen Scheibenseite ist verdrehbar angeordnet, wodurch das Verhältnis der von den beiden Wicklungen erzeugten Drehmomente in bestimmten Grenzen geändert werden kann.

(D. R. P. Nr. 432663.)

Eine Erfindung der Firma Aron Elektrizität-Gesellschaft m. b. H. in Charlottenburg betrifft ein Triebeisen für Ferrariszähler und besteht darin, daß die am Triebeisen befestigten Träger des Ober- und Unterlagers durch einen Bügel abgesteift werden, der aus paramagnetischem Metall besteht und an dem vom Spannungsfluß durchsetzten Joch des Triebeisens magnetisch gut leitend befestigt ist. Es wird dadurch zunächst ein sehr gut abgesteiftes Traggestell für die Aufnahme der Systemlagerung, des Zählwerkes und des Bremsmagneten geschaffen. Außerdem wird durch die magnetische Verbindung des Versteifungsbügels mit dem Triebeisen der Vorteil geboten, die Kleinlastreguliervorrichtung des Zählers auf die einfachste Weise am Versteifungsbügel anzubringen. Es ist nur nötig, eine eiserne Schraube durch den Bügel zu ziehen, wodurch ein regulierbarer magnetischer Nebenschlußkreis zum Spannungsfluß hergestellt wird, dessen am Ende der Schraube entstehende Streuung ein zusätzliches Drehmoment auf die Systemscheibe ausübt.

(D. R. P. Nr. 424186.)

Eine Ankerscheibe für Induktionszähler hat Ing. R. M. Fichter in Paris angegeben. Die zur Herstellung der Ankerscheibe notwendige Gewichtsmenge an Metall hängt, abgesehen von der Reibung des Zählwerks, von den Reibungserscheinungen ab, die bei der Drehung der Achse auftreten, und von dem Gesamtgewicht der in Umdrehung versetzten Teile. Nach der Erfindung wird Reibung und Gesamtgewicht dadurch wesentlich herabgesetzt, daß der Schwerpunkt der an der Drehung teilnehmenden Teile unterhalb des Aufhängepunktes verlegt ist und daß die Länge der Welle der Ankerscheibe verkürzt ist. Die flache Ankerscheibe ist in der Mitte mit einem kreisrunden Ausschnitt versehen, in den ein glockenförmiger Teil eingesetzt ist. Innerhalb dieses glockenförmigen Aufsatzes, und zwar in dessen Scheitel, ist der Aufhängestift für die Scheibe derart angebracht, daß sich dessen Spitze oberhalb des Schwerpunktes des ganzen drehbaren Teiles befindet. Die Scheibe wird überdies durch eine feststehende Spindel geführt, die in ein im Scheitel der Glocke angebrachtes Lager eingreift. Durch diese Führung wird die Reibung wesentlich geringer als die Lagerreibung der bisher verwendeten drehbaren Wellen.

(Ö. P. Nr. 104312.)

Eine Erfindung desselben Erfinders betrifft eine Verbesserung am wattmetrischen Element von Induktionszählern. Wenn bei den gebräuchlichen Zählern die Belastung wesentlich jene Höhe übersteigt, für die sie eingerichtet sind, so erfährt die Anzeige einen Verzug, der mit wachsender Belastung zunimmt. Die Ursache liegt darin, daß die Umdrehung der Ankerscheibe in den Feldern der beiden Elektromagnete zusätzliche

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1923, TWN S. 53, 232; E. u. M. 1926, S. 899.

Digitized by Google

Foucault-Ströme erzeugt, die eine Bremswirkung ausüben. Das durch den Hauptstrommagneten erzeugte Bremsmoment ist proportional dem Quadrate der Feldstärke. Diese Bremswirkung vermindert das motorische Moment sehr rasch, und zwar um einen mit der Belastung wachsenden Wert. Um diesen Fehler auszuscheiden, wird nach der Erfindung bei Erhöhung der Stromstärke über eine bestimmte Grenze hinaus der Kraftlinienfluß des Hauptstrommagneten gegen die Peripherie hin abgeleitet. Infolgedessen nehmen die neuen Kraftlinien eine stärker ausgesprochene exzentrische Richtung an, so daß das durch sie erzeugte zusätzliche Kraftmoment an einem längeren Hebelarm wirkt und daher das wachsende Bremsmoment aufhebt. Die Pole 9, 10 (Abb. 5) der beiden Schenkel des Magneten 8 werden mit einander gegenüberstehenden, spitz zulaufenden Fortsätzen 9′, 10′ versehen und in der Nähe dieser Fortsätze, an ihrer der Mitte der Ankerscheibe 1 gegenüberliegenden Seite, Stücke 11′, 12′ aus Weicheisen angebracht, die ebenfalls mit spitzen Ansätzen versehen sind. Für die in Frage kommende Stromstärke befinden sich die Ansätze des Magneten im Zustand der leichten Sättigung, so daß, wenn die Stromstärke weiter zunimmt, die neu entstehenden Kraftlinien zu den Weicheisenstücken abgeleitet werden.

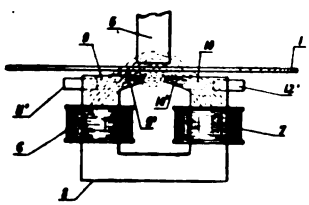


Abb. 5.

(Ö. P. Nr. 104313.)

Gleichstromzähler.

Bei den Gleichstromzählern mit Flachanker und Eisen im feststehenden Hauptstromfeld verlaufen die Kraftlinien des feststehenden Feldes fast vollständig in Eisen. Dieser Eisenschluß gestattet eine beträchtliche Erhöhung des Drehmomentes und eine erhebliche Ersparnis an Kupfer für die feststehende Feldwicklung. Hingegen laufen die Zähler bei kleinen Belastungen zu schnell, was auf den remanenten Magnetismus zurückzuführen ist, der besonders bei kleinen Belastungen die Proportionalität zwischen Hauptstrom und Hauptstromfeld stört. Die Erfindung der SSW besteht nun darin, das günstigste Verhältnis von Luft- und Eisenweglänge für die Kraftlinien des Hauptstromfeldes und die richtige Verteilung des Eisens auf diesem Wege zu ermitteln. Zu diesem Zweck wird das feststehende Hauptstromfeld durch kurze Stabelektromagnete erzeugt. Es werden zwei Paare solcher Magnete, von denen je einer oberhalb, der andere unterhalb des Flachankers angeordnet ist, diametral zu beiden Seiten der Ankerachsen angebracht. Es wurde gefunden, daß für ein richtiges Arbeiten des Zählers die tangentiale Breite jedes Elektromagneten wenigstens $^2/_3$ der achsialen Länge des Magneten betragen muß. Ferner macht man den radialen Abstand der Magnetpaare so groß, daß die Summe aus diesem Abstand und der Spaltbreite zwischen den Magneten eines Paares wenigstens ebenso groß ist, wie die doppelte Länge eines Magneten. Der Zähler hat ein großes Drehmoment bei einem verhältnismäßig geringen Kupferaufwand für die Feldwicklung und eine geringe Remanenz, die selbst nach vorhergegangenem Kurzschluß die Meßgenauigkeit nicht nennenswert beeinflußt. Der Zähler hat außerdem mit den bekannten Gleichstromwattstundenzählern dieser Art den Vorteil gemein, daß sich der Einfluß äußerer Felder prozentual weniger bemerkbar macht als bei den bekannten eisenlosen Wattstundenzählern.

(D. R. P. Nr. 428810.)

Dieselbe Firma hat einen Elektrolytzähler angegeben, der zur Entleerung des Meßstoffes aus dem Meßgefäß um eine Achse geschwenkt wird. Der Meßstoff gelangt dadurch wieder in den Vorratsbehälter zurück, aus dem er bei der Elektrolyse entnommen wurde. Das Kippen erfolgt dabei um eine zur Grundplatte parallele Achse. Nach der Erfindung steht die Achse senkrecht zur Grundplatte. Dies ist für die Handhabung des Zählers bequemer und ergibt eine einfache Konstruktion. Die Schwenkachse wird am besten derart angebracht, daß sie durch die Mitte der Grundplatte und des Gehäuses geht, weil bei dieser Anordnung der Zähler am wenigsten Raum zum Schwenken benötigt. Meßrohr und Vorratszähler für den Meßstoff bilden zusammen ein im wesentlichen U-förmiges Gefäß. Die durch die Schenkel des Gefäßes gelegte Ebene schneidet nach der Erfindung die Schwenkachse unter einem spitzen Winkel. Der Zähler braucht dann bei der Entleerung des Meßgefäßes nur um ungefähr 90° geschwenkt zu werden. Die Grundplatte kann mit einer eingepreßten hohlen Schwenkachse aus Preßmasse hergestellt sein. Durch die Bohrung der Achse sind die Anschlußleiter für die elektrolytische Zelle in das Zählergehäuse eingeführt.

(D. R. P. Nr. 438789.)

Die elektrolytischen Meßzellen haben die Eigenschaft, daß sie die durch sie hindurchgegangene Elektrizitätsmenge nur bei einer bestimmten Stromrichtung anzeigen. Das Fließen eines Stromes in verkehrter Richtung bleibt an dem Zähler unbemerkt, bis das Netz so stark belastet ist, daß der Spannungsabfall am Nebenwiderstand größer als die Zersetzungsspannung des Elektrolyten ist, in welchem Falle zum Beispiel beim Quecksilberzähler dann durch Jodabscheidung der Elektrolyt rot gefärbt wird. Eine Möglichkeit, schon bei geringerer Belastung des Netzes eine Stromumkehr zu erkennen, wäre zwar dadurch gegeben, daß man zwei an einen Nebenwiderstand gelegte Zellen verwendet, von denen die Kathode der einen und die Anode der anderen mit gleichen Punkten des Nebenwiderstandes in Verbindung stehen, so daß je nach der Richtung, in der der Verbrauchsstrom die Einrichtung durchfließt, der Meßstrom seinen Weg entweder durch die eine oder die andere der beiden Zellen nimmt. Diese Auswahl des Weges trifft der Strom aber nur bis zu einer gewissen Stärke. Darüber hinaus würde er durch beide Zellen fließen und dabei den Elektrolyt der einen zersetzen. Nach einer Erfindung der Firma Jenaer Glaswerk Schott & Gen. in Jena läßt sich eine geeignetere Einrichtung dadurch schaffen, daß man bei Verwendung zweier Zellen, die in Nebenschlußschaltung so angeordnet sind, daß je die Kathode der einen und die Anode der anderen Zelle die gleiche Polarität annehmen, die eine Zelle zu einem kleineren Nebenwiderstand parallel schaltet, als die andere. Dann kann man wieder die eine Zelle, und zwar die parallel zum größeren Widerstand liegende, die man dann als Meßzelle verwendet, in der üblichen Weise belasten, ohne eine Zersetzung des Elektrolyten der anderen befürchten zu müssen. Durch die andere Zelle geht dann zwar bei Stromumkehr ein schwacher Strom, was aber keinen Nachteil bedeutet, da die nach der Kathode übergeführte Stoffmenge noch groß genug gehalten werden kann, um eine eingetretene Stromumkehr zu erkennen.

(Ö. P. Nr. 104327.)

Tarifzählung.

Eine Erfindung der AEG bezweckt, einen ähnlichen Zwang zur Vorausbezahlung, wie er bei Elektrizitätszählern mit Selbstverkäufer besteht, auch für Verbraucher mit Pauschaltarif zu schaffen. Zu diesem Zweck wird der bei Anlagen mit Pauschaltarif übliche Strombegrenzer mit einer Hilfseinrichtung versehen, die mit verhältnismäßig einfachen und billigen Mitteln die Entnahme von Strom vor Entrichtung der Gebühr verhindert. Das zur wechselweisen Ein- und Ausschaltung des Stromes dienende Schaltorgan des Strombegrenzers steht unter der Einwirkung einer von einem Selbstkassierer bekannter Art gesteuerten Sperrvorrichtung, die es in der Stromöffnungsstellung so lange festhält, als nach Entnahme des selbstkassierten Betrages die der Pauschalgebühr entsprechenden Münzen nicht von neuem eingeworfen worden sind.

(D. R. P. Nr. 430 034.)

Ein Grenzstromrelais für Wechselstrom, insbesondere zum Umsteuern von Zählwerken für den

Digitized by Google

Staffeltarif haben die S S W angegeben (Abb. 6). Es besteht aus einem U-förmigen, von der Erregerspule 6 umschlossenen Eisenkern 2 bis 4. Auf dem Eisenwinkel 2 ist der Anker mittels der Feder 15 schwingfähig angebracht. Die Zunge 12, die den Anker anzieht, ist hakenförmig gebogen und nach der Erfindung quer zum Hubweg des Ankers bis in unmittelbare Nähe dieses Weges herangeführt. Auf die Zunge ist der Filzpolster 17 aufgelegt, worauf sich in der angezogenen Stellung des Ankers die gegen den Hubweg 16 geneigte Fläche des Messingplättchens 18 legt. Der Hubweg des Ankers ist durch die Anschläge 19 und 20 begrenzt. Der Anker greift durch einen seitlichen Arm den Schwinghebel 22 mit dem Gegengewicht 23 an. An diesem Hebel ist die schwenkbare Antriebswelle für das Doppelzählwerk ge-

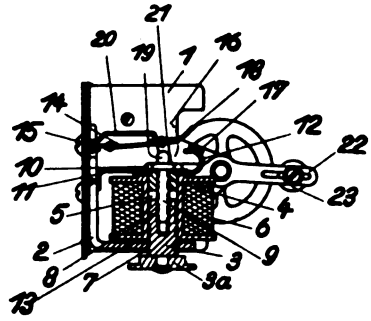


Abb. 6.

lagert. Bei der Eichung wird zunächst die Zugkraft des Magneten durch Verstellen des Kernes 3 abgeglichen; hierauf wird die dem Magneten entgegenwirkende Kraft durch Verschieben des Gegengewichtes 23 am Hebel 22 auf den gewünschten Wert eingestellt. Die Relais erfüllt folgende Forderungen: Wenn der Wechselstrom von Null an zunimmt, soll der Magnet bei einem bestimmten Grenzwert ruckartig seinen Anker anziehen und festhalten. Der Anker soll wieder losgelassen werden, wenn der Strom von seinem Höchstwert bis zu diesem Grenzwert abnimmt. Ein Zittern und Schlagen des Ankers soll bei allen Stromstärken vermieden werden. Das Relais soll nicht summen.

(D. R. P. Nr. 436144.)

Eine Erfindung derselben Firma betrifft eine Sonderform des bekannten Höchstverbrauchmeßwerkes, bei dem ein Mitnehmer für einen Schleppzeiger oder ein Zeitlaufwerk periodisch für ganz kurze Zeit vom Zähleranker abgekuppelt wird, um in seine Nullage zurückzukehren. Die Besonderheit besteht darin, daß die Dauer der Meßperiode, das ist des Zeitintervalls, zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abkupplungen des Mitnehmers selbsttätig wechselt. Es werden wenigstens zwei mit verschiedener Periode wirkende Steuerungen für die Kupplung zwischen dem Mitnehmer und dem Zähleranker angeordnet und dazu ein von einem Meßgerät für die Zeit oder eine elektrische Größe betätigtes Umschaltwerk, das die Steuerungen abwechselnd zur Wirkung bringt. Bei dieser Ausführung können die Meßperiodenlängen beliebig voneinander verschieden sein. Soll aber die längere Meßperiode ein Vielfaches, zum Beispiel das Doppelte oder Dreifache der kürzeren Meßperiode sein, so kann das Gerät mit einer einfachen Steuerung für die Kupplung zwischen dem Mitnehmer und dem Zähleranker ausgeführt werden. Es wird aber dann eine Vorrichtung angeordnet, die die genannte Steuerung jeweils nach einem Zeitabschnitt, in den eine einzige Abkupplung des Mitnehmers fällt, für einen, zwei, drei oder mehr solche Zeitabschnitte unterbricht und ein von einem Meßgerät für die Zeit oder eine elektrische Größe betätigtes Schaltwerk, das die Wirksamkeit dieser Unterbrechungsvorrichtung zeitweilig aufhebt.

(D. R. P. Nr. 436578.)

(Schluß folgt.)

Literaturberichte.

3512 **Öl- und Gasmaschinen.** Ortsfeste und Schiffsmaschinen. Ein Handbuch für Konstrukteure, ein Lehrbuch für Studierende. Von Professor Ing. Heinrich Dubbel, mit 519 Textabbildungen, Berlin, Verlag von Julius Springer, 1926. Preis geb. Mk. 37·50.

Der Verfasser erörtert zunächst die Grundlagen des Verbrennungskraftmaschinenbaues, wie Brennstoffe und ihre Verbrennung, thermodynamische und betriebstechnische Eigenschaften, Arbeitsvorgang in der verlustlosen Maschine, Wirkungsgrad, Brennstoffverbrauch, Berechnung der Leistung usw. Im Hauptabschnitt über den Bau der Verbrennungskraftmaschinen werden die verschiedenen Maschinensysteme, insbesondere auch die Gestaltung und Berechnung der einzelnen Bauteile eingehend behandelt. Besondere Berücksichtigung haben die Schiffs-Dieselmaschinen gefunden, deren Bauart, wie der Verfasser sehr richtig bemerkt, für die Durchbildung der ortsfesten Großölmaschinen richtunggebend geworden ist. Bei der Bearbeitung des Stoffes ist der neueren Entwicklung der Verbrennungskraftmaschinen, die durch die Einführung der luftlosen Brennstoffeinspritzung, der Abwärmeverwertung und Leistungssteigerung gekennzeichnet ist, durchwegs Rechnung getragen worden.

Das Werk, das eine wertvolle Bereicherung der Literatur über Verbrennungskraftmaschinen darstellt, kann allen Interessenten bestens empfohlen werden.

L. Roesler.

1259 **„Hütte", des Ingenieurs Taschenbuch.** Herausgegeben vom Akademischen Verein Hütte E. V. in Berlin, 25. neubearbeitete Auflage, IV. Bd., 864 S. mit 1060 Abb. Berlin 1927, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. Preis in Leinen geb. Mk. 15·—; in Leder geb. Mk. 18·—.

Der Schlußband der Neuauflage[1]) behandelt eine ganze Reihe von Sondergebieten der Technik, auf welchen der Maschinen- und Elektroingenieur — für die ja die „Hütte" vorwiegend bestimmt ist — häufig Arbeiten auszuführen hat und eine kurze Einführung oder bestimmte Angaben benötigt, ohne Sonderwerke studieren zu müssen. Deshalb wird gerade dieser Band als Hilfsmittel sehr begrüßt werden. Er enthält Abschnitte über die Verkehrstechnik (Schiffbau, Schiffsmaschinenbau, Automobilbau und Flugzeugbau), über Bergbau und Bohrtechnik, Hartmüllerei und Aufbereitung, über Landwirtschaft, Kulturtechnik, Landmaschinentechnik und Bautechnik, Forstwirtschaft, Nahrungsmittel- und verwandte Gewerbe, Brauerei, Brennerei, Kellereimaschinen, Kartoffelstärkefabrikation, Zuckergewinnung, Müllerei, Bäckerei, Fleischereitechnik, Tabakverarbeitung, ferner Trocknung, Kältetechnik und Eiserzeugung, Häute- und Ledertechnik, Faserstoff- und Papiertechnik, Keramik und Glas, Glastechnik, Graphische Technik, Kinotechnik (Filmtechnik), Radiotechnik und Verpackungstechnik. Der Umfang der einzelnen Abschnitte ist sehr verschieden, überall ist aber das Bestreben sichtbar, soviel Anhaltspunkte zu bieten, als auf Grund des erlangbaren Materials möglich war. Die Elektrotechnik ist in allen in Betracht kommenden Abschnitten entsprechend berücksichtigt worden, der Abschnitt Radiotechnik soll sowohl dem Fachmann, als auch dem Amateur Auskunft beim Entwerfen und Bauen von Anlagen geben. Wie die früheren Bände steht auch der vorliegende hinsichtlich Druck und Ausstattung auf der Höhe, seine Verbreitung ist durch den Inhalt gegeben.

Jellinek.

2851 **Elektrisches Schaltzeug.** Bearbeitet von Ernst Schupp. Siemens-Handbücher, Band VIII. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1927, 179 Seiten mit 314 Abb. Preis Mk. 5·40.

Dieser neue Band der Siemens-Handbücher behandelt drei Gruppen von Starkstromapparaten und zwar Anlasser für Elektromotoren, Regler für Dynamos und Schalter. Die ausführliche Behandlung beschränkt sich nur auf normale Ausführungen, während Spezialapparate, wie zum Beispiel Hebezeug- oder Bahn-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 324; 1927, Heft 2, S. 38.

Digitized by Google

apparate, nur kurz erwähnt sind. Der ursprüngliche Zweck dieses Buches scheint, wie übrigens auch im Vorwort angegeben, hauptsächlich darin zu bestehen, eine gründliche Einführung in die listenmäßigen Apparate der Siemens-Schuckert-Werke zu geben, ferner die Anwendungsgebiete der verschiedenen Ausführungen gegeneinander abzugrenzen und schließlich Behandlungsvorschriften für die Apparate. Da die Siemens-Schuckert-Werke so ziemlich alle Ausführungsformen von elektrischen Apparaten erzeugen, bietet aber das Buch ganz allgemein eine recht gute Übersicht über den genannten Kreis von Apparaten, und zwar in ihrer modernsten Konstruktion. Insbesondere für Anfänger ist der Band eine sehr gute Einführung in den Gegenstand. Der Stoff ist so eingeteilt, daß zuerst die Anlasser, nach Stromart und Ausführung geordnet, behandelt werden. Darnach folgen in gleicher Weise die Regler und es werden auch die listenmäßigen Antriebe für Anlasser und Regler besprochen. Schließlich kommen die Schalter aller Arten samt den Schalterantrieben und Zubehör. Die Beschreibung der einzelnen Apparate ist klar und übersichtlich, die Abbildungen gut und deutlich. An manchen Stellen wäre freilich ein genaueres Eingehen auf die theoretischen Grundlagen nicht unvorteilhaft gewesen. So ist zum Beispiel in dem Handbuch der Anlaßvorgang etwas dürftig beschrieben. Ferner dürfte die Wirkungsweise des Schnellreglers aus der im Buch enthaltenen Beschreibung nicht verständlich sein, wenn das Prinzip nicht vom Anfang an mit seiner Wirkung bekannt ist. Noch eines muß bei diesem Buch als auffällig bezeichnet werden, und zwar, daß es den Schutzschaltern unter den Ölschaltern eine größere Bedeutung zuzusprechen scheint, als man es heute zu tun pflegt.

B. Gerstmann.

3508 **Industrielle und kaufmännische Statistik.** Leitfaden für den praktischen Gebrauch. Von Ing. S. Herzog, technischer Berater und Begutachter, Zürich. Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart, 1926. Preis geh. Mk. 29·40, geb. Mk. 31·60.

Nicht nur für die Staatsverwaltung, auch für alle industriellen und kaufmännischen Betriebe ist die Führung einer genauen Statistik unbedingt notwendig, die durch Beobachtung und Untersuchung das Wesen und die Wirkung aller technischen und geschäftlichen Vorgänge festzustellen und zu verwerten hat. Durch entsprechende Schlußfolgerungen gewinnen die Leiter der Unternehmungen nicht nur den richtigen Eindruck von der Entwicklung und Wirtschaftlichkeit aller Vorkommnisse in ihrem Betriebe, sondern sie sind überhaupt erst dadurch in der Lage, in systematischer Weise den Aufbau und die Durchführung ihrer Arbeit zu organisieren. Herzog hat sich der mühevollen Arbeit unterzogen, ein Handbuch für die Einrichtung und Ausführung industrieller und kaufmännischer Statistiken zu verfassen und dabei in ausführlichster Weise ihre Anlage und Verwertung bei den verschiedenartigsten Vorgängen innerhalb derartiger Unternehmungen zu behandeln. Wenn man erfährt, daß das Buch aus fast 500 Seiten in Groß-Folio besteht und 17 Abb., 121 Beispiele aus der Praxis, 11 Fragebogen, 5 Tabellen und 498 Vordrucke enthält, so kann man sich einen Begriff von der enormen Arbeit machen, die hier aufgewendet ist. Es ist nicht möglich, auch nur andeutungsweise die einzelnen darin erwähnten Arten und Formen zu besprechen, der Inhalt ist aber so reichhaltig, daß die Leiter nicht nur der großen, sondern auch mittleren Unternehmungen in dem Buch zahlreiche wichtige Anregungen und Unterstützung finden werden.

E. Honigmann.

Neue Druckschriften.

Die Arbeitsstätten des deutschen Werkzeugmaschinenbaues. Von Prof. Dr. G. Schlesinger (Charlottenburg). In zwei Heften der Werkstattstechnik (Heft 5 von 1926 und Heft 5 von 1927, Verlag Julius Springer, Berlin, Preis Mk. 1·50 und 1·25) wird auf 80 Seiten an Hand vieler Abbildungen die Entwicklung und die derzeitige Tätigkeit von 83 deutschen Werkzeugmaschinenfabriken von dem berufensten Fachmanne auf diesem Gebiete geschildert. Die Zusammenstellung hat nicht nur historischen Wert, sondern man wird die beiden Hefte auch sehr zweckmäßig zu Rate ziehen, wenn man Erzeuger von vollwertigen Sonderwerkzeugmaschinen sucht.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Der elektrotechnische Außenhandel Kanadas und der Vereinigten Staaten. In einem Aufsatze in „The Electrical Review" vom 1. April 1927 wird angeführt, hinsichtlich welcher Maschinen, Apparate usw. Kanada als Einfuhrland in Betracht kommt. Der Bedarf an Stromerzeugern ist durch die bekanntlich sehr intensive Ausnutzung der Wasserkräfte bestimmt. In der Hauptsache handelt es sich um Drehstromgeneratoren mit lotrechter Achse von 500 bis 50 000 kW. Normale Periodenzahlen sind 25 und 60, normale Spannungen 2400, 6600 und 13 200 V. Transformatoren werden von 1 bis 20 000 kVA, meist für Einphasenstrom benötigt, und zwar für Spannungen von 2200 bis 220 000 V. Bis zu Spannungen von 66 kV sind auch die heimischen Unternehmungen wettbewerbsfähig und drücken natürlich die Preise herunter. So erhielt die Stadt Winnipeg kürzlich Anbote auf 5000 kVA, 60 Per/s Transformatoren mit weniger als 2 Doll./kVA, einschließlich Fracht, Ölfüllung, Verkaufssteuern usw. bei sehr strengen Liefervorschriften und Bedingungen. Motoren werden in erster Linie für 550 V, 25 und 60 Per/s Drehstrom verlangt, und zwar Induktionsmotoren mit Kurzschlußanker, für größere Motoren ist auch 2200 V Spannung üblich. In der Papiererzeugung werden selbstangehende Synchronmotoren von etwa 2500 PS bei 225 U/min verwendet und auch sonst werden in industriellen Anlagen vielfach Synchronmotoren gebraucht, Gleichstrommotoren hingegen sehr wenig. Auch für Dampfturbosätze ist die Einfuhrmöglichkeit sehr gering, weil gerade in jenen Gegenden, wo Wasserkräfte fehlen, auch die Bevölkerung sehr spärlich ist. Die Gesamteinfuhr nach Kanada an elektrotechnischen Erzeugnissen belief sich in den ersten zehn Monaten des Jahres 1926 auf rund 13 Mill. Doll., etwa 90 vH werden von den V. St. A. gedeckt. Kanada selbst führt aber durchschnittlich monatlich elektrotechnische Waren im Werte von 200 000 Doll. aus. — Die Ausfuhr der V. St. A. betrug im vergangenen Jahre rund 84 Mill. Doll. (+ 14 vH gegen 1925). Hauptausfuhrwaren sind Akkumulatoren (200 000 bis 340 000 Doll. monatlich), Koch- und Heizapparate für den Hausbedarf (100 000 bis 220 000 Doll.), elektrisch angetriebene Haushaltungsmaschinen (90 000 bis 230 000 Doll.) stationäre Motoren von 1 bis 200 PS (200 000 bis 400 000 Doll.) Zündapparate (100 000 bis 250 000 Doll.) und schließlich Radioapparate (450 000 bis 1·3 Mill. Doll.). Die Radioindustrie der V. St. A. hat sich überhaupt in einer auch für amerikanische Verhältnisse ungewohnten Weise, noch sprunghafter als die Automobilindustrie, entwickelt und im Vorjahre Waren im Werte von etwa 500 Mill. Doll. verkauft. Durch ihren großen Bedarf an Rohmaterialien hat sie außerdem auch sehr befruchtend auf verschiedene andere Industrien, zum Beispiel auf die holzverarbeitenden eingewirkt. Die vorläufigen Ausfuhrziffern für Jänner 1927 zeigen ein weiteres Ansteigen um etwa 10 vH gegen 1926, vorwiegend bei den kleineren Apparaten und Bestandteilen, während bei Stromerzeugern, Transformatoren und Motoren ein Rückgang zu verzeichnen ist.

Die Maschinenindustrie der Welt. In den VDI-Nachrichten, Nr. 17 von 1927, ist ein Auszug aus einer vom Verein Deutscher Maschinenbauanstalten für die Weltwirtschaftskonferenz ausgearbeiteten Denkschrift über die reine „Maschinenindustrie, einschließlich Lokomotiven, ausschließlich elektrotechnischer Erzeugnisse und Kessel" enthalten, dem wir Nachstehendes entnehmen: Die gesamte Welterzeugung an Maschinen hatte 1913 einen Wert von rund 13·5 Milliarden Mk., 1925 einen Vorkriegswert von 14·7, bezw. einen Zeitwert von 22 Milliarden Mk. Davon entfielen 1925 auf die V. St. A. 57·6 vH (50 vH i. J. 1913), auf England 13·6 (11·8), auf Deutschland unter Berücksichtigung der jeweiligen Ge-

Digitized by Google

bietsgrenzen 13·1 (20·6), auf Rußland 1·8 (3·5), auf Österreich-Ungarn, bezw. die Nachfolgestaaten 1·5 (3·4) und auf Frankreich 2·4 (1·9) vH. Die Gesamterzeugungsfähigkeit der Welt an Maschinen stieg von 1913 bis 1925 um 46·5 vH, doch betrug die Ausnutzung im letzteren Jahre nur 74 vH davon. Deutschlands Erzeugungsfähigkeit (im jetzigen Gebiet) vergrößerte sich um 24 vH, die der kleineren Erzeugungsländer um 20 vH, die Englands um 44 vH und die der V. St. A. um 67 vH. Die gesamte Maschinenausfuhr aller Erzeugungsländer hatte 1913 einen Wert von 2·5 Milliarden, 1925 (in Vorkriegswerten) von 2·45 Milliarden Mk. Davon entfallen für 1925 (1913) auf die V. St. A. 34·8 (26·8), auf England 24·4 (28·4) und auf Deutschland 20 (29) vH. Die zehn wichtigsten Einfuhrländer waren 1913 Rußland, Frankreich, Kanada, Britisch-Indien, Großbritannien, Österreich-Ungarn, Brasilien, Deutschland und Argentinien mit zusammen 1·48 Milliarden Wert (59 vH der Gesamtmaschineneinfuhr). Im Jahre 1925 sind an die Stelle von Österreich-Ungarn, Deutschland und Brasilien Australien, die Niederlande und Japan getreten. Der Wert der Einfuhr in die zehn wichtigsten Länder betrug in diesem Jahre 1·75 Milliarden Mk. (47·5 vH). Die stärkste Einfuhrentwicklung weist Asien auf. Während die Erzeugungsländer im Jahre 1913 rund 65·4 vH der gesamten Ausfuhr wieder aufnahmen, ist dieser Anteil (in Vorkriegswerten) im Jahr 1925 auf 55·8 vH gesunken. Daß die Ausfuhr noch sehr steigerungsfähig ist, geht daraus hervor, daß der Maschinenverbrauch derzeit je Kopf und Jahr in den V. St. A. 99·4 Mk., in Deutschland 36·2 Mk., dagegen in Britisch-Indien 0·7 und in China 0·2 Mk. beträgt.

Österreichische Brown Boveri-Werke A.-G. in Wien. (Geschäftsbericht für das Jahr 1926.) In den wirtschaftlichen Verhältnissen ist gegen das Vorjahr keine Besserung zu verzeichnen. Der im Jahre 1926 erzielte Umsatz hat sich hauptsächlich durch die Aufträge der Gemeinde Wien etwas erhöht, und zwar eine Frischdampfturbine von max. 21 000 PS für das Kraftwerk Engerthstraße, eine Kondensations-Hochdruck-Dampfturbine von 30 000 PS für das Kraftwerk Simmering und eine größere Anzahl Straßenbahnmotoren. Die erste Turbine steht bereits seit Anfang Dezember 1926 in Betrieb und konnte somit noch zur Deckung des maximalen Winterbedarfes herangezogen werden. Für die Österr. Bundesbahnen wurde die Fahrdrahtausrüstung für die Teilstrecke Hochfilzen — St. Johann und die Übertragungsleitung Ruetzwerk-Unterwerk Hall i. T. ausgeführt. An sonstigen Aufträgen sind eine Anzahl von Dampfturbinen zu erwähnen, ferner der Auftrag auf Ausbau der Fernleitung im südlichen Marchfeld seitens der Newag-Wien und eine Schaltanlage für die Großwasserkraftzentrale Pernegg durch die Steweag Graz. Die Ungarische Brown, Boveri-Werke El.-A.-G. in Budapest konnte in Anbetracht der wirtschaftlichen Stagnation nur einen bescheidenen Nutzen ausweisen, welcher für das kommende Jahr vorgetragen wurde. Bei der Polnischen Elektrizitätswerke Brown, Boveri A.-G. in Warschau war der Beschäftigungsgrad ein befriedigender. Die Jugoslawische El.-A.-G. Brown Boveri in Belgrad konnte kein günstiges Ergebnis aufweisen, da die Wirtschaftskrise noch immer latent ist. Die Rumänische El.-A.-G. Brown Boveri in Bukarest hat das Geschäftsjahr 1926 mit einem höheren Gewinn als im Vorjahre abgeschlossen, der für das kommende Jahr vorgetragen wurde. Die Tschechoslowakische Brown Boveri-Werke A.-G. in Prag war durch die ab 1. Jänner 1926 erfolgte Einverleibung der tschechischen Verkaufsorganisation in der Lage, ihren Umsatz wesentlich zu erhöhen; man hofft bald mit einem aktiven Ergebnis rechnen zu können.

Die Bilanz schließt mit einem Reingewinn von S 550 495. An Dividende werden 5 vH auf 4 Mill. S Aktienkapital beantragt (200 000 S), als Superdividende 7 vH bestimmt (280 000 S), als Spende für die Beamten- und Arbeiterfürsorge sind 10 000 S angesetzt. 9740 S werden auf neue Rechnung vorgetragen.

Direktor Ing. H. Sääf-Norden scheidet aus der Gesellschaft aus. Die Direktion wird gebildet aus den Herren Ing. Rob. Jonas (als Vorsitzender), Ing. Rich. Jiretz, Ing. Jul. Stern und Dr. G. Heinemann; stellvertretender Direktor Herr Albin Löffler.

Hartmann & Braun Aktiengesellschaft, Frankfurt a. M. (Aus dem Bericht über das 26. Geschäftsjahr vom 1. Jänner bis 31. Dezember 1926.) Aus dem Reingewinn von 216 760 Mk. (einschließlich Vortrag) wird auf 16 000 Mk. V. A. und auf 1·92 Mill. St. A. eine Dividende von 8 vH verteilt. Im Rechnungsabschluß auf den 31. Dezember 1926 stehen Grundstücke und Gebäude mit rund 1 Mill. Mk. und Betriebseinrichtungen mit 460 000 Mk. zu Buche, ferner Rohstoffe, Halb- und Ganzerzeugnisse mit 1·42 Mill. Mk. Das Werk ist derzeit gut beschäftigt.

Berichtigung.

Die neuen Zölle im Verkehr mit der Tschechoslowakei. E. u. M. 1927, Heft 19, Seite 395.

In Tabelle I soll es bei Position 448/2 „Gummon mit eingepreßten Metallbestandteilen" unter *b*) (also den jetzt geltenden Zöllen) heißen:

GK 180·— . . . . . 500 — 250 Gramm (nicht kg)
„ 165·— . . . . . unter 250 „

D. S.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	9. V. 1927	11. V. 1927	13. V. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125¼	125½	125¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	55-56	55-56	55-56
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	110—115	110—115	110—115

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 13. Mai 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	10	0	61	15	0
Wire bars	61	15	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	55	1	3	55	2	6
Standard { 3 Monate .	55	12	6	55	13	9
Zinn:						
Engl. ingots	291	0	0	291	10	0
Standard { Kassa . .	293	5	0	293	10	0
Standard { 3 Monate .	285	2	6	285	7	6
Blei:						
Engl. pig common . .	26	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	29	5	0	29	7	6
Remelted	30	10	0	—	—	
English Swansea . .	29	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 16 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 29. Mai 1927 | Heft 22

INHALT: *Blindleistungs-Messung in Dreiphasen-Anlagen. Von Dr. Albin Keiter, Wien. S. 437. / Graphoanalytische Untersuchungsmethoden für asynchrone Drehstrommaschinen in mehrfacher Kaskadenschaltung. Von V. Kassjanoff, Leningrad. (Schluß). S. 441. / Der gegenwärtige Stand des Dampfturbinenbaues. Von Direktor Prof. Dr.-Ing. E. A. Kraft, Berlin. S. 444.*

RUNDSCHAU: Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 446. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 447. / Elektrische Meßkunde. S. 448. / Stromverteilung. S. 449. / Leitungen und Leitungsbau. S. 449. Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 451 / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 451. / Elektrische Apparate. S. 452.

PATENTBERICHT. S. 453.

LITERATURBERICHTE. S. 454.

CHRONIK. S. 455.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 456.

Blindleistungs-Messung in Dreiphasen-Anlagen.

Von Dr. Albin **Keiter**, Wien.

Die in einer Dreiphasen-Dreileiter-Anlage (ohne Nulleiter) vorhandene Wirkleistung ist bekanntlich der zu ihrem Momentwert:

$$p_W = e_{13}\, i_1 + e_{23}\, i_2 \quad \ldots\ldots (1)$$

gehörige Wirkwert: e_{12}, e_{23}, e_{31} sind die Spannungen zwischen je zweien der Netzleiter 1, 2, 3; i_1, i_2, i_3 die in letzteren fließenden Leiterströme.

Bezeichnet man mit v' den einem beliebigen Vektor v zeitlich um eine Viertelperiode nacheilenden Vektor gleichen Effektwertes, so ist die gleichzeitig vorhandene Blindleistung durch den zu ihrem Momentwert:

$$p_B = e'_{13}\, i_1 + e'_{23}\, i_2 \quad \ldots\ldots (2)$$

gehörigen Wirkwert gegeben.

Die beiden genannten Wirkwerte, deren beide Teilposten mittels je eines die Größe $EI \cos(e, i)$ messenden Leistungszeigers (Wattmeters) meßbar sind, sind von der Wahl der Bezifferung der drei Netzleiter, also auch der Phasenfolge der Meßspannungen, ebenso von der Form des vorhandenen Spannungs- und Stromdreieckes, also der Art der Belastung, unabhängig.

Der Nachweis der Ausdrücke (1) und (2) und ihrer Eigenschaften wird als bekannt vorausgesetzt.

Da die Spannungen e'_{13} und e'_{23} am Meßorte dem Netze direkt nicht entnommen werden können, werden dieselben meist durch andere, aus dem Netze mittelst einfacher Hilfsmittel herstellbare ersetzt.

Die in Abb. 1 dargestellte, häufig gebrauchte Methode (besonders bei Eichung von Blindleistungszählern) ersetzt mittelst eines passend abgeglichenen Nullwiderstandes die Spannung e'_{13} durch $\sqrt{3}.e_{20}$, die Spannung e'_{23} durch $\sqrt{3}.e_{01}$, so daß die Summe der Angaben beider einander gleichen Wattmeter dem Wirkwert des Ausdruckes

$$a = \sqrt{3}(e_{20}\, i_1 + e_{01}\, i_2) \quad \ldots\ldots (3)$$

entspricht.

Diese Methode setzt strenge Gleichseitigkeit des vorhandenen Spannungsdreieckes voraus und es entsteht daher die Frage nach der möglichen Größe des ihren Angaben zufolge der praktisch immer vorhandenen Verzerrung des vorhandenen Spannungsdreieckes an sich anhaftenden Fehlers. Letzterer läßt sich wie folgt berechnen:

Für ein beliebiges Spannungsdreieck $e_{12} + e_{23} + e_{31} = 0$ ist:

$$e_{20} - e_{30} = e_{23} \quad e_{30} - e_{10} = e_{31} \quad \ldots (4).$$

e_{10}, e_{20}, e_{30} sind die Spannungen zwischen je einem Netzleiter und dem künstlichen Nullpunkt.

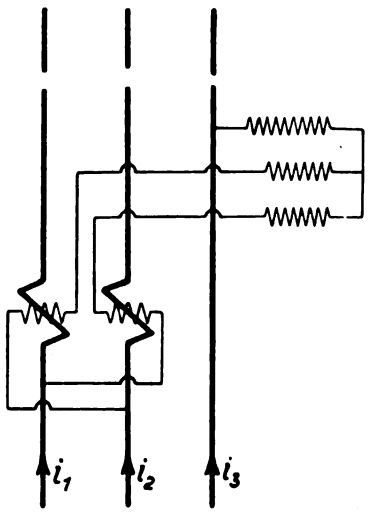


Abb. 1.

Für die in letzterem zusammenfließenden Ströme j_{10}, j_{20}, j_{30} gilt: $j_{10} + j_{20} + j_{30} = 0$ also auch $wj_{10} + wj_{20} + wj_{30} = e_{10} + e_{20} + e_{30} = 0$, wobei w der induktionsfreie Widerstand jedes der drei Strompfade ist. Es ist also $e_{30} = -e_{10} - e_{20}$. Durch Einführung dieses Wertes in die Gleichungen (4) folgen mit Berücksichtigung der allgemein gültigen Beziehung $e_{23} + e_{31} = -e_{12}$ die Werte

Digitized by Google

$$e_{20}=\frac{1}{3}(e_{23}-e_{12})\quad e_{01}=\frac{1}{3}(e_{31}-e_{12}),$$

mit welchen die Angabe (3) der zu untersuchenden Meßschaltung in die Form

$$a=\frac{1}{\sqrt{3}}[(e_{23}-e_{12})i_1+(e_{31}-e_{12})i_2] \quad . (5)$$

übergeht.

Man zerlege nun die Seiten des vorhandenen, im allgemeinen verzerrten Spannungsdreieckes $e_{12}+e_{23}+e_{31}=0$ so, daß

$$e_{12}=e_c \quad e_{23}=e_a+e_v \quad e_{31}=e_b-e_v \quad . (6),$$

wobei die Komponenten e_c, e_a, e_b ein gleichseitiges Dreieck mit der Phasenfolge der e_{12}, e_{23}, e_{31} und der Seitenlänge E_{12} bilden und die Komponente e_v die Verzerrung des Spannungsdreieckes bewirkt; das wirkliche Spannungsdreieck und das von den e_c, e_a, e_b gebildete gleichseitige haben diejenige Seite gemeinsam, welche die zwischen den beiden mit Stromspulen versehenen Netz-

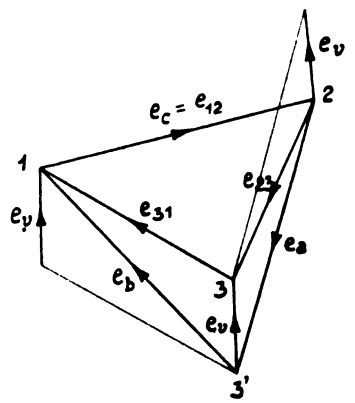


Abb. 2.

leitern herrschende Spannung darstellt. Im folgenden ist die in Abb. 2 dargestellte Phasenfolge angenommen: es eile e_{23} dem e_{12}, also auch e_a dem e_c zeitlich nach. Abb. 2 gibt ein Bild der obigen Zerlegung.

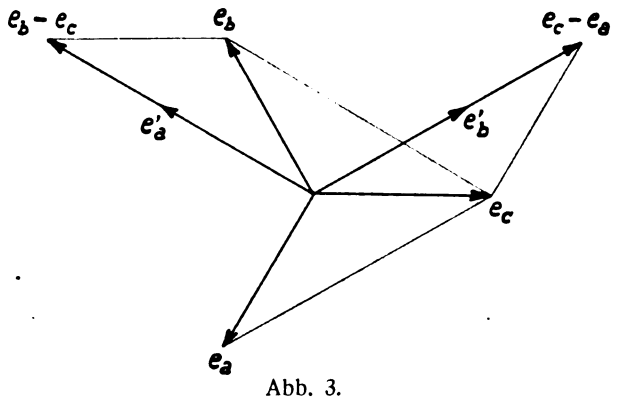


Abb. 3.

In diesem Bilde sind 1, 2, 3 die Eckpunkte des wirklich vorhandenen verzerrten Spannungsdreieckes, 1, 2, 3' die des zugehörigen gleichseitigen.

Mit Hilfe der Gleichungen (6) geht Ausdruck (5) über in:

$$a=\frac{1}{\sqrt{3}}[(e_a-e_c+e_v)i_1+(e_b-e_c-e_v)i_2] \quad (7).$$

Wie Abb. 3 zeigt, bestehen für das gleichseitige Spannungsdreieck die Beziehungen:

$$e_c-e_a=\sqrt{3}.e'_b \quad e_b-e_c=\sqrt{3}.e'_a.$$

Durch Einführung der letzten beiden Werte verwandelt sich Ausdruck (7) in:

$$a=-(e'_b i_1-e'_a i_2)+\frac{e_v}{\sqrt{3}}(i_1-i_2) \quad . . (8)$$

als Momentwert der Angabe der Meßschaltung.

Für die im Momentwerte (2) der Blindleistung enthaltenen Spannungen e'_{13} und e'_{23} folgt wegen der eingangs gegebenen Definition des Vektors v, aus den Gleichungen (6):

$$e'_{13}=-e'_{31}=-e'_b+e'_v \quad e'_{23}=e'_a+e'_v \quad (9).$$

Die Einführung dieser Werte in Ausdruck (2) ergibt:

$$p_B=-(e'_b i_1-e'_a i_2)+e'_v(i_1+i_2) \quad . . (10)$$

als Momentwert der Blindleistung.

Aus (8) und (10) zusammen folgt nunmehr:

$$p_B=a-\left(\frac{e_v}{\sqrt{3}}-e'_v\right)i_1+\left(\frac{e_v}{\sqrt{3}}+e'_v\right)i_2 \quad (11).$$

Der Momentwert des Fehlers der Meßschaltung ist demnach durch:

$$f=\left(\frac{e_v}{\sqrt{3}}-e'_v\right)i_1-\left(\frac{e_v}{\sqrt{3}}+e'_v\right)i_2 \quad . (12)$$

gegeben.

Um ihn eingehender zu untersuchen, zerlege man die Seiten des wirklich vorhandenen Stromdreieckes $i_1+i_2+i_3=0$ so, daß

$$i_1=i_a+i_v \quad i_2=i_b-i_v \quad i_3=i_c \quad . (13),$$

wobei die Komponenten i_a, i_b, i_c ein gleich-

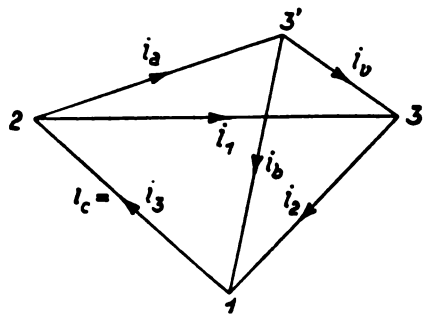


Abb. 4.

seitiges Dreieck mit der Phasenfolge der e_{12}, e_{23}, e_{31} und der Seitenlänge I_3 bilden und die Komponente i_v die Verzerrung des Stromdreieckes bewirkt; das wirkliche Stromdreieck und das von den i_a, i_b, i_c gebildete gleichseitige haben also diejenige Seite gemeinsam, welche den Strom des Leiters ohne Stromspule darstellt.

Abb. 4 gibt ein Bild dieser Zerlegung; darin sind 1, 2, 3 die Eckpunkte des wirklichen Stromdreieckes, 1, 2, 3' die des zugehörigen gleichseitigen.

Mittelst der Gleichungen (13) geht nun der Fehlerwert (12) über in:

$$f=\left(\frac{e_v}{\sqrt{3}}-e'_v\right)i_a-\left(\frac{e_v}{\sqrt{3}}+e'_v\right)i_b+\frac{2}{\sqrt{3}}e_v i_v \quad (14).$$

Digitized by Google

Wie Abb. 5 zeigt, sind für jedes beliebige e_v die beiden Vektoren $\frac{e_v}{\sqrt{3}} - e'_v$ und $\frac{e_v}{\sqrt{3}} + e'_v$ gleich groß und bilden miteinander ebenso wie i_a mit i_b einen Winkel von 120°.

Bildet man den Wirkwert des Moment-Fehlerwertes (14), so ist aus dem Vorhergehenden leicht ersichtlich, daß der den beiden ersten Posten des Ausdruckes (14) entsprechende Teilbetrag desselben stets verschwindet, so daß schließlich für den Wirkwert des Fehlers der Meßschaltung nach Abb. 1 der Wert:

$$F = \frac{2}{\sqrt{3}} E_v I_v \cos(e_v, i_v) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

erübrigt, dessen größtmöglicher Betrag durch:

$$F_g = \pm \frac{2}{\sqrt{3}} E_v I_v \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

gegeben ist und dann eintritt, wenn der Winkel zwischen e_v und i_v 0 oder 180° beträgt.

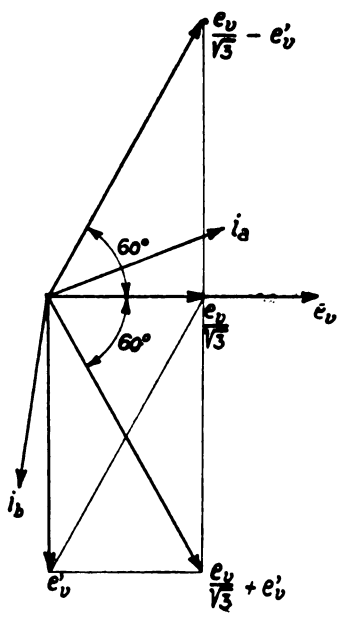


Abb. 5.

Der der untersuchten Meßschaltung für Blindleistungsmessung an sich anhaftende Fehler ist also proportional dem Produkt aus Verzerrungskomponente des Spannungsdreieckes mal Verzerrungskomponente des Stromdreieckes und dem cos des Winkels zwischen den beiden Verzerrungskomponenten. Er verschwindet, wenn mindestens eines der beiden Dreiecke gleichseitig ist und auch dann, wenn der Winkel zwischen den beiden Verzerrungskomponenten 90° oder 270° beträgt.

Wenn e_{23} dem e_{12}, also auch e_a dem e_c zeitlich voreilt, ergibt sich nach spannungs- oder stromseitiger Umpolung beider Wattmeter wieder der vorher berechnete Fehler.

Der Fehler der untersuchten Ersatzmethode kann unter Umständen bedeutende Werte annehmen, allerdings nur bei stark unausgeglichenen Strombelastungen und starken Spannungsverschiedenheiten zwischen den Netzleitern; seine Größe läßt sich in jedem einzelnen Falle mittelst Messung der drei Hauptspannungen und der drei Leiterströme ermitteln; da dieses Verfahren auch für die Verwendung im Laboratorium, vom Betrieb ganz abgesehen, zu umständlich ist, soll hier darauf nicht eingegangen werden.

Jede zur Messung der Blindleistung verwendete Methode, welche die dem Netze direkt nicht entnehmbaren Spannungsvektoren durch andere leicht herstellbare ersetzt, ist an und für sich mit einem je nach den Umständen mehr oder minder bedeutenden Fehler behaftet. Ferner haben die in Abb. 1 dargestellte und alle anderen in der Literatur behandelten Ersatzmethoden den Nachteil, daß zwischen den Messungen der Wirk- und Blindleistung Änderungen der zu den Wattmetern führenden Zuleitungen vorzunehmen sind, so daß die in ziemlichen Zeitabständen erhaltenen Ablesungen für Wirk- und Blindleistung im allgemeinen kaum als zusammengehörig gelten können.

Vollkommen einwandfrei ist die Messung der Blindleistung nur mittelst Wattmetern durchführbar, bei welchen der Strom der Spannungsspule gegen die Meßspannung um eine Viertelperiode mittelst besonderer Vorrichtungen zeitlich verschoben wird.[1])

Um dem schon ziemlich allgemein gewordenen Wunsch nach einem Wattmeter, welches in einfacher, bequemer und dabei einwandfreier Weise die Messung von Wirk- und Blindleistung ermöglicht, zu entsprechen, bringt die Norma-Instrumenten-Fabrik G. m. b. H. in Wien ein Wirk- und Blindleistungs-Wattmeter auf den Markt, dessen Angaben mittelst Umstellung eines auf seiner Deckplatte angebrachten Kurbelwählers ohne jede Veränderung der Zuleitungen zum Instrument von Wirk- auf Blindleistung und umgekehrt eingestellt werden können; es können daher an diesem Instrumente die zusammengehörigen Werte dieser Größen rasch nacheinander abgelesen werden.

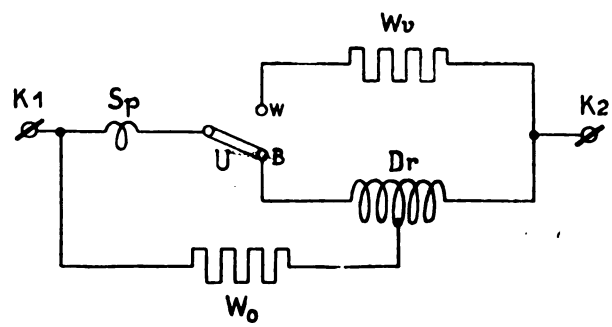


Abb. 6.

Abb. 6 zeigt im Prinzip die innere Schaltung des Spannungspfades dieses Instrumentes: Darin bedeuten K_1 und K_2 die Anschlußklemmen für die Meßspannung, Sp die Spannungsspule, U einen einpoligen Umschalter (Kurbelwähler), W_v den induktionsfreien Vorwiderstand für Wirkleistungs-

[1]) Diesbezüglich auch A. Sengel: Blindverbrauchsmessung in Drehstromnetzen; ETZ 1924, Seite 973, Absatz 5.

Digitized by Google

messung, *Dr* eine Drosselspule mit unterteilter Wicklung, W_0 einen induktionsfreien Widerstand, mittelst welchem die durch die Drosselspule erzeugte sehr große Phasenverzögerung des Stromes der Spannungsspule gegen die angelegte Klemmenspannung bei einer bestimmten Periodenzahl, zum Beispiel 50 Per/s, genau auf eine Viertelperiode gebracht wird (Methode von Hummel mit geringer Abänderung).

Bei Stellung des Umschalters *U* auf Kontakt *W* (Wirkleistung) ist die Angabe des Wattmeters:

$$A_W = c \cdot \frac{E}{R} I \cos\varphi = \frac{c}{R} \cdot P_W,$$

wobei *c* eine Konstante, $J_W = \frac{E}{R}$ der Strom der Spannungsspule, *R* der induktionsfreie Gesamtwiderstand des Spannungspfades und $P_W = EI\cos\varphi$ die Wirkleistung ist. Bei Stellung des Umschalters *U* auf Kontakt *B* (Blindleistung) folgt aus

$$e = E\sin\omega t \text{ und } i = I\sin(\omega t - \varphi)$$

für den Strom der Spannungsspule

$$j_B = \frac{E}{R_n}\sin(\omega t - 90 + \xi),\ J_B = \frac{E}{R_n}$$

und für die Angabe des Wattmeters:

$$A_B = c \cdot \frac{E}{R_n} I\cos(\varphi + \xi - 90) = c \cdot \frac{E}{R_n} \cdot I\sin(\varphi + \xi).$$

R_n ist der Scheinwiderstand des Spannungspfades bei der Periodenzahl *n*, $90 - \xi$ der Verzögerungswinkel des Stromes der Spannungsspule gegen die Meßspannung, der sehr kleine Winkel ξ (wenige Minuten) die Abweichung des letzteren von 90° bei der Periodenzahl *n*.

Da $P_B = EI\sin\varphi$ die Blindleistung ist, folgt weiters wegen $\frac{P_B}{P_W} = \operatorname{tg}\varphi$

$$A_B = \frac{c}{R_n}(\cos\xi \cdot P_B + \sin\xi \cdot P_W) =$$

$$= \frac{c}{R_n}\cos\xi\left(1 + \frac{\operatorname{tg}\xi}{\operatorname{tg}\varphi}\right) \cdot P_B$$

und

$$P_B = \frac{R_n}{c} \cdot \frac{1}{\cos\xi} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\operatorname{tg}\xi}{\operatorname{tg}\varphi}} \cdot A_B.$$

Setzt man $\frac{R}{c} = K$ (Skalenkonstante), so ist die Wirkleistung

$$P_W = K \cdot A_W,$$

die Blindleistung

$$P_B = \left(\frac{R_n}{R} \cdot \frac{1}{\cos\xi} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\operatorname{tg}\xi}{\operatorname{tg}\varphi}}\right) \cdot K \cdot A_B.$$

Da ξ innerhalb eines praktisch weitaus ausreichenden Periodenbereiches sehr klein ist, kann $\cos\xi$ mit vernachlässigbarem Fehler = 1 gesetzt werden, sodaß der Korrektionsfaktor der Blindleistungs-Ablesung sich auf $\frac{R_n}{R} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\operatorname{tg}\xi}{\operatorname{tg}\varphi}}$ reduziert. Bei der Periodenzahl n_0 ist $\xi = 0$ und R_n, der Scheinwiderstand des Spannungspfades bei Blindleistungsmessung, auf den Wert *R* bei Wirkleistungsmessung abgeglichen. Es ist demnach bei dieser Periodenzahl

$$P_B = K \cdot A_B$$

ohne weitere Korrektionen oder Berechnungen, das heißt, Wirkleistung und Blindleistung werden durch Multiplikation der betreffenden Ablesung mit der gleichen Skalenkonstante erhalten.

Der Faktor $\frac{R_n}{R}$, der bei Abweichung der vorhandenen von der Abgleichungsperiodenzahl eventuell zu berücksichtigenden Korrektion kann einer dem Meßgerät beigegebenen Hilfstafel entnommen werden; der Faktor $\frac{1}{1 + \frac{\operatorname{tg}\xi}{\operatorname{tg}\varphi}}$ dieser Korrektion erlangt nur bei sehr kleiner Phasenverschiebung, also von vornherein sehr kleinem Werte der Blindleistung, Bedeutung und kann bei allen technischen Betriebsmessungen gleich 1 gesetzt werden.

Entsprechend der Tatsache, daß durch den sogenannten Phasenfehler der Spannungsspule eines dynamischen Wattmeters bei sehr großen Phasenverschiebungen, also sehr kleinen Wirkleistungen, die Meßgenauigkeit vermindert wird, tritt derselbe Umstand in Blindleistungsschaltung bei sehr kleinen Phasenverschiebungen, also sehr kleinen Blindleistungen ein.

Die Handhabung des neuen Meßgerätes ist nach dem Obigen eine sehr einfache und bequeme und haben die daran in beiden Verwendungsarten gemachten Ablesungen bei der Abgleichungsperiodenzahl dieselben Genauigkeitsgrenzen.

Die Messung der Blindleistung in Dreiphasen-Dreileiter-Anlagen (ohne Nulleiter) erfolgt mittelst zweier solcher Wattmeter in normaler Aronschaltung, in Dreiphasen-Dreileiter-Anlagen mit Nullleiter (Vierleiter) werden drei solche Wattmeter mit dem Spannungspfade je gegen den Nulleiter geschaltet. Die so erhaltenen Meßergebnisse sind an keinerlei Voraussetzung bezüglich des Spannungs- oder Stromdreieckes gebunden und für jede beliebige Belastung richtig; ihre Abhängigkeit von Periodenzahl und Phasenverschiebung ist praktisch meist belanglos, kann aber bei geforderter großer Genauigkeit mit Hilfe einer einfachen Korrektion der Ablesungen berücksichtigt werden.

Digitized by Google

Graphoanalytische Untersuchungsmethoden für asynchrone Drehstrommaschinen in mehrfacher Kaskadenschaltung.

Von V. **Kassjanoff**, Leningrad.
(Mitteilung aus dem Elektrotechnischen Institut in Leningrad.)

(Schluß aus Heft 21, Seite 417.)

II. Experimentelle Prüfung der gewonnenen Resultate.

Zwecks erperimenteller Prüfung der oben beschriebenen Untersuchungsmethoden für Kaskaden wurden im Laboratorium des Elektrotechnischen Instituts in Leningrad Versuche mit einer Kaskade aus drei Maschinen, ausgeführt. Die sich auf diese Maschinen beziehenden Daten und Konstanten sind in Tafel I enthalten.

Tafel I. Die Maschinendaten der bei den Versuchen benutzten Kaskade.

Bezeichn. d. Maschine	Name der Firma	Leistung in PS	Frequenz	Das Verhältnis: $\frac{P_{stat}}{P_{prot}}$	Wicklungsschema	Anzahl der Polpaare p	Uebersetzungsverhältnis k	Reduzierte Anzahl der Polpaare p'	Impedanz (Scheinwiderstand) der Statorwicklung Z_1	Reduzierte (r) Impedanz (Scheinwiderstand) der Rotorwicklung Z_1'	Erregerkonduktanz (Erregerscheinleitwert) y_0	Uebersetz.-verhältnisv. Stat. z. Rot. n
a	Felten-Guilleaume-Lahmeyer-Werke	8	50	$\frac{120}{285}$	Y/Y	2	0·349	0·698	$0{\cdot}065 + j\,0{\cdot}225$	$0{\cdot}10 + j\,0{\cdot}225$	$0{\cdot}0213 - j\,0{\cdot}169$	0·408
b	Ateliers de Construction Oerlikon	4½	50	$\frac{120}{109}$	Δ/Y	2	1	2	$0{\cdot}0855 + j\,0{\cdot}353$	$0{\cdot}200 + j\,0{\cdot}330$	$0{\cdot}0315 - j\,0{\cdot}144$	1·042
c	Ateliers de Construction Oerlikon	4½	50	$\frac{120}{107}$	Δ/Y	3	1	3	$0{\cdot}104 + j\,0{\cdot}318$	$0{\cdot}203 + j\,0{\cdot}300$	$0{\cdot}0276 - j\,0{\cdot}170$	1·070

Die Maschinen *b* und *c* waren durch eine Kupplung miteinander verbunden; ihre mechanische Verbindung mit der Maschine *a* erfolgte mittels einer Riemenüberseetzung. Die Maschine *a* erscheint als der asynchrone Teil des Kaskadenumformers und war deshalb mit einem Einankerumformer bei der Untersuchung der motorischen Arbeitsgebiete der Kaskade als Generator und während des Generatorsbetriebes der Kaskade als Gleichstrommotor wirkte.

Die Maschinen, welche die Kaskaden bildeten, hatten, wie aus der Tafel zu ersehen ist, Rotorspannungen, die schlecht zu den Statorspannungen paßten. Deshalb wurde die Schaltung der Statorwicklung der Maschine *b* in Sternschaltung umgeändert, wodurch mit einer gewissen Annäherung die Möglichkeit erzielt wurde, die Maschinen kaskadenförmig in der Reihenfolge $a - b - c$ zu erhalten.

Die Versuchsergebnisse sind in den Abb. 7 und 8 wiedergegeben. Die Versuchskurven $I_1 = f(n)$ und $L_N = f_3(n)$ wurden folgendermaßen erhalten: der mit dem Kaskadensatz mechanisch verbundene

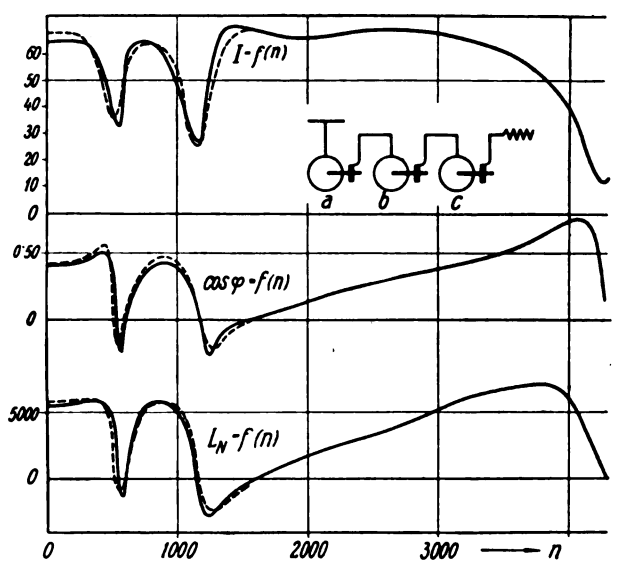


Abb. 7. Kaskade aus drei Maschinen und einige dazugehörige Charakteristiken.
Die voll ausgezogenen Linien sind die theoretischen Kurven, die punktiert ausgezogenen die aus den Versuchen erhaltenen.

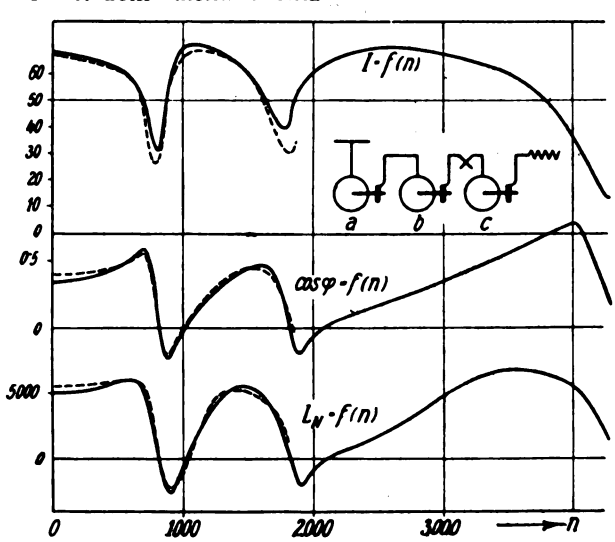


Abb. 8. Differentialkaskade aus drei Maschinen und einige dazugehörigen Charakteristiken.
Voll ausgezogen sind die theoretischen Kurven, punktiert ausgezogen die Versuchskurven.

Einankerumformer wurde ans Gleichstromnetz angeschlossen und als Nebenschlußmotor betrieben. Der Kaskadensatz wurde jedoch bei stark erniedrigter Spannung (20 bis 25 vH der normalen)

Digitized by Google

mit einem Drehstromgenerator zusammengeschaltet. Dabei waren Strom, Leistung und Drehmoment der Kaskade gering und beeinflußten fast gar nicht die Drehgeschwindigkeit des Gesamtaggregates, welche vollständig durch den Einankerumformer bestimmt wurde und sich in weiten Grenzen infolge der Regulierung seiner Erregung und der dem Kollektor zugeführten Spannung änderte.

Auf diese Art gelang es mit vollkommener Klarheit und Eindeutigkeit, die Werte für Strom, $\cos\varphi$ und Leistung nicht nur den Arbeitsgebieten entsprechend, sondern auch für die Gebiete des unstabilen Betriebes der Kaskade, wo das Drehmoment bei Verringerung der Umlaufszahl abfällt, zu erhalten. Daraufhin wurden auf Grund des Ohmschen Gesetzes die so erhaltenen Größen, den normalen Spannungen entsprechend, umgerechnet und auf diese Weise konnten die Versuchskurven, Abb. 7 und 8, aufgezeichnet werden.

Wie man aus den Abbildungen ersieht, geben die Versuchskurven den Charakter der theoretischen Schaubilder gut wieder und bestätigen somit die Möglichkekit, die hier dargelegten Verfahren zur Untersuchung von Kaskaden anzuwenden. Außer den angeführten Kurven wurden ähnliche Charakteristiken noch für mehrere andere Kaskaden, darunter auch für synchrone, gefunden; im letzteren Falle gaben die Schaubilder die Abhängigkeit nicht von der Umlaufszahl, welche für synchrone Kaskaden konstant ist, sondern von der dem Netz entnommenen Leistung wieder. Überall zeigte sich eine gute Übereinstimmung mit den theoretischen Charakteristiken.

III. Die praktische Verwendungsmöglichkeit für Kaskadenaggregate.

Um sich ein Urteil über die praktische Brauchbarkeit von mehrfachen Kaskaden zu schaffen, betrachtet man einen Kaskadensatz aus vier gleichen Drehstrommotoren, deren Daten in Tafel II zusammengestellt sind.

Tafel II. Daten des Drehstrommotors von Brown, Boveri (Siehe E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. V, 1, Seite 419 und 463).

Leistung	475 PS
Frequenz c	40
Umlaufzahl pro Minute n	1200
Anzahl der Polpaare p	2
Leerlaufstrom I_0	46 A
Leistungsfaktor $\cos\varphi_0$	0·230
Spannung P	1000 V
Normalstrom I	233 A
Leistungsfaktor $\cos\varphi$	0·935
Wirkungsgrad η	0·925
Kurzschlußstrom I_K	1400 A
Leistungsfaktor $\cos\varphi_K$	0·19
Maximale Leistung	1320 PS

$$Z_1 = Z_1' = 0{\cdot}0392 + j\,.\,0{\cdot}202,$$
$$y_0 = 0{\cdot}019 - j\,.\,0{\cdot}080.$$

Man nehme an, daß diese Motoren mit irgend einem gemeinsam anzutreibenden Mechanismus (zum Beispiel den Antriebachsen einer elektrischen Lokomotive) vermittels Zahnradübersetzungen verbunden sind, wobei das Übersetzungsverhältnis für zwei der Motoren gleich $\frac{1}{3}$ und dasjenige für die beiden anderen gleich $\frac{1}{7{\cdot}5}$ ist; folglich ist die reduzierte Anzahl der Polpaare[14]) dieser Motoren gleich $2\,.\,3 = 6$, bzw. $2\,.\,7{\cdot}5 = 15$. Man kann die vier Maschinen dieses Aggregats verschiedenartig mit einander kombinieren. Aus der sehr großen Anzahl der möglichen Kombinationen (ungefähr 200) seien nur 15 Kombinationen betrachtet, die in der Tafel III aufgezählt sind; in der zweiten Kolonne dieser Tafel wird die entsprechende Schaltformel, das heißt, der Nenner des Ausdruckes für die Umlaufzahl der Kaskade (dieser Nenner kennzeichnet die Art, nach welcher die Maschinen untereinander geschaltet sind, angeführt. Zwecks größerer Verdeutlichung sind in Abb. 9 diese Schaltungsschemas wiedergegeben.

Tafel III. Die Schaltungsformeln und die Umlaufszahlen der Kaskaden nach Abb. 9.

Nummer des Schemas in Abb. 9	Schaltungsformel	Resultierende Anzahl der Polpaare des Aggregats $\Sigma p'$	Umlaufzahl pro Minute n
1	$6 + 6 + 15 + 15$	42	57·2
2	$6 + 15 + 15$	36	66·7
3	$15 + 15$	30	80
4	$6 + 6 + 15$	27	89
5	$-6 + 15 + 15$	24	100
6	$\frac{2\,.\,15 + 15}{2}$	22½	106·5
7	$6 + 15 \parallel 6 + 15$	21	114
8	$\frac{2.15+6}{2} \parallel \frac{2.15+6}{2}$	18	133·3
9	$15 \parallel 15$	15	160
10	$\frac{2.6+15}{2} \parallel \frac{2.6+15}{2}$	13½	178
11	$\frac{2.15-6}{2} \parallel \frac{2.15-6}{2}$	12	200
12	$\frac{15+6}{2} \parallel \frac{15+6}{2}$	10½	229
13	$-6+15 \parallel -6+15$	9	267
14	$\frac{15}{2} \parallel \frac{15}{2}$	7½	320
15	$6 \parallel 6$	6	400

Unter den Schaltungsarten der Tafel III und Abb. 9 befindet sich auch die als Nr. 12 angeführte Kaskade von Jonas,[15]) die einen speziellen Fall der mehrfachen doppeltgespeisten Kaskaden, deren Besprechung einer späteren Veröffentlichung des Verfassers vorbehalten bleibe, darstellt. Hier sei nur vermerkt, daß die Kaskade von Jonas gute Charakteristiken ergibt, wenn das Verhältnis der reduzierten Anzahl der Polpaare beider Maschinen $\frac{p'_1}{p'_2} > 2{\cdot}5$ ist, befriedigende Charakteristiken, wenn $\frac{p'_1}{p'_2}$ gleich 1·5 bis 2 und sehr schlechte bei $\frac{p'_1}{p'_2} < 1{\cdot}5$; im letzteren Falle erweist sich die Kaskade von Jonas als praktisch untauglich.

[14]) Vgl. den oben erwähnten Aufsatz des Verfassers.

[15]) Vgl. E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. V I, Seite 579.

Digitized by Google

In Abb. 10 sind längs der Abszissenachse die Umlaufszahlen der gemeinsamen Welle des Aggregats (zum Beispiel der Antriebsachsen der elektrischen Lokomotive) abgetragen und als Ordinaten, den synchronen Umlaufszahlen für alle 15 Schaltungsarten der Abb. 9 und Tafel III entsprechend.

1. Nutzleistung in kW bei normaler Stromstärke (Dauerleistungen);
2. maximale Nutzleistungen (Momentleistungen), welche die Überlastbarkeit der Kaskaden kennzeichnen;
3. Wirkungsgrade des gesamten Maschinensatzes;
4. cos φ der Kaskade;
5. normale Drehmomente (oder im entsprechenden Maßstabe die Zugkräfte)
6. maximale Drehmomente.

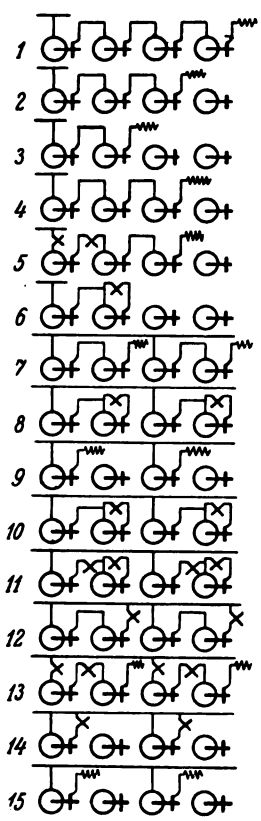


Abb. 9. Schaltungsschema entsprechend der Tafel III.

Diese Schaubilder zeigen, daß die Leistung einer Kaskade aus vier, bzw. drei Maschinen im Vergleich zur Leistung der Motoren, aus denen sie zusammengesetzt ist, sehr klein ist, die normalen Drehmomente dagegen verhältnismäßig große Werte haben. Daraus kann man den Schluß ziehen, daß die Kaskaden aus vier und drei Maschinen für wirtschaftlichen Betrieb nur bei kleinen Drehzahlen (ohne Verlust an Widerständen) verwendet werden können. Dagegen geben Kaskaden aus zwei Maschinen (zum Beispiel Nr. 8, 10 und 12) schon sehr befriedigende Resultate in Hinsicht ihrer Leistung, des Leistungsfaktors und Wirkungsgrades.

Der unserer Betrachtung zu Grunde liegende Maschinensatz ermöglicht es, zwei Motoren als doppeltgespeiste Maschinen auszunutzen. Die normale Leistung der letzteren ist bekanntlich zweimal so groß als die Leistung derselben Maschinen, wenn sie in üblicher Weise ans Netz angeschlossen ist, und die maximale viermal so groß. Unter gewöhnlichen Umständen bleiben diese guten Eigenschaften der doppeltgespeisten Maschine unausgenutzt, da sie nicht selbständig die ihr eigene normale Umlaufszahl erreichen kann. Bei einem Kaskadensatz hat man es jedoch in der Hand, bis zur nötigen Geschwindigkeit vermittels einer geeigneten asynchronen Differentialschaltung zu gelangen und dann zum Betriebe der Maschine mit doppelter Speisung überzugehen. Im vorliegenden Beispiel erfolgt der Anlauf des Maschinensatzes unter Anwendung der Schaltung Nr. 15, welche also als Übergangsstufe zur Schaltung Nr. 14 dient, wobei die letztere die der größten Umlaufsgeschwindigkeit entsprechende Betriebsschaltung darstellt. Obgleich bei dieser Schaltung nur zwei von den vier Motoren arbeiten, ist die normale Leistung des Maschinensatzes gleich der Normalleistung aller vier Maschinen und die maximale Leistung sogar zweimal so groß, wobei der Leistungsfaktor und Wirkungsgrad bessere Werte annehmen.

Außer den zahlreichen Geschwindigkeitsstufen bietet dieser Maschinensatz noch den Vorteil, die Energie der bewegten Massen bei sehr verschiedenen Geschwindigkeiten wiedergewinnen zu können.

Hinsichtlich der Bequemlichkeit, mit welcher

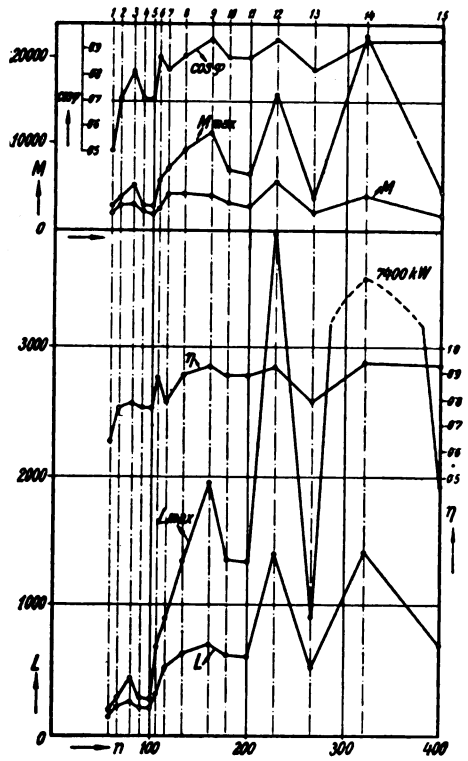


Abb. 10. Drehmoment-, Nutzleistungs-, Wirkungsgrad- und Leistungsfaktorkurven des Kaskadenaggregats nach Tafel III.

die asynchronen Kaskaden angelassen werden können, sind sie den gewöhnlichen Induktionsmotoren gleichwertig, da das Anlassen vermittels eines Widerstandes im Rotorkreis der letzten Maschine erfolgt. Die synchronen Kaskaden stehen dagegen in dieser Hinsicht den ersteren bedeutend nach infolge der Notwendigkeit sie vorerst synchronisieren zu müssen (was auch automatisch geschehen kann), wobei der Maschinensatz unter Zuhilfenahme irgend einer asynchronen Schaltung, der einer höheren Drehzahl entspricht, in Umlauf versetzt werden muß.

Betrachtet man die Schaubilder der Drehmomente und Leistungen, so wird man bemerken,

Digitized by Google

daß sie an gewissen Stellen einen sprunghaften Verlauf annehmen. Doch ist durch die rationelle Auswahl der Übersetzungsverhältnisse für die Zahnradkupplungen die Möglichkeit gegeben, unter Beibehaltung derselben Motoren sanfte Drehmoment- und Leistungskruven von der gewünschten Form zu erhalten.

Es darf nicht vergessen werden, daß die Schaubilder der Abb. 10 nur einen geringen Teil des möglichen Geschwindigkeitsbereiches enthalten; werden noch weitere Geschwindigkeitsstufen hinzugefügt oder umgekehrt ausgeschaltet, so kann man den Charakter der Drehmoment- oder Leistungskurven noch weiter ändern. Nimmt man zum Beispiel in den Schaubildern (Abb. 10), als normale Betriebsgeschwindigkeiten die den Schaltungen Nr. 1, 2, 3, 6, 9, 12 und 14 entsprechenden an, so erhält man eine sanft verlaufende Leistungskurve.

IV. Zusammenfassung.

Aus all dem Vorhergesagten folgt, daß die Kaskadensysteme, besonders in denjenigen Fällen, wo aus speziellen Gründen auf ein und dieselbe Antriebswelle mehrere Motoren arbeiten müssen (zum Beispiel in den elektrischen Zuglokomotiven), sehr weite Möglichkeiten darbieten, um Geschwindigkeitsskalen entsprechend einer gewünschten Form der Kurven $M = f_1(n)$ und $L = f_2(n)$ zu erhalten.

Was die Anzahl der in Kaskadenschaltung miteinander verbundenen Maschinen betrifft, so wird dieselbe begrenzt durch:

1. den schroffen Leistungsabfall des Maschinensatzes bei Vergrößerung der Maschinenanzahl;
2. die Stromstärke im ersten Motor.

Der Leerlaufstrom eines guten Drehstrommotors beträgt ungefähr 25 vH des normalen Betriebsstromes und nur in Motoren sehr guter Ausführung 20 vH. Infolgedessen wird eine aus vier gleichen Maschinen bestehende Kaskade schon bei Leerlauf (falls nicht irgendwelche Kompensatoren angewendet werden) einen dem normalen Betriebsstrome nahekommenden Strom dem Netz entnehmen.

Zwar besteht wegen des niedrigen Leistungsfaktors die Möglichkeit, dem Strome eine bedeutende Wattkomponente bei Belastung der Kaskade zuzuerteilen, ohne den Gesamtstrom stark zu vergrößern, dennoch wird die Nutzleistung der Kaskade geringe Werte haben. Daraus kann man offenbar schließen, daß im Falle der Leistung nach gleicher Maschinen und ohne Anwendung irgendwelcher Kompensationsvorrichtungen, es kaum zweckmäßig sein dürfte, in der Anzahl der die Kaskade bildenden Maschinen weiter als vier zu gehen.

Es ist selbstverständlich, daß die Charakteristiken der Kaskaden durch spezielle Ausrechnung und Konstruktion der sie bildenden Maschinen, desgleichen auch durch Anwendung von kompensierten Maschinen verbessert werden können.

Der gegenwärtige Stand des Dampfturbinenbaues.

Von Direktor Prof. Dr.-Ing. E. A. **Kraft**, Berlin[1]).

Auf Grund ihrer wirtschaftlichen Überlegenheit hat die Dampfturbine die fast 100 Jahre ältere, zu hoher Vollkommenheit entwickelte und sich dauernd bewährende Kolbenmaschine aus ihrer Vorherrschaft in der Kraftwirtschaft verdrängt. Dabei ist aber sehr wohl darauf zu achten, daß höchste Wirtschaftlichkeit keineswegs immer mit bestem Maschinenwirkungsgrad oder geringstem Dampfverbrauch gleichbedeutend ist. Denn nicht allein der Brennstoffaufwand, auch der Aufwand an Werkstoff, der Gewichts- und Raumbedarf, die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten und insbesondere die Betriebssicherheit einer Anlage sind wesentliche Faktoren der Wirtschaftlichkeit; wirkungslos verpuffen alle Mittel zur Erhöhung der Wirkungsgrade, wenn sie nicht gepaart sind mit höchster Betriebssicherheit. Auf diesen erweiterten Begriff der Wirtschaftlichkeit muß stets besonders geachtet werden.

Eine richtig ausgelegte Dampfturbine hoher Wirtschaftlichkeit muß nach folgenden Gesichtspunkten gebaut sein. Oberster Grundsatz ist die Forderung der Betriebssicherheit und Einfachheit des Aufbaues. Erst an zweiter Stelle steht bei aller ihm zukommenden Wichtigkeit der Wirkungsgrad. Je höher er angestrebt wird, desto edler müssen die angewendeten Bauformen und Baustoffe sein. Die Beanspruchungen der kreisenden Teile sind durch mäßige Umfangsgeschwindigkeiten in sicheren Grenzen zu halten; unterkritische Wellen geben die beste Gewähr für ruhigen Gang der Maschine. Die Schaufellängen müssen genügend groß gemacht und die Undichtheitsverluste möglichst gering gehalten werden. Das Überdruckverfahren erfordert im allgemeinen kleinere Schaufelspiele; wenn man von ganz großen Dampfmengen absieht, ist es daher ratsam, im Gebiete der geringen Dampfvolumina in der Beschaufelung Gleichdruckwirkung mit den hierbei zulässigen großen Schaufelspielräumen vorzuziehen und die Betriebssicherheit der Anlage nicht durch Anwendung sehr kleiner Spiele herabzusetzen. Für kleinere und mittlere Leistungen ist bei mäßigem Frischdampfdruck die eingehäusige Bauart vorteilhaft, bei höheren Frischdampfdrücken, hohen Luftleeren oder großen Dampfmengen ergibt sich die Zerlegung in mehrere Teilturbinen von selbst. Naturgemäß ist sorgfältigste Werkstattarbeit vonnöten, wenn die Verbesserungen wirklich Erfolg haben sollen.

Die Mittel zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von Turbinenanlagen können in drei Gruppen eingereiht werden. Das verfügbare Wärmegefälle kann vergrößert werden, einerseits durch die Erhöhung von Druck und Temperatur des Frischdampfes, andererseits durch Erniedrigung des Enddruckes am Austritt, der jedoch durch die Temperatur des Kühlwassers eine Grenze gesetzt ist. Die Ergänzungswärme des Frischdampfes nimmt mit zunehmendem Druck bei gleichbleibender Temperatur stetig ab, während das verfügbare Wärmegefälle bis auf den gleichen Enddruck zunächst größer wird und erst bei ganz hohen Drücken wieder abnimmt. Das Verhältnis dieses Wärmegefälles zur Erzeugungswärme oder der theoretische thermische Wirkungsgrad des Kreisprozesses steigt hiernach anfangs rasch, dann immer langsamer. Dies ist einer der Gründe dafür, daß bei reinen Kondensationsturbinen der Frischdampfdruck zurzeit im allgemeinen nicht höher als 35 atü gewählt wird. Ein weiterer Grund ist, daß bei höherem Anfangsdruck auch die Nässe des Abdampfes größer wird. Selbstverständlich muß die Wahl

[1]) Auszug aus dem Vortrag, gehalten am 29. März 1927 vor dem Österr. Ingenieur- und Architekten-Verein.

Digitized by Google

des Frischdampfdruckes auch vom Standpunkt der Kesselkonstruktion und der Anschaffungskosten sowohl der Kessel wie der ganzen Maschinenanlage beurteilt werden.

Das zweite Mittel ist die Verbesserung des Kreisprozesses, das erst durch das entschlossene Aufgreifen der Frage des Hochdruckdampfes zu größerer Bedeutung gekommen ist. Vor allem sind es die unter dem Namen „Regenerativverfahren" bekannte stufenweise Entnahme eines Teiles des Arbeitsdampfes aus der Turbine zwecks Vorwärmung des Speisewassers und die Zwischenüberhitzung des Arbeitsdampfes, die wichtige Ergänzungen und, wenigstens in theoretischer Hinsicht, Verbesserungen des Betriebes von Dampfkraftanlagen mit höheren Drücken bilden. Der durch die Zwischenüberhitzung erzielbare Gewinn beruht einmal auf einer Gefällsvergrößerung, dann aber vor allem auf der Abnahme der Dampfnässe im ND-Teil, also auf einer Verbesserung des Wirkungsgrades der ND-Stufen; denn der Wirkungsgrad einer Turbinenstufe ist unter sonst gleichen Verhältnissen, das ist bei gleichem Stufengefälle, gleichem c_0/u, gleichen Schaufelwinkeln usw., umso geringer, je größer die Dampfnässe in der betreffenden Stufe ist. Wendet man in einer Turbine gleichzeitig Zwischenüberhitzung und Regenerativverfahren an, so sind die Gewinne daraus nahezu unabhängig voneinander und somit die gesamte Verbesserung annähernd die Summe der beiden einzelnen Gewinne.

Die größten Fortschritte hat der Dampfturbinenbau der letzten Jahre in der Verbesserung der eigentlichen Turbinenwirkungsgrade gezeitigt. Unabhängig davon, welchen Einfluß auf den Schaufelwirkungsgrad man den geringeren Dampfgeschwindigkeiten selbst zuschreibt, mußte die Erkenntnis, daß ihre sekundären Folgen, wie beispielsweise die Vergrößerung des Verhältnisses von Arbeitsdampfquerschnitt zum Undichtheitsquerschnitt, eine Verbesserung des Wirkungsgrades bedingen, für die Auslegung nachhaltige Folgen haben. Auch die alte, späterhin aber fast in Vergessenheit geratene Erfahrung hat man wieder aufgegriffen, daß nicht allein die Größe des Arbeitsdampfquerschnittes an sich, sondern auch die Dampfstrombreite, das ist die Schaufellänge bezw. radiale Düsenhöhe der Turbine, als solche eine Rolle spielt. Guter Schaufelwirkungsgrad einer Turbinenstufe ist gebunden an ein bestimmtes Verhältnis der Umfangs- zur Dampfgeschwindigkeit, und zwar steigt innerhalb gewisser Grenzen der Schaufelwirkungsgrad mit diesem Verhältnis. Auf die ganze Turbine übertragen, gelangt man zu dem Begriff der „Gütezahl", worunter man das Verhältnis der Σu^2 der einzelnen Stufen zum Gesamtgefälle der Turbine versteht. Je größer dieses Verhältnis ist, desto besser ist im allgemeinen der Wirkungsgrad der Turbinen, so daß also der Ausdruck Gütezahl seine Berechtigung hat.

Eine der für den Wirkungsgrad der Beschaufelung wichtigsten Forderungen ist ferner, daß die Zunahme der Arbeitsquerschnitte und Schaufellängen stetig erfolgt, so daß Wirbelverluste infolge toter Räume vermieden werden und die Umrißlinie des den Strömungsverlauf bestimmenden, die Leit- und Laufschaufeln umfassenden Umgrenzungskörpers eine stetig gekrümmte Kurve sei. Düsen von genügender radialer Höhe werden auch heute noch durch Eingießen von Leitschaufelblechen in Gußeisen oder Stahlguß gebildet. Bei geringerer radialer Höhe lassen sich jedoch die Düsen durch Eingießen nicht mehr mit der erforderlichen Genauigkeit herstellen und werden daher bei neueren Dampfturbinen fast stets allseitig mechanisch bearbeitet ausgeführt.

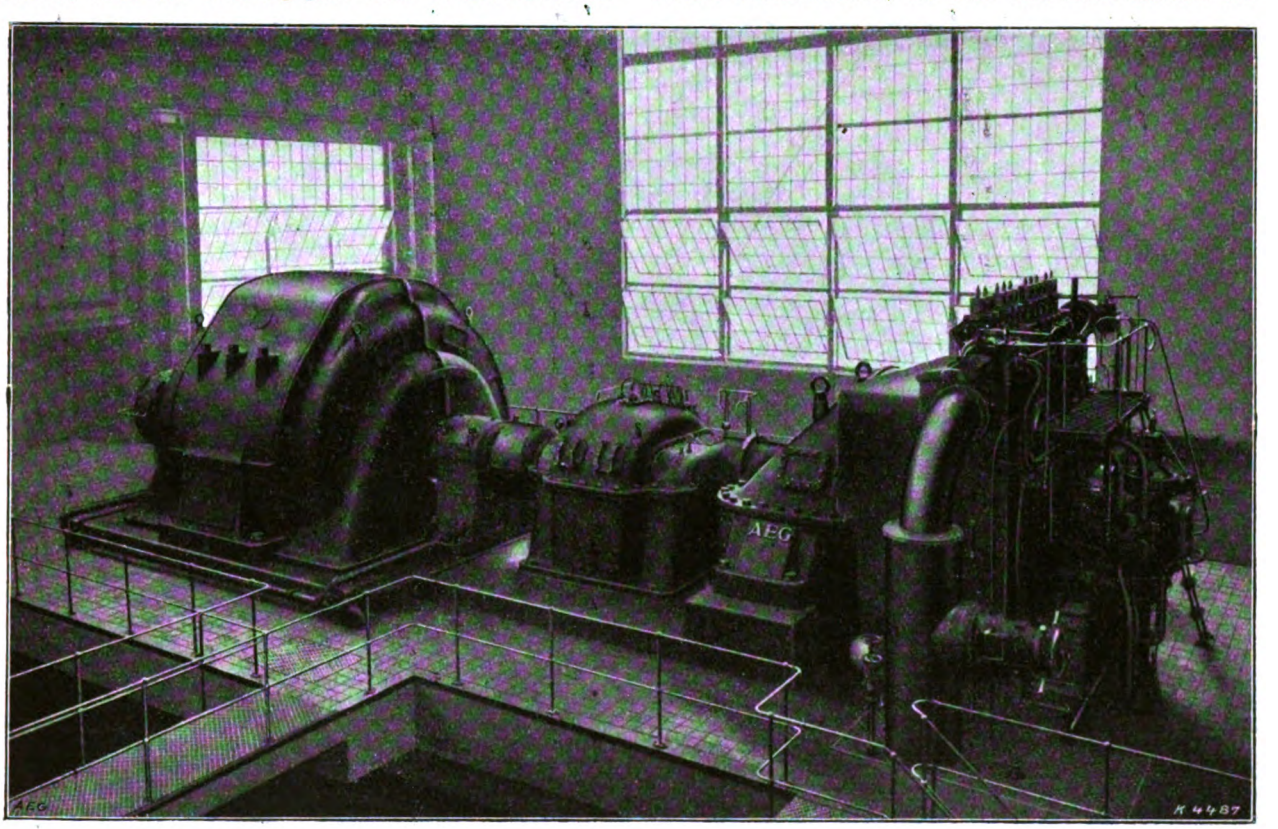


Abb. 1. AEG-Turbo-Triebdynamo für Frisch- und Speicherdampf in einem Bahnkraftwerk. $N = 8000$ (12 000) kW; $n = 3000/1000$ U/min.

Als ein sehr wichtiges Mittel zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit ist schließlich die dauernde Vergrößerung der Einheitsleistungen bis zu 280 000 PSe zu nennen, wie sie kürzlich in Amerika in Bau genommen worden sind. Natürlich lassen sich solche Leistungen nur in einer mehrgehäusigen Maschine bewältigen, die allerdings praktisch nach dem heutigen Stande der Turbinentechnik jede beliebige Leistung ausführbar macht. Ebenso wichtig ist, besonders vom wirtschaftlichen Standpunkt in Hinblick auf die Anschaffungskosten, die dauernde Vergrößerung der Grenzleistungen, das heißt der höchstmöglichen Leistungen bei einer bestimmten Drehzahl, von der hier nur die kürzlich erst erfolgte

Digitized by Google

Leistungssteigerung der 3000-tourigen Maschinen auf 40 000 PSe genannt sein soll.

Bei kleinen Leistungen muß man zu höheren Drehzahlen übergehen. Da jedoch die unmittelbare Verbindung der treibenden Maschine und des getriebenen Teiles häufig beiden einen unnatürlichen Zwang auferlegen würde, der die Erzielung bester Wirkungsgrade verhindert, wird dann die Zwischenschaltung von Übersetzungsgetrieben erforderlich. Es sind elektrische, hydraulische und mechanische Drehzahlminderer in Anwendung gekommen, deren Zweckmäßigkeit sich aus den jeweiligen Verhältnissen ergibt. Die einfachste und wirtschaftlichste Form der Übersetzung, die gleichzeitig auch den Vorteil eines beliebig hoch anzunehmenden Übersetzungsverhältnisses besitzt und daher auch bei weitem die größte Verbreitung gefunden hat, stellt das Zahnradvorgelege dar. Wegen des hohen Wirkungsgrades und der bei der derzeitigen Beherrschung der konstruktiven und werkstattechnischen Erfordernisse und der Baustoffrage gewährleisteten vollkommenen Betriebssicherheit dieser Übersetzungsart gewinnt der Bau von Triebturbinen immer mehr an Bedeutung. Bedenken, daß eine Turboanlage mit zwischengeschaltetem Zahnradvorgelege weniger betriebssicher sei als eine unmittelbar antreibende Anlage, sind nicht mehr zeitgemäß. Daß zum Beispiel die Übertragung auch bei großen Leistungen noch sicher ist, zeigt ein seit längerer Zeit im Dauerbetriebe laufendes Vorgelege, das bei einer Betriebsumfangsgeschwindigkeit der Verzahnung von rund 70 m/s mit einem einzigen Ritzel 16 000 PSe zu übertragen hat. Die mit ihm gekuppelte, gleichzeitig für Frischdampf und Speicherdampf eingerichtete Turbine steht in einem Bahnkraftwerk und läuft mit 3000 U/min (Abb. 1).[2])

Die Auswirkung dieser theoretischen Erkenntnisse auf den Bau der Dampfturbine kann man kurz etwa dahin zusammenfassen: für kleine Leistungen oder Sonderbetriebe hat sich die Triebturbine durchgesetzt, bei der die hohe Turbinendrehzahl über ein Zahnradvorgelege auf die niedrigere der getriebenen Arbeitsmaschine übersetzt wird. Derartige Triebturbinen finden heute Anwendung für langsamlaufende Stromerzeuger, Schiffe, Gebläse, Wasserwerkspumpen, Holzschleifer für die Papierindustrie, Spinnereimaschinen usw.

Das wirksamste Mittel zur intensiveren Ausnutzung der im Brennstoff enthaltenen Energie ist in der Kupplung von Kraft- und Wärmewirtschaft zu suchen, die durch die Schaffung der „Industrieturbine" in ausgedehntem Maße möglich geworden ist. Entsprechend den sehr verschiedenartigen Betriebszuständen zeigen diese Maschinen eine große Mannigfaltigkeit im Aufbau und werden als Gegendruck-, Anzapf-, Abdampf- und Mehrdruckmaschinen gebaut, an deren Regelung die höchsten Anforderungen gestellt werden.

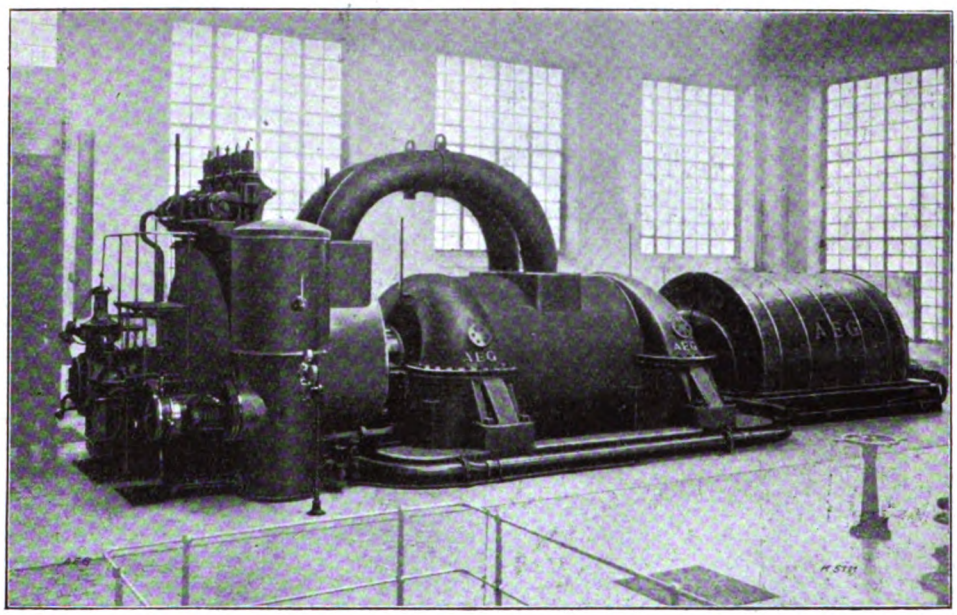


Abb. 2. Zweigehäusige AEG-Kondensationsturbine. $N = 25\,000$ kW; $n = 3000$ U/min.

Bei Kondensationsturbinen, die des besseren Wirkungsgrades wegen heute bei größeren Leistungen meist mehrgehäusig ausgeführt werden, wie beispielsweise die in Abb. 2 dargestellte 25 000 kW-Turbine für 3000 U/min, zeigt sich überall das Bestreben, auf große und größte Leistungen zu kommen, um auf diese Weise billiger, daher wirtschaftlicher zu arbeiten. Während bis vor kurzem Einheiten bis zu rund 60 000 kW Leistung den Höchstwert darstellten, ist diese Leistung in Deutschland bereits bis auf 70 000 kW, mit dauernder Überlastungsfähigkeit bis auf 80 000 kW bei 1500 U/min gesteigert worden. Auf diese Großturbinen einzugehen, behalten wir uns für eine besondere Veröffentlichung in nächster Zeit vor.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Spannungsregelung mittels Anzapftransformatoren. Nach dem Charakter der Konsumkurve des angeschlossenen Netzteiles muß ein spannungsregulierender Transformator mehr oder minder feinstufig angezapft sein. Sind die Spannungsänderungen nur zu bestimmten Jahreszeiten zu vollziehen, so genügt ein außer Betrieb umschaltbarer Transformator mit Stufen von 5 bis 10 vH. Soll die Spannung dagegen periodisch im Laufe von 24 Stunden geregelt werden, so ist ein während des Betriebes regulierbarer Transformator mit Handbetätigung und Stufen von 3 bis 5 vH erforderlich. Wenn schließlich der Transformator allen Belastungsschwankungen nachkommen soll, so ist eine automatische Regelung bei einer Stufengröße von 1 bis 3 vH anzuordnen, wobei der Transformator tunlichst im Zentrum des Verbrauches aufzustellen ist.

Die verschiedenen Typen von Stufenschaltern zur Veränderung des Übersetzungsverhältnisses, die von der ASEA, Västeras in Schweden, ausgebildet wurden, beruhen im Grunde alle auf folgendem Prinzip: Soll das Netz von Stufe *a* auf Stufe *b* umgeschaltet werden, so ist zwischen *a* und *b* ein Ohmscher Widerstand parallel

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 14, S. 281.

Digitized by Google

zu schalten, hierauf die Verbindung mit *a* zu unterbrechen, so daß der Widerstand zwischen Netz und Stufe *b* in Serie liegt, und der Widerstand sodann kurzzuschließen, worauf das Netz direkt an *b* angeschlossen ist. Ältere Ausführungen folgten konstruktiv der bekannten Bauart von Endzellenschaltern für Sammlerbatterien, indem die im Kreis angeordneten Kontakte von einem dreiarmigen Schalthebel bestrichen wurden. Bei einer verbesserten Ausführung liegen die Kontakte in einer vertikalen Ebene und die Regulierelemente für jede Phase sind getrennt. Während des Regelvorganges wird von der gemeinsamen Schaltwelle den einzelnen Kontaktstufen ein Unterbrechungsschalter unter Öl, der mit dem Schutzwiderstand verbunden ist, parallel gelegt, so daß die empfindlichen Hauptkontakte vor Anbrennungen bewahrt bleiben. Desgleichen befinden sich auch die Schutzwiderstände unter Öl und sind daher kleiner zu dimensionieren. Die neueste Ausführung verwendet Rollkontakte unter Öl, die auch den Unterbrechungs- und Schließvorgang selbst ausführen und von Nocken einer gemeinsamen Welle gesteuert werden. Die Schaltelemente jeder Phase besitzen ihren eigenen Öltank und sind nur durch das gemeinsame Gestell und die Schaltwalze verbunden. Diese Ausführung wird bis zu den höchsten Spannungen verwendet.

Eine Vereinigung des Stufenreglers mit dem Transformator läßt sich nur durchführen, wenn man Unterbrechungskontakte außerhalb des Transformators arbeiten läßt, um eine Mischung des Schaltöles mit dem Transformatoröl zu verhüten. Die Ersparnis ist gering, da die Anzahl der Durchführungen nicht viel kleiner wird, dagegen wird der Transformator unverhältnismäßig hoch, was den Transport erschwert. Ferner ist der Regler häufiger Betriebskontrolle zu unterziehen, aus welchem Grund der Transformator oftmals geöffnet werden müßte, was eine konstruktive Schwierigkeit bedeutet. Ratsam ist daher nur ein Zusammenbau mit Spartransformatoren zum Regulieren, die im Verhältnis zu ihrer Durchgangsleistung klein sind. Die Regulierung erfolgt von Hand aus mittels eines direkt oder über ein Rädergetriebe mit der Schaltwelle verbundenen Handrades. Wegen ihres Bestrebens, sich zu verlängern, sind Ketten zu vermeiden. Im Falle motorischen Antriebes ist der Motor mittels Druckknopfsteuerung oder mit Hilfe eines Relais in Gang zu setzen. Durch diverse Hilfskontakte und Schalter wird eine Verschiebung des Stufenschalters nur um eine Stufe bewirkt. Die Empfindlichkeit des Betätigungsrelais muß mit der Stufengröße in Übereinstimmung sein. Zu einer Stufe von 2 vH ist ein Relais mit einer Empfindlichkeit von 1·3 bis 2 vH Spannungsänderung passend. Akustische oder optische Signalvorrichtungen zeigen das Hängenbleiben des Reglers zwischen zwei Kontakten an. Außerdem bringt eventuell ein Temperaturrelais bei übermäßiger Temperatur des Regleröls den Hauptölschalter zum Auslösen.

Die einfachste Anordnung zur Spannungsregelung besteht aus einem Serientransformator im Zuge der Leitung, dessen Primärwicklung vom Netz im Sinne oder entgegengesetzt der Richtung des Sekundärstromes erregt wird und so eine höhere oder geringere Ausgangsspannung ergibt. Im Falle eine Spannungsänderung nicht erwünscht ist, wird die Primärwicklung kurzgeschlossen. An normalen Leistungstransformatoren ist zu unterscheiden, ob man die Anzapfungen am Anfang der Wicklung oder gegen den Sternpunkt zu anordnen will, wobei die Anzahl der Durchführungen größer, die Potentialdifferenzen am Stufenschalter dagegen geringer werden. Anzapfungen in der Mitte der Wicklung bieten den Vorteil der Vermeidung von Asymmetrien. Bei Spartransformatoren ist eine ± Regulierung mit denselben Anzapfungen dann möglich, wenn man die Anschlüsse der ankommenden und abgehenden Leitung vertauscht. Da ein Stufenschalter nur 200, im Höchstfall 350 A bewältigt, kann man sich in Fällen höherer Linienströme dadurch behelfen, daß man in den Primärkreis eines Serientransformators eine mittels Stufenschalter regulierbare Spannung einführt. St. Schw.

(ASEA-Journal, Bd. III, Heft 8, 1926.)

Untersuchung der Stabilität des Betriebszustandes eines durch eine Kapazität erregten Asynchron-Generators. Bekanntlich gibt ein Asynchron-Generator Wirkleistung nur dann ab, wenn er Gelegenheit hat, seinen Magnetisierungsstrom einem Netze zu entnehmen, durch das Spannung und Periodenzahl dann gegeben sind. Wie Dr. E. Unger, Nürnberg, zeigt, kann man auch durch Anschalten einer Kapazität an den Statorkreis des laufenden Generators einen stabilen Betriebszustand schaffen, wenn man die Kapazität so bemißt, daß sie die wattlosen Magnetisierungsströme kompensiert. Der einmal kurzzeitig unter Spannung gesetzte Generator behält seine Spannung bei und gibt sogar Wirkleistung ab.

Es möge bezeichnen: J_1=Generatorstrom, J=Netzstrom, U_1 = Klemmenspannung, r = Generatorresistanz, k = Generatorreaktanz, ϱ = Netzkonduktanz, K = Netzsuszeptanz. Die für die geometrische Summe der Ströme gültige Gleichung:

$$\dot{J}_1 + \dot{J} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

kann dann auch so angeschrieben werden:

$$\frac{\dot{U}_1}{r + jk} + \dot{U}_1 (\varrho - jK) = 0 \quad \ldots\ldots (2),$$

woraus sich die Bedingungen ergeben:

$$1 + r\varrho - kK = 0 \quad \ldots\ldots\ldots (3),$$

$$k\varrho + rK = 0 \quad \ldots\ldots\ldots (4).$$

Die Größen r und k sind nicht allein abhängig von der Schlüpfung, sondern auch von der induzierten EMK, bezw. den Magnetisierungsverhältnissen des Generators. Da hier nicht wie sonst die Statorperiodenzahl, sondern nur die Rotorperiodenzahl gegeben ist, sind sämtliche Konstanten auf ν_2 zu beziehen. In den Gleichungen für r und k[1]) muß man daher sämtliche Konstanten mit dem Synchronismusgrad $\left(\frac{\nu_1}{\nu_2}\right)$ multiplizieren und, um die Veränderlichkeit des magnetischen Widerstandes zu berücksichtigen, außerdem in diese Gleichung den Luftraum δ'' einführen, der hier mit der inneren EMK veränderlich ist. Setzen wir die so umgeformten Werte für r und k in die Gleichungen (3) und (4) ein, dann erhalten wir Ausdrücke, aus denen sich die beiden einzigen Variabeln: Die Periodenzahl ν_1, sowie der ideelle Luftraum δ'' und hieraus die Klemmenspannung U_1 bestimmen lassen. Wenn aber durch die beiden Bestimmungsgleichungen (3) und (4) die sich einstellende Klemmenspannung U_1 und Frequenz ν_1 eindeutig auswertbar sind, ist also eine stabile Selbsterregung möglich. U.

(Arch. f. Elektrotechnik, Bd. XVII, Heft 6, 1927.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Eine neue Erdschlußanzeigevorrichtung für Drehstromleitungen mit ungeerdetem Nullpunkt, die S. & H. erzeugt, beschreibt L. Brandenburger. Die bekannte Schaltung, bei der drei in Stern geschaltete Spannungszeiger an die Leitung angeschlossen werden und der Sternpunkt über eine Signalhuppe geerdet wird, arbeitet nicht ganz richtig, da die Spannung an den Huppenklemmen die Anzeigen der Voltmeter fälscht. Es wird daher bei der neuen Schaltung der Voltmetersternpunkt direkt geerdet. Außer den drei Voltmetern werden noch drei gleiche, in Stern geschaltete Widerstände angeschlossen und die Huppe in die Erdleitung dieses zweiten Sternpunktes geschaltet. Als Widerstände werden Glühlampen verwendet. Dadurch wird bei Ertönen der Huppe durch das Verlöschen der entsprechenden Lampe die kranke Phase von weitem erkennbar. Der Huppenkreis kann kurzgeschlossen werden. Gleichzeitig wird dann eine kleine Signallampe eingeschaltet um den Erdschluß anzuzeigen. Diese Vorrichtung gestattet schon unvollkommene Erdschlüsse zu erkennen und vermeidet jeden Einfluß der Signalvorrichtung auf die Anzeige der Spannungsmesser. f. f.

(Siemens-Z., Bd. 6, Heft 11, 1926.)

[1]) Vgl. Ossanna, Starkstromtechnik, 5. Auflage, S. 271.

Digitized by Google

Ein neues Differentialschutzsystem. Während die bisherigen Differentialschutzsysteme im allgemeinen den Differenzstrom der Sekundärspulen zweier Stromwandler zur Betätigung des Relais verwendeten, berichten A. Barbagelata und M. G. Soldini über ein neues System nach U. Modigliani, welches gestattet, eine beliebige Anzahl von Elementen, und zwar auf mechanischem Wege zur Differenzwirkung zu bringen. Sind mehrere parallele Leitungen zu schützen, so erhält jede ein nach dem Prinzip des Induktionszählers konstruiertes Relais, dessen Scheibenachse mit einer Wurmspindel achsial verschiebbar gekuppelt ist. Jede dieser Spindeln arbeitet auf ein Schneckenrad, die alle auf einer gemeinsamen Welle sitzen. Da eine Übertragung nur von Schnecke auf Schneckenrad, nicht aber umgekehrt möglich ist, so muß die gemeinsame Welle der Drehzahl des am langsamsten laufenden Relais folgen. Eine Spindel mit augenblicklich höherer Drehzahl wird sich daher an der Schnecke hinaufschrauben und durch diese Verschiebung einen Steuerkreis zur Schalterauslösung betätigen. Eine Umkehr der Stromlieferung bedeutet Bewegungsumkehr des ganzen Systemes. Tritt aber infolge einer Beschädigung nur in einer Leitung ein Rückstrom auf, so wird der rückfließende Strom geringer sein als die abströmenden der anderen Leitungen. Eine Umkehr der Bewegungsrichtung der Spindel bei verminderter Drehzahl bewirkt aber ebenfalls ein Aufwärtsschrauben wie früher. Das vom Leitungsstrome bzw. der abgeführten Leistung abhängige, auf die Induktionsscheibe ausgeübte Drehmoment läßt eine Zeitabhängigkeit des Relais erzielen. Das entwickelte Schutzsystem kann entsprechend seinen Eigenschaften die mannigfachsten Anwendungen erfahren und ist insbesonders als Asymmetrieschutz bei ungleichen Strömen in einem Mehrphasensystem vorteilhaft verwendbar. St. Schw.
(Bericht über die III. Internat. Konferenz für Fragen der Hochspannungskraftübertragung.)

Elektrische Meßkunde.

Zum Problem der Messung dielektrischer Verluste äußert sich B. W. St. Clair. Die Schwierigkeiten der dielektrischen Verlustmessungen sind zwar bekannt, doch macht man sich davon gewöhnlich keinen richtigen Begriff. Nicht selten erhält man nach verschiedenen Methoden stark von einander abweichende Ergebnisse. Eine Hauptquelle der Unsicherheit ist der Mangel eines Bezugsnormales von bekannter Verlustziffer und von einer Größenordnung der Kapazität und Durchschlagsfestigkeit, die jener der zu vergleichenden Probestücke ungefähr gleich kommt. Luftkondensatoren mit in Reihe geschalteten Widerständen können nur für geringe Kapazitäten hergestellt und bei geringen Spannungen verwendet werden. Benützt man sie als Vergleichsnormale in einem Brückenzweige, während das technische Probestück sich im anderen Zweige befindet, so macht das sehr große Widerstandsverhältnis der beiden anderen Zweige die Messung ungenau; außerdem gibt es kein Mittel, sich über die Wirkung der verteilten Kapazität und der Kapazität der Hochspannungsteile der Brücke gegen Erde Gewißheit zu verschaffen. Eine entscheidende Prüfung über die Zuverlässigkeit der Brückenschaltung würde nur die derzeit meist unmögliche Vertauschung von Probestück und Normale bieten. Auch als Prüfnormale für Wattmetermessungen können Luftkondensatoren nicht verwendet werden, da sie hohen Spannungen nicht gewachsen sind und die Eichung des Wattmeters bei niederer Spannung nicht auf eine höhere Spannung übertragen werden darf, da die im letzteren Falle merkliche Wirkung der Kapazitäten in- und außerhalb des Instrumentes dabei unberücksichtigt bliebe. Auch die Prüfung der Meßanordnung durch Hinzufügung eines bekannten Verlustwiderstandes zum Probestücke ist aus mehreren Gründen unzuverlässig. Ist der hinzugefügte Verlust verhältnismäßig groß, so ergibt sich der Verlust des Probestückes nur ungenau aus dem Unterschiede zweier großer Zahlen. Im gegenteiligen Falle läßt sich zeigen, daß sich die Wattmeterangabe stets genau um die hinzugefügte Verlustgröße erhöht, ohne jedoch damit über die Richtigkeit des am technischen Probestücke allein bestimmten Verlustes etwas anzusagen. Bei kleinen Verlustwinkeln α bis zu 5^0 ist $\sin\alpha = \operatorname{tg}\alpha = \omega C . R$, wenn der Prüfkörper aus einer Kapazität mit vorgeschaltetem Ohmschen Widerstande besteht. Der Verlust ist dann $I^2 R = E . I . \sin\alpha$. Andererseits kann man den Verlust auch in jedem anderen Probekörper als durch eine solche Schaltung zustande gekommen betrachten. Ist R_1 dieser fiktive Widerstand, so ist wieder $\sin\beta = \operatorname{tg}\beta = \omega C . R_1$, wenn β der Verlustwinkel ist. Schaltet man noch Widerstand R vor, so ist, soferne der Strom, wie gewöhnlich in praktischen Fällen, konstant bleibt, der Verlustwinkel bei kleinen Winkeln $\omega C(R + R_1) = \omega C . R + \omega C . R_1$; der Zuwachs somit $\omega C . R = E . I . \sin\alpha$. Die Wattmeterablesung mit dem Probestück allein ist nun $W = E . I . \sin(\beta + \gamma)$. Hierin ist γ die Phasenverschiebung zwischen dem Strome im beweglichen Systeme des Wattmeters gegenüber seiner Spannung; diese Verschiebung ist nicht genau bekannt und teils von der Induktanz im Nebenschlußkreise, teils von der Kapazität seiner Teile gegen Erde, teils von den Wirbelströmen in den Metallteilen des Wattmeters abhängig. Man bemüht sich zwar, sie durch sorgfältige Konstruktion so klein als möglich zu machen; es bleibt aber immer ein unbekannter Rest, da die Induktanz nur schwierig meßbar ist und die Kapazitätsströme nicht berechnet werden können. Fügt man nun den Widerstand R hinzu, so erhält man die Ablesung

$$W_1 = E . I . (\sin\alpha + \sin\beta + \sin\gamma),$$

wobei die praktisch zutreffende Annahme gemacht wurde, daß sich I durch die Hinzufügung von R nicht ändert. Man erhält also

$$W_1 - W = E . I . \sin\alpha,$$

ohne über die Größe γ etwas zu erfahren. Das Wattmeter verhält sich etwa wie ein sonst richtig zeigendes Instrument, dessen Nullpunkt unbekannt ist. Immerhin würde es Unterschiede in den Verlusten zweier Probestücke gleicher Kapazität richtig anzeigen. Dieselbe Überlegung trifft auch für Wattmeter zu, deren Ablenkung durch Phasenänderung auf Null gebracht wird. Um den Phasenwinkel γ des Nebenschlußkreises herabzusetzen, verwendet man abgeschirmte Widerstände. Die gewöhnlichen auf Glimmerplatten gewickelten Widerstände in Wechselstrominstrumenten sind hiefür gut geeignet. Die Anordnung zerfällt in zwei parallel geschaltete Widerstände; die mittleren Karten jeder Gruppe aus drei Karten sind untereinander und mit der Wattmeterspule in Reihe geschaltet; die beiden äußeren Karten jeder Gruppe sind paarweise parallel und alle Paare untereinander und mit einem die Wattmeterspule vertretenden Ersatzwiderstande in Reihe geschaltet. Beide Reihenschaltungen sind nur an den Enden der ganzen Reihen „innere Karten-Spule“ und „äußere Karten-Ersatzwiderstand“ parallelgeschaltet. Man erkennt, daß hierdurch eine sehr vollkommene Abschirmung der inneren Reihe gegen Ladungsströme bewirkt wird. Ihre Induktanz ist leicht zu berechnen und die Isolation für hohe Spannungen leicht herstellbar. In der Regel wird man den Nebenschlußkreis vom Hauptstrome zwischen Stromquelle und fester Wattmeterspule abzweigen, weil hiebei der mitgemessene $I^2 R$-Verlust in der Hauptstromquelle im allgemeinen viel kleiner, als der im anderen Falle mitgemessene Potentialverlust im Nebenschlußkreise ist. Sind die Probestücke von annehmbarer Größe, so kommt man besser mit kalorimetrischen Verlustmessungen zum Ziele. Man muß aber hiebei mit größter Sorgfalt vorgehen. Bei einigen Methoden wird Volumen und Temperaturanstieg des den Schutzkasten des Probestückes umfließenden Wassers gemessen. In anderen wird der Temperaturanstieg an verschiedenen Stellen zweier identischer Kalorimeter verglichen, von denen das eine das Probestück, das andere einen von bekanntem Strome durchflossenen Widerstand enthält. Im Kalorimeter des Verfassers ist der zu prüfende Kondensator zunächst von einem Ölmantel, dann von einem Luft-

Digitized by Google

mantel, einem Wassermantel und schließlich von einem Korkmantel umgeben. An zwei gegenüberliegenden Stellen des Wassermantels zweigt eine Umlaufleitung ab, in der sich eine Zirkulationspumpe befindet. Außen in der Nähe des Kalorimeters, ferner in jedem Mantel sind an geeigneten Stellen genaue Thermometer und Thermoelemente eingebaut, wobei die ersteren mittels Fernrohr abgelesen werden. Der Kondensator konnte durch einen Vergleichswiderstand ersetzt werden. Eine häufige Ursache von Störungen bei Wattmetern ist die unkontrollierbare Änderung der Wellenform des Stromes durch den frequenzabhängigen Wechselstromwiderstand der Kapazität. Dieser Fehlerquelle kann man durch die Einschaltung einer Drosselspule in die Hauptstromleitung vorbeugen. Diese Spule soll entweder sehr hohe Reaktanz besitzen oder zusammen mit der Kapazität des Kreises Resonanz der Grundwelle liefern. Die Prüfung einer Wattmeter- oder Brückenschaltung auf ihre relative Genauigkeit bei verschiedenen Spannungen kann man in solchen Fällen, wo es sich hauptsächlich um die Änderung des Verlustwinkels mit der Spannung handelt, leicht in folgender Weise vornehmen. Hat man zum Beispiel vier gleiche Probestücke, so kann man sie zunächst einzeln prüfen und hierauf in Reihenparallelschaltung. Die Kapazität dieser Schaltung ist dieselbe wie früher; prüft man sie bei der doppelten Spannung der Einzelprüfung, so entfällt auf jeden der vier Kondensatoren die einfache Spannung; der Verlustwinkel der ganzen Gruppe sollte also derselbe wie bei der Einzelprüfung sein, während die gemessenen Verluste viermal so groß werden. Mit einer Einrichtung für 2500 V können Stufen von 400 und 800 V; 600 und 1200 V usw. geprüft werden. Hat man neun gleiche Probestücke und schaltet davon drei Reihen aus je drei Kondensatoren parallel, so kann man die Stufen 400 und 1200 V, 800 und 2400 V usw. zur Verbindung der früher gewonnenen Stufen untereinander benützen.

R. H.

(Journ. A. I. E. E., Bd. 45, Heft 8, 1926.)

Stromverteilung.

Die Grenzen der Energieübertragung untersuchen C. A. Nickle und F. L. Lawton. Die rechnerischen Untersuchungen wurden durch Versuche an einer kleinen eigens zusammengestellten Anlage ergänzt, deren Teile beliebig geschaltet werden konnten. Die Größen wurden so gewählt, daß die Werte von 2300 V und 180 kW in der Versuchsanlage Werten von 220 kV und 15 000 kW in der Wirklichkeit entsprachen. Die Ausrüstung bestand aus einigen Synchronmaschinen von 225 kVA Leistung, die mit Gleichstrommaschinen gekuppelt waren, welche entweder zum Antrieb oder zur Belastung dienten. Als „Netz unendlicher Leistung" diente ein Generator von 10 000 kVA. Alle Generatoren hatten eigene Erregermaschinen sowie fallweise Vibrationsregler. Außerdem wurden Leitungsmodelle verschiedener Größe benutzt. Mit diesen Elementen wurden verschiedene Übertragungssysteme nachgebildet und untersucht. Es zeigte sich zunächst die Überlegenheit der mit Schnellreglern ausgerüsteten Generatoren gegenüber denen mit konstanter Erregung dort, wo an der Grenze der Belastbarkeit gearbeitet wird. Bei einer bestimmten Erregerstromstärke liegt die Kippgrenze dort, wo $\frac{dP}{dE}=0$ wird (P = Leistung, E = Spannung). Eine Erhöhung dieser Grenze ist nur durch den Übergang auf eine Kurve höherer Erregung möglich, wozu Schnellregler erforderlich sind, wenn die Maschine dauernd an der Grenze arbeitet. Im weiteren Verfolgen dieses Gedankens gelangen die Verfasser zu dem Schluß, es wäre wünschenswert, die Erregung der Synchronmaschine nicht erst in zweiter Hand durch die Einwirkung der gesunkenen Spannung auf die Mechanik des Schnellreglers zu beeinflussen, sondern möglichst unmittelbar vom Betriebstrom aus, ähnlich wie es bei Gleichstrom-Verbund-Generatoren durch die Hauptstromwicklung geschieht. Es sind einige Versuche angedeutet, die in dieser Richtung mit Quecksilberdampf-Gleichrichtern gemacht wurden und einigermaßen Aussicht auf Erfolg geboten hätten, ohne daß näheres darüber berichtet würde. — Die Rolle der Freileitungen als Übertragungsglieder ist wohl bedeutend, aber nicht ausschlaggebend, insbesonders ist eine Erhöhung der Belastungsgrenze durch Vermehrung der parallel geführten Leitungssysteme nur bis zu einer gewissen Grenze möglich, da darüber hinaus infolge der Ladeleistung der Leitungen schon eine Abnahme der übertragbaren Leistung eintritt. Eine Verbesserung läßt sich erst wieder durch Serienkondensatoren erreichen. — Ein weiteres Mittel, die Grenzleistung hinaufzurücken, liegt darin, eine weitgehende Erhöhung der Erregung bei geringer Änderung der Klemmenspannung anzustreben. Dies führt zu gesättigten Maschinen mit steifer Charakteristik. — Bei Netzen, die zum großen Teil Widerstandsbelastung aufweisen (Glühlampen usw.) bei welchen der Strom bei sinkender Spannung ebenfalls abnimmt, wird die Kippgrenze von diesen Verbrauchern nicht beeinflußt, es kann auch unterhalb des Punktes $\frac{dP}{dE}$ stabiler Betrieb herrschen, solange $\frac{dP_1}{dP}>0$, wobei P_1 die Leistung der angeschlossenen Motoren bedeutet. — Besonders wertvoll erwiesen sich die Versuche für die der Rechnung schwer zugänglichen nicht stationären Vorgänge. Es zeigte sich, daß auch beim Ausgleichsvorgang die Belastungsgrenze die gleichee bleibt wie beim stationären. Die Stabilität des Betriebes wird jedoch insbesonders bei Hochspannungskurzschlüssen, nur durch einen entsprechend rasch wirkenden Relaisschutz gesichert werden.

A. Fr.

(Journal A. I. E. E., Bd. 45, Heft 9, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

220 kV-Flußüberspannungen. Die Pacific Gas & Electric Co., welche bekanntlich eine 220 kV-Leitung betreibt[1]), hat, ausgehend von der Schaltstation Vaca Dixon, das um die Stadt San Francisco gelegene Leitungsnetz abermals erweitert. Im Zuge einer dieser Leitungen mußten die Flüsse Sacramento und San Joaquin River gekreuzt werden, die unweit der Kreuzungsstelle in die dortige Meeresbucht münden. Die ganze Kreuzungsstrecke hat eine Länge von 6·9 km und enthält folgende Gruppen von Spannfeldern, die, mit dem unten beschriebenen Spezialseil ausgeführt, zwischen je zwei Abspannmaste gesetzt sind: 548 + 968 + + 688 + 493 m und 583 + 1259 + 600 m zur Übersetzung der beiden Flüsse. Die Kreuzungstürme sind als Tragmaste gerechnet, der Winddruck wurde mit 68 kg/m² auf die Leiter und mit 97·6 kg/m² auf den Mast angenommen; ihre Höhe bewegt sich zwischen 82 und 140 m. Die Abspannmaste sind 30·5 m hoch und für einen gesamten Leiterzug von 55 600 kg bemessen. Das Gewicht eines Abspannmastes beträgt 29 t, das des höchsten Tragmastes 183 t. Die Abstände der Leiter von geerdeten Teilen betragen an den Kreuzungstürmen mindestens 2·14 m, die Leiter eines Stromkreises sind gegeneinander um 30 cm horizontal versetzt, sonst aber mit 7·63 m Vertikalabstand untereinander angeordnet; der wagrechte Abstand der beiden Stromkreise beträgt 11·75 m. Unterhalb einer jeden Isolatorenkette befindet sich eine Plattform mit Geländer (zum Teil wurden die Ausleger selbst hiezu verwendet), das Besteigen der Maste erfolgt über eine eiserne Treppe. Der obere Teil der Kreuzungstürme und die ganzen Abspannmaste sind verzinkt. Die Fundamente weisen 1·5 fache Sicherheit gegen Umkippen auf. Für die Leiter wurde nach mehrfachen Studien ein neunzehndrähtiges Seil folgender Konstruktion gewählt: Seele Kupferdraht 5·4 mm, erste Lage sechs Kupferstahldrähte 5·2 mm, zweite Lage sechs Kupferstahldrähte 5·1 mm und sechs Kupferdrähte 5·5 mm Durchmesser. Das Gewicht des Seiles beträgt 3·2 kg/m, sein Durchmesser 24 mm, seine Leitfähigkeit entspricht einem Kupferquerschnitt von 211 mm², seine betriebsmäßige Beanspruchung beläuft sich auf 9300 kg bei einem Sicherheitsgrad von 2·5 bis 3. — Als Isolatoren gelangten verstärkte Isolatoren der Kappentype in

[1]) E. u. M. 1923, S. 742; 1925, S. 35.

Digitized by Google

fünfzehngliedrigen Ketten zur Verwendung. An den Kreuzungstürmen hängen in der Leiterebene angeordnete Doppelketten, die an einem gemeinsamen Distanzstück befestigt sind und unten eine Hängeklemme in Form eines Kreisabschnittes tragen, in deren gebogener Rille das Leiterseil liegt. An den Abspannmasten sind Vierfachketten, angebracht, die aus je zwei Doppelketten gebildet sind, deren obere und untere Distanzstücke zueinander senkrecht gestellt und gelenkig verbunden sind. Wenn ein Isolator bricht, wird die Doppelkette zu der er gehört, entlastet und die ganze Kraft auf die andere Doppelkette übertragen. Das Leiterseil läuft über eine an der Abspannkette befestigte Seilscheibe und dann noch 15 m wieder zurück, welche Länge als Reserve für etwaige Nacharbeiten oder dergleichen gedacht ist. Die Stromschlaufen haben Längen von 2·4 bis 7·9 m; da die Abspannketten aus konstruktiven Gründen unmittelbar an den Eckstielen befestigt sind, wurden sie an eigenen Hängeketten geführt und zum Schutze gegen unzulässiges Ausschwingen wurden Kupferrohre darüber geschoben. — Die Leiterseile wurden in abgepaßten Längen mit entsprechenden Sicherheitszuschlägen hergestellt, derart, daß zwischen den Abspannmasten keine Verbindungsstelle nötig war. Auf diese Weise war jedes der sechs Seile für die längste Kreuzung 2·82 km lang, und wog gegen 10 t. — Seit September 1926 ist die Leitung, vorläufig mit 110 000 V, in Betrieb.

A. Fr.

(Electrical World, Bd. 88, Heft 24, 1926.)

Störungsbehebung an Freileitungen durch Flugzeug. Von M. D. Leslie. Bei einem sehr schweren Schneesturm trat auf der Leitung der Dodge City El. Service Co. eine Störung auf. Versuche der Störungstruppe, zu Fuß und mit Pferden zum Auffinden der Fehlerstelle längs der Leitung vorzudringen, blieben wegen der Schneemassen erfolglos. Am nächsten Morgen versuchte man eine Erkundungsfahrt mit einem Flugzeug der dortigen Fluglinie, wobei man nach einem Fluge von 40 Minuten Dauer die Fehlerstelle entdeckte und einen Landungsplatz in ihrer Nähe auskundschaftete. Es wurde nun ein Mann der Störungstruppe mit Werkzeug zu einem zweiten Flug mitgenommen und die ganze 145 km lange Strecke zur Feststellung allfälliger weiterer Fehler abgeflogen. Am Rückflug wurde gelandet, der Fehler behoben und eingerückt. Der Störungsmann blieb im ganzen kaum drei Stunden von seinem Beschäftigungsort weg. Das Flugzeug war ein gewöhnliches kleines Verkehrsflugzeug mit einem 90 PS Motor. Die Flughöhe betrug nur 10 m über den Masten. Der Beobachter erklärte, daß er schadhafte Isolatoren weit besser als vom Automobil habe feststellen können. V. H.

(El. World, Bd. 88, Heft 26, 1926.)

Englische 33 kV Drehphasenkabel. Die älteste Type dieser Hochspannungskabel ist die dem Niederspannungskabel vollkommen analog gebaute, nämlich verseilte isolierte Adern, darüber Gürtelisolation, Bleimantel, darüber Bandeisen- oder Runddrahtpanzer und Kompound. Diese Kabelsorte hat sich, wie die Erfahrung der letzten Jahre auch in England ergeben hat, nicht bewährt. Die Gründe sind im nicht homogenen Dielektrikum des Kabels und im elektrostatischen Drehfelde zu suchen, das sich im Kabelquerschnitt ausbildet[1]). Um diesen Schäden abzuhelfen wendet man Dreiphasensysteme an, welche nach Art der Einleiterkabel gebaut sind. Hiefür gibt es die nachfolgenden Lösungen: 1. Drei gewöhnliche Einleiterkabel, welche nicht armiert, aber dafür in Röhren eingezogen sind. 2. Drei gewöhnliche Einleiterkabel, jedoch mit Spezialarmierung. 3. Drei gewöhnliche Einleiterkabel, die miteinander verseilt sind, darüber ein zweiter Bleimantel und Armierung. 4. Drei gewöhnliche Einleiterkabel, die miteinander verseilt sind, darüber Armierung ohne gemeinsamen Bleimantel. 5. Das Dreiphasen-H-Kabel, welches man sich aus Kabeln nach 3. entstanden denken kann, indem man die Bleimäntel der drei Einphasenkabel unter dem gemeinsamen Bleimantel sehr dünn werden läßt. 6. Das Chasekabel; es entsteht aus dem Dreileiter-H-Kabel, wenn der über der isolierten Ader beim H-Kabel vorhandene metallische dünne Belag ersetzt wird durch ein Metallband, welches in offener Spirale über die Oberfläche der isolierten Ader herumgelegt wird. 7. Alle vorangeführten Übertragungssysteme mit Einleiterkabel, wobei jedoch an Stelle normaler Einleiterkabel solche in H-Kabel Ausführung zur Verwendung kommen, das heißt mit einer Lage metallisierten Papieres unter dem Einleiter-Bleimantel.

P. Dunsheath vergleicht nun in einer kürzlich ausgeführten Untersuchung die Vor- und Nachteile einiger vorangeführter Typen miteinander, und zwar in Hinblick auf eine Kombination, welche aus 7. und 4. hervorgeht und welche unter dem Namen S. L. cable in England propagiert wird. Dieses S. L. cable hat demnach folgende Konstruktion: isolierter Einzelleiter, dessen Isolation durch eine Oberfläche aus metallisiertem Papier abgeschlossen ist, darüber Bleimantel, drei solcher Einleiter-H-Kabel miteinander verseilt, darüber Armierung und Kompound. Damit die Verluste in den Bleimänteln nicht zu groß werden, sind dieselben voneinander schwach isoliert. Um dem Kabel ferner genügende Festigkeit zu geben, werden die Zwischenräume zwischen den einzelnen Bleimänteln durch Drahtseile ausgefüllt. Diese Kombination hat vom H-Kabel her den Vorteil der Unempfindlichkeit Wärmebewegungen gegenüber und vom Einleiterkabel her den Vorteil des kleinen Wärmewiderstandes, das heißt der guten Strombelastbarkeit. Versuche ergaben schließlich, daß auch die Verluste in den Bleimänteln klein bleiben, wenn dafür gesorgt wird, daß die drei Bleimäntel jeder Kabellänge nur an einer Stelle miteinander verbunden und an Erde gelegt werden (etwa 3 vH der Kupferverluste bei einem 3×70 mm² Kabel mit 17 mm Isolationsstärke zwischen Ader und Erde und etwa 2·5 mm starken Bleimänteln). Ein praktischer Erwärmungsversuch an zwei etwa 90 m langen verlegten Erdkabeln ergab bei gleichen Außendurchmessern über Armierung (Normalkabel zirka 9 mm Aderisolation und zirka 6 mm Gürtelisolation, L. S. Kabel zirka 12 mm Aderisolation, bei 150 mm² Adernstärke) einen Temperaturanstieg von 13·4° beim S. L. cable gegen 17·1° beim Normalkabel über Bleimantel-Temperatur. Zwei parallele und seicht in die Erde verlegte Vergleichskabel von zirka 70 m Länge und zirka 120 mm² Querschnitt (Dreiphasenkabel) für 33 kV ergaben, daß das L. S. cable bei Verlegung in Wasser um 14 vH stärker mit Strom belastbar sein würde, als das Normalkabel. Bei Verlegung in Erde ist natürlich der Unterschied kleiner.

Angeblich soll sich auch eine merkbare Verbesserung der Strombelastbarkeit gegenüber H-Kabeln ergeben. In der Diskussion zu dem Vortrage wurde aber mit Recht hervorgehoben, daß die Meßmethoden zur Bestimmung der Wärmebelastbarkeit von Kabeln doch zu unsicher sind, um genaue Ziffern zu ergeben, wenn man direkt Messungen an verlegten Kabeln vornimmt. Es wurden ferner Versuche gemacht, um Einleiterkabel, welche mit Drahtpanzer armiert sind, auf ihre Belastbarkeit namentlich mit Rücksicht auf die Verluste in der Armierung zu prüfen. Merkwürdigerweise kommt Dunsheath zu dem Schlusse, daß die Verwendung von armierten Einleiterkabeln für Wechselstrom-Übertragung sowohl wegen der Verluste als auch wegen der Wärmebelastbarkeit praktisch nicht durchführbar ist. Eine von G. M. Harvby und A. H. W. Busby durchgeführte Untersuchung, welche gleichfalls kürzlich vorgelegt wurde, ergibt das gerade Gegenteil, nämlich, daß in Kabelkreisen des Kontinents bereits seit längerer Zeit bekannte Resultat, daß es möglich ist, ein Kabel zu konstruieren, in welchem die Permeabilität des Mantels dadurch auf einen vernachlässigbaren Wert gebracht wird, daß zwischen Drähten von magnetischem Material solche aus Aluminium oder sonstigen nicht magnetischen Material abwechselnd gelegt werden[1]). Die letztgenannte Arbeit enthält Angaben über die Verluste in Einleiter-Wechselstromkabeln bei

[1]) E. u. M. 1926, Seite 873.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 880.

Digitized by Google

verschiedenen anderen Armierungen, wie zum Beispiel doppelte Armierung aus galvanisierten Stahldrähten, verschiedener Durchmesser, Verlegung in Eisenröhren usw. Dr. Konstantinowsky.
(Electrician, Bd. 98, Nr. 2539, 1927.)

Das Pariser 60 000 V-Kabelnetz beschreibt E. Mercier. Es dient zur Versorgung der Stadt Paris aus den Kraftwerken Genevilliers[1]) (360 000 kVA), Vitry (80 000 kVA), sowie aus dem in Bau befindlichen Wasserkraftwerk Eguzon[2]) am Flusse Creuse (40 000 kW). Das Kabelnetz hat eine gesamte Trassenlänge von 220 km, entsprechend 660 km verlegten Einleiterkabeln, welche insgesamt 2500 Verbindungsmuffen enthalten, wird mit 60 kV betrieben und befördert im Winter rund 2 Mill. kWh täglich. Es ist seit April 1922 mit gutem Erfolg in Betrieb. Bei der Projektierung hat man sich zur Wahl von Einleiterkabeln entschlossen, weil Drehstromkabel bei dieser Spannung nicht die gegewünschte Betriebssicherheit zu versprechen schienen. Insbesondere war es die Gefahr, daß beim Dreileiterkabel in der Isolation eingeschlossene Hohlräume durch die Glimmerscheinungen der darin befindlichen Luft zu Zerstörungen des Kabels führen, die auf Einleiterkabel wies, bei welchen sowohl die Ursache weniger häufig vorkommt, als auch die Wirkung infolge der regelmäßigen Feldverteilung nicht ebenso leicht eintritt. Daneben sprach für die Einleiterkabel noch die höhere Stromdichte, die man bei gleicher Höchsttemperatur zulassen konnte, wodurch sich also auch eine bessere Ausnützung des Querschnittes ergab. Der Kupferleiter eines Kabels hat 150 mm², die Isolation hat eine Stärke von 14 mm, der Bleimantel 2·5 mm. Die Wirbelstromverluste im Bleimantel betragen rund 10 vH der Kupferverluste im Kabel. Der Betriebsstrom beträgt 330 A dauernd, bei dieser Belastung steigt die Temperatur um 26° über ihren Anfangswert, hierauf kann das Kabel noch durch eine Viertelstunde mit 600 A belastet werden ohne daß die Temperatur um mehr als 40° steigt. Die Verbindungsmuffen sind aus Blei hergestellt und mit Kabelmasse ausgegossen. Jede Muffe ist mittels eines 1 m langen Kupferrohres von 50 mm Durchmesser geerdet. Die Verbindungsmuffen haben sich als die am wenigsten verläßlichen Teile der Anlage erwiesen; während an den Kabeln noch kein Defekt eingetreten ist, hat sich dies an den Muffen schon ereignet. Es fehlen leider Angaben über die Zahl und Art dieser Störungen. Die Kabel sind in U-förmige Betontröge verlegt, die so angeordnet sind, daß die drei Leiter in die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks zu liegen kommen. Der geringste Krümmungshalbmesser, der zugelassen wurde, betrug 1 m. Die Union d'Electricité verlegt derzeit versuchsweise Drehstromkabel für 60 kV mit metallisierter Einzelader und Eisenarmierung: diese Kabel haben einen Kupferquerschnitt von 3 × 150 mm² und 108 mm Durchmesser. Sie sollen aber teurer sein und die Verbindungsmuffen vermöge ihrer größeren Kompliziertheit noch unverläßlicher. Da plötzliche Schaltvorgänge Überspannungen erzeugen, vermeidet man solche bei betriebsmäßigen Schaltungen und bedient sich hiebei eines eigenen Ladeaggregates, welches 6000 kVA bei $\cos \varphi = 0$ liefert und mit einem 6/60 kV Transformator direkt verbunden ist; damit wird ein stetiges Zu- oder Abnehmen der Spannung im Kabel erzielt. In der Diskussion, welche sich an diesen im Londoner Inst. of El. Engineers gehaltenen Vortrag knüpfte, wurde insbesondere für die Dreileiterkabel gesprochen, bei denen schon Fertigungsverfahren vorhanden wären, wo die vom Vortragenden geäußerten Übelstände nicht zu befürchten seien[3]). A. Fr.
(Electr. Review, Bd. 99, Heft 2561, Dezember 1926.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Lokomotivhebekran für 120 t Tragkraft. E. Altschul beschreibt einen derartigen Kran, welcher zum Transport elektrischer Lokomotiven in den Reparaturwerkstätten Yverdon der schweizerischen Bundesbahnen dient. Der Kran besitzt zwei Hauptkatzen sowie zwei Hilfskatzen zum wirtschaftlichen Transport kleiner Lasten. Die Hauptdaten sind:

a) Hauptabmessungen (in m):
- Spannweite zwischen den Schienenachsen . 25
- Größte Hubhöhe für Lokomotiven 7
- Größte Hubhöhe für Einzellasten 10
- Größte Hubhöhe für Hilfshubwerke . . . . 7·6

b) Nutzlasten (t):
- Für die beiden Haupthubwerke zusammen . 120
- Für die beiden Hilfshubwerke einzeln 8

c) Hubgeschwindigkeiten (m/min):
- Haupthubwerke (für 0 bis 15 t) 3
- Haupthubwerke (für 15 bis 60 t) 2
- Hilfshubwerke 8

d) Fahrgeschwindigkeiten (m/min):
- Haupthubwerke 15
- Hilfshubwerke 30
- Kran (kleine Lasten) . . . . . 52·5
- Kran (große Lasten) . . . . . 35·0

Die Notwendigkeit genauer Regelung und der Gleichhaltung der Drehzahlen beider Hauptkatzen auch bei ungleicher Belastung läßt die Anwendung der Ward-Leonardschaltung zweckmäßig erscheinen. Da der vorhandene Drehstrom auf Gleichstrom umgeformt werden muß, wurden der Einheitlichkeit wegen auch die Hilfsantriebe für Gleichstrom vorgesehen. Ein Drehstrommotor von 105 kW Leistung treibt je eine Steuerdynamo für die beiden Haupthubwerke, für die beiden Hauptkatzenfahrmotoren und den Kranfahrmotor, sowie je einen Generator zur Speisung der Hilfskatzen und für die Erregung. Der Kranfahrmotor besitzt eine Aussetzleistung von 33 kW. Der zugehörige Reversierkontroller besitzt für jede Fahrtrichtung 20 Schaltstufen. Ein Maximalschalter verhindert eine Motorüberlastung durch Verfahren großer Lasten mit hoher Geschwindigkeit. Die Endschalter an den Enden der Kranbahn unterbrechen die Erregung der Steuerdynamo, so daß das Kraftwerk stillgesetzt wird. Die beiden Haupthubmotoren haben eine Aussetzleistung von je 37 kW. Die Geschwindigkeit ist feinstufig zwischen 0·4 und 2 m/min regelbar. Lasten bis etwa 15 t können mit der 1·5 fachen Normalgeschwindigkeit gehoben werden. Eine Signallampe im Führerstand zeigt an, wenn die Schaltung für hohe Geschwindigkeit vorbereitet ist. Durchziehende Lasten werden elektrisch gebremst. Ähnlich arbeiten die Katzfahrwerke, haben jedoch nur einen Geschwindigkeitsbereich. Die Hub- und Katzfahrwerke der Hilfskatzen haben Motoren mit 16, bezw. 1·5 kW Aussetzleistung. Durchziehende Lasten werden durch mechanische Lastdruckbremsen abgebremst. Die Kranbrücke besteht aus zwei Hälften in Fachwerkskonstruktion, die durch Rollenkasten verbunden sind. Der Kranfahrmotor befindet sich in der Mitte der Brücke. Er treibt über eine Schneckenübersetzung die Hauptwelle, die über Zahnradvorgelege iederseits eine der vier Rollen betätigt. Jeder Haupthubmotor treibt zwei mechanisch miteinander gekuppelte Winden für je 30 t über Schnecke und zweifaches Zahnradvorgelege. Die Betätigung des Katzfahrwerkes erfolgt vom Motor über Zahnradvorgelege auf zwei der vier Rollen. E II.
(BBC-Mitteilungen, Jahrgang XII, Heft 12, 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Akkumulatorenlokomotive mit gas-elektrischem Hilfsbetrieb. W. D. Beare beschreibt eine elektrische Lokomotive, die von der General Electric Co. für den Betrieb auf dem Kopfbahnhof der Chicago- und Northwestern-Railway geliefert wurde und als Probefahrt den 720 km langen Weg vom Werk zum Bestimmungsort mit einem besetzten Personenwagen mit eigener Kraft zurückgelegt hat.

Die in zwei Drehgestellen eingebauten Motoren GE 287 haben eine Zahnradübersetzung 16 : 66. Die Batterie besteht aus 120 Exide Ironclad-Elementen und hat eine Kapazität von 616 kWh, die bei Ladung mit Unterbrechungen auf 846 kWh gesteigert werden kann. Es können Ströme bis zu einer Leistung von 1000 PS

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 345.
[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 747.
[3]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 382.

Digitized by Google

an den Motoren aus der Batterie entnommen werden. Normalerweise werden auch die Fahrmotoren aus der Batterie gespeist. Wenn sie für den Strombedarf nicht ausreicht, wird der Rest einem Generator für 230 V entnommen, der von einem 200 PS, 6 Zylinder, Gasmotor, 100 U/min angetrieben wird. Die regelmäßige Ladung der Batterie erfolgt von einer fremden Stromquelle aus. Sie kann jedoch auch von dem Gasgeneratorsatz besorgt werden, so daß die Lokomotive freizügig ist. Die Fahrschaltung erfolgt mittels pneumatischer Schützen in Serie-Parallel mit Feldschwächung.

Die Hauptangaben der Lokomotive sind:

Gesamtgewicht	**108 t**
Mechanischer Teil	**46 t**
Batterie	**36 t**
Gaselektr. Einrichtung:	
Gewicht samt Kühler	**5·2 t**
Gewicht der restlichen Ausrüstung	**21 t**
Gesamte Länge	**16 m**
Stunden-Zugkraft	**7800 kg bei 15·3 km/h**
Anfahr-Zugkraft	**3000 kg während 9 min**
Größte Fahrgeschwindigkeit	**48 km/h**

Wl.

(Gen. El. Rev., Bd. 29, Heft 11, 1926.)

Organisation des Elektroschlepper-Betriebes im Kai- und Hafenbetrieb der Hamburg-Amerika-Linie, Kuhwärder. Die Notwendigkeit, den Kaischuppenbetrieb zu rationalisieren, hat zu Versuchen geführt, die Handkarrenschieber durch Elektrokarren und Elektroschlepper zu ersetzen. Kapitän Schetelig berichtet über diese Versuche, die im Jahre 1922 in Hamburg begonnen wurden und dazu führten, daß heute der Dienst auf der etwa 113000 m² großen Kaischuppenfläche ausschließlich von AEG-Elektroschleppern versehen wird. Die Schlepper haben Anhängewagen, auf die 4 m² große und etwa 1·7 t schwere Ladeplattformen gesetzt werden. Diese Betriebsart ist ökonomischer als die mit Elektrokarren und fester Ladeplattform. Außer den Ladeplattformen können die Anhängewagen leicht die häufig bei Schiffsladungen vorkommenden 3 t Automobilkisten aufnehmen. Der Hauptvorteil des Schlepperbetriebes liegt in der bedeutenden Beschleunigung des Entlöschens der Frachtdampfer und der raschen Abfertigung der Anschlußdampfer. Die beiden Arbeitsgänge, welche früher mit Rücksicht auf die sonst notwendige große Arbeiterzahl nacheinander durchgeführt werden mußten, können jetzt gleichzeitig erfolgen. Bei richtiger Einteilung gibt es für den Schlepper keine Warte- oder Stillstandszeit. Die Versuche führten zu einer dauernden Vergrößerung der wegen der Platzverhältnisse anfänglich klein gewählten Anhängewagen, wie aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich ist.

	Länge	Breite	Höhe	Tragfähigk.
	der Plattenformen:			
	mm	mm	mm	kg
März 1922	1600	600	300	1000
September 1924 .	2200	800	300	2500
Februar 1925 . .	2500	1200	360	3000
März 1926	3500	1200	365	3000

Die Bedienung erfolgt von angelernten Kaiarbeitern, das Revidieren, Laden der Akkumulatorenbatterie und die Durchführung von Reparaturen in einer eigenen Station von Facharbeitern. Die Rentabilitätsberechnungen ergaben eine Amortisierung der gesamten Anschaffungskosten in 9 bis 10 Monaten. Ell.

(AEG-Mitteilungen, Heft 12, Dezember 1926.)

Elektrische Apparate.

Ein neues Verfahren zur Ermittlung der Oberwellen in den Spannungskurven von Wechselstrommaschinen oder von Verteilungsnetzen mittels einer systematisch verzerrten Oszillographenkurve erörtert A. Blondel. Es beruht auf der Möglichkeit, die ursprünglichen Spannungskurven so umzuformen, daß die Amplituden aller Oberwellen, wenn n ihre Ordnungszahl bezeichnet, n-, n^2- oder n^3-fach vergrößert auftreten. Dies kann auf zwei verschiedenen Wegen erreicht werden. Der erste Weg besteht in der Verwendung eines Röhrenverstärkers mit Zwischentransformatoren, die einen offenen Eisenkern besitzen und deren Primärwicklung eine gegenüber dem inneren Widerstande der Vorröhre geringe Impedanz aufweist. Letztere soll bei der höchsten in Betracht kommenden Kreisfrequenz $n\omega$ ein Drittel des Röhrenwiderstandes nicht überschreiten. Dann ist die auf das Gitter der nächsten Röhre wirkende Sekundärspannung des Transformators proportional $n\omega$, die auf das Gitter der zweitnächsten wirkende proportional $n^3\omega$ usw. Wegen des offenen Eisenkreises kann die magnetische Reluktanz als konstant und die Hysterese als vernachlässigbar betrachtet werden. Es empfehlen sich ferner Röhren mit $Ri = 50000$ Ohm und Primärwicklungen von etwa 1 Henry Induktanz. Das Umsetzungsverhältnis kann 1 : 5 betragen. Die Röhren müssen natürlich mit negativer Gittervorspannung und auf dem geradlinigen Teile ihrer Charakteristik arbeiten. An das erste Gitter mit −5 V Vorspannung legt man eine Wechselspannung von 2 bis 3 V, die einem mit der zu prüfenden Spannungsquelle verbundenen Spannungsteiler aus induktionsfreien Widerständen entnommen wird. Da die Oszillographenschleife 15 bis 25 mA benötigt, muß die letzte Röhre, in deren Anodenkreis diese Schleife liegt, hohe Emission besitzen, oder es müssen mehrere Röhren parallel geschaltet werden. Die Spannungsgrundwelle wird in diesem Verstärker nicht verstärkt, sondern abgeschwächt; bleibt aber immer noch meßbar. Eine Eichung des Apparates erübrigt sich daher, da man die durch die harmonische Analyse der Oszillographenkurve gewonnenen Amplitudenverhältnisse zwischen den Oberwellen und der Grundwelle nur je nach der Zahl der Transformatorstufen durch n, n^2 oder n^3 zu dividieren hat. Ein zweiter Kunstgriff besteht in der Anlegung eines Stromkreises an die zu untersuchende Spannung, der aus einem Kondensator C von etwa $1\,\mu F$, einem Ohmschen Widerstande R und einer Oszillographenschleife in Reihe besteht. Es empfehlen sich möglichst verlustfreie Glimmerkondensatoren. Ist L die Induktanz des ganzen Stromkreises einschließlich des zu prüfenden Generators, des angeschlossenen Verteilungsnetzes und der Streuinduktanz eines etwa zwischengeschalteten Transformators, ist ferner in R der Verlustwiderstand des Kondensators inbegriffen, so ist der Strom J_n von der Kreisfrequenz $n\omega$ in der Oszillographenschleife, wenn U_n die ursprüngliche Spannungsamplitude ist:

$$J_n = n\omega C . U_n / \sqrt{(C R_n \omega)^2 + (1 - n^2 \omega^2 C . L)^2} . \sqrt{(A_n \omega / D)^2 + (1 - n^2 \omega^2 K/D)^2}.$$

Der erste Wurzelausdruck bezieht sich auf den elektrischen Schwingungskreis, der zweite auf das mechanische schwingende System. Hierin ist D das Direktionsmoment, K das Trägheitsmoment und A das Dämpfungsmoment der Oszillographenschleife. Der Ausdruck für den mechanischen Dämpfungsgrad ist dann $A/2\sqrt{K.D}$, analog dem elektrischen Dämpfungsgrad $R/2\sqrt{L/C}$. Nach der Oszillographentheorie des Verfassers[1]) wählt man für periodische Vorgänge am besten beide Dämpfungsgrade zwischen 0·5 und 0·6, so daß beide Wurzelwerte im Resonanzfalle, wenn

$$1 - n^2 \omega^2 C . L \text{ bzw. } 1 - n^2 \omega^2 K/D$$

gleich Null sind, nahe gleich 1 werden. Die Oszillographenschleife besitzt dann von $\omega = 0$ bis zur Resonanzfrequenz fast konstante Empfindlichkeit. Die Kapazität richtet sich nach der Spannung; für 1000 V empfehlen sich 0·16 μ F; für 220, bzw. 110 V dagegen 0·7, bzw. 1·4 μ F. In jedem Falle ist $R = \sqrt{L/C} = 1/\omega_0 C$ zu wählen, worin ω_0 die Resonanzfrequenz des elektrischen Schwingungskreises bezeichnet. Abb. 1 zeigt in Kurve (1) die nach dem zweiten Verfahren umgeformte und in Kurve (2) die ursprüngliche Wellenform mit einer fünften Oberwelle. Die Induktanz von Generatoren ergibt sich aus

[1]) C. R. 1893, Bd. CXVI, S. 502 u. 748; sowie ausführlicher L'Eclair. électr. 1902, Bd. XXXIII, S. 115.

Digitized by Google

der Formel für den Kurzschlußstrom bei der Nennspannung E_0; $L = E_0/J_k\,\omega$, die man für $\omega = 314$ auch schreiben kann:

$$L = 3{\cdot}18\,.\,(E_0^2/N_0)\,.\,(J_0/J_k),$$

worin E_0 die Nennspannung in kV und N_0 die Nennleistung in kVA bezeichnet. J_k/J_0 ist das Verhältnis des Kurzschlußstromes zum Nennstrome. Wählt man $J_k/J_0 = 3$ bis 4 entsprechend dem Dauerkurzschluß, so erhält man die Gesamtinduktanz des Generators; ist dagegen $J_k/J_0 = 20$ bis 30 entsprechend dem plötzlichen Kurzschlußstrome, so erhält man die Streuinduktanz des

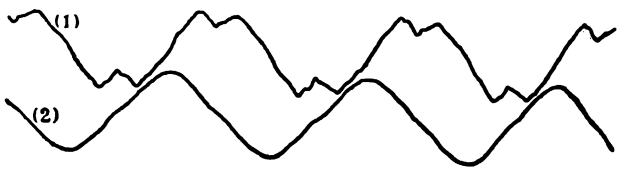


Abb. 1.

Generators. Im allgemeinen kann man 0·01 bis 0·02 H für den Generator und < 0·01 H für das Verteilungsnetz annehmen. Die vom Verfasser für Transformatoren von 50 bis 2000 kVA angegebenen Induktanzen entsprechen 4 vH Kurzschlußspannung bei Nennstrom und $\cos\varphi = 0$; sie folgen ungefähr der Formel $L = 6{\cdot}15\,.\,10^{-3}/N_0$ Henry. Die Formel für den Verlustwiderstand r der Kondensatoren ist:

$$r = \operatorname{tg}\delta/n\,C\,\omega.$$

Bei Glimmer ist $\operatorname{tg}\delta = 0{\cdot}0143$. Die „theoretische Impedanz" des Kondensators für die n-te Oberwelle sei $Z_t = 1/n\,C\,\omega$. Die „wirkliche Impedanz" Z_r des ganzen elektrischen Kreises ist dagegen:

$$Z_r = \sqrt{(R_0 + \operatorname{tg}\delta/n\,C\,\omega)^2 + (n\,\omega L - 1/n\,C\,\omega)^2}.$$

Bei $L = 0{\cdot}01$ H; $C = 1{\cdot}12\ \mu$ F und $R = 94$ Ohm entsprechend dem Dämpfungsgrad 0·5 ist der Stromkreis bei einer Grundfrequenz von 50 Hertz etwa mit der 30. Oberwelle in Resonanz. Man erhält für das Verhältnis Z_t/Z_r und für die Phasenverschiebung γ_n zwischen Spannung und Strom der betreffenden Oberwellen:

n =	1	5	10	15	20	25	30	35
Z_t/Z_r =	1	1·02	1·05	1·09	1·14	1·07	1·00	0·83
γ_n =	87·3°	79·7°	69·0°	56·2°	40·4°	20·3°	0·00°	−16·2°

Die Phasen der Oberwellen, die sich aus der Formel

$$\operatorname{tg}\gamma_n = (n\,L\,\omega - 1/n\,C\,\omega)/(R_0 + \operatorname{tg}\delta/n\,C\,\omega)$$

berechnen, ändern sich wohl stark, sind jedoch praktisch kaum von Interesse. Dagegen weisen die Impedanzen nur verhältnismäßig geringe Abweichungen vom theoretischen Betrage auf. Bei einer gedämpften Oszillographenschleife kann man ferner die Eigenfrequenz des mechanischen Systems Ω_m ebenfalls bis auf die höchste, noch in Betracht kommende Oberfrequenz herabsetzen und dadurch wesentlich an Empfindlichkeit gewinnen. Setzt man $Z_t' = 1/n\,\omega$ und berücksichtigt

$$Z_r' = \sqrt{(n\,\omega/\Omega_m)^2 + (1 - n^2\,\omega^2/\Omega_m^2)^2}/n\,\omega,$$

so erhält man bei Resonanz mit der 30. Oberwelle einer Grundwelle von 50 Hertz (also $\Omega_m = 30 \times 314 = 9420$), wenn der Dämpfungsgrad wieder 0·5 ist, für Z_t'/Z_r' dieselbe Zahlenreihe, wie oben für Z_t/Z_r. Das hiebei vorausgesetzte, der Geschwindigkeit proportionale Dämpfungsmoment kann man auf elektromagnetischem Wege durch einen Nebenschluß zur Schleife, oder durch eine mit ihr verbundene, in sich geschlossene eigene Dämpfungswindung erzielen. Nach dieser Methode erhält man n-fache Verstärkung der Oberwellenamplituden. Schaltet man an Stelle der Oszillographenschleife einen Transformator von der bei der ersten Methode beschriebenen Art mit einer Nachröhre von genügender Emission ein, in deren Anodenkreis die Schleife mit ihrem Vorschaltwiderstande von mindestens 100 Ohm liegt, so kann man n^2-fache Amplitudenverstärkung erhalten. Die Nachröhre ist nötig, weil die Sekundärspannung des Transformators bei den oben angeführten Kondensatorkapazitäten nicht ausreicht, um die Speisung des Oszillographen mit 25 mA zu erzielen. R. H.
(Rev. Gen. de l'Electricité, Bd. 20, H. 23 u. 24, 1926.)

Patentbericht.

Elektrizitätszähler.

Tragwerke und Zählertafeln.

(Schluß aus Heft 21, Seite 432.)

Einen Träger für die inneren Teile von Zählern hat die Firma Landis & Gyr A.-G. in Zug (Schweiz) angegeben. Aus einem einzigen Stück Blech ist ein rahmenartiges Stück hergestellt (Abb. 7), bei dem durch Biegestellen ein oberer Teil 1, ein mittlerer 2 und ein unterer Teil 3 gebildet ist. Der Mittelteil 2 weist Schraubenlöcher 5 zur Befestigung des Spannungseisens auf; aus dem Mittelteil ist ein Steg 4 abgebogen, der einen Gegenpol zum Spanungseisen bildet. Die Löcher 7 dienen zur Befestigung des Trägers im Gehäuse. Der obere Teil weist Löcher 8 zur Befestigung des Zählwerks, sowie ein Loch 9 zur Anbringung des Oberlagers der Triebscheibe auf. Im unteren Teil 3 sind ein Loch 10 für die Aufnahme des Unterlagers, sowie Löcher 11 für den Bremsmagneten. Sämtliche Teile sind durch die angeschweißten Flachstücke 12 verbunden. Sie können auch mit dem Mittelteil aus einem Stück hergestellt sein und nach Umbiegen mit dem oberen und unteren Teil verschweißt werden. Am oberen Teil 1 sind mittels Schrauben 13 verstellbare Flügel 14 vorgesehen, die, mit dem Spannungseisen zusammenwirkend, zur Regelung des Vor- und Nachtriebes der Triebscheibe dienen.

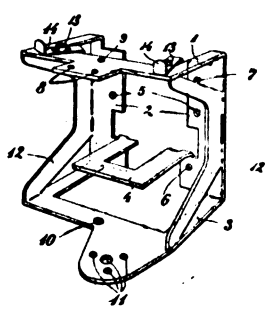


Abb. 7.

(Ö. P. Nr. 105279.)

Dieselbe Firma hat einen Zähler angegeben, dessen Trägerteile, das sind einerseits die Grundplatte, andererseits das an dieser vorgesehene Tragwerk für die beweglichen Zählerteile, möglichst einfach gestaltet sind und einen möglichst gedrängten Zusammenbau der einzelnen Teile zu einem in seinen Abmessungen sehr kleinen Zähler ermöglichen, wobei jedoch den Anforderungen an die Stabilität des Zählers Rechnung getragen ist. Zu diesem Zweck sind zur Befestigung der Gehäusekappe an der Grundplatte des Zählers sowie zur Befestigung des Zählers selbst an der Aufhängewand dienende Lappen aus einem randförmig gebogenem Teil der Grundplatte herausgebildet. An die Grundplatte schließt sich ein symmetrisches, zargenartiges Tragwerk für die beweglichen Teile des Zählers an.

(D. R. P. Nr. 433190.)

Eine Erfindung der SSW betrifft eine Zählertafel mit einpoligen Schaubstöpselsicherungen. Zählertafeln mit Sicherungen müssen für Massenherstellung eingerichtet sein, insbesondere muß ein Modell für möglichst viele Fälle verwendbar sein. Die Tafel muß so eingerichtet sein, daß Zu- und Ableitungen sowohl von oben als auch von unten ankommen oder abgehen können. Die auf der Zählertafel angebrachten Sicherungssockel sollen je nach Bedarf so geschaltet werden können, daß alle oder einige von ihnen als Zähler- oder Stromkreissicherungen wirken. Während die Stromkreissicherungen im allgemeinen leicht zugänglich sein müssen, sollen die Zählersicherungen nur besonderen Personen, beispielsweise den Zählerwärtern des Elektrizitätswerkes zugänglich sein. Es wird deshalb für diese Sicherungen häufig ein besonderer Schutz gegen unberechtigte Stromentnahme verlangt, der sich am zweckmäßigsten durch Abdeckung und gegebenenfalls Plombierung aller unter Spannung stehenden Teile erreichen läßt. Alle diese

Digitized by Google

Bedingungen erfüllt die Zählertafel nach der Erfindung, deren besonderes Merkmal darin besteht, daß jede einzelne Einführungsöffnung für den Durchtritt eines Sicherungsstöpsels mit einer Haltevorrichtung für eine Schutzhaube versehen ist; diese Haltevorrichtungen gestatten je nach Bedarf einzelne Schutzhauben für diejenigen Sicherungsstöpsel lösbar anzubringen, für die ein Schutz erforderlich ist. Wenn man jeden einzelnen Stöpsel für sich in der angegebenen Weise schützen kann, so kann man dieselbe Zählertafel mit Zähler- oder Stromkreissicherungen ein- oder zweipolig sichernd herstellen, und zwar können die Sicherungen hiebei sowohl einzeln teils oberhalb, teils unterhalb des Zählers liegen, als auch in Gruppen vereinigt sein.

(Ö. P. Nr. 105271.)

Zeitzähler.

Eine Erfindung von Peter Bendmann in Frankfurt am Main betrifft ein Instrument, das die Leerlaufzeit von Transformatoren und Motoren anzeigt (Abb. 8). Der Spannungsmagnet *a* betätigt über eine Ferrarisscheibe *b* ein Schneckengetriebe *c*. Über eine Rutschkupplung *d* wird ein Hemmwerk *f* und ein Zahnrad *g* mit einem Mitnehmernocken angetrieben, der an die Stange *i* für die Zählwerke *h* greift. Die Stangen *i* stehen durch Lenker unter dem Einfluß der Federn *k* der Winkelstangen *l* mit dem Strommagneten *m* in Verbindung. Beim Nachlassen des elektromagnetischen Zuges auf die Anker kommt die Feder *k* zur Wirkung und bringt eine der Hakenstangen *i* in den Drehkreis des Mitnehmers. Die Schleifkupplung bewirkt, daß das

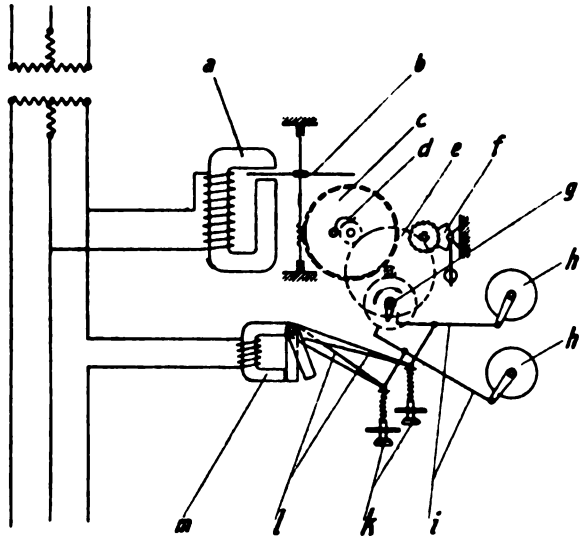


Abb. .

Rad *g*, reguliert durch das Hemmwerk *f*, eine konstante Umdrehungszahl, also bestimmte Zeitabschnitte, und zwar $^1/_4$ Stunde, $^1/_2$ Stunde und ganze Stunden, hat. Von dem Magneten *m* werden nun ein oder mehrere Anker von verschiedenen Einstellwerten betätigt. Man hat somit die Möglichkeit, mit einem Zählwerk, dessen Anker beispielsweise auf Nullstrom eingestellt ist, die Betriebsdauer des Transformators, mit dem anderen, dessen Einstellwert auf eine beliebige minimale Leistung eingestellt ist, die Zeit dieser Einstellung zu erhalten und kann so durch Vergleich der absoluten Leerlaufzeit und der Belastungszeit auf den Belastungsfaktor des Transformators schließen.

(D. R. P. Nr. 432422.)

Eine Anordnung zur Messung der Leerlaufzeit von Transformatoren hat die Firma Dr. Paul Meyer A.-G. in Berlin angegeben. Es ist bekannt, zur Messung der Zeit, während der ein Transformator in unbelastetem Zustande eingeschaltet ist, Zeitzähler mit Sperrung zu verwenden, bei denen die Sperrung ausgelöst wird, wenn nur eine der beiden sich entgegenwirkenden Wicklungen des Auslösemagneten durchflossen wird. Dabei liegt von den beiden Wicklungen des Auslösemagneten die eine vor, die andere hinter dem Niederspannungsschalter. Eine andere Anordnung besteht darin, daß ein als Ferraris-Triebmotor ausgebildeter Zeitzähler mit zwei einander gegenwirkenden Triebsystemen verwendet wird, wobei das eine Triebsystem vor, das andere hinter dem Niederspannungsschalter des Transformators eingeschaltet ist. Das rückwärts wirkende Triebsystem verfügt aber über das größere Drehmoment und treibt den Zähler bei eingelegtem Niederspannungsschalter gegen eine Rücklaufhemmung. Beide Anordnungen haben folgenden Nachteil. In den seltensten Fällen bedeutet das Einlegen des Niederspannungsschalters gleichzeitig eine Stromentnahme. Vielmehr bedarf es erst des Einlegens weiterer Licht- und Motorschalter, um eine Stromentnahme zu bewirken. Es kann also mit diesen Anordnungen trotz Einlegens des Niederspannungsschalters vorkommen, daß der Zeitzähler die Zeit des unbelasteten Zustandes des Transformators nicht mißt. Dieser Nachteil wird durch die Anordnung nach der Erfindung vermieden. Sie besteht aus einem Zeitzähler-Triebsystem und einem ungebremsten Wattstundenzähler-Triebsystem. Beide wirken einander entgegen. Der Zähler ist gegen Rücklauf durch eine Rücklaufhemmung gesichert. Beide Triebsysteme sind dauernd unter Spannung.

(D. R. P. Nr. 432423.)

Literaturberichte.

3112 **Die Messung der elektrischen Größen.** Von Dipl. Ing. Conrad Aron. Heft 16 der Technischen Fachbücher „Die Hauptgebiete der Technik in grundlegenden Einzeldarstellungen", herausgegeben von Dipl. Ing. Arnold Meyer. Mit 45 Abb. im Text und 116 Aufgaben nebst Lösungen. 107 Seiten. C. W. Kreidel's Verlag, München 1926. Preis Mk. 2·25.

Auch in dem vorliegenden Hefte hat der Verfasser, in Übereinstimmung mit der Absicht des Herausgebers, an Vorkenntnissen lediglich die Beherrschung des Zahlenrechnens vorausgesetzt und das Ziel verfolgt, die für die Messung der elektrischen Größen geltenden Grundgesetze in allgemein verständlicher Weise zu erläutern. Vorerst definiert der Verfasser die elektrischen Größen und Maßeinheiten, bespricht hierauf die einzelnen Meßverfahren (Strommessung, Spannungsmessung, Widerstandsmessung, Leistungsmessung, Arbeitsmessung) und beschreibt die verschiedenen zur Durchführung der Messungen dienenden Meßinstrumente und Zähler, den Schluß bilden Aufgaben nebst deren Lösungen. Dadurch daß dem Leser Gelegenheit gegeben ist, Aufgaben zu lösen, gewinnt der Leser erst die Überzeugung, daß er das, was in dem Hefte dargestellt wird, sich zu eigen gemacht hat. Diese Aufgaben sind sehr glücklich gewählt und gestatten tatsächlich dem Leser einen vollständigen Einblick in die Materie, die in dem Hefte zur Darstellung gelangt.

Dieses Heft kann daher allen jenen, die sich mit der Messung der elektrischen Größen vertraut machen wollen, warm empfohlen werden. Kusminsky.

1734 **Kran- und Transportanlagen für Hütten-, Hafen-, Werft- und Werkstattbetriebe.** Von Dipl. Ing. C. Michenfelder, zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage, 683 Seiten mit 1097 Textabb., Berlin, Verlag Jul. Springer, 1926. Preis geb. Mk. 67·50.

Der Verfasser hat es sich zur Aufgabe gesetzt, lediglich einige Spezialgebiete der Fördertechnik zu behandeln, und zwar Förderanlagen für Hüttenwerke, Schiffswerften und Häfen. Diese Kapitel sind in vollständigster Weise behandelt und geben dem Fachmann tatsächlich auf Grund des neuesten Standes Aufschluß über alle Fragen. Besonders hervorzuheben ist das reiche Abbildungsmaterial. In einem eigenen Abschnitt werden „elektrotechnische Gesichtspunkte bei Krananlagen" besprochen, ein Kapitel, das sonst in ähnlichen Werken arg vernachlässigt ist. Das Werk will kein Lehrbuch sein, sondern ein Hilfsbuch für die erwähnten Betriebe, wie es besser kaum gedacht werden kann.

Ellmann.

Digitized by Google

Studien über die Prüfung der Transformatorenöle. Nr. 77 der Verbands-Veröffentlichungen des Deutschen Verbandes für Materialprüfungen der Technik.

Das vorliegende Heft enthält eine Reihe von Aufsätzen bekannter Fachleute über die Prüfung von Isolier- und Turbinenölen, die sich hauptsächlich mit der Veränderung der Öle durch Oxydation befassen. Über Erfahrungen bezüglich Verharzung von Harzölen und Verschlammung von Mineralölen im Transformatorenbetrieb berichtet Dr. H. Stäger (BBC) und diskutiert ferner die verschiedenen Prüfverfahren[1]). G. Schendell, Stettin, behandelt die Bewirtschaftung der Isolieröle in der Praxis vom Standpunkte der Elektrizitätswerksbetriebe und fordert insbesondere den Ausbau einer ständigen Kontrolle des Öles in den betriebenen Transformatoren. Dr. v. d. Heyden (AEG, Berlin) berichtet über eine sehr wertvolle Studie von E. Norlin, Stockholm, der eine Reihe von Ölen auf ihr Verhalten gegenüber den verschiedenen Prüfmethoden auf Oxydierbarkeit untersuchte. Der beobachtete Parallelismus zwischen der „Formolitzahl" und dem Ergebnis der Verteerungsprobe nach den VDE-Normen, der den Ersatz der langdauernden und umständlichen Oxydationsverfahren durch ein rascheres Verfahren erhoffen läßt, sollte wohl weiter verfolgt werden. Über das Verfahren zur Ermittlung der Formolitzahl werden leider keine Angaben gemacht. Bemerkenswert sind auch die Beobachtungen über beträchtliche Veränderungen der Öle im Tages- und Sonnenlicht. Nebst einer hauptsächlich Schriftnachweis enthaltenden Zusammenfassung der Arbeiten im chemischen Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik über Transformatoren- und Schalteröle, insbesondere über deren Prüfung, besprechen Dr. v. d. Heyden und Dr. Typke die bisher üblichen Prüfmethoden für Transformatorenöle und ihre Verbesserung (Ausgestaltung der Verteerungsprobe durch Anwendung von Kupfer als Katalysator und Bestimmung der Schlammenge)[2]); Dr. Ing. F. Heyd, Witkowitz, untersucht die Scheidung der Ölbestandteile durch gewöhnliche und rauchende Schwefelsäure und Bestimmung von Refraktion und Dispersion beider Komponenten; leider ohne rechten Bezug auf die Oxydierbarkeit. Die Beschaffenheits- und Untersuchungsvorschriften zur Beurteilung der Gebrauchsfähigkeit der Transformatoren- und Schalteröle von Obering. W. Ernst, Hamburg, stellen mehr eine Zusammenfassung des schon früher Behandelten dar. Dr. H. Stäger, BBC, zeigt den Zusammenhang zwischen Oxydation und der Steigerung der Emulgierbarkeit von Dampfturbinenölen; eine weitere zusammenfassende Arbeit bringt Prof. Frank, Berlin, dessen Bemerkung. „Noch erscheint es so, als ob die Arbeiten ein wenig ungleichmäßig liefen", auch dem Eindrucke des Berichters entspricht, und schließlich ist ein Bericht über die Verhandlungen des Fachausschusses Nr. 10 für Isolieröle der Internationalen Elektrotechnischen Kommission auf der Jahresversammlung 1926 in New York wiedergegeben[3]). Was zunächst nottut, scheint ein Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Prüfmethoden mit den im praktischen Betriebe beobachteten Veränderungen der Öle, der sich auf möglichst viele Fälle erstrecken sollte. In dieser Beziehung verdienen die Vorschläge von G. Schendell besondere Beachtung. Solange solche vergleichende Beobachtungen nicht vorliegen, kann eine zutreffende Entscheidung über die verschiedenen Prüfmethoden, von denen jede Nation ihre eigene bevorzugt, kaum getroffen werden und die Laboratoriumstechniker bewegen sich mit ihren Vorschlägen zur Verbesserung dieser Methoden auf einem recht unsicheren Boden. Immerhin enthalten die angeführten Arbeiten in ihrer überwiegenden Mehrzahl vieles Neue und Wichtige, über das Betriebs- und Fabrikationstechniker sich unbedingt unterrichten sollten. Dr. R. Hiecke.

[1]) Über das Verfahren von BBC soll später eingehender berichtet werden.

[2]) Vgl. a. Heft 15 d. J., S. 289.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 590.

3320 **Brennstoff und Verbrennung.** Von Dr. D. Aufhäuser, Hamburg. I. Teil: Brennstoff. Mit 116 Seiten und 16 Abb. im Text. Berlin 1926, Verlag von Julius Springer. Preis brosch. Mk. 4·20.

Im Zusammenhang mit der Frage der wirtschaftlichsten Erzeugung und Verwertung von Wärme ist eine Flut von Literatur über die Brennstoffe und den Verbrennungsvorgang erzeugt worden. Der eben erschienene 1. Teil des hier zu besprechenden Werkes nimmt unter allen diesen eine Sonderstellung ein, da er das Problem der Verbrennung wesentlich anders, als sonst üblich ist, auffaßt. Darüber eine Polemik zu führen, inwieweit eine Berechtigung zu dieser Auffassung gegeben ist, erscheint gegenüber der Bedeutung, die durch deren Anwendung für die Feuerungstechnik gegeben sein könnte, müßig.

Durch reichhaltige Beigabe von Tabellen und Diagrammen ist es auch dem der Materie ferner Stehenden möglich, mit Nutzen aus dem Gelesenen Anwendungen zu ziehen. Im Kapitel „Kohlenstoff", welches im Abschnitt chemische Elemente, neben dem des Wasserstoffs und dem des Sauerstoffs, die allgemeinen Eigenschaften und den Verbrennungsvorgang beschreibt, treten die Anschauungsgegensätze am stärksten hervor und äußern sich in dem Satz: Kohlensäure kann entstehen und vergehen, das Kohlenoxyd ist das wahre Radikal der Kohlenstoffverbrennung; scheinbar steht dem das Verhalten von Kohlenstoff im reinen Sauerstoff entgegen, wo gleichgültig in welcher Form der Kohlenstoff auch vorliegt, immer Kohlensäure entsteht; durch Angabe eines leicht überprüfbaren Versuches in der Kalorimeterbombe stützt der Verfasser seine Anschauung. — Dem zweiten Teil des Buches vorausgreifend ist ein Kapitel über die Verbrennung eingeschaltet, welches in treffender Weise die Art des Verhaltens der Kohle am Rost charakterisiert; am wichtigsten ist daraus für die Praxis der Schluß, daß Kohlen mit verschiedenen Verbrennungseigenschaften nicht gewichtsmäßig für einen Mittelwert gemischt werden dürfen, sondern daß sich das Mittel aus den Verbrennungsgeschwindigkeiten ergibt. Das Studium des ersten Teiles läßt den zweiten mit Interesse erwarten.

Dr. Löffler.

Eingegangene Bücher.

Hirsch-Wilking. Elektro-Ingenieur-Taschenbuch. Von Dipl. Ing. Arthur H. Hirsch und Dipl. Ing. Fr. Heintzenberg. Mit neuem Kalendarium versehene, unveränderte Ausgabe des Elektro-Ingenieur-Kalenders 1926. XXII. Jahrgang. 434 Seiten. Verlag Oscar Coblentz, Berlin 1927. Preis Mk. 4·—.

Chronik.

Ständige Schausteliung technischer Neuerungen beim Gewerbeförderungsdienste des Bundesministeriums für Handel und Verkehr, Wien, IX., Severingasse 9. Die Eröffnung dieser Ausstellung ist für Mitte September 1927 vorgesehen. Die neuesten auf den Markt gebrachten Maschinen, Arbeitsbehelfe und dergleichen werden dort im Betrieb vorgeführt werden. Auch die Erprobung von Arbeitsbehelfen ist in Aussicht genommen. Hand in Hand mit dieser Veranstaltung plant der Gewerbeförderungsdienst des Bundesministeriums für Handel und Verkehr auch wieder seine auf die Veranstaltung von Spezial-Fachausstellungen abzielende Tätigkeit aufzunehmen.

Ausstellung der Österr. Gesellschaft für Technik im Haushalt. Die genannte Gesellschaft plant für kommenden Herbst eine Ausstellung der von ihr geprüften für den Haushalt bestimmten Geräte, Behelfe, Textilien und chemischen Hilfsmittel. Interessenten, welche auf dieser Ausstellung mit ihren Erzeugnissen vertreten sein wollen, mögen sich ehebaldigst an die Geschäftsstelle der Gesellschaft, Wien, IX., Severingasse 9 (Gebäude des Gewerbeförderungsamtes) wenden.

Digitized by Google

Wirtschaftliche Nachrichten.

Hochwasserschutz-Genossenschaft. Um allmählich an allen Gewässern die Gefahr der Hochwässer zu bannen und eine geregelte Wasserwirtschaft zu erzielen, schlägt Oberbaurat Ing. W. Winkler, Klagenfurt, das folgende Verfahren vor. Im Gegensatz zu der freiwilligen Versicherung gegen Hochwasserschäden, die vor dem Kriege vom Wasserwirtschaftsverband der österreichischen Industrie befürwortet wurde, soll jedes Land eine Ergänzung des Wasserrechtsgesetzes und eine teilweise Änderung der auf die Wassergenossenschaften bezughabenden Paragraphe vornehmen, wodurch jeder Wasserrechtsbesitzer verpflichtet wird, seine Wasserbauten und die gefährdeten Objekte soweit zu versichern, daß er im Falle eines Hochwasserschadens den Wiederaufbau bewirken kann und vielleicht auch noch eine Entschädigung für Betriebsstörung und entgangenen Nutzen erhält. Die Wiederherstellung darf aber nicht willkürlich in der alten Weise erfolgen, sondern die politische Behörde wird verpflichtet, in allen solchen Fällen bei der Landeskraftstelle anzufragen, ob sie vom Standpunkt der geregelten Wasserwirtschaft etwa einen Ersatz des beschädigten oder gestörten Wasserbauwerkes durch ein neuzeitliches, gefahrbeseitigendes verlangt; diesem Verlangen muß stattgegeben werden und das Land verpflichtet sich, die Mehrkosten für die verbesserte Herstellung zu tragen. Hierfür kann das Land wie bisher, entweder durch fallweise Maßnahmen oder gleichfalls durch Versicherung, Vorsorge treffen. Auf diese Weise würden allmählich an allen Flüssen die heutigen mangelhaften Wassereinbauten durch neuzeitliche Wasserbauten ersetzt werden, die eine glatte Abführung der Hochwässer gestatten. An der Versicherung, die zweckmäßig der Landesbrandschadenversicherung anzugliedern ist, könnten sich auch andere Interessenten, die Postverwaltung, die Straßenverwaltungen, die Verkehrsunternehmungen, Grundbesitzer und vor allem die Gemeinden beteiligen, so daß gleich von Anfang an die ganze Tätigkeit auf breiten Grundlagen nach dem Grundsatz der Wechselseitigkeit aufgebaut werden kann. Anzustreben ist natürlich die volle Verbreiterung der Versicherung auf den ganzen Bundesstaat. Es wird wahrscheinlich manche Jahre dauern, bis das Ziel des geregelten gefahrlosen Wasserabflusses erreicht wird, aber der Anfang zu einer zielbewußten Abhilfe muß einmal gemacht werden, und zwar dadurch, daß den Wasserbauten alle Eigenschaften genommen werden, die sie zu Gefahrquellen machen. Aus diesen Gründen wird auch das Recht des Landes festgesetzt, bei der politischen Behörde besondere Bauarten zu verlangen, aber auch die Pflicht, sie geldlich zu ermöglichen. Die Frage wird vom Ingenieurverein für Kärnten in entsprechender Vorbereitung dem Kärntner Landtag vorgelegt werden.

Über die wirtschaftlichen Voraussetzungen der geplanten Elektrisierung Ungarns berichtet „Elektrotechnika", Nr. 7, 8 d. J. Die Verhandlungen mit der Londoner Firma The Power and Traction Finance Co.[1]) sind mit dem Abschlusse der unter Haftung der britischen Staatskassa zu gewährenden Anleihe beendet worden. Die Ausführung der im Rahmen der Offerte zu verwirklichenden Arbeiten bedeutet die Flüssigmachung eines Kapitals von ungefähr 85 Mill. Pengö (106 Mill. S), das noch um 8 Mill. Pengö (10 Mill. S) seitens der Staatsbahnen und 2·5 Mill. Pengö (3·1 Mill. S) seitens des Postärars für Nebenarbeiten in mittelbarem Zusammenhange mit der Elektrisierung vermehrt werden soll. Nach dem englischen Offerte bleibt die Lieferung eines Teiles der Ausrüstung für die englische Industrie vorbehalten. Die britische Staatskasse vergibt demgegenüber die Anleihe auf Grund der Trade Facilities Act unter sehr günstigen Bedingungen. Der Vergleich dieser Offerte mit einer Reihe anderer, gleichwertig eingelaufener zeigte, daß in finanzieller und wirtschaftlicher Hinsicht keine der Offerten den Vorteilen der englischen Offerte nahekommt, und daß daher diese als Grundlage für weitere Verhandlungen dienen sollte. Zugleich wurde die Ungarische Transdanubische Elektrizitäts A.-G. gegründet, die in Zukunft alle mit dieser Elektrisierung zusammenhängenden Formalitäten zu erledigen hat. Durch diese Aktiengesellschaft wurde der oben erwähnte Londoner Vertrag abgeschlossen, laut dessen sich die britische Staatskasse verpflichtet, auf Grund des Vorschlages des Trade Facilities Advisory Committee bis Ende 1927 eine 1 200 000 Pfd. nicht übersteigende garantierte Anleihe jederzeit der Aktiengesellschaft zur Verfügung zu stellen, mit einem Zinsfuß von nicht über 5 vH, mit einem, dem Nominalwert nahe kommenden Emissionskurs und mit einer Tilgungsfrist von 25 Jahren. Die Aktiengesellschaft wird diese Anleihe voraussichtlich bis zu 1 bis 1·1 Mill. Pfd. (35 bis 37·5 Mill. S) in Anspruch nehmen. Die Emission der zur Verwirklichung des Projektes nötigen weiteren Anleihe von 2 Mill. Pfd. (69 Mill. S) wurde durch das Londoner Bankhaus The Whitehall Trust Ltd. übernommen. Die Bedingungen werden zur Zeit der Emission festgelegt, als Verhandlungsgrundlage dient ein Zinsfuß von 6·5 vH, ein Emissionskurs von 90 vH und eine Tilgungsfrist von 33 Jahren. Zur Untersuchung der mit der Errichtung eines Überlandwerkes zusammenhängenden Fragen, sowie zur Ausarbeitung von Vorschlägen für die Ausfuhrmöglichkeiten wurde ein aus 15 Mitgliedern bestehender technischer ratgebender Ausschuß unter Vorsitz des Handelsministers gebildet. Das Referat wurde dem Leiter der Elektrisierungsabteilung der Staatsbahnen L. v. Verebély überlassen. Die Entscheidung soll noch in diesem Sommer fallen. W.

[1]) Vgl. den Bericht in E. u. M. 1926, TWN, S. 196.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	16. V. 1927	18. V. 1927	20. V. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125¼	125¼	125¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	55-56	55-56	55-56
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	110—115	110—115	108—112

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 20. Mai 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	0	0	61	10	0
Wire bars	61	10	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	54	7	6	54	8	9
Standard { 3 Monate .	54	18	9	55	0	0
Zinn:						
Engl. ingots	289	5	0	289	15	0
Standard { Kassa . .	291	15	0	291	17	6
Standard { 3 Monate .	284	2	6	284	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .	26	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	29	5	0	28	17	6
Remelted	30	0	0	—	—	—
English Swansea .	29	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 14 10 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 5. Juni 1927 | Heft 23

INHALT:

Transformatoren im Parallelbetrieb. Von Dr. techn. Milan Vidmar, Professor an der Universität Ljubljana. S. 457.

Die Elektrotechnik auf der Leipziger technischen Frühjahrsmesse 1927. S. 468.

LITERATURBERICHTE. S. 475.

CHRONIK. S. 476.

Transformatoren im Parallelbetrieb.

Von Dr. techn. Milan **Vidmar**, o. Professor an der Universität Ljubljana.

Zusammenfassung. Das Problem des Parallelbetriebes von Transformatoren wurde von älteren Theorien einfach und erschöpfend erledigt. Die Unmöglichkeit der Erfüllung aller Forderungen der älteren Theorie stellt ein umfangreiches, praktisch wichtiges Betriebsproblem, das in der vorliegenden Arbeit gelöst wird.

Zunächst wird der Fall gleich großer, aber gegeneinander phasenverschobener Kurzschlußspannungen untersucht. Daran reiht sich die Untersuchnug phasengleicher, aber verschieden großer Kurzschlußspannungen. Der allgemeine Fall ungleich großer und phasenverschobener Kurzschlußspannungen erledigt sich dann leicht.

Während dieser erste Teil der Untersuchung für knapp nebeneinanderstehende Transformatoren gilt, wird im zweiten Teil der Einfluß der Verbindungsleitung untersucht. Wichtig ist dabei die Feststellung der Gefahren von Kabelleitungen. Im Zusammenhange damit werden ferner die Mittel zur Verbesserung des Parallelbetriebes besprochen.

Zum Schluß wird noch der Einfluß ungleicher Übersetzungsverhältnisse untersucht. Das Ergebnis sind wichtige Feststellungen für den Betriebsingenieur, dem die Arbeit in erster Reihe gewidmet ist.

Das Problem parallel arbeitender Transformatoren ist alt. So alt es ist und so einfach es bei oberflächlicher Betrachtung aussieht, enthält es doch noch immer Feinheiten, die von der Theorie nicht in zufriedenstellender Weise erledigt sind. Es enthält sogar noch überraschende Schwierigkeiten, die eine eingehende Behandlung verdienen.

Die ältere Theorie fertigte das Parallelschaltungsproblem des Transformators mit einigen klaren und gewiß ausreichenden Vorschriften ab. Sie verlangte einfach gleiche Übersetzungsverhältnisse, gleiche Ohmsche und gleiche induktive Spannungsabfälle. Aber in der Wirklichkeit ließ sich das Problem auf diese Weise nicht lösen.

Parallelbetriebe führen Transformatoren verschiedener Leistung und verschiedener Bauart zusammen. Das, was die Konstruktionen verschiedener Größe und verschiedener Kühlungsart am meisten voneinander unterscheidet, sind die auf die Leistung bezogenen Verluste im Kupfer. Es ist unmöglich, praktisch die Forderung nach gleichen Ohmschen Spannungsabfällen zu erfüllen.

Innerhalb einer Typenreihe hält man die Stromdichte im Kupfer und die Liniendichte im Eisen ungefähr auf gleicher Höhe. Wenn sich bei steigender Leistung die geometrische Form der Konstruktion nicht ändert, was angenommen werden kann, wachsen die Querschnitte mit der zweiten Potenz der linearen Abmessungen. Natürlich wachsen dann ganz ebenso die Durchflutung der Wicklung und der Kraftfluß des Eisenkernes.

Die Leistung nimmt mit der vierten Potenz der Abmessungen zu. Das Kupfergewicht folgt offenbar nur der dritten Potenz. Bei gleich bleibender Stromdichte steigen die Verluste im Kupfer wie das Kupfergewicht. Die auf die Leistung bezogenen Verluste und damit der auf die Betriebsspannung bezogene Ohmsche Spannungsabfall ist somit der vierten Wurzel aus der Leistung umgekehrt proportional.

Man kann dem Parallelschaltungsproblem zuliebe nicht den Aufbau einer Typenreihe opfern und die Vorteile großer Einheiten einfach wegwerfen. Es ist praktisch unmöglich. Größere Transformatoren führen ihre Betriebswärme schwerer ab als kleine. Man müßte bei kleineren Leistungen unnötigerweise die Stromdichte ermäßigen, um den Ohmschen Spannungsabfall innerhalb einer Typenreihe unverändert zu halten. Noch weniger kann man von vornherein auf Parallelbetriebe mit ungleich großen Transformatoren verzichten.

Ganz ähnlich steht es bei verschiedenen Kühlarten. Die Ölkühlung erlaubt erheblich höhere Stromdichten als die Luftkühlung, die Wasserkühlung höhere als die natürliche Ölkühlung. Der Stromdichte ist das Kupfergewicht umgekehrt proportional, die Verluste im Kupfer sind aber nicht nur dem Kupfergewicht, sondern auch noch dem Quadrat der Stromdichte proportional. Der Ohmsche Spannungsabfall muß mit der Verstärkung der Kühleinrichtung zunehmen, sonst wäre sie sinnlos.

Es ist ganz klar, daß die Vorschrift fallen muß, die gleiche Ohmsche Spannungsabfälle im Parallelbetrieb vorschreibt und sie ist auch schon lange keine Vorschrift mehr. Damit stellt sich aber

Digitized by Google

das Parallelschaltungsproblem auf eine ganz neue Grundlage und muß nochmals gelöst werden.

Die Gefahr des Parallelbetriebes liegt lediglich darin, daß in dem geschlossenen Stromkreis, den die Wicklungen der beiden Transformatoren mit den ihre gleichnamigen Klemmen verbindenden Leistungsstücken primär und sekundär bilden (Abb. 1), Ausgleichströme möglich sind, die ganz überflüssig sind, die für den Betrieb gar nichts leisten, die aber das Kupfer zusätzlich belasten und damit die Leistungsfähigkeit der Konstruktion heruntersetzen. Die Sorge um diese Ausgleichsströme läßt sich vereinfachen, wenn man sich den ganzen Spannungsabfall des Transformators zum Beispiel nur in der Sekundärwicklung vereinigt denkt. Noch

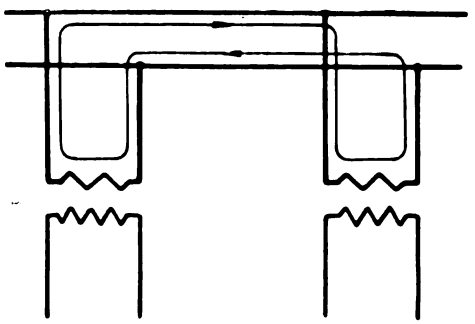


Abb. 1.

einfacher wird das Problem, wenn, was immer erreichbar ist, die Übersetzungsverhältnisse beider Transformatoren gleich groß sind. Zu überwachen ist dann lediglich ein geschlossener Stromkreis, in dem nur die Unterschiede der Gesamtspannungsabfälle stören können.

Wenn das Leitungsstück, das die Transformatoren verbindet, ganz kurz ist, entsteht das Hauptproblem zweier knapp nebeneinander parallel arbeitender Transformatoren. Abb. 2 entspricht

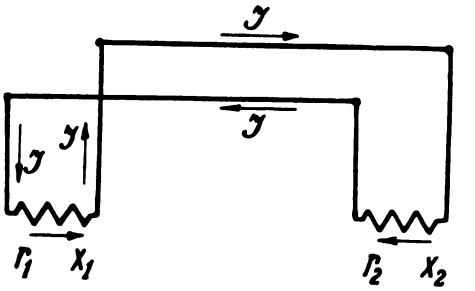


Abb. 2.

dann dem Ersatzschema mit den sekundär vereinigt gedachten Gesamtwiderständen, den Ohmschen r_1 und r_2 (Ohm) und den induktiven x_1 und x_2 (Ohm).

Der Parallelbetrieb ist offenbar tadellos, wenn bei der gewünschten Lastaufteilung die beiden Gesamtspannungsabfälle im geschlossenen Wicklungskreis keine Restspannung übrig lassen. Gewünscht wird immer eine Lastaufteilung, die auf jeden Transformator die zulässige Vollast legt, bzw. eine Lastaufteilung in diesem Verhältnis.

Der Gesamtspannungsabfall bei Vollast ist die sogenannte bezogene Kurzschlußspannung. Scheinbar erhält man demnach einen tadellosen Parallelbetrieb, wenn beide Transformatoren die gleiche Kurzschlußspannung haben. In der Tat gilt das als praktisch genügende Forderung. Die Kurzschlußspannung in Hundersteln der Betriebsspannung wird auch deshalb immer auf dem Leistungsschild des Transformators verzeichnet.

Die Forderung gleicher Kurzschlußspannungen bei gleichem Übersetzungsverhältnis ist offenbar nur eine Milderung der Forderungen der älteren Parallelbetriebstheorie. Sie ist theoretisch unzureichend, wie es die folgende Untersuchung zeigen muß, was übrigens schon lange bekannt ist. Sie ist aber noch immer zu streng, denn sie läßt sich praktisch immer noch nicht einhalten.

Wenn einmal der Ohmsche Spannungsabfall vollständig freigegeben werden muß, erscheint die große Beeinflußbarkeit des induktiven Spannungsabfalles des Transformators durch verschiedene konstruktive Maßregeln von großem Wert. Theoretisch lassen sich zweifellos immer gleiche Kurzschlußspannungen erzielen, denn auch wenn die Ohmschen Spannungsabfälle verschieden sind, können die induktiven, richtig gewählt, die Gesamtabfälle auf gleiche Höhe bringen.

Praktisch entsteht indessen eine nicht unbedeutende Schwierigkeit. Der Konstrukteur muß zugeben, daß der induktive Spannungsabfall eine genaue Vorausberechnung nicht gestattet. Die Berechnung des Streufeldes muß mit erheblichen Vereinfachungen arbeiten. Ein Spielraum von 15 vH für die Kurzschlußspannung muß auch dem gewissenhaftesten Konstrukteur zugestanden werden.

So steht in Wirklichkeit das Problem. Die Sicherheitsvorschriften des VDE verlangen für den einwandfreien Sammelschienen-Parallellauf, das heißt, für den Parallellauf knapp nebeneinander stehender Transformatoren, neben gleichem Übersetzungsverhältnis Kurzschlußspannungen, die nicht mehr als $\pm$ 10 vH von ihrem Mittel abweichen. Sie stellen sich damit auf den Boden der praktischen Möglichkeiten und müssen dafür den Begriff eines einwandfreien Parallelbetriebes weitherzig fassen.

Es ist eine besonders für den Betriebsingenieur wichtige Frage, was auf dieser Grundlage eigentlich einwandfrei ist. Die Frage ist schon das heutige Problem des Parallelbetriebes. Sie verdient es, gründlich beantwortet zu werden.

Es ist ohneweiters klar, daß man sich auf Ungleichheiten der Lastaufteilung gefaßt machen muß, sobald ungleiche Kurzschlußspannungen zugelassen werden. Aber der Fall liegt schwieriger. Auch bei gleich großen Kurzschlußspannungen sind Ausgleichsströme und damit Lastverschiebungen denkbar. Die Kurzschlußspannungen müssen nicht nur gleich groß, sondern auch noch phasengleich sein, um wirklich keine Restspannung im geschlossenen Stromkreis der beiden Wicklungen übrig zu lassen.

Abb. 3 entspricht phasengleichen Belastungsströmen I_1 und I_2, wie sie im Betrieb gewünscht werden. Der Gesamtspannungsabfall des einen

Digitized by Google

Transformators ist

$$I_1 \cdot \sqrt{r_1^2 + x_1^2},$$

der des anderen:

$$I_2 \cdot \sqrt{r_2^2 + x_2^2}.$$

Die Restspannung ΔE wächst nicht nur mit der Größe des Kurzschlußspannungsunterschiedes, sondern auch mit dem Phasenwinkel α, den die beiden Kurzschlußspannungen einschließen.

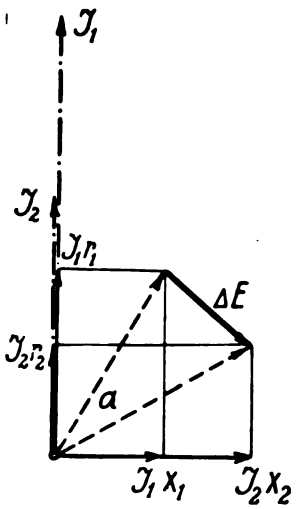


Abb. 3.

Die Erscheinung ist bedenklich. Die Restspannung kann von der Größenordnung der Kurzschlußspannung eines der beiden Transformatoren sein, der zu erwartende Ausgleichsstrom demnach von der Größenordnung des Belastungsstromes, wenigstens solange der Phasenwinkel α frei ist.

Die Sicherheitsvorschriften begrenzen ihn in keiner Weise. Sie rechnen zweifellos mit ihm, denn bei Einheitstransformatoren, die doch gleiche Verluste im Kupfer bei gleicher Leistung erwarten lassen, gestatten sie Abweichungen von den festgesetzten Werten der Kurzschlußspannung im Ausmaße von + 10 und — 20 vH. Damit wird nun der „einwandfreie" Parallelbetrieb eine Betriebserscheinung, die jeder Betriebsingenieur wirklich genau kennen muß.

Es ist empfehlenswert, von den gewünschten Belastungsströmen des idealen Parallelbetriebes I_1 und I_2 auszugehen, die selbstverständlich phasengleich und den Leistungen ihrer Transformatoren proportional sind. Sie ergeben im geschlossenen Wicklungsstromkreis eine Restspannung:

$$\Delta E = \pm \sqrt{(I_1 r_1 - I_2 r_2)^2 + (I_1 x_1 - I_2 x_2)^2}. \quad (1).$$

Das eine Vorzeichen gilt immer für die eine Wicklung, das andere für die andere Wicklung, denn der Ausgleichstrom wird aus der einen Wicklung in die andere fließen.

Die Restspannung hat den Gesamtwiderstand der beiden hintereinandergeschalteten Wicklungen:

$$\sqrt{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2}$$

zu überwinden, so daß sich ein Ausgleichstrom:

$$I = \pm \frac{\sqrt{(I_1 r_1 - I_2 r_2)^2 + (I_1 x_1 - I_2 x_2)^2}}{\sqrt{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2}}. \quad (2)$$

ergibt.

Stellt man sich auf den Standpunkt jedes einzelnen Transformators, so bekommt man natürlich zwei Ausgleichströme. Sie sind gleich groß, aber in Gegenphase was Gleichung (2) sofort erkennen läßt.

Für die Beurteilung der Brauchbarkeit des Parallelbetriebes ist es unbedingt wichtig, festzustellen, welche Gesamtströme nun in den beiden Transformatoren fließen. Der ursprüngliche Belastungsstrom des idealen Parallelbetriebes gibt zusammen mit dem Ausgleichstrom den tatsächlichen Gesamtstrom in jeder Wicklung, der unter keinen Umständen den Nennstrom übersteigen darf.

Nicht nur die Größe des Ausgleichstromes wäre demnach zu bestimmen, sondern auch seine Phase, besser gesagt, der Phasenwinkel, den er mit dem eigentlichen Belastungsstrom einschließt. Diese Aufgabe sieht schwieriger aus als sie ist. Ein ganz klares Bild gibt sofort das Vektorenbild, das zunächst entworfen werden soll.

In der Abb. 4 ist E der Vektor der in beiden Transformatoren gleich großen induzierten Sekundärspannung. Diese Spannung würde von den Belastungsströmen I_1 und I_2 der idealen Lastaufteilung auf die im allgemeinen verschiedenen Klemmenspannungen E_1 und E_2 verkleinert werden.

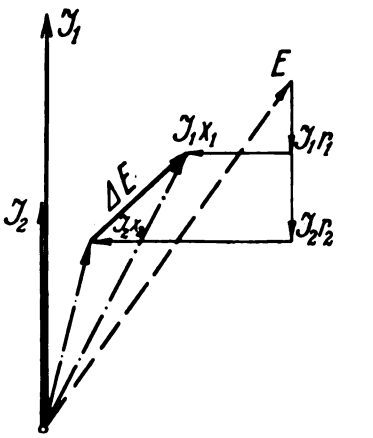


Abb. 4.

Im kurzgeschlossenen Stromkreis der beiden Wicklungen widersetzt sich der Spannung E_1 die Spannung E_2. Unter dem Einfluß der sich ergebenden Restspannung $+\Delta E$ fließt dann der Ausgleichstrom $+I$ aus dem Transformator 1 in den Transformator 2.

Abb. 5 geht von den idealen Belastungsströmen I_1 und I_2 aus und konstruiert die Restspannung ΔE unmittelbar. Sie zeigt ferner die Rolle des Ausgleichstromes I im tatsächlichen Belastungsbild der beiden parallel arbeitenden Transformatoren.

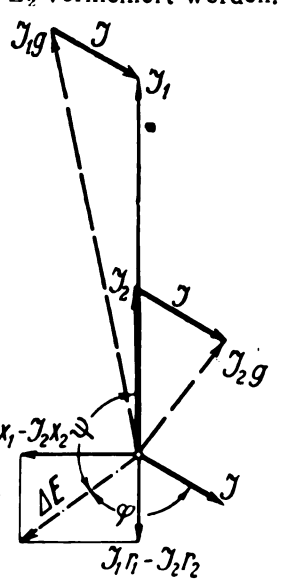


Abb. 5.

Die Rechnung, die der Abb. 5 folgt, ist wohl etwas umständlich. Sie soll trotzdem dem eingeschlagenen Weg folgen. Es ist offenbar:

$$I_{1g}^2 = I_1^2 + I^2 - 2 I_1 I \cos(\varphi + \psi)$$

die Bestimmungsgleichung für den tatsächlichen Gesamtbelastungsstrom des ersten Transformators.

Digitized by Google

Nun ist

$$\cos(\psi - 90) = \frac{I_1 x_1 - I_2 x_2}{\Delta E},$$

$$\sin(\psi - 90) = \frac{I_1 r_1 - I_2 r_2}{\Delta E},$$

außerdem nach Abb. 6:

$$\cos\varphi = \frac{I(r_1 + r_2)}{\Delta E}, \quad \sin\varphi = \frac{I(x_1 + x_2)}{\Delta E}.$$

So ergibt sich das Resultat:

$$\left(\frac{I_{1g}}{I_1 + I_2}\right)^2 = \frac{r_2^2 + x_2^2}{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2} \quad \ldots (3)$$

das auch einfacher zu haben ist, wenn einfach die Verteilung des Gesamtbelastungsstromes:

$$I_g = I_1 + I_2$$

auf die beiden parallel geschalteten Impedanzen:

$$\sqrt{r_1^2 + x_1^2} \text{ und } \sqrt{r_2^2 + x_2^2}$$

gesucht wird.

Selbstverständlich ist auch der tatsächliche Gesamtstrom im Transformator 2 auf die gleiche Art mit

$$\left(\frac{I_{2g}}{I_1 + I_2}\right)^2 = \frac{r_1^2 + x_1^2}{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2} \quad \ldots (4)$$

zu haben. Dies folgt übrigens auch schon aus der Tatsache, daß die tatsächlichen Gesamtbelastungsströme in beiden Transformatoren gleiche Gesamt-

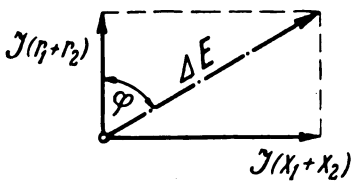


Abb. 6.

spannungsabfälle hervorbringen müssen, was zur Beziehung:

$$\frac{I_{1g}}{I_{2g}} = \sqrt{\frac{r_2^2 + x_2^2}{r_1^2 + x_1^2}} \quad \ldots (5)$$

führt.

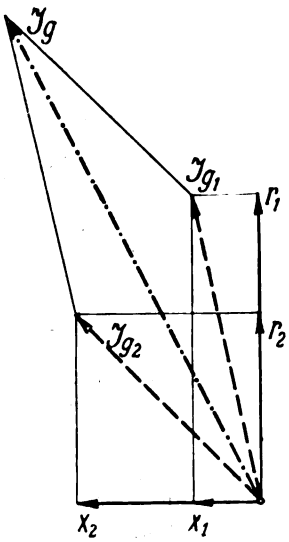


Abb. 7*).

Ein recht anschauliches Bild der Lastaufteilung gibt Abb. 7, die zunächst lediglich die beiden parallel geschalteten Impedanzen und deren Summe, das heißt, die Impedanz des geschlossenen Wicklungsstromkreises, benützt. Sie gibt schon gleichzeitig die Lastaufteilung an. Wenn nämlich der Vektor der Gesamtimpedanz des geschlossenen Wicklungsstromkreises als Vektor des Gesamtbelastungsstromes I_g der Transformatorgruppe genommen wird, so stellt im gleichen Maßstab und in richtiger Phasenverschiebung der Vektor der Impedanz des Transformators 1 den tatsächlichen Belastungsstrom des Transformators 2, das heißt, I_{g2} dar und umgekehrt.

Das wichtigste Ergebnis dieser Darstellungsart ist wohl die Tatsache, daß es keineswegs feststeht, daß der eine Transformator überlastet, der andere gleichzeitig entlastet wird, wenn die Kurzschlußspannungen nicht gleich groß und nicht phasengleich sind. Es ist ganz gut möglich, daß beide Transformatoren überlastet werden.

Am einfachsten geht man, um dies einzusehen, von gleich großen Transformatoren aus, die gleich große, aber nicht phasengleiche Kurzschlußspannungen haben. Abb. 8 entsteht auf diese Weise. Nach den Sicherheitsvorschriften ist dies ein klarer Fall „einwandfreien" Parallelbetriebes.

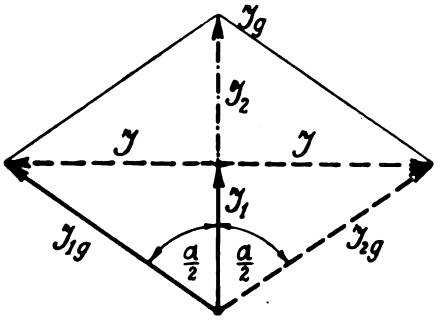


Abb. 8.

Aus der Abb. 8 ersieht man sofort, daß beide Transformatoren im Verhältnis:

$$\frac{I_{1g}}{I_1} = \frac{I_{2g}}{I_2} = \frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

überlastet werden. Maßgebend für die Höhe der Überlastung ist lediglich der Phasenwinkel der beiden Kurzschlußspannungen.

Praktisch ist die Gefahr allerdings nicht sehr groß. Die Ohmschen Widerstände gleich großer

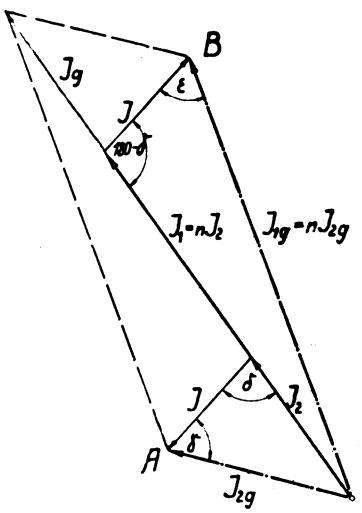


Abb. 9.

Transformatoren können nur dann erheblich voneinander abweichen, wenn zwei sehr verschiedene Bauarten zusammenkommen. Immerhin ist der

*) In der Abb. 7 sind J_{g1} und J_{g2} miteinander zu vertauschen.

Digitized by Google

Parallelbetrieb eines Öltransformators und eines Trockentransformators bedenklich; auch wenn die Kurzschlußspannungen gleich groß sind. Ebenso ist es nicht ratsam, einen alten Transformator neben einen neuen zu stellen.

Die Gefahr wird erheblich, wenn zwei Transformatoren sehr verschieden großen Leistungen nebeneinander gestellt werden, wenn auch die Kurzschlußspannungen genau gleich groß sind. Es ist notwendig, diesen praktisch wichtigen Fall eingehender zu untersuchen.

Abb. 9 zeigt wieder die Lastaufteilung für gleiche Kurzschlußspannungen, die einen Phasenwinkel α einschließen. Der Gesamtbelastungsstrom I_g ist zweifellos:

$$I_g = (n+1)\, I_2 = \frac{n+1}{n} I_1 = I_1 + I_2$$

Außerdem ist:

$$I_2 = \frac{I_1}{n}$$

wenn die Nennleistungen der beiden Transformatoren im Verhältnis

$$n:1$$

stehen.

Nun ist:

$$I_{gg}^2 = I_{2g}^2 + n^2 . I_{2g}^2 - 2n . I_{2g}^2 \cos(180 - \alpha),$$

somit:

$$\frac{I_{2g}}{I_2} = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{2n}{(1+n)^2}(1-\cos\alpha)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{4n}{(1+n)^2}\sin^2\frac{\alpha}{2}}}.$$

Man überzeugt sich leicht, daß auch:

$$\frac{I_{1g}}{I_1} = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{4n}{(1+n)^2}\sin^2\frac{\alpha}{2}}}$$

ist. Beide Transformatoren werden wieder überlastet. Der Überlastungsfaktor:

$$K = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{4n}{(1+n)^2}\sin^2\frac{\alpha}{2}}}$$

nimmt für den besonderen Fall:

$$n = 1$$

natürlich den bereits bekannten Wert:

$$K = \frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

an.

Es empfiehlt sich, dem Ausdruck für den Überlastungsfaktor die Form:

$$K = \frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}\sqrt{1 + \left(\frac{n-1}{n+1} . \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)^2}}$$

zu geben. Er läßt dann erkennen, daß mit wachsendem Größenunterschied der beiden parallel geschalteten Transformatoren die Überlastung abnimmt. Aber nur scheinbar bringt der Fall ungleicher Transformatoren eine Erleichterung. Mit wachsendem Größenunterschied wächst unweigerlich auch der Phasenwinkel, der als gleich groß angenommenen Kurzschlußspannungen.

Das erste wichtige Ergebnis der vorliegenden Untersuchung ist die Tatsache, daß bei gleich großen Kurzschlußspannungen beide Transformatoren in gleichem Ausmaße überlastet werden. Der Phasenwinkel zwischen den Kurzschlußspannungen ist dabei in erster Linie maßgebend.

Besonders anschaulich zeigt das der Fall zweier gleich großer Transformatoren, Abb. 8 läßt deutlich erkennen, daß der Ausgleichstrom gegen den eigentlichen Belastungsstrom in beiden Transformatoren um eine Viertelperiode verschoben ist, er gibt seine Stromwärme in voller Höhe als unerwünschte Zugabe des Parallelbetriebes.

Es ist wahr, daß im Falle zweier gleich großer Transformatoren schon ein Phasenwinkel von mindestens 45° zwischen den beiden Kurzschlußspannungen vorhanden sein muß, wenn beiderseits eine zehnprozentige Überlastung auftreten soll. Aber 30° genügen schon für 4 vH Überlast. Bei verschieden großen Transformatoren entstehen große Phasenwinkel leicht. Der scheinbar ganz einwandfreie Parallelbetrieb wird auf diese Weise unangenehm.

Der Fall gleich großer Kurzschlußspannungen, die gegeneinander phasenverschoben sind, ist praktisch von erheblicher Bedeutung. Die Strommesser täuschen über die wahren Verhältnisse, wenn sie gleich zeigen und dadurch einen idealen Parallelbetrieb vorspiegeln.

Nur zu leicht läßt sich in solchen Fällen der Betriebsingenieur verführen, einen Leistungsfaktor der Netzbelastung herauszurechnen, der in Wirklichkeit merklich besser ist. Der Leistungszeiger und die Strommesser der beiden Transformatoren gehören eben nicht zusammen. Der Parallelbetrieb verlangt eine Strommessung auch im Netz selbst.

Die Phasenverschiebung zwischen den Kurzschlußspannungen parallel geschalteter Transformatoren ist nach all dem eine unangenehme Zugabe des Betriebes, die aber, wie bereits eingangs erwähnt wurde, unvermeidlich ist. Sie bringt eine unangenehme zusätzliche Belastung der Transformatoren, der man möglichst aus dem Weg gehen muß. Praktisch ist man ihr umso mehr ausgesetzt, je verschiedener die Leistungen der beiden Transformatoren sind. Mit Recht empfehlen deshalb die Sicherheitsvorschriften des VDE Vorsicht, indem sie vor Parallelbetrieben warnen, die ein größeres Leistungsverhältnis als 3 : 1 zeigen.

Es war notwendig, zuerst das kleinere, obwohl wegen seiner Tücke unangenehmere Übel des Parallelbetriebes zu besprechen. Die eigentlichen Schwierigkeiten des Parallelbetriebes entstehen indessen erst, wenn die beiden Kurzschlußspannungen nicht gleich groß sind. Wie bereits erwähnt, müssen die Sicherheitsvorschriften Abweichungen um ± 10 vH vom Mittelwert zulassen. Die Kurz-

Digitized by Google

schlußspannungen können somit praktisch um 20 vH voneinander abweichen.

Es empfiehlt sich nun, die Möglichkeit einer Phasenverschiebung zwischen der Kurzschlußspannung unbeachtet zu lassen, wenn die Folgen des Größenunterschiedes der Kurzschlußspannungen untersucht werden. Das Ergebnis ist dann sofort erhältlich.

Die eigentlichen Belastungsströme weichen offenbar in diesem Falle genau so von den idealen Belastungsströmen ab, wie die Kurzschlußspannungen von ihrem Mittelwert. Dies gilt, wie leicht einzusehen ist, für gleich große Transformatoren ebenso, wie für Transformatoren verschiedener Leistung.

Die Sicherheitsvorschriften lassen nach dieser Feststellung unumwunden eine zehnprozentige Überlastung des einen und eine zehnprozentige Entlastung des anderen Transformators zu. Immer wird natürlich der Transformator mit der größeren Kurzschlußspannung entlastet. Der Parallelbetrieb zweier 100 kVA-Transformatoren zum Beispiel ist einwandfrei, wenn der eine 100 kVA, der andere 80 kVA aufnimmt.

Dies kann nicht eindringlich genug festgestellt werden, denn nur zu oft geschieht dem Konstrukteur schweres Unrecht. Allerdings muß zugegeben werden, daß bei gleich großen Transformatoren ungleich große, aber phasengleiche Kurzschlußspannungen wenig wahrscheinlich sind. Mit wachsendem Leistungsunterschied wächst diese Wahrscheinlichkeit.

Nun erst kann das Parallelschaltungsproblem in seinem vollen Umfange gelöst werden. Es handelt sich gewöhnlich sowohl um ungleich große als auch um gegeneinander phasenverschobene Kurzschlußspannungen. Es läßt sich erwarten, daß die Folgen beider Ungleichheiten gleichzeitig auftreten werden. In welcher Verbindung das geschieht muß eine abschließende Untersuchung zeigen.

Für zwei gleich große Transformatoren zeigt Abb. 10 sehr anschaulich, daß sich der Phasenunterschied der Kurzschlußspannungen und deren Größenunterschied beide praktisch auswirken. Immer kann man sich nämlich den Ausgleichstrom I in zwei Teilströme zerlegt denken, wovon der eine um 90° gegen den idealen Belastungsstrom des Transformators I_1 bzw. I_2 verschoben ist. Mit genügender Genauigkeit kann man somit damit rechnen, daß der eine Transformator zunächst überlastet, während der andere entlastet wird, so, daß sie die Gesamtlast im umgekehrten Verhältnis der Kurzschlußspannungen tragen und daß außerdem beide noch genau im gleichen Verhältnis deshalb überlastet werden, weil die Kurzschlußspannungen gegeneinander phasenverschoben sind.

Diese Erkenntnis ist so wichtig, daß es sich lohnt, das Problem allgemein und exakt zu lösen. So schwierig nun die Lösung erscheint, so einfach läßt sie sich erreichen. Die nachfolgende Untersuchung bestätigt dies sofort.

Zwei Transformatoren mit dem Leistungsverhältnis n sollen parallel geschaltet werden. Ihre Kurzschlußspannungen seien weder gleich groß, noch phasengleich. Die Kurzschlußimpedanzen stünden im falschen Verhältnis n', statt im richtigen n und ein Phasenwinkel α soll sie voneinander trennen.

Abb. 9 ist zunächst für das richtige Verhältnis n der Kurzschlußimpedanzen, jedoch schon mit dem Phasenwinkel α entworfen. Die idealen Belastungsströme I_1 und I_2 stehen bei gegebenem Gesamtbelastungsstrom der Transformatorengruppe I_g im Verhältnis:

$$K = \frac{I_{1g}}{I_1} = \frac{I_{2g}}{I_2}$$

zu den tatsächlichen Belastungsströmen, wie es die vorangehenden Untersuchungen zeigen.

Abb. 9 zeigt nun, daß damit die Phase des Ausgleichstromes I festgelegt ist. Es ist nämlich:

$$\frac{I_{1g}}{I_1} = \frac{\sin(180 - \delta)}{\sin \varepsilon},$$

außerdem

$$\frac{I_{2g}}{I_2} = \frac{\sin \delta}{\sin \gamma}.$$

Es muß aber:

$$\frac{\sin(180 - \delta)}{\sin \varepsilon} = \frac{\sin \delta}{\sin \gamma} = K$$

sein, weshalb auch:

$$\varepsilon = \gamma$$

werden muß.

Dies ist nur möglich, wenn der Vektor des Ausgleichstromes I den Winkel sowohl bei A

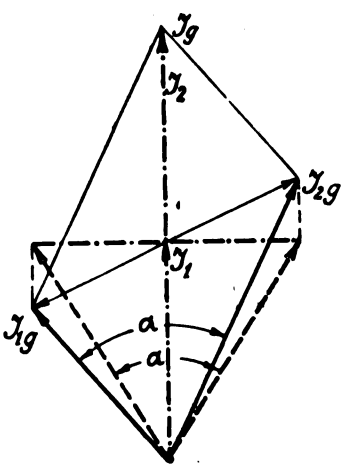


Abb. 10.

(Abb. 9), als auch bei B hälftet, das heißt, wenn

$$\varepsilon = \gamma = \frac{1}{2}(180 - \alpha)$$

ist.

Dieses Ergebnis ist für die Beurteilung der ungenauen Parallelbetriebe von großem Wert. Auch hier, bei der Untersuchung des allgemeinen Parallelschaltungsproblems wird es mitbenützt werden können, wie sich sofort zeigen wird.

Wenn nun bei gleichbleibendem Phasenwinkel α der beiden Kurzschlußspannungen das Impedanzenverhältnis n auf n' geändert wird,

Digitized by Google

während natürlich der Gesamtbelastungsstrom I_g bleibt, entstehen neue Belastungsströme der beiden Transformatoren, I_{g1} geht in I_{g1}', I_{g2} in I_{g2}' über. Aber der Punkt B der Abb. 9 muß immer auf einem Kreis bleiben, der durch den gleichbleibenden Winkel 180—a bei B' und die Sehne I_g bestimmt ist. Auf dem gleichen Kreise enden auch alle Richtungen des Ausgleichstromes I (Abb. 11).

Der allgemeine Fall des Parallelbetriebes läßt sich nun klar übersehen. Wenn nämlich, was immer sein muß:

$$\frac{I_{g1}'}{I_{g2}'} = n'$$

ist, werden die idealen Belastungsströme I_1 und I_2, die natürlich im Verhältnis

$$\frac{I_1}{I_2} = n$$

stehen, auf I_1' und I_2' geändert, so daß sie nun im Verhältnis:

$$\frac{I_1'}{I_2'} = n'$$

stehen.

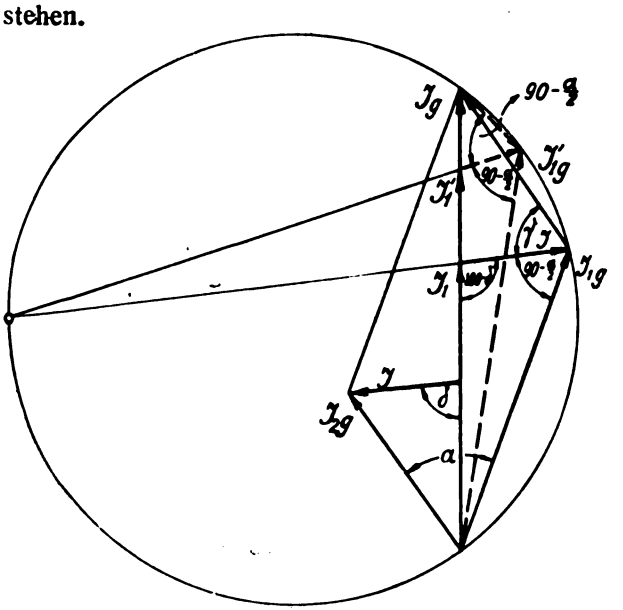


Abb. 11.

Außerdem wird aber das Verhältnis:

$$\frac{I_{1g}}{I_1} = \frac{I_{2g}}{I_2} = K = \frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}\cdot\sqrt{1+\left(\frac{n-1}{n+1}\cdot\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)^2}}$$

auf:

$$\frac{I_{1g}'}{I_1'} = \frac{I_{2g}'}{I_2'} = K' = \frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}\cdot\sqrt{1+\left(\frac{n'-1}{n'+1}\cdot\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)^2}}$$

verschoben.

Es bleibt somit dabei, daß einerseits das Verhältnis der Kurzschlußspannungen, andererseits die Phasenverschiebung der Kurzschlußspannungen voll zur Geltung kommen.

1. Beispiel: Zwei gleich große Transformatoren haben Kurzschlußspannungen, die um + 10 vH bezw. um — 10 vH von Mittelwert abweichen, was nach den Sicherheitsvorschriften zulässig ist, außerdem aber einen Phasenwinkel von 30° zeigen, was nach den Vorschriften sowohl zulässig, als auch leicht möglich ist.

Es ist somit:

$$n = 1$$

$$n' = \frac{1{\cdot}1}{0{\cdot}9} = 1{\cdot}225$$

$$a = 30°.$$

Die beiden idealen Belastungsströme, die natürlich gleich groß sind, werden verschoben. Der eine steigt zunächst auf 110 vH, der andere sinkt auf 90 vH. Beide werden außerdem:

$$K' = \frac{1}{\cos 15\sqrt{1+\left(\frac{1{\cdot}225-1}{1{\cdot}225+1}\operatorname{tg} 15\right)^2}} = 1{\cdot}033 \text{ mal}$$

vergrößert, so daß die tatsächlichen Belastungsströme

$$110 \times 1{\cdot}033 = 114 \text{ vH, bzw.}$$
$$90 \times 1{\cdot}033 = 92 \text{ vH}$$

der idealen betragen. Mit zwei 100 kVA-Transformatoren kann man unter diesen Verhältnissen natürlich nicht 200 kVA bewältigen, sondern nur

$$100 + \frac{92}{1{\cdot}14} = 180{\cdot}7 \text{ kVA.}$$

Aber dies ist noch nicht alles. Mit dieser einen Ermäßigung der Belastung wird nur die ordentliche Kühlung der Transformatoren gesichert. Für den Betrieb brauchbar sind nur:

$$\frac{180{\cdot}7}{1{\cdot}033} = 174 \text{ kVA.}$$

Dieses Ergebnis zeigt dem Betriebsingenieur klar, welche Unannehmlichkeiten auch der „einwandfreie" Parallelbetrieb bringen kann. Noch unbequemer sind allerdings die Verhältnisse bei ungleich großen Transformatoren, was ebenfalls ein Beispiel am besten zeigen kann.

2. Beispiel: Zwei Transformatoren mit dem Leistungsverhältnis 3 : 1 werden parallel geschaltet. Ihre Kurzschlußspannungen sollen wieder im Verhältnis 1·1 zu 0·9 stehen, was einem Verhältnis der Kurzschlußimpedanzen

$$\frac{1}{1{\cdot}1} : \frac{3}{0{\cdot}9} = 3{\cdot}67 : 1$$

entsprechen möge. Der Phasenwinkel der Kurzschlußspannungen sei 60°.

Es ist also

$$n = 3, \quad n' = 3{\cdot}67, \quad a = 60°.$$

Die idealen Belastungsströme, die natürlich im Verhältnis 3 : 1 stehen, werden wieder zunächst im Verhältnis $n' : n$ verschoben. Sie erreichen deshalb wieder 110 vH bezw. 90 vH der ursprünglichen Werte. Beide werden sodann

$$K' = \frac{1}{\cos 30\cdot\sqrt{1+\left(\frac{3{\cdot}67-1}{3{\cdot}67+1}\operatorname{tg} 30\right)^2}} = 1{\cdot}15 \text{ mal}$$

vergrößert, so daß sie auf 126·3 bezw. 103·5 der ursprünglichen Höhe ansteigen.

Wenn der eine Transformator 100 kVA, der andere 300 kVA Nennleistung hat, so wird der kleinere nur noch

$$\frac{100}{126{\cdot}3} \times 103{\cdot}5 = 82 \text{ kVA}$$

übernehmen, wenn der größere seine vollen 300 kVA liefert, vorausgesetzt natürlich, daß der kleinere Transformator die größere Kurzschlußspannung hat.

Aber für den Betrieb entsteht dadurch nicht allein eine Veringerung der Leistungsfähigkeit der Transformatorengruppe im Verhältnis

$$(300 + 82) : 400.$$

Die Phasenverschiebung der Kurzschlußspannungen tut das ihrige, so daß ein Leistungsverlust im Verhältnis:

$$\frac{300 + 82{\cdot}0}{1{\cdot}15 \times 400} = 0{\cdot}825$$

entsteht.

Digitized by Google

Hat der kleinere Transformator die kleinere Kurzschlußspannung, so ist nur eine Lastaufteilung von

$$100 : \frac{300}{126^{\cdot 3}} \times 103^{\cdot 6} = 100 : 246 \text{ kVA}$$

möglich. Diesmal entsteht ein Gesamtleistungsverlust im Verhältnis

$$\frac{246 + 100}{1{\cdot}15 \times 400} = 0{\cdot}753.$$

Es ist ein ziemlich unerfreuliches Bild. Die „einwandfreien" Parallelbetriebe verdienen ihre Bezeichnung kaum. Daran ändert die Tatsache wenig, daß die Sicherheitsvorschriften vor Parallelbetrieb zweier Transformatoren stark verschiedener Leistung warnen.

Die Phasenverschiebung der Kurzschlußspannungen, die von den Vorschriften überhaupt freigegeben wird, kann besonders unangenehm werden. Der Phasenwinkel α bringt praktisch auf jeden Fall einen Gesamtleistungsverlust im Verhältnis $1 : \cos\frac{\alpha}{2}$. Die beiden Rechnungsbeispiele zeigen, daß man mit genügender Genauigkeit:

$$K = \frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

setzen kann.

Es bleibt nichts anderes übrig, als die Parallelbetriebe genauer anzusehen.

Die bisherige Untersuchung beschäftigt sich lediglich mit zwei parallelgeschalteten Transformatoren, die knapp nebeneinander stehen. Sie berücksichtigt den Einfluß des Leistungsstückes, das die Transformatoren verbindet, in keiner Weise. Parallelbetriebe von Transformatoren, die weit voneinander im gleichen Netze arbeiten, müssen noch untersucht werden.

Parallelbetriebe dagegen, die Transformatoren knapp nebeneinander stellen, zerfallen in zwei Gruppen, in notwendige und überflüssige. Für die zweite Gruppe gilt nach den Ergebnissen der vorangehenden Untersuchung, daß sie unbedingt vermieden werden sollen.

Es kommt in der Tat häufig vor, daß zwei Transformatoren knapp nebeneinander parallel arbeiten, obwohl sie durch einen einzigen größeren ersetzt werden könnten. Die Entwicklung der Elektrizitätswerke bringt es mit sich, daß die Transformatorenstationen allmählich verstärkt werden. Die Reservezellen werden mit weiteren Transformatoren belegt, die den wachsenden Anschluß übernehmen.

Beim Entwurf der Transformatorkammern sollte man nicht mehrere Transformatorzellen gegebener Größe vorsehen, sondern zweckmäßigerweise höchstens zwei solche Zellen vorsehen, diese aber reichlicher bemessen. Dann wird man unmittelbar dazu gedrängt, immer größere Einheiten aufzustellen, statt immer wieder einen weiteren Transformator hinzuzufügen.

Es ist nicht wahr, daß dieser Vorgang zu große Anschaffungen erfordert. Die ausfallenden kleinen Einheiten können immer wieder in neu aufgeführten Stationen, für neue Anschlüsse verwendet werden. Wenn man sich nach dem Grundsatz einrichtet, immer nur größere Einheiten anzuschaffen, statt kleine auf Lager zu behalten, wird man leicht und besser auskommen. Die ganze Betriebspolitik muß eben richtig eingestellt werden.

Natürlich gibt es immer wieder unvermeidliche Parallelbetriebe knapp nebeneinander stehender Transformatoren. Für diese zweite Gruppe entsteht die Frage, ob es nicht doch ratsam ist, den „einwandfreien" Betrieb durch künstliche Mittel zu verbessern.

Diese wichtige Frage läßt sich merkwürdigerweise gleichzeitig mit der Untersuchung von

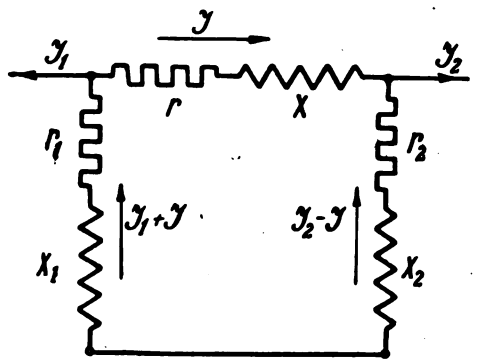


Abb. 12.

Parallelbetrieben, die im Netz verteilte Transformatoren vereinigen, erledigen. Die folgenden Überlegungen gelten somit in erster Linie für zwei Transformatoren, die durch ein längeres Leitungsstück miteinander verbunden werden.

Das auf diese Weise erweiterte Problem des Parallelbetriebes kann sehr verwickelt werden. Es empfiehlt sich deshalb, zunächst den einfachsten Fall zu nehmen, nämlich den Fall, daß an das Verbindungsstück des Netzes zwischen den beiden Transformatoren kein Verbraucher angeschlossen ist. Das die Transformatoren verbindende Leitungsstück bringt in den kurzgeschlossenen Stromkreis

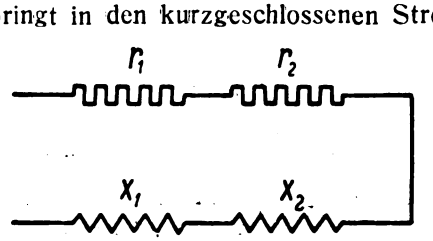


Abb. 13.

der beiden Wicklungen eine zusätzliche Impedanz. Nach Abb. 12 ergibt sich auf diese Weise eine Erweiterung der ursprünglichen Anordnung der Abb. 13. Im Kreis der drei Impedanzen: z, des ersten Transformators, z des verbindenden Leitungsstückes und z_2 des zweiten Transformators kreist nach Abb. 12 der Ausgleichsstrom I des Parallelbetriebes. Aus der Impedanz z_1 kommt außerdem der ideale Belastungsstrom I_1, der links, aus der Impedanz z_2 der ideale Belastungsstrom I_2, der rechts ins Netz abfließt, ohne das Verbindungsstück zu berühren.

Digitized by Google

Die beiden tatsächlichen Belastungsströme sind:

$$I_{1g} = I_1 + I \text{ und } I_{2g} = I_2 - I,$$

außerdem muß ersichtlicherweise

$$I_{1g} z_1 + I z - I_{2g} z_2 = 0$$

werden.

Daraus folgt:

$$I = \frac{I_2 z_2 - I_1 z_1}{z_1 + z + z_2},$$

ferner

$$\frac{I_{1g}}{I_1 + I_2} = \frac{z_2 + z \frac{I_1}{I_1 + I_2}}{z_1 + z + z_2},$$

bzw.

$$\frac{I_{2g}}{I_1 + I_2} = \frac{z_1 + z \frac{I_2}{I_1 + I_2}}{z_1 + z + z_2}.$$

Die Gleichungen sind in voller Übereinstimmung mit den Gleichungen (2), (4) und (5), denn für

$$z = 0$$

ist in der Tat

$$I = \frac{I_2 z_2 - I_1 z_1}{z_1 + z_2};$$

ferner:

$$\frac{I_{1g}}{I_1 + I_2} = \frac{z_2}{z_1 + z_2},$$

und

$$\frac{I_{2g}}{I_1 + I_2} = \frac{z_1}{z_1 + z_2},$$

so, daß

$$\frac{I_{1g}}{I_{2g}} = \frac{z_2}{z_1}$$

ist.

Dies regt die Einführung der Ersatzimpedanzen:

$$z_1' = z_1 + z \frac{I_2}{I_1 + I_2} \quad \ldots\ldots (6)$$

und

$$z_2' = z_2 + z \frac{I_1}{I_1 + I_2} \quad \ldots\ldots (7)$$

an.

Offenbar ist:

$$z_1' + z_2' = z_1 + z_2,$$

so daß jetzt:

$$I = \frac{I_2 z_2' - I_1 z_1'}{z_1' + z_2'}$$

wird, weil ersichtlicherweise:

$$I_2 z_2' - I_1 z_1' = I_2 z_2 - I_1 z_1$$

ist.

Ferner ergibt sich nun einfach:

$$\frac{I_{1g}}{I_1 + I_2} = \frac{z_2'}{z_1' + z_2'}$$

und

$$\frac{I_{1g}}{I_{2g}} = \frac{z_2'}{z_1'}.$$

Das überraschende Ergebnis des Kunstgriffes ist die Feststellung, daß zwei durch ein beliebig langes Leitungsstück parallel geschaltete Transformatoren genau denselben Betriebsgesetzen folgen, wie zwei knapp nebeneinander stehende, vorausgesetzt natürlich, daß zwischen ihnen keine Verbraucher liegen. Das verbindende Leitungsstück verändert lediglich die Impedanzen der beiden Transformatoren, und zwar im Sinne der beiden Gleichungen (6) und (7).

Nun zeigen aber außerdem die beiden soeben angeführten Gleichungen, daß das Leitungsstück seine Impedanz mustergültig auf die beiden Transformatoren aufteilt, nämlich so, daß es jedem der beiden Transformatoren ein solches Stück zuschiebt, daß in ihm der ideale Belastungsstrom beiderseits die gleiche Spannung verbrauchen würde.

Besonders klar zeigt sich die Rolle des die Transformatoren verbindenden Leitungsstückes im Falle einer sehr großen Impedanz zwischen den Transformatoren, wenn somit:

$$z_1 = 0 \text{ und } z_2 = 0$$

gesetzt werden kann.

Dann ist:

$$z_1' = z \frac{I_2}{I_1 + I_2}, \quad z_2' = z \frac{I_1}{I_1 + I_2}$$

somit:

$$I = 0$$

und natürlich:

$$I_{1g} = I_1 \text{ bzw. } I_{2g} = I_2$$

Die Zwischenleitung arbeitet auf eine Verbesserung des Parallelbetriebes hin und je länger sie ist, umso besser wird die Lastaufteilung. Es ist aus der Erfahrung bekannt, daß tatsächlich Transformatoren umso besser parallel laufen, je weiter sie auseinander geschoben werden. Die einfache Untersuchung bestätigt und erklärt diese Tatsache erschöpfend.

Die Untersuchung gibt noch mehr. Sie läßt sofort erkennen, daß es für schlechte Parallelbetriebe knapp nebeneinander stehender Transformatoren gründliche und dabei einfache Abhilfe gibt. Man braucht nichts anderes als die Zwischenschaltung einer Impedanz zwischen die beiden Transformatoren. Je größer sie ist, umso besser wirkt sie.

So einfach geht es allerdings nicht. Würde man dem Grundsatz hemmungslos folgen, so würde man schließlich die leitende Verbindung der beiden Transformatoren ganz unterbrechen. Die Lastaufteilung wäre dann selbstverständlich ideal.

Daß das nicht geht, liegt auf der Hand. Man schaltet doch die Transformatoren deshalb parallel, damit im Bedarfsfalle ein Transformator abgeschaltet werden kann, während der Betrieb weitergeht. Eine große Impedanz im Verbindungsstück der Leitung würde dann den Betrieb ganz erheblich stören.

Diese Überlegung führt auch zwanglos zur Erkenntnis, daß Omsche Widerstände als Hilfsimpedanzen nicht in Betracht kommen. Sie würden zwar umso kleinere zusätzliche Energieverluste bringen, je größer sie wären, aber nur solange

Digitized by Google

beide Transformatoren angeschaltet bleiben. Wird dagegen der eine abgeschaltet, muß sofort der andere über den Hilfswiderstand hinweg in das frühere Arbeitsgebiet des abgeschalteten Transformators Strom liefern, wodurch Verluste entstehen, die mit der Größe der Hilfswiderstände wachsen.

Drosselspulen sind weit besser. Sie steuern, mit entsprechend großen Induktivitäten ausgestattet, den Parallelbetrieb und verursachen nach Abschaltung des einen Transformators lediglich einen Spannungsabfall. Die Energieverluste in ihren

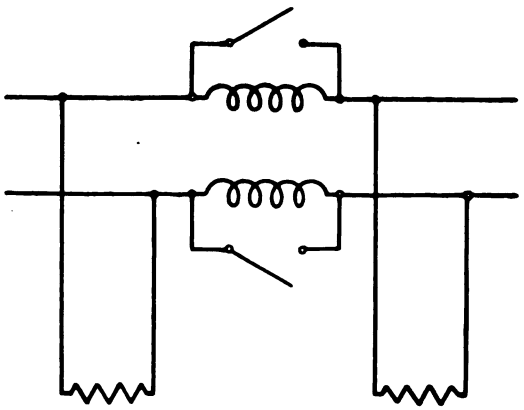


Abb. 14.

unvermeidlichen Ohmschen Widerständen können leicht auf ein erträgliches Maß heruntergedrückt werden.

Die beste Lösung ist eine kräftige Drosselspule, die nach Abb. 14 kurzgeschlossen wird, wenn ein Transformator abgeschaltet wird. Die Anordnung ist so einfach und so leicht anwendbar, daß sie wohl unzureichenden Parallelbetrieben einfür allemal ein Ende bereiten muß. Daß sie sich in jedem unvermeidlichen Fall knapp nebeneinander parallel arbeitender Transformator auszahlt, liegt klar.

Das Problem zweier, durch längere Leitungsstücke von einander getrennter Transformatoren hat indessen seine Tücken. Die Impedanz des ver-

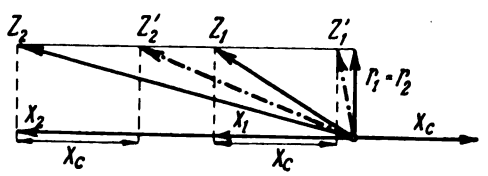


Abb. 15.

bindenden Leitungsstückes wird ideal aufgeteilt, sie ist ein Segen für den Parallelbetrieb, wenn sie groß ist, sie kann aber unter Umständen auch unangenehm werden. Am einfachsten läßt sich das im Falle gleich großer Transformatoren erkennen.

In diesem Falle übernimmt jeder der beiden Transformatoren die Hälfte der Impedanz der Verbindungsleitung. Wenn nun, was gewöhnlich der Fall ist, in den Transformatorenimpedanzen die Induktivitäten stark überwiegen, die Verbindungsleitung aber als Kabel jede der beiden, ungleich großen Wicklungsinduktivitäten um den gleichen Betrag verkleinert, kann die Lastaufteilung sehr verschlechtert werden. Der Fall der Abb. 15 ist im Betrieb sehr leicht möglich und verdient volle Aufmerksamkeit. Er ist vielleicht der wichtigste Fall versagenden Parallelbetriebes, ist außerdem in der Theorie kaum bekannt und wird nicht selten ganz gewaltiges Kopfzerbrechen bereiten.

Sind die Transformatoren nicht gleich groß, entstehen ganz gleiche Schwierigkeiten. Das Kabel als Verbindungsleitung parallel laufender Transformatoren ist demnach ein vorsichtig zu behandelnder Fall. Mit Sicherheitsvorschriften ist ihm nicht beizukommen. Drosselspulen werden auch in solchen Fällen helfen.

Im allgemeinsten Falle liegt zwischen den parallel arbeitenden Transformatoren nicht nur ein längeres Leitungsstück, an diesem Leitungsstück hängen außerdem auch noch Verbraucher. Es ist jetzt, nach Erledigung der einfacheren Fälle ohneweiters möglich, auch den allgemeinsten Fall zu lösen.

Es ist leicht einzusehen, daß den Verbrauchern, die zwischen den Transformatoren liegen, jener Transformator in erster Linie Strom zu liefern versuchen wird, der die kleinere Kurzschlußspannung hat, weil seine Klemmenspannung größer ist. In dem Leitungsstück bis zum Verbraucher wird er dann einen Spannungsabfall bekommen, der ganz auf seine Rechnung geht. Auf diese Weise verbessern die Verbraucher im Verbindungsstück des Netzes die Lastaufteilung.

Der schlimmste Fall des Parallelbetriebes können nach all dem zwei mit einem Kabel verbundene Transformatoren werden. Unangenehm sind zwei knapp nebeneinander stehende Transformatoren. Eine längere Freileitung zwischen den Transformatoren verbessert erheblich den Betrieb, auch wenn an ihr keine Verbraucher hängen. Wenn außerdem noch Verbraucher an die Verbindungsleitung angehängt werden, verschwinden praktisch alle Schwierigkeiten.

Die Untersuchung des Parallelbetriebes kann nicht abgeschlossen werden, ohne daß auch noch die Möglichkeit ungleicher Übersetzungsverhältnisse berücksichtigt wird. Praktisch ist diese Möglichkeit immerhin von Bedeutung. Transformatoren, die ursprünglich nicht für gemeinsame Arbeit bestimmt waren, können durch unvorhergesehene Notwendigkeiten des Betriebes zusammengeführt werden.

Irrtümer sind ebenfalls nicht ausgeschlossen. Der den Transformator bestellende Ingenieur gibt eine Sekundärspannung an, die er sich bei Vollast wünscht und die der Konstrukteur als Leerlaufspannung nimmt. Außerdem haben Transformatoren meist Anzapfungen, die das Übersetzungsverhältnis ändern. Fehlschaltungen sind gerade bei Transformatoren mit Anzapfungen leicht möglich.

Ungleiche Leerlaufspannungen geben zusätzliche Störungen des Parallelbetriebes, die sich offenbar den anderen, normalen, in der vorliegenden Arbeit untersuchten und beschriebenen einfach

Digitized by Google

überlagern. Es ist ganz leicht, diese Störungen zu beherrschen.

Die überschüssige Leerlaufspannung δE des einen Transformators treibt einfach einen eigenen Ausgleichstrom über den in sich geschlossenen Wicklungsstromkreis und das die Transformatoren verbindende Leitungsstück. Hat der eine Transformator die Impedanz z_1, der andere z_2, das Leitungsstück z, so ist der zusätzliche Ausgleichstrom:

$$I_0 = \frac{\delta E}{z_1 + z + z_2} = \frac{\delta E}{z_1' + z_2'}.$$

Dieser neue Ausgleichstrom hat die Eigentümlichkeit, daß er von der Höhe der Belastung ganz unabhängig ist, daß er somit auch beim Leerlauf auftritt. Der andere Ausgleichstrom I, der aus Ungleichheiten der Kurzschlußspannungen entsteht, richtet sich bekanntlich nach der Belastung, der er proportional bleibt.

Interessant ist weiters die leicht erkennbare Tatsache, daß der neue Ausgleichstrom I_0 seine Phase immer nach der Betriebsspannung einrichtet. Er eilt der größeren Leerlaufspannung des Transformators stark nach. Der eigentliche Ausgleichstrom I hat immer gegen den Belastungsstrom den Phasenwinkel $\left(90 - \frac{\alpha}{2}\right)$, wenn der Phasenwinkel der beiden Kurzschlußspannungen α ist (Abb. 11).

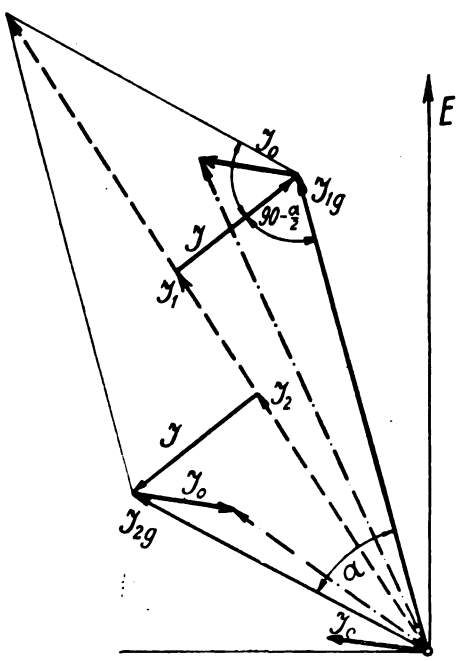


Abb. 16.

Abb. 16 zeigt, daß ungleiche Übersetzungsverhältnisse nicht unbedingt ein zusätzlicher Nachteil zu sein brauchen. Die beiden Ausgleichströme können sogar einen Gesamtausgleichstrom ergeben, der kleiner ist als jeder einzelne von ihnen.

So merkwürdig das auch aussehen mag, Tatsache ist es, daß man zuweilen mangelhafte Parallelbetriebe durch Änderung der Übersetzungsverhältnisse des einen Transformators verbessern kann. Diese Tatsache ist sogar praktisch von erheblicher Bedeutung.

Unsere neuzeitigen Transformatoren sind normal mit Anzapfungen ausgestattet. Gewöhnlich kann man mit Hilfe der Anzapfungen das Übersetzungsverhältnis um ± 4 vH ändern. Die Kurzschlußspannung hat nun ungefähr die Größe von 4 vH der Nennspannung. Bei zwei gleich großen Transformatoren lassen sich auf diese Weise zusätzliche Ausgleichströme von ungefähr 50 vH der Vollastströme erzeugen.

Abb. 16 läßt erkennen, daß man am leichtesten mit dem zusätzlichen Ausgleichstrom I_0 in Gegenphase mit dem normalen Ausgleichstrom I bei kleinen Phasenverschiebungswinkeln der Belastung kommt, weil I_0 stark gegen die Betriebsspannung zurückbleibt. Das gibt dem merkwürdigen Auskunftsmittel einen erhöhten Wert.

Allerdings darf nicht vergessen werden, daß die möglicherweise erzielte Verbesserung des Parallelbetriebes von der Höhe der Belastung abhängig ist. Bei steigender und wachsender Belastung wird dann einmal der normale, das andere Mal der zusätzliche Ausgleichstrom überwiegen.

So erklären sich die schwankenden Lastaufteilungen mancher Parallelbetriebe bei schwankender Belastung. Sie sind ein untrügliches Kennzeichen der Ungleichheit der Übersetzungsverhältnisse. Ebenso lassen Belastungsströme im Leerlauf ebenfalls mit Sicherheit auf ungleiche Übersetzungsverhältnisse schließen.

Schließlich darf nicht unerwähnt bleiben, daß mit Unrecht ungleiche Übersetzungsverhältnisse im Parallelbetrieb schroff verurteilt werden, während ungleiche Kurzschlußspannungen geduldet sind. Der Unterschied ist doch lediglich der, daß ungleiche Übersetzungsverhältnisse vermieden werden können, ungleiche Kurzschlußspannungen dagegen nicht.

Wenn das eine Übersetzungsverhältnis um volle 4 vH vom anderen abweicht und die mittlere Kurzschlußspannung 4 vH beträgt, kann der zusätzliche Ausgleichsstrom höchstens 50 vH des Nennstromes des Transformators erreichen. Ist die Belastung induktionsfrei, so entsteht dadurch ein Leistungsverlust im Verhältnis:

$$\frac{\sqrt{1 - 0{\cdot}5^2}}{1} = 0{\cdot}865.$$

wenn die Kurzschlußspannungen genau gleich sind. Erlaubte Ungleichheiten der Kurzschlußspannungen sind ärger.

Die vorliegende Arbeit beweist, daß den Parallelbetrieben mit Vorschriften schwer, vielleicht überhaupt nicht beizukommen ist. Wenn man einmal die alte, rein theoretische Forderung gleichen Übersetzungsverhältnisses, gleicher Ohmscher und gleicher induktiver Spannungsabfälle fallen läßt — und daß muß man wohl —, dann bleibt die Forderung nach gleich großen Kurzschlußspannungen und nach gleich großen Übersetzungsverhältnissen nicht mehr als ein guter Ratschlag. Sie schützt vor

Digitized by Google

ernsten Unannehmlichkeiten nicht mit Sicherheit, sie kann unausführbar bleiben, sie kann sogar zu Ungerechtigkeiten führen. Gleiche Übersetzungsverhältnisse sollen wohl immer verlangt werden, ob sie nachträglich nicht besser geändert werden sollen, bleibt eine offene Frage.

Es bleibt dem Betriebsingenieur kein anderer Weg, als sich mit den Feinheiten des Parallelbetriebes sehr vertraut zu machen. Der Fall des Kabels als Verbindungsleitung und der Fall der nützlichen Ungleichheit der Übersetzungsverhältnisse zeigen beide, daß man klar sehen muß, denn nur dann kann man sich helfen.

Schließlich muß auch der Betriebsingenieur einsehen, daß er unnötige Parallelbetriebe nach Tunlichkeit wegschaffen, bzw. vermeiden muß. In der ganzen Elektrotechnik weicht man mit Vorteil, wo es nur geht, Parallelschaltungen aus. Warum soll dieser Grundsatz nicht auch für den Parallelbetrieb der Transformatoren gelten!

Die Elektrotechnik auf der Leipziger technischen Frühjahrsmesse 1927.

Im Nachstehenden sollen die auf der diesjährigen Leipziger Messe ausgestellten Fabrikate, soweit sie eine Neuheit darstellen, bezw. noch wenig bekannt sind, gruppenweise behandelt werden[1]).

Apparate und Installationsmaterial.

Während im vorigen Jahre die Berührungsschutzfassung als Neuheit in verschiedenen Ausführungen gezeigt wurde, die naturgemäß auch jetzt wieder vertreten war, ist in diesem Jahre besonders der

Abb. 1. Sava-Schutzring.

Abb. 2. Fassung mit Sava-Schutzring.

zusätzliche Berührungsschutz für Fassungen bisheriger Ausführung zu erwähnen. In Abb. 1 und 2 ist ein solcher zusätzlicher Berührungsschutz für vorhandene Fassungen nach der Ausführung der AEG gezeigt. Der Sava-Schutzring (Abb. 1), auf dem Gewindekorb der Fassung aufgeschraubt und durch einen Schlüssel festgezogen, verwandelt jede Fassung älterer Ausführung nachträglich in eine solche mit verläßlichem Berührungsschutz (Abb. 2).

Die Bergmann-Elektrizitätswerke hatten eine neue Ausführung ihrer bekannten Rohre mit eingewalztem Nulleiterdraht ausgestellt, durch den die Erdung bezw. Nullung eine größere Zuverlässigkeit erhält.

Schon auf den letzten Messen hatten sowohl die Kleinautomaten, wie das gußgekapselte Installationsmaterial eine erhebliche Rolle gespielt. Auf der jetzigen Messe konnte man aber deutlich sehen, daß die Entwicklung dieser Gebiete große Fortschritte gemacht hat, und daß der Kleinautomat schon in sehr starkem Maße die Schmelzsicherungen verdrängt[2]). Auch das gußgekapselte Material, das von einer großen Zahl von Firmen vorgeführt wurde, gewinnt immer größere Bedeutung und wird immer vielseitiger ausgestaltet, so daß alle Anforderungen in dieser Beziehung heute durch die vorliegenden Konstruktionen erfüllt werden können.

Motorschutzschalter wurden in Neukonstruktionen von mehreren Firmen gezeigt. Der Schalter von Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim, war hier schon beschrieben[3]). Der neue AEG-Motorschutzschalter CK 10 (Abb. 3) für Stromstärken bis 10 A besitzt in zwei Phasen direkt wirkende thermische Auslösung und dreipolige elektromagnetische Auslösung. Das Wärmeelement der ersteren ist ein von Alterungserscheinungen freies, U-förmig gebogenes Bimetallband, das mit einem vom Strom durchflossenen Chromnickelstreifen umwickelt ist und hiedurch erwärmt wird. Die bei dauernder Überlast oder Unterbrechung einer Phase auftretende Erwärmung des Wärmegliedes verursacht eine Ausdehnung desselben, wodurch unmittelbar die Öffnung der mit Freiauslösung versehenen Verklinkung bewirkt wird; der Arbeitshub des Wärmeelementes ist entsprechend der erforderlichen Auslösegrenzstromstärke (= 1·15 facher Nennstrom) einstellbar. Beim mechanischen Auslöser, der gegen Kurzschlüsse schützt, kann der Anker für zwei Wirkungsbereiche eingestellt werden: einmal zum Schutze von Kurzschlußankermotoren (Ansprechen bei Überschreitung des zirka 7 fachen Nennstromes, das ist etwa des 6 fachen thermischen Auslösegrenzstromes), das zweite Mal zum Schutze von Gleichstrommotoren oder Drehstrommotoren mit Schleifringläufer (Ansprechen bei 2·5 bis 4 fachem Auslösegrenzstrom). Im letzteren Falle wird der Motor gegen

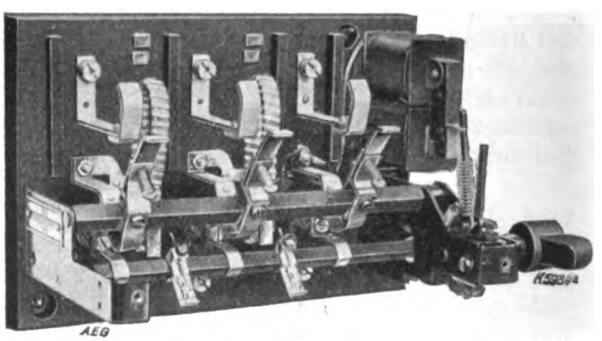


Abb. 3. Motorschutzschalter CK 10 ohne Schutzhaube und Funkenkamin.

den Bedienungsfehler des Einschaltens bei kurzgeschlossenem Läufer gesichert. Der neue Motorschutzschalter besitzt einen selbsttätig wirkenden Schutz gegen Überhitzung des Wärmeelementes, so zwar, daß bei Erreichen einer bestimmten Temperatur durch das Wärmeglied die Kupplung zwischen Handgriff und Schalterachse gelöst wird, wodurch das Betätigen des Handgriffes die Kontakte auch nicht mehr kurzzeitig schließen kann. Die Überstrom-Zeit-Charakteristik des Schalters ist der Gefahrenkurve kleinerer Motoren derart angepaßt, daß die Überlastbarkeit der Motoren weitgehend ausgenutzt ist; hiebei ist die Zeitcharakteristik des Wärmeelementes so gewählt, daß von einer erfolgten Überstromauslösung bis zur Wiedereinschaltung keine betriebsstörende Wartezeit verloren geht.

Ein Überstrom-Schnellschalter wird von den SSW (Abb. 4) als einpoliger Gleichstromschalter

[1]) Mit Benützung eines Aufsatzes von Prof. Dr. G. Dettmar, den uns das „Haus der Elektrotechnik e. V." in Leipzig überlassen hat.

[2]) Vgl. u. a. auch E. u. M. 1927, Heft 10, S. 143.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 6, S. 113.

Digitized by Google

bis 400 A (aussetzend) und bis 650 V gebaut. Er wirkt im umgekehrten Sinne wie ein elektromagnetisches Schütz, weil die Feder die Kontakte schließt und ein Elektromagnet sie öffnet, wodurch im Vergleich zum Schütz eine sehr kurze mechanische Schaltzeit, besonders bei kräftigen Überströmen erzielt wird; die Wirkung wird noch erhöht durch sehr klein gewählte Wege der zu bewegenden Massen. Durch einen Funkenbläser wird der Lichtbogen schnell unterbrochen, was wiederum zur Verkürzung der Schaltzeit beiträgt. Nach der Überstrom-Auslösung werden die Kontakte entgegen der Wirkung der Feder durch eine Spannungsspule elektrisch geöffnet gehalten, so daß sie zum Beispiel bei Motoranlassern nach erfolgter Überstrom-Auslösung den Anlasser auf „Null" zurücklegen, um den Schnellschalter selbsttätig wieder einzuschalten, wodurch sich die Bedienungsweise sehr einfach gestaltet. Durch Austausch und Umschaltung von Spulen und Widerständen usw. kann der Schalter leicht für die verschiedensten Sonderzwecke geeignet gemacht werden, zum Beispiel kann er mit Hilfsauslösung ausgestattet werden, also durch Druckknopf, Einzelrelais (bei Kranen) usw. von beliebiger Entfernung ausgeschaltet werden oder er kann in Bahnbetrieben nebenher als Zentral-Funkenzieher für die Fahrschalter auf den Fahrzeugen verwendet werden; dort kann er auch als Automat für die Fahrzeuge sowie auch als Streckenschalter zur Anwendung gelangen.

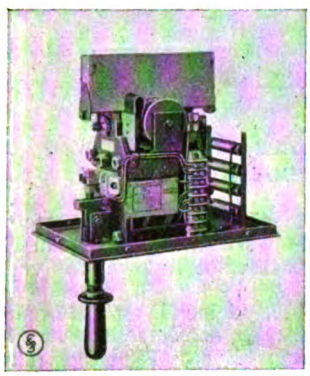


Abb. 4. Überstrom-Schnellschalter der SSW.

Die schon seit einigen Jahren mit großem Erfolge benutzten RWE- (Heinisch-Riedl) Schutzschalter waren auf der Messe zum ersten Male in neuer Ausführung vertreten. Solche Apparate wurden unter anderem von der Schiele & Bruchsaler Industrie-Werke A.-G., Baden-Baden, gezeigt. Durch Hinzufügung einer Prüftaste sind diese Apparate wesentlich verbessert worden; durch letztere ist man ohne Mühe in der Lage, in regelmäßigen Zeitabständen die Güte der Erdung zu prüfen, wodurch die Sicherheit und die Bedeutung dieses Systems wesentlich erhöht wird. Die SSW hatten einen Röhrenölschalter, mit Erdschlußrelais und Auslöser nach System Heinisch-Riedl versehen, ausgestellt. Durch diese Anordnung wird ein Schutz gegen gefährliche Berührungsspannungen erreicht, die in Ortsnetzen durch Auftreten von Erdschlüssen entstehen, besonders bei Ausläuferleitungen wegen ihres geringen Querschnittes. Tritt zum Beispiel Phasenerdschluß auf, so spricht das Relais an und trennt mittels des Spannungsauslösers die gefährliche Strecke vom Netz. Werden bei einem Bruch des Nulleiters Verbraucher zwischen Phase und dem gebrochenen Ende des Nulleiters angeschlossen, so besteht die Möglichkeit, daß der Nulleiter und dadurch die genullten Teile der Anlage eine für Menschen und Tiere gefährliche Spannung gegen Erde annehmen. Auch in diesem Falle ist Vorsorge getroffen, daß die gefährliche Spannung nicht bestehen bleiben kann, da das Erdschlußrelais über den Spannungsauslöser den Schalter abschaltet.

Abb. 5. Motorschalttafel der SSW.

Die Motor-Schalttafeln M-UZ derselben Firma werden in zwei- und dreipolig gesicherter Ausführung ohne und mit Strommesser ausgeführt (Abb. 5). Die eingebauten Sicherungen sind Normal-Diazedsicherungen, die Schalter gekapselte Hebelschalter, Modell SB. Der Bedienungsgriff ist mit der Schalterkappe so verbunden, daß letztere nur in ausgeschaltetem Zustande abgenommen werden kann. Die Leitungen können nach Belieben von oben oder unten zu- und abgeführt werden. Die Leitungen werden nach Montage der Tafel von vorn abgeschlossen und durch Abdeckbleche geschützt.

Die SSW haben neue Hochleistungs-Ölschalter konstruiert, die für besonders hohe Leistungen und schwere Betriebsbedingungen bestimmt sind. Der ausgestellte Ölschalter (Abb. 6) ist für 12 000 V, 600 A, und für eine Kurzschluß-Abschalt-Leistung von 15 000 kVA geeignet. Der Antrieb des Ölschalters ist ein sogenannter Schaltfederantrieb, das heißt ein Energiespeicherantrieb, bei dem der Ölschalter durch eine gespannte Feder eingeschaltet wird, die über ein Getriebe mit der Welle des Ölschalters verbunden ist. Das Spannen der Feder kann von Hand geschehen oder durch einen in dem Handantrieb eingebauten Motor (Gleichstrom oder Wechselstrom), dessen Leistungsbedarf nur gering ist. Der Ölschalter ist mit Freilaufkupplung ausgestattet, deren Auslösung elektrisch oder mechanisch beeinflußt wird.

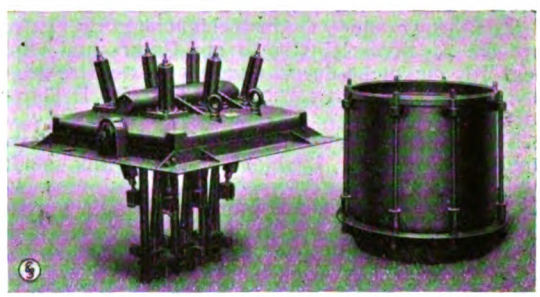


Abb. 6. Hochleistungs-Ölschalter für 600 A, 12 000 V der SSW.

Mit einem normalen Kabel wäre die Ausführung eines Hochspannungs-Kondensators, insbesondere für große kapazitive Blindleistungen wirtschaftlich undenkbar, da der Preis zu hoch und die Abmessungen zu groß ausfallen würden. Die Firma Meirowsky & Co. Aktiengesellschaft, Porz a. Rhein, gebraucht für diese Kondensatoren ein Kabel, System Silbermann[4]), welches so berechnet wird, daß es ein Maximum an Kapazität ergibt. Die Isolation des Kabels wird durch einen durchgehenden Metallbelag geteilt, so daß sich zwei Teildielektrika bezw. Teilkapazitäten ergeben. Die innere Teilkapazität wird elektrisch entlastet, indem parallel zu ihr eine Teilkapazität geschaltet wird. Hierdurch wird gleichzeitig das äußere Teildielektrikum, welches sonst elektrisch schlecht ausgenutzt wird, mehr herangezogen. Das geschieht in der Weise, daß in den Hohlraum eine Kabelisolation mit innerem Metalldraht untergebracht wird. Die Isolation mit den beiden Belägen (Metalldraht und Kabelleiter) bildet dann die erforderliche Zusatzkapazität. Die Verbindungen werden an den entsprechend ausgebildeten Muffen und Endverschlüssen hergestellt. Es ergibt sich, daß man bei einem Kabel solcher Konstruktion, gleichen Außendurchmesser und gleiche elektrische Maximalbeanspruchung vorausgesetzt, zirka $2^1/_4$ mal mehr Kapazität unterbringen kann, als bei einem unter den günstigsten Bedingungen auf Kapazität berechneten normalen Kabel. Demzufolge stellen sich auch die Kosten annähernd im gleichen Verhältnis billiger, gegenüber einer normalen Kabelkonstruktion; hierbei ist natürlich nicht berücksichtigt, daß beim Kondensator auch der Kupferleiter und in den meisten Fällen auch der Bleimantel wegfällt. Die Kabel werden auf Trommeln gewickelt und in ein

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 339, 869 ff.

Digitized by Google

mit Öl gefülltes Gehäuse versenkt, oder es wird ein Bleimantel vorgesehen, eine Ölfüllung ist dann nicht erforderlich. Die Verbindungen zwischen den Belägen werden bei der ersteren Type innerhalb des Gehäuses ausgeführt, bei der zweiten außerhalb des Gehäuses.

Wärmegeräte.

Bei den Bügeleisen, namentlich bei den in industriellen Betrieben verwendeten, leidet erfahrungsgemäß die Zuführungsschnur unter der Einwirkung der starken Hitze. Die Gummi-Isolierung ist der bei der bisherigen Bauart auftretenden notwendigen Erwärmung nicht gewachsen. Diesen Erfahrungen entsprechend hat die Stotz G. m. b. H., Mannheim-Neckarau, ein Bügeleisen vorgeführt, bei dem der Anschlußkontakt an den oberen Teil des Griffes verlegt ist und somit der Einwirkung der Wärme des Bügeleisens entzogen wird. Die Stromausschaltung erfolgt automatisch bei Erreichen einer bestimmten Temperatur. Bei dem Bügeleisen der Deutschen Gasglühlicht-Auer-Gesellschaft m. b. H. ist die eigentliche Geräte-Steckdose von der Einführung der Gummischlauchleitung getrennt, indem die Steckvorrichtung in ein Unter- und Oberteil zerlegt ist, die nicht durch gummiisolierte Drähte, sondern durch mit Perlen aus Steatit isolierte Drähte verbunden sind.

Von großer Bedeutung für die Überlandzentralen sowohl wie für die ländliche Bevölkerung sind die elektrischen Futterdämpfer[5]), die von vielen Firmen in verschiedener Ausgestaltung vorgeführt wurden. Beim Viehfutterdämpfer von Brown, Boveri & Cie., Mannheim, wird das Futter mit einigen Litern Wasser in den stark isolierten Behälter abends eingebracht und während der Nacht langsam gedämpft; außer der direkten Heizwirkung tritt noch die Wirkung als Kochkiste hinzu. Durch das langsame Dämpfen wird das Futter vollkommener erschlossen. Ein Dämpfer für 50 l verbraucht während der Nacht zum Dämpfen des Futters für 4 bis 6 Schweine etwa 5 kWh.

Das Wenninger Elektro-Schweißmaschinen-Werk, München, führte eine neue Kettenschweißmaschine vor, bei der die Kettenglieder nicht an der Längsseite, sondern an der Kopfseite geschweißt werden. Dadurch erreicht man ein besseres Aussehen der Kette, weil der bei der Schweißung entstehende Wulst dann nicht mehr so ins Auge fällt.

Unter den Schweißmaschinen ist die von den Siemens-Schuckert-Werken, Berlin, aufgestellte Punkt-Schweißmaschine (Leistung 2 bis 50 kVA) zu erwähnen, die mit einem den Schweißstrom nach Beendigung der Schweißung selbsttätig, ohne Zutun des Arbeiters ausschaltenden Schweißbegrenzer ausgerüstet ist, ein einfacher Apparat, der auf die Elektrodenarme aufgesetzt wird und mit einem Abschaltrelais in Verbindung steht. Bei der Naht-Schweißmaschine treten an Stelle der Punkt-Elektroden Naht-Elektroden und die selbsttätige Steuereinrichtung ist auf den Punkt-Schweißmaschinenkörper aufgebaut. Je nach Einstellung der Elektrodenrollen lassen sich Längs-, Quer- oder Rundnähte schweißen. Die neue Stumpf-Schweißmaschine, Type SCH 60/30, zum Schweißen von Bremsbacken, Dreiecken, Daumenwellen, Profileisenrahmen, Kettengliedern, schweren Radreifen, Autofelgen u. a. (Querschnitt bis 3000 mm²) ist mit einem luftgekühlten Transformator ausgerüstet und leistet im Dauerbetrieb 30 kVA. Zum Stauchen dient ein Handrad, die Regelung der Schweißstromstärke geschieht durch eine Schaltwalze in neun Stufen, so daß die Schweißstromstärke dem jeweiligen Querschnitt angepaßt werden kann. Alle diese Maschinen haben an eine Frischwasserleitung angeschlossene Wasserkühlung. — Die Rollen-Schweißeinrichtung zum Aufschweißen abgenutzter Hubrollen von Trockenbaggern besteht aus einem Schweißumformer, einem Schweißkopf und Steuerkasten. Der Schweißkopf sorgt mittels eines durch Strom- und Spannungsrelais gesteuerten Motors für den dauernden und gleichmäßigen Nachschub des Schweißdrahtes. Ein Schweiß-Umformer für Lichtbogen-Schweißarbeiten, Type LSDKE 160/200, der im Dauerbetrieb 160 A (intermittierend 200 A) liefert, enthält Motor und Generator getrennt auf einem als Fahrgestell ausgebildeten Profileisenrahmen aufgebaut; eine Schalttafel enthält alle für die Bedienung des Apparates erforderlichen Schalt- und Meßinstrumente.

[5]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 29 ff.

Maschinen und Transformatoren.

Einige Firmen waren auf der Messe mit Doppelkäfig-Ankermotoren vertreten, die zwar an sich nicht

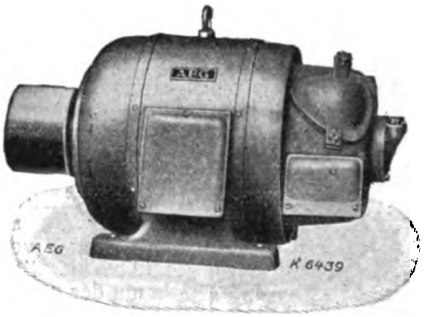


Abb. 7. Motor mit Mantelkühlung.

neu sind, aber bisher in Deutschland wenig hergestellt wurden[6]). Es muß abgewartet werden, ob diese Bauart wirklich den gewöhnlichen Kurzschluß-Ankermotor verdrängen wird.

Die AEG brachte leichte, kleine Drehstrommotoren heraus, deren Gewicht bei einzelnen Typen bis zu zirka 40 vH unter das der früheren Typen gesenkt wurde, bei gleichzeitiger Verminderung der Abmessungen. Erreicht wird die Gewichtsersparnis durch Verwendung hochwertigen Materials, das entsprechend höher beansprucht wird, die entstehende Wärme wird durch starke Ventilationsflügel, welche die Wickelköpfe energisch kühlen, rasch nach außen abgeführt und dadurch vermieden, daß die Kühlluft in das Innere des

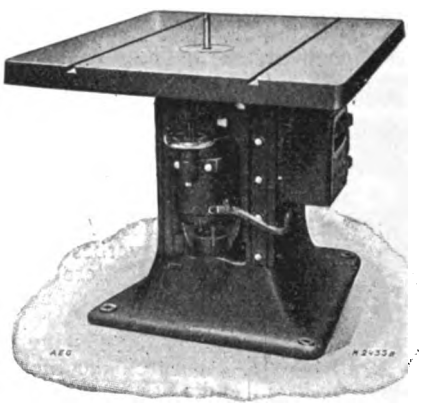


Abb. 8. Einbau des Motors in eine Werkzeugmaschine.

Motors eindringt und dieses verschmutzt. Um die Motoren den jeweiligen Verwendungszwecken anzupassen, sind außer der Ausführung in offener Form eine große Anzahl von Modifikationen vorgesehen. Abb. 7 zeigt eine Ausführung der Motoren mit Mantelkühlung für besonders staubige Betriebe, bei der das Motorinnere vollständig abgeschlossen ist. Weitere Modifikationen, zum Beispiel die Ausführung mit Zwischenflanschen oder Flanschlagerschilden oder die Ausführung als sogenannte „Einbaumotoren", bei der nur die gewickelten Gehäuse und die Rotoren ohne Welle geliefert werden, ermöglichen die Verwendung der Motoren für den Werkzeugmaschinenantrieb (Abb. 8), bei dem ein enger Zusammenbau mit der Arbeitsmaschine besonders erwünscht ist.

Auf dem Stande des Sachsenwerkes fiel eine nebenschlußerregte Drehstromerreger-Maschine auf (Abb. 9). Diese besitzt im Anker eine Gleichstrom-

[6]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 87.

Digitized by Google

wicklung mit Kollektor, dessen Bürsten mit den Schleifringen der Hauptmaschine verbunden sind. Der Ständer erhält außer der Hauptschlußwicklung, die zur Aufhebung des Ankerfeldes dient, eine Nebenschluß-Erregerwicklung, welche an die Schleifringe des Hauptmotors angeschlossen wird. Die Erregung des Phasenkompensators erfolgt daher über die Schleifringe des Hauptmotors mit der Schlupfperiodenzahl und erzeugt daher an ihren Klemmen eine Spannung mit der Schlupffrequenz. Die Regelung der Blindleistungsabgabe erfolgt

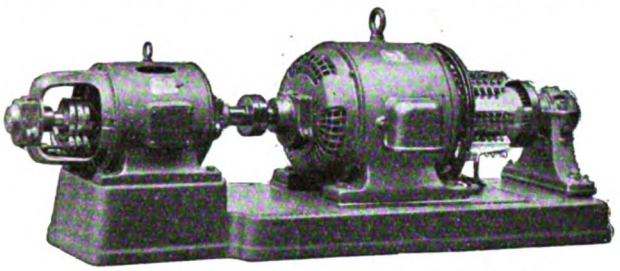


Abb. 9. Drehstrom-Erregermaschine des Sachsenwerkes, Niedersedlitz.

in einfachster Weise mit Hilfe eines dreiphasigen Nebenschlußreglers wie bei einer Gleichstrom-Erregermaschine. Die Kompensation ist von der Belastung unabhängig, die Maschine hat also auch im Leerlauf volle Kompensation. Bei abnehmender Belastung muß die Blindleistungsabgabe mit Hilfe eines dreiphasigen Nebenschlußreglers auf den gewünschten Wert einreguliert werden. Die Kompensation kann auch für Voreilung eingestellt bezw. die Erregermaschine in Verbindung mit dem Hauptmotor zur reinen Blindstromerzeugung verwendet werden. Der Antrieb der nebenschluß-erregten Drehstrom-Erregermaschine erfolgt durch einen kleinen Asynchronmotor mit einer Antriebsleistung, die zur Deckung ihrer Reibungs- und elektrischen Verluste, sowie zur teilweisen Deckung der im Rotor der Hauptmaschine auftretenden Ohmschen Spannungsverluste ausreicht. Ein großer Vorteil gegenüber anderen Systemen ist die freie Platzwahl für die nebenschlußerregte Drehstrom-Erregermaschine, da sie infolge Antrieb durch einen besonderen kleinen Antriebsmotor nicht an einen bestimmten Aufstellungsplatz gebunden ist, wodurch im Gegensatz zur direkten Kupplung mit dem Hauptmotor, zum Beispiel bei einem Motorgenerator, dessen Baulängen wesentlich gekürzt werden und an Gebäudekosten erheblich gespart werden kann. In bezug auf die asynchrone Drehzahl-Charakteristik, die Stabilität bei Schwankungen der Belastung, der Frequenz und der Netzspannung, sowie in bezug auf geringe Stoß- und Dauerkurzschlußströme verhält sich die Asynchronmaschine mit nebenschluß-erregter Drehstrom-Erregermaschine genau so wie ein mit einer fremderregten Drehstrom-Erregermaschine ausgerüsteter Asynchronmotor.

Die Firma Koch & Sterzel A.-G., Dresden, hatte das betriebsfähige Modell einer Netzregulierungsanlage unter Verwendung ihres eigenartigen Schubtransformators ausgestellt (Abb. 10). Im Prinzip ist der Schubtransformator ein Induktionsregler wie der schon lange bekannte Drehtransformator. Er enthält zwei Primärwicklungen, die gegeneinander geschaltet sind und zwei entgegen gerichtete Induktionsflüsse erzeugen. Durch axiale Verschiebung dieser beiden Wicklungen nebst den zugehörigen Jochen gelangt eine Sekundärwicklung aus dem einen Induktionsfluß allmählich in den anderen, wobei die Spannung an den Klemmen der Sekundärwicklung von einem Höchstwert über Null zu einem entgegengesetzt gleichen Höchstwert geregelt wird. Der Apparat hat im Gegensatz zum Drehtransformator keinen Luftspalt im Eisenweg. Auch ist seine Streuung geringer, weil die Sekundärspule von den Primärwicklungen konzentrisch umfaßt wird. Zusätzliche Kompensationswicklungen begrenzen die noch auftretenden Streufelder. Frühere Nachteile (wie zum Beispiel Verzerrung der Spannungskurve) sind, wie die Firma angibt, durch Neukonstruktionen behoben worden. Der Schubtransformator ist geeignet für den Ausgleich von Spannungsschwankungen in Netzen, ferner für die Regelung von Prüfanlagen, Ofentransformatoren, Wechselstrom-Kollektormotoren usw.

Elektrische Antriebe.

Während bisher im allgemeinen bei den Aufzugsantrieben mehrere einzeln getrennt hergestellte Apparate verwendet wurden, zeigten die SSW eine neue Bauart eines Wende-Selbstanlassers, bei dem alle Einzelteile zusammengebaut sind (Abb. 11). wodurch die im Windenraum einer Aufzugsanlage untergebrachten Apparate möglichst verringert werden. Die bisherigen Wendeselbstanlasser enthalten drei magnetische Glieder: den Hilfsmotor und zwei Umschaltschütze, ein viertes magnetisches Glied bildet der Hilfsmotor bezw. das Magnetsystem des Bremslüfters. Diese vier magnetischen Glieder sind bei der Neukonstruktion zu einem einzigen, dem Hilfsmotor, zu-

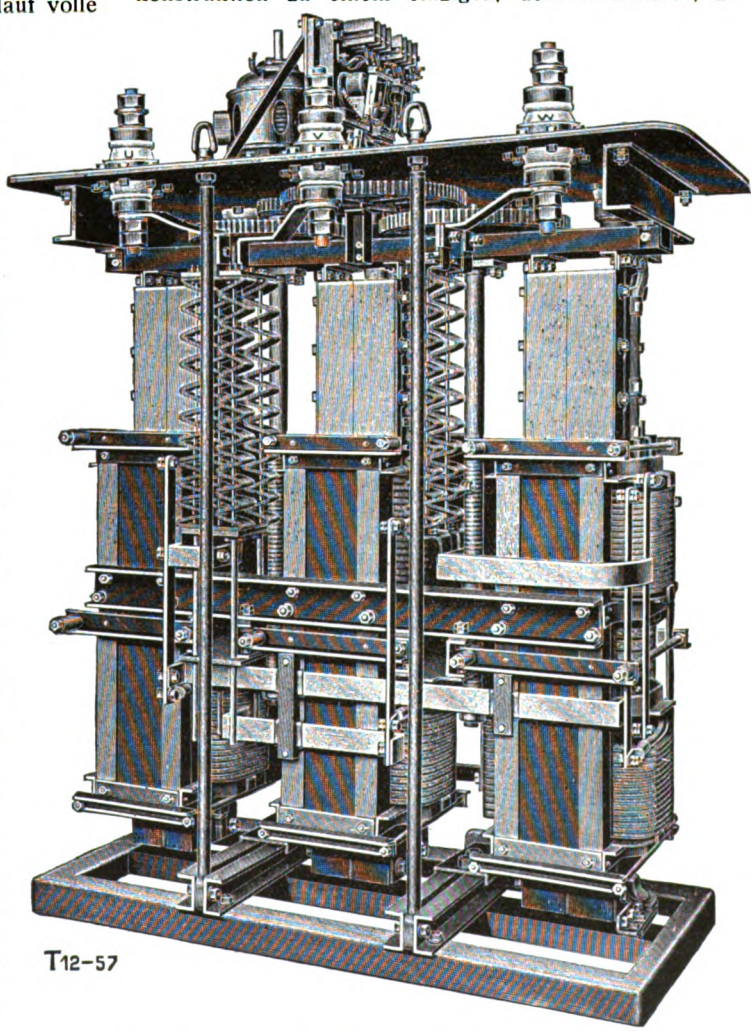


Abb. 10. Schubtransformator der Koch & Sterzel A.-G.

sammengefaßt, wodurch die Zahl der Fehlerquellen erheblich herabgesetzt ist. Da der Hilfsmotor für zwei Drehrichtungen und gleichzeitig zum Lüften der Bremse dient, sind die Umschaltschütze und ein besonderer Bremslüfter entbehrlich gemacht.

Digitized by Google

Die Hochleistungs-Handbohrmaschinen, Modell E 10 für Gleichstrom und E 11 für Drehstrom, der SSW sind für Bohrarbeiten im angestrengten

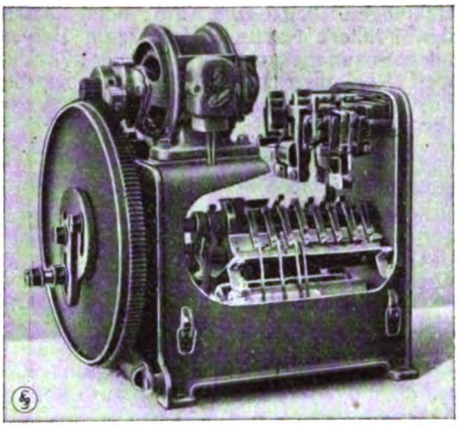


Abb. 11. Wende-Selbstanlasser für Aufzüge der SSW.

Dauerbetrieb auch unter ungünstigen rauhen Betriebsverhältnissen bestimmt (Abb. 12). Die Bohrspindel ist

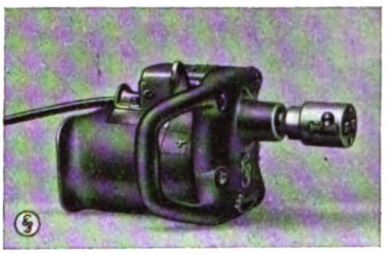


Abb. 12. Handbohrmaschine E11 für Drehstrom der SSW.

mit Rücksicht auf die hohen Beanspruchungen äußerst kräftig ausgeführt; den axialen Bohrdruck nimmt ein Druck-Kugellager auf. Der dreipolige Walzenschalter ist so zwischen den seitlichen Handgriffen der Maschine angeordnet, daß der Arbeiter während des Betriebes die Maschine bequem ein- und ausschalten kann.

Die Firma Dr. Max Levy stellte ihren Schwenkmotor zum Antrieb von Nähmaschinen (für angestrengten Dauerbetrieb mit Kugellagerung ausgerüstet) in zwei verschiedenen Anordnungen aus, die die Verwendbarkeit für versenkbare Nähmaschinen fast aller Systeme ermöglichen (Abb. 13). Der Motor ist dem Charakter dieser Nähmaschinen so angepaßt, daß sie ohne Überbeanspruchung die vorgesehene höchste Drehzahl ständig innehalten können, weil der Drehzahlabfall durch Erwärmung vermieden ist. Der Schwenkmotor

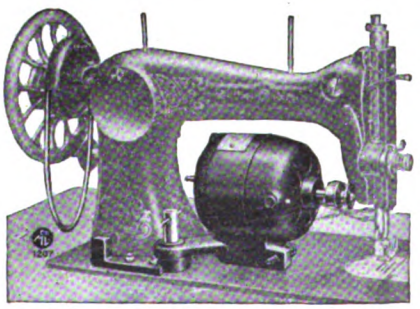


Abb. 13. Nähmaschinen-Antrieb von Dr. Max Levy.

verträgt daher den angestrengtesten Dauerbetrieb, ohne in der Leistung merkbar nachzulassen; er ist für Gleich- und Wechselstrom derselben Nennspannung ohne Umschaltung oder Umklemmung verwendbar.

Die Fliehkraftkuppelung erregt immer größeres Interesse bei den Konstrukteuren, so daß diesmal viele Firmen damit vertreten waren. Auch die schon seit einigen Jahren bewährte Albo-Kupplung des Dipl. Ing. Obermoser wurde vorgeführt, die bis jetzt die einzige Anlaßkupplung ist, welche die Verbandsvorschriften voll erfüllt[7]).

Um den Verwendungsbereich des Kurzschlußläufermotors erheblich zu erweitern, hat das Sachsenwerk in Niedersedlitz eine Fliehkraftriemenscheibe ausgebildet, durch welche in Verbindung mit einem Stern-Dreieck-Schalter ein Anlauf des Kurzschlußläufermotors gegen volles Drehmoment ohne lästige Rückwirkung des Anlaufstromes auf das Lichtnetz ermöglicht wird, so daß den Elektrizitätswerken der Grund Kurzschlußläufermotoren zu verbieten, genommen wird. Bei Stern-Dreieck-Anlauf gegen volles Drehmoment beträgt der Einschaltstrom etwa das Doppelte des Nennstromes, er klingt in etwa $^1/_2$ sec auf den Wert des Nennstromes ab, wobei die Motorwelle sich bis auf etwa 80 vH der Synchrondrehzahl beschleunigt, der bei darauffolgendem Umschalten in Dreieck entstehende Einschaltstromstoß geht im Bruchteil einer Sekunde auf etwa den doppelten Nennstromwert zurück, die Scheibe wird mitgenommen und beschleunigt sich bis zu voller Drehzahl, bei der der Strom wieder auf den Nennwert abklingt. Die Über-

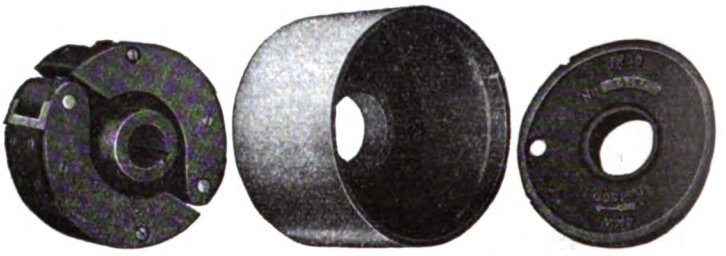


Abb. 14. Eine auseinander genommene Sachsenwerk-Fliehkraft-Riemenscheibe.

tragungsfähigkeit der Scheibe bei normaler Einstellung entspricht mindestens dem 1·6 fachen des Nenndreh-

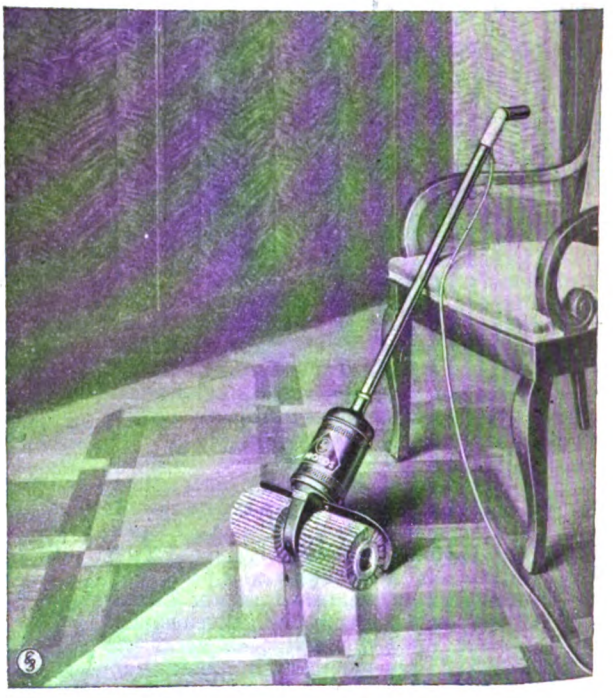


Abb. 15. Protos-Bohner der SSW.

moments. Natürlich darf durch diese bauliche Ergänzung des Motors die Einfachheit und Betriebssicherheit des

[7]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 631.

Digitized by Google

Kurzschlußläufermotors selbst in keiner Weise beeinträchtigt werden, sie darf daher keinen komplizierten Mechanismus darstellen. Die Sachsenwerk-Fliehkraftriemenscheibe (Abb. 14) setzt sich nur aus wenigen Hauptteilen, der Nabe mit den Fliehgewichten, Mitnehmern und Einstellfedern, ferner aus der büchsenförmigen Riemenscheibe und dem Verschlußdeckel zusammen. Durch Verwendung eines besonderen Bremsbelages auf den Fliehgewichten wird ein sanfter, praktisch geräuschloser Anlauf erzielt.

Zu bemerken war der von den SSW vorgeführte Protos-Bohner (Abb. 15), der zum Reinigen und Polieren von Linoleumfußböden, Parkettböden und gestrichenen Fußböden, sowie zum Abziehen von Parkettböden dient. Er wird auch zum Waschen und Scheuern von Steinfußböden verwendet. Für das Polieren und Scheuern werden verschiedenartige Bürsten aufgesetzt; zum Abziehen werden besondere Walzen verwendet. Der abgebürstete Schmutz lagert sich in einer Fangvorrichtung. Der Motor ist für Gleich- und Wechselstrom verwendbar (Stromaufnahme 180 W).

Meßinstrumente und Zähler.

Die Firma Hartmann & Braun, Frankfurt a. M., hatte auf ihrem Stande Lichtzeiger-Instrumente, Type „Profilux" aufgestellt, die zur Betriebsüberwachung in Kraftwerken bestimmt sind. Die Anzeigeflächen haben so große Dimensionen, daß sie von weit her gut beobachtet werden können. Das eigentliche Meßinstrument ist als Profilgerät ausgeführt; ferner sind Projektionsrohre vorhanden für die Erzeugung eines scharfen Lichtfleckes. Das Profilgerät enthält einen vom Meßwerk bewegten Spiegel, welcher auf einer Opalglasscheibe einen scharfen Schattenstrich im Felde erscheinen läßt. Diese Lichtzeiger-Instrumente können sowohl für einzelne, wie auch für mehrere Messungen, wie zum Beispiel Dampfdruck und Kohlenverbrauch pro Stunde eingerichtet werden.

Die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H., Hermsdorf (Thüringen), führte eine Meßstange zur Nachprüfung von Hochspannungs-Isolatoren auf der Strecke vor. Die Wirkungsweise beruht darauf, daß die Spannungsverteilung an mehrteiligen Stützen-Isolatoren oder den einzelnen Gliedern einer Isolatorenkette durch Abtasten kontrolliert wird. Die Ablesungen erfolgen an einem Stromzeiger im Anodenstromkreis einer in der Meßstange untergebrachten Glühkathodenröhre. Eine eingehendere Beschreibung dieser Einrichtung soll später erfolgen.

Isolatoren.

Die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H., Hermsdorf (Thüringen), zeigte eine Ölschalter-Durchführung für 220 kV Betriebsspannung. Diese hat eine Höhe von 2·5 m in unarmiertem Zustande, so daß sie nicht nur hinsichtlich ihrer Abmessungen auffiel. Die Überschlagsspannungen im trockenen Zustande und bei Beregnung liegen über 500 kV.

Hervorzuheben sind weiter die sogenannten Mehrrohr-Durchführungen der gleichen Firma, bei denen zur Erhöhung der Betriebssicherheit die aus Kompoundmasse oder Öl bestehende Füllung durch Porzellan ersetzt ist. Die Gefahr des Springens der Porzellanteile, die bei masse- oder ölgefüllten Durchführungen als Folge ungleicher Wärmeausdehnungen vorliegt, wird somit vermieden. Durchführungen dieser neuen Bauart, die nach eingehenden Versuchen mit technischem Wechsel-

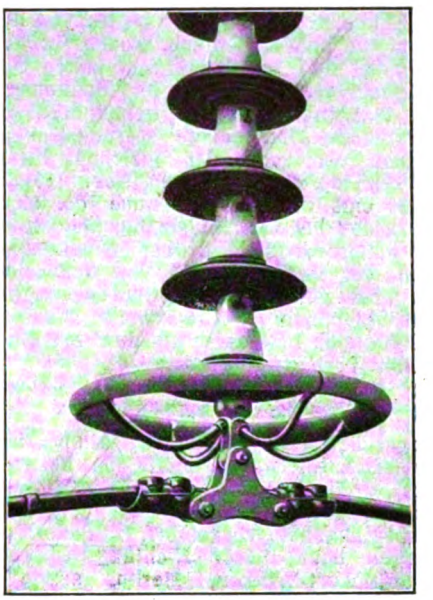


Abb. 16. Einfache Hängekette von J. W. Hofmann.

strom, Spannungsstoß und Hochfrequenz bereits reihenmäßig hergestellt werden, waren für Innenraumöl und Freiluftöl für 45, 60 und 100 kV ausgestellt.

Auch die Porzellanfabrik Ph. Rosenthal & Co., Selb, hat die Lösung des Durchführungsproblems in der Weise in Angriff genommen, daß auch für 100 kV und darüber eine reine Porzellandurchführung, unterteilt in mehrere Rohre, die getrennt geprüft werden, entwickelt wurde. Die unangenehme Ölfüllung fällt somit fort, der Außendurchmesser der Durchführung an der Fassungsstelle wird kleiner als es bisher bei der Papierdurchführung mit Porzellanüberwurf der Fall war, der ganze Apparat wird kleiner und billiger.

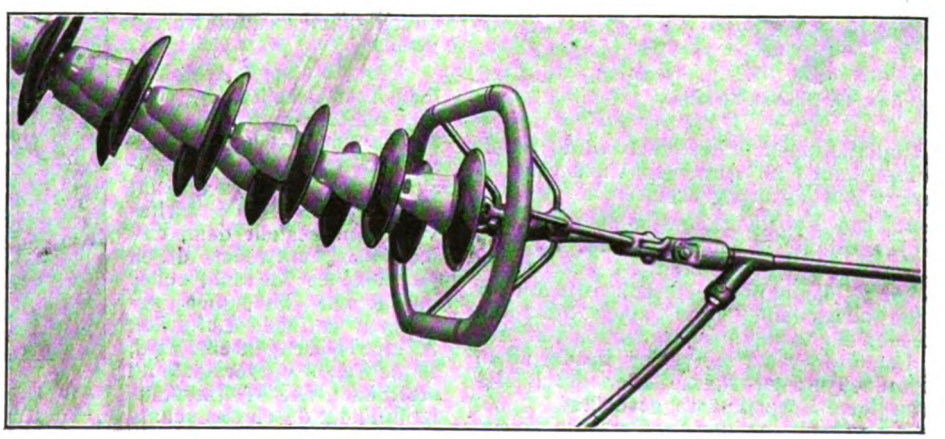


Abb. 17. Doppelabspannkette von J. W. Hofmann.

Freileitungen.

Der neuesten Entwicklung entsprechend, zeigte die Firma J. Wilh. Hofmann, Kötzschenbroda, die Armaturen, welche sie für die mit 220 bezw. 380 kV arbeitende, vom REW ausgeführte Kraftübertragungsanlage vom Goldenbergwerk nach Mannheim geliefert hat. Diese Leitung ist bekanntlich mit einem Hohlseil

Digitized by Google

von 42 mm äußerem Durchmesser und 400 mm² Querschnitt gebaut. Die Einfach-, Hänge- und Abspannketten der Firma besitzen eine Bruchfestigkeit von 18 000 kg, die Doppelketten eine solche von 36 000 kg. Für die Kreuzung des Lahntales, die mit einer Spannweite von 864 m zur Verlegung kam, waren ganz besonders schwere Spezial-Armaturen notwendig, um das hierbei zur Verlegung kommende Hohlseil aus Siliziumbronze mit 27 000 kg Bruchfestigkeit sicher abzuspannen. Abb. 16 zeigt eine einfache Hängekette und Abb. 17 eine Doppel-Abspannkette. Auffallend sind die außerordentlich großen Strahlungsringe, die notwendig sind, um bei diesen hohen Spannungen eine gleichmäßige Verteilung der Spannung auf die einzelnen Isolatorenglieder herbeizuführen bezw. um etwa eintretende Überschläge störungsfrei abzuleiten. Als Neuheit war von der gleichen Firma ferner noch die Unimax-Klemme (Abb. 18) ausgestellt. Es ist dies eine Freileitungsklemme, die sich dadurch auszeichnet, daß bei verhältnismäßig kleinen Abmessungen ein außerordentlich großer Klemmbereich vorhanden ist, der es ermöglicht, von den allerstärksten Leitungen auch ganz schwache Leitungen abzuzweigen bezw. abzuklemmen. Beispielsweise kann mit der größten Type eine Leitung von 4 mm² mit einer solchen von 150 mm² verbunden werden.

Isolierte Leitungen.

Entsprechend der großen Bedeutung, die zur Zeit die landwirtschaftlichen Installationen besitzen, wurde von einer größeren Zahl von Firmen Installationsmaterial zur Verlegung von Anthygron-Leitungen und Gummi-Bleikabeln vorgeführt. Besonders eingehende Vorführungen nach dieser Richtung waren bei den Siemens-Schuckert-Werken, Berlin, sowie bei der Firma G. Schanzenbach & Co. G. m. b. H., Frankfurt a. M., zu sehen; von der letztgenannten Firma sind die wasserdichten Porzellan-Stahl-Armaturen zu erwähnen, ferner gußeiserne Abzweigkasten und eine neue Abzweigdose mit seitlich abnehmbarem Verschlußdeckel,

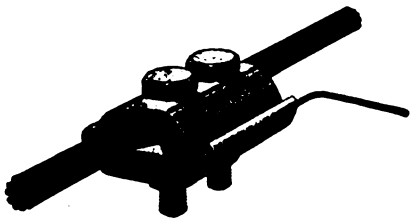


Abb. 18. Unimax-Klemme.

wodurch die Installation sehr erleichtert wird. Stopf- und Schraubbuchsen haben für Anthygron- und Gummi-Bleikabel besondere Ausgestaltung erfahren.

Die Süddeutschen Kabelwerke, Mannheim, hatten das von Ihnen hergestellte Anacitkabel, das für feuchte und säurehaltige Räume bestimmt ist, gezeigt und auch das dazugehörige Installationsmaterial, sowie Muster von Installationen ausgestellt. Durch einen nahtlosen Bleimantel wird hier ein vollkommen wasserdichter Abschluß erzielt. Letzterer wird entweder durch einen Anstrich mit säurebeständiger Masse oder durch Bewehrung und säurefeste Spezialmasse geschützt.

Die Deutsche Telephonwerke und Kabelindustrie A.-G., Berlin, war mit ihrer Nagy-Kontaktleitung für Alarm- und Sicherungsanlagen, für Signalzwecke in Bergwerken, für Schießstände, für Schiffe, für Schaltungen bei Treppenbeleuchtung usw. vertreten, mit der es möglich ist, überall ohne besonderen Druckknopf, Tasten oder Schalter einen Kontakt zu erzielen. Diese Kontaktleitung besteht aus einer elastischen Unterlage, in welche die eine stromleitende Ader eingebettet, und auf der die zweite stromleitende Ader angeordnet ist. Die beiden Leitungen sind im normalen Zustande von einander etwas entfernt. Durch äußeren Druck auf die Leitung ist es aber möglich, an jeder Stelle Kontakt zu machen.

Verschiedenes.

Auf dem Gebiete der Gleichrichter beanspruchten der von der Firma Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim, ausgestellte Groß-Gleichrichter für 2000 A, 600 V, der wohl die größte bisher gelieferte Type darstellt, besonderes Interesse. Dieser Groß-Gleichrichter entspricht in seiner Ausführung ungefähr denen, die sich in großer Zahl für den elektrischen Betrieb der Berliner Stadtbahn im Bau befinden[8]).

Die von den SSW ausgestellten Gleichrichter weisen verschiedene Neuerungen auf. Der Glas-Gleichrichter, Type VDA 300, ist zur Erzeugung von Gleichstrom 300 A bei 230 V mit einer Spannungsregelung für den Bereich von ± 10 vH ausgeführt, er ist an Drehstrom 380 V, 50 Per/s, angeschlossen, die Regelvorrichtung besteht aus einem in das Gleichrichtergerüst eingebauten Stufentransformator mit angebautem Stufenschalter, der motorisch angetrieben wird. Der Glaskolben der Anlage hat sechs Arme (Anoden) und wird mit Hilfe einer selbsttätigen Kippvorrichtung eingeschaltet. Die gesamten Schaltvorgänge können mit Hilfe einer Fernsteuerung von einer Kommando-Schalttafel aus auf einfachste Weise vorgenommen und überwacht werden, was für Speisepunkte überlasteter Stadtnetze, um die Leistungsfähigkeit der Netze zu verbessern, von Vorteil ist. Der ausgestellte Groß-Gleichrichter ist für 1000 A Dauerstrom bei einer Gleichspannung von 600 V bemessen. Er hat frischwassergekühlte Hauptanoden, angebaute Quecksilberdampfpumpe und elektrisch betriebene Vorpumpe, das Kesselvakuum wird durch eine elektrische Meßeinrichtung gemessen, die ein dauerndes Ablesen des Vakuums ermöglicht.

Auf dem Stande der AEG waren Einrichtungen zur selbsttätigen Feuerungsregelung zu sehen. Die Nachstellung des Reglers erfolgt unmittelbar durch den bekannten Ranarex-Rauchgasprüfer[9]) (Abb. 19). Die Zufuhr von Luft und Brennstoff wird hiedurch zwangläufig der augenblicklichen Belastung angepaßt und es entfällt der sonst übliche Einbau zahlreicher Meßgeräte, deren Angaben der Heizer ohnehin nur unvollkommen auszuwerten vermag.

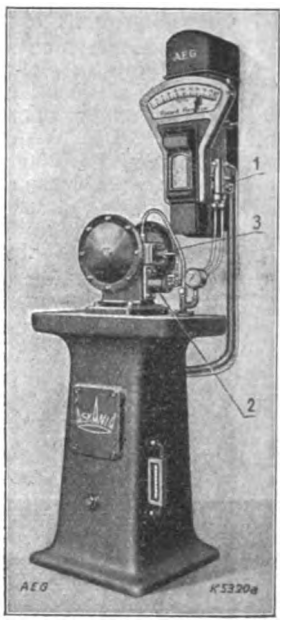


Abb. 19. Feuerungsregelung AEG-Askania.
1 = Stahlrohr, 2 = Hilfskraftgetriebe, 3 = Verhältnisschieber.

Die Deutsche Gasglühlicht-Auer-Gesellschaft, Berlin, zeigte einen zum Herstellen von Anstrich und Verputz bestimmten elektrischen Pinsel, genannt Sprühteufel. Das Spritzverfahren besteht dain, daß die Farbe entweder durch ihr eigenes Gewicht oder durch mit Fußpumpe erzeugten geringen Luftdruck in eine Düse gepreßt wird, in der eine Vorzerstäubung stattfindet. Die Weitzerstäubung findet durch den scharfen Luftstrom des Gebläses statt, der dann den Farbnebel wie ein schützender Mantel umschließt und zu dem Gegenstand trägt. Durch eine eigenartige Turbinendüse, die durch den Luftstrom in Rotation versetzt wird, ist es auch möglich, zähflüssige Farben (Ölfarbe) mit diesem Verfahren zu zerstäuben und aufzutragen. Ein großer Vorteil dieses Verfahrens liegt besonders in der Möglichkeit, die Farbe auch aus größeren Entfernungen aufzutragen (zum Beispiel Weißen der Decke vom Fußboden aus).

[8]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 16, S. 326.
[9]) Vgl. E. u. M. 1923, TWN, S. 26.

Digitized by Google

Literaturberichte.

3519 **Die Eigenschaften elektrotechnischer Isoliermaterialien in graphischen Darstellungen.** Von Dr. U. Ketzow. Verlag Jul. Springer, Berlin. Preis geb. Mk. 24.

Ein eigenartiges Buch, das nur aus einer kurzen Einleitung, 330 Schaulinienbildern und einem äußerst reichhaltigen Literaturverzeichnisse besteht. Es handelt sich um ein Tabellenwerk in Schaulinienbildern ohne eigentlichen Text. Dieser ist in den bei den Abbildungen angegebenen Originalabhandlungen oder Handbüchern nachzulesen.

Der Inhalt gliedert sich in *A)* die Eigenschaften fester und faseriger Isolierstoffe; *B)* die Eigenschaften flüssiger und erstarrter Isolier- und Ausgußmassen und der Lacke; *C)* die Eigenschaften gasförmiger Isolierstoffe; *D)* Literaturnachweise über I. motorische und magnetische Erscheinungen und deren Wechselwirkungen, II. Zerstörungserscheinungen, III. Prüf- und Meßverfahren und IV. technische Anwendungen. Hieran schließen sich *E)* Verzeichnisse über I. selbständige Werke, II. Originalarbeiten und III. Stoffverzeichnis. Die ersten drei Kapitel *A)* bis *C)* sind nach I. dem Verhalten bei elektrischen Beanspruchungen und II. dem Verhalten in bezug auf physikalische Eigenschaften; das Kapitel *A)* auch nach III. dem Verhalten gegen mechanische Beanspruchungen und technologische Prüfungen unterteilt.

Die Literaturverzeichnisse unter *D)* enthalten etwa 700 Werke und Abhandlungen; unter *E)* I. 52 selbständige Werke und unter *E)* II. fast 3000 in Zeitschriften zerstreute Arbeiten. Es ist dies offenbar das weitaus vollständigste Literaturverzeichnis, das wir über das wichtige Gebiet besitzen und als solches ist es für den Techniker von besonders hohem Werte. Die vielen Schaulinienbilder ersetzen bis zu einem gewissen Grade ein Tabellenwerk, soferne es sich nicht um besondere Genauigkeit handelt. In dieser Beziehung steht das Buch zu wirklichen Tabellenwerken etwa im gleichen Verhältnisse, wie der Rechenschieber zur Rechenmaschine. Die Schaulinienbilder gewähren einen viel rascheren Überblick und reichen in den meisten Fällen auch hinsichtlich der Genauigkeit vollkommen aus; nur dort, wo es sich um Zahlen wie Dichte, spezifische Wärme, Schmelz- und Siedepunkt u. dgl. handelt, scheinen Zifferntabellen dem Bedürfnisse besser zu entsprechen. Das Buch verdient gewiß eine allgemeine Verbreitung, der aber leider der verhältnismäßig hohe Preis etwas im Wege stehen dürfte. Dr. Rich. Hiecke.

3517 **Die Stromversorgung von Fernmeldeanlagen.** Ein Handbuch von Ing. G. Harms. Mit 190 Textabb. und 137 Seiten. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 10·20, geb. Mk. 11·40.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, die in der Fernmeldetechnik verwendeten oder verwendbaren Stromquellen und die hiefür geeigneten Stromversorgungsanlagen zu beschreiben, deren theoretische Grundlage kurz — manchmal sogar allzu kurz — darzulegen, um dem Techniker zu ermöglichen, die Eignung dieser oder jener Stromquelle oder Versorgungsanlage in Ansehung des Zweckes, dem sie zugeführt werden soll, zu beurteilen. Beginnend mit den Primärelementen geht der Verfasser über auf die Sammler, zählt die Arten der Sammler auf und deren Eigenschaften und gibt eine Übersicht über die Vor- und Nachteile dieser Stromquellen. Anschließend hieran bespricht er die verschiedenen Gattungen der Gleichrichter als Ladestromquellen für Sammler oder zum direkten Betriebe von Fernmeldeanlagen. Von den verschiedenen Maschinenumformern, von den Umformern für Verstärkerämter, für Mehrfachtelephonie, für Rundfunk- und drahtlose Telegraphiesender gibt der Verfasser eine erschöpfende Beschreibung, desgleichen von dem in Fernsprechzentralen benützten Polwechsler, von den Kurbelinduktoren der Teilnehmerapparate, von den Rufstrommaschinen und Kleintransformatoren sowie von den Traduktoren. In allen diesen Beschreibungen nimmt der Verfasser auch Rücksicht auf die Sicherheitsvorschriften des VDE, so daß es tatsächlich dem Verfasser zu danken ist, wenn ein Handbuch vorliegt, das über alle für die Verwendung in der Fernmeldetechnik in Betracht kommenden Stromquellen verläßlich Auskunft gibt und zugleich die Anwendungsgebiete feststellt, für die sie besonders geeignet sind. In dieser Hinsicht ist die am Schlusse des Handbuches befindliche Tabelle, welche die Anwendungsgebiete darstellt, von besonderem Werte.

Kusminsky.

3518 **Zur Kenntnis des Hochfrequenz-Induktionsofens I und II.** Mitteilungen aus dem Kaiser Wilhelm Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf, herausgegeben von Friedrich Körber. Band VIII, Lieferung 10 und 11. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf 1926. 22 bezw. 10 Seiten in gr. 8°. Preis: Lieferung 10: Mk 2·75, Lieferung 11: Mk 1·25.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit geben Franz Wever und Wilhelm Fischer nach einer kurzen geschichtlichen Einleitung eine Näherungstheorie der Hochfrequenzöfen und besprechen die Verwendbarkeit der abgeleiteten Formeln. Es folgt die Erörterung der allgemeinen Gesichtspunkte für den Bau von Hochfrequenzöfen und die Beschreibung von ausgeführten Anlagen, insbesondere der 30 kW Schmelzeinrichtung des Kaiser Wilhelm Institutes. Als Abschluß werden die Entwicklungsmöglichkeiten für den Bau großer Öfen behandelt. — Im zweiten Teil beschreiben Franz Wever und Heinz Neuhauß die metallurgischen Eigenheiten des Hochfrequenzofens. An Hand zahlreicher Versuche wird der Einfluß der lebhaften Badbewegung auf das Frischen und auf die Desoxydation — ein wesentliches metallurgisches Kennzeichen des Hochfrequenzofens — untersucht und seine Eignung zur Erzeugung von Edelstählen bewiesen. — Die beiden Hefte geben auf knappen 32 Seiten eine vorbildlich klare Darstellung der elektrischen Verältnisse des Hochfrequenzofens und seiner metallurgischen Eigenheiten und sind daher bestens zu empfehlen. F. Fritz.

2205 **Hebe- und Förderanlagen.** Ein Lehrbuch für Studierende und Ingenieure. Von Dr. Ing. e. h. H. Aumund. Zweite vermehrte Auflage, zweiter Band, Anordnung und Verwendung für Sonderzwecke. 480 Seiten mit 306 Abb. im Text, Berlin, Verlag von Julius Springer, 1926. Preis Mk. 42·—.

Der vorliegende Band 2 beschreibt Hebe- und Förderanlagen für Schiffe und Hafenanlagen, Eisenbahnen, sowie für die Kohlen- und Eisenindustrie. Wie ersichtlich handelt es sich um Sondergebiete, die in erster Linie für den betreffenden Fachmann von Interesse sind. Bemerkenswert ist das in der Neuauflage aufgenommene Kapitel „Rundblick und Ausblick auf die Entwicklung der Hebe- und Förderanlagen". In diesem Abschnitte sind besonders amerikanische Verhältnisse in Rücksicht gezogen. Das Buch stellt eine umfassende Arbeit über die genannten Spezialgebiete dar. Im übrigen gilt für den vorliegenden zweiten Band alles gelegentlich der Besprechung des ersten Erwähnte[1]). Bedauerlich ist es, daß die Literaturübersicht nur bis zum Jahre 1923 geführt ist. Gerade bei einem Spezialwerk muß dies als Mangel empfunden werden. Ellmann.

Eingegangene Bücher.

Schalterbau. II. Band: Schaltlehre. (Wege zum Schaltplan.) Von Prof. Ing. Robert Edler. Zweite Auflage. 412 Seiten mit 346 Abb. Verlag Dr. Max Jänecke. Leipzig 1927. Preis geh. Mk. 18·50; geb. Mk. 19·75.

Metallniederschläge und Metall-Metallfärbungen. Praktische Anleitung für Galvaniseure und Metallfärber der Schmuckwaren- und sonstiger Metall verarbeitenden Industrien. Von Dipl. Ing. F. Michel. 179 Seiten mit 13 Abb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 6·90.

---

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 888.

Digitized by Google

Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik. Von Dr. Ing. Prof. P. Schimpke und Obering. Hans A. Horn. I. Band: Autogene Schweiß- und Schneidtechnik. 136 Seiten mit 111 Textabb. und 3 Zahlentafeln. Berlin 1924. Preis Mk. 7·50. II. Band: Elektrische Schweißtechnik. 202 Seiten mit 255 Textabb. und 20 Zahlentafeln. Berlin 1926. Preis Mk. 13·50. Verlag Julius Springer.

Die wirtschaftliche Regelung von Drehstrom-Motoren durch Drehstrom-Gleichstrom-Kaskaden. Von Dr. Ing. H. Zabransky. 112 Seiten mit 105 Textabb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 9·—.

Abhandlungen zur Wellenmechanik. Von Prof. E. Schrödinger. 139 Seiten mit 12 Abb. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1927. Preis brosch. Mk. 5·70, geb. Mk. 7·50.

Jahrbuch der Elektrotechnik. Übersicht über die wichtigeren Erscheinungen auf dem Gesamtgebiete der Elektrotechnik. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen und mit besonderer Unterstützung des Zentralverbandes der Deutschen Elektrotechnischen Industrie. Herausgegeben von Dr. Karl Strecker. 14. Jahrgang. Das Jahr 1925. 285 Seiten. Verlag R. Oldenbourg. München und Berlin 1927.

Der Bau des Dieselmotors. Von Prof. Ing. K. Körner. Zweite, wesentlich vermehrte und verbesserte Auflage. 531 Seiten mit 744 Abb. im Text und auf 8 Tafeln. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 73·50.

NEUE PROSPEKTE.

Kabelfabrik A.-G. Bratislava, Gummonwerke.

Nr. 1926/6. Gummoidtext-Zahnräder. Die 27 Seiten starke Schrift enthält eine Beschreibung der verschiedenen Ausführungsformen der aus einer Verbindung von Spezialgeweben mit Kunstharz bestehenden Räder, die im Gegensatz zu Rädern aus Rohhaut, Fiber und Hartpapier für die Übertragung großer Leitungen geeignet und gegen Öle, Chemikalien, Feuchtigkeit und Temperatur unempfindlich sind und auch große mechanische Widerstandsfähigkeit, zum Beispiel eine Druckfestigkeit von etwa 2500 kg/cm² und eine Biegefestigkeit von etwa 1600 kg/cm, aufweisen. Ferner wurden Angaben über Bearbeitung und Behandlung gemacht und die Berechnungsgrundlagen angegeben. Für den praktischen Gebrauch dienen außer Tabellen noch drei Nomogramme.

Neue Preisblätter.

Hans Boas, Berlin O 27. Zählereichmaschine, Type F. Die neue Type stellt eine Vergrößerung der Dreiphasen-Eichmaschinen mit vertikaler Anordnung hinsichtlich der Nennleistung dar; die Spannungskurven beider Generatoren sind bei Leerlauf und Vollbelastung praktisch sinusförmig.

Chronik.

40 Jahre AEG. Am 23. Mai 1927 sind 40 Jahre vergangen, seitdem die am 5. Mai 1883 mit einem Aktienkapital von 5 Millionen Mark gegründete „Deutsche Edison-Gesellschaft für angewandte Elektricität" in die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft umgewandelt worden ist. Die neue Namensgebung war der äußere Ausdruck für die Loslösung des Unternehmens aus den bisherigen Vertrags-Verpflichtungen. Durch die Umwandlung der Gesellschaft — deren Ziel ursprünglich darin bestand, das von Edison erfundene Beleuchtungssystem durch Lieferung von Glühlicht, wie durch Verkauf der hierfür erforderlichen Maschinen und Einrichtungen, weiteren Kreisen zugänglich zu machen — gingen die Edison-Patente, für die die Gesellschaft bis dahin nur Generallizenz besessen hatte, in das Eigentum des Unternehmens über. Das Aktienkapital wurde um 7 Mill. Mark — also auf 12 Mill. — erhöht. Gleichzeitig wurde die Weddingsche Maschinenfabrik samt dem zugehörigen, von der Acker-, Hermsdorfer-, Feld- und Hussitenstraße begrenzten Gelände erworben. Anfang 1888 wurde mit der Herstellung von Dynamomaschinen für Beleuchtung und Kraftübertragung begonnen, während sich bis dahin die Fabrikationstätigkeit der Gesellschaft fast nur auf die Herstellung von Glühlampen beschränkte. Heute umfaßt die Organisation der AEG tatsächlich die ganze Welt. Ihre Entwicklung kommt auch in dem Gegensatz des derzeitigen Aktienkapitals von 156 Mill. Mark gegen 12 Mill. vor 40 Jahren zum Ausdruck.

Von dem damaligen Vorstand, den Herren Emil Rathenau, Oscar von Miller und Felix Deutsch, steht der Letztgenannte heute an der Spitze des großen Unternehmens.

In diesem Zusammenhange sei darauf hingewiesen, daß das ordentliche Vorstandsmitglied, Herr Dr. Ing. e. h. James Birnholz, kürzlich das Jubiläum seiner 40 jährigen Tätigkeit im Dienste der AEG gefeiert hat.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	23. V. 1927	25. V. 1927	27. V. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	123¾	122	122

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	55-56	54-56	53½-54½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	108—112	108—112	108—112

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 27. Mai 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	59	17	6	60	2	6
Wire bars	60	2	6	—	—	—
Standard Kassa . .	54	1	3	54	2	6
Standard 3 Monate .	54	13	9	54	15	0
Zinn:						
Engl. ingots	290	10	0	291	0	0
Standard Kassa . .	293	0	0	293	2	6
Standard 3 Monate .	285	5	0	285	10	0
Blei:						
Engl. pig common . .	25	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	28	0	0	28	5	0
Remelted	29	0	0	—	—	—
English Swansea . .	28	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 12. Juni 1927 | Heft 24

INHALT: *Über die 3. Harmonische in einem Dreiphasensystem mit Nullpunktverbindung. Von Rudolf Kiefer, Dresden. S. 477. / Graphisches Verfahren zur Ermittlung des Übersetzungsverhältnisses von mechanischen Regelgetrieben in Verbindung mit Elektromotoren mit Reihenschlußcharakteristik. Von Dipl.-Ing. Robert J. Nowotny, Freiburg (Baden). S. 484. Kraftübertragung und Verteilung in Amerika. Von Dr. Ing. P. Beck, Wien. S. 485.*

RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 487. Wasserkräfte und Wasserbauten. S. 487. / Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 487. / Verbrennungskraftmaschinen. S. 488. / Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 488. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 488. / Elektrische Meßkunde. S. 490. Leitungen und Leitungsbau. S. 491.

PATENTBERICHT. 492.

LITERATURBERICHTE. S. 492.

CHRONIK. S. 494.

Über die 3. Harmonische in einem Dreiphasensystem mit Nullpunktverbindung.

Von Rudolf **Kiefer**, Dresden.

Übersicht. Es wird untersucht, welchen Veränderungen die dritte Harmonische in Generatoren und in Y — Y geschalteten Kerntransformatoren bei Leerlauf und bei Belastung unterliegt. Anschließend wird der Fall einer Nullpunktverbindung zwischen beiden an Hand eines Vektordiagramms für die dritte Harmonische behandelt. Hiezu mit Niederspannung angestellte Versuche, für die ein besonderes Verfahren zur Anwendung kam, werden beschrieben. Für die dritte Harmonische lassen sich eine Reihe von Abhängigkeiten nachweisen; hervorgehoben sei eine Richtungswechsel derselben bei leerlaufendem Generator. Bei Betriebsspannung sind die dritten Harmonischen in Generator und Transformator gegeneinander gerichtet, weshalb eine Nullpunktverbindung beim Überwiegen der ersteren einen direkten Nachteil für die Magnetisierung des Transformators darstellt.

Einleitung.

Bekanntlich enthält der Magnetisierungsstrom jedes Transformators höhere Harmonische, welche mit zunehmender Sättigung immer stärker hervortreten. Im Dreiphasensystem kann jedoch die in allen drei Leitern gleichphasige dritte Harmonische dem Transformator nicht zufließen. Der dadurch auf die Magnetisierung ausgeübte Zwang hat zur Folge, daß ein Dreiphasentransformator, der primär und sekundär in Stern geschaltet ist, Spannungen dreifacher Frequenz entwickelt. Diese treten in allen drei Phasen gleichmäßig auf und erscheinen in der Kurve der Phasenspannung.

Da die genannte Erscheinung im praktischen Betriebe unerwünschte Nachteile mit sich bringt, sucht man sie auf verschiedene Weise zu mildern. Hierfür kommen die drei folgenden Mittel in Frage: 1. Anbringung einer tertiären in Dreieck geschalteten Transformatorwicklung; 2. Herstellung einer Nullpunktverbindung mit dem neutralen Punkt einer dreiphasigen Drosselspule, welche an das System angeschlossen ist; schließlich 3. eine gleiche Verbindung mit dem Nullpunkt des Generators. In den Fällen 1. und 2. wird für einen Ausgleichstrom dreifacher Frequenz ein Stromkreis geschaffen, mit um so besserem Erfolg, je kleiner sein ohmscher Widerstand ist. Für die Drosselspule bei 2. ist Zickzackschaltung zu verwenden. Dieselbe gestattet den Stromdurchgang ohne zu großen Spannungsabfall und hebt die eigene dritte Harmonische der Drosselspule auf; denn jede ihrer Phasen wird von den gegengeschalteten Wicklungshälften zweier Schenkel gebildet, sodaß die in allen drei Schenkeln gleichgerichtete dritte Harmonische aus der Spannung herausfällt.

Im Falle 3. (Abb. 1), der den Gegenstand dieser Untersuchung bildet, zeigt sich, daß durch den hinzukommenden vierten Leiter, der natürlich

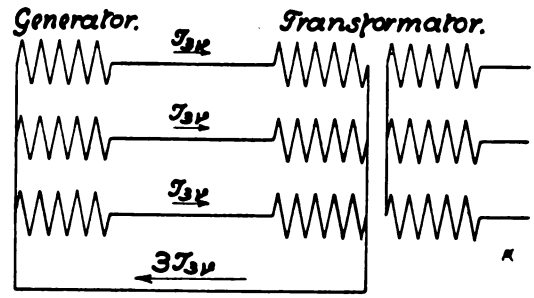


Abb. 1. Stromkreis der dritten Harmonischen.

auch eine Erdverbindung sein kann, wohl der starre Zwang auf die Magnetisierung aufgehoben wird, die Ausgleichströme dreifacher Frequenz jedoch eine neue Beeinflussung erfahren: Die dritte Harmonische in der Phasenspannung des Generators kommt zur Geltung und muß berücksichtigt werden. In der Literatur ist die Schaltung, welche auch praktische Verwendung gefunden hat, wiederholt behandelt worden, aber meist unter Vernachlässigung der dritten Harmonischen im Generator.[1]) Lediglich in einer Arbeit von Dr. Mandl[2]) finden sich Versuche, bei denen der Einfluß der dritten

[1]) Siehe die Arbeiten von Clinker und Blume, Transact. Am. Inst. El. Engs. 1914, 1. Teil; vgl. a. E. u. M. 1914, S. 599; ferner Prof. Dr. Vidmar, E. u. M. 1923, S. 333 und 349.

[2]) E. u. M. 1918, S. 185 und 197 (mit Oszillogrammen).

Digitized by Google

Harmonischen im Generator ermittelt wurde. Jedoch geben diese kein richtiges Bild, da sich der Verfasser auf den Leerlauf beschränkt und zudem einen Generator verwendet, welcher eine stumpfe Spannungskurve besitzt und keine Sättigungserscheinungen zeigt.

In der vorliegenden Arbeit[3]) wird versucht, ein Bild von dem Verlauf der dritten Harmonischen in Generator und Transformator zu geben und die Resultate auf den Fall einer Nullpunktverbindung zwischen beiden angewandt. Die Durchführung der notwendigen Versuche gelang mit Hilfe eines hierzu entwickelten Meßverfahrens, welches genau und zuverlässig arbeitet. Die Untersuchung beschränkt sich auf den in Europa gebräuchlichen Kerntransformator und den Generator normaler Bauart. Der Einfluß der elektrischen Eigenschaften der Leitungen, insbesonders ihrer Kapazität, bleibt unberücksichtigt.[4])

Zunächst möge eine Festsetzung der Richtung der dritten Harmonischen getroffen werden. Die Fouriersche Reihe für die Spannungskurve einer Phase lautet:

$$e = E_{1m} \cdot \cos mt \pm E_{3m} \cos 3(mt + \varphi_3) + \ldots \text{(cos. Reihe)}.$$

Beträgt die Phasenverschiebung $3\varphi_3 = 0$, so hat E_{3m} positives Vorzeichen und bewirkt, daß die Spannungskurve symmetrisch zugespitzt ist. Dem negativen Vorzeichen entspricht ein Winkel $3\varphi_3 = 180^0$ für die dritte Harmonische und eine abgeflachte Kurvenform.

Theorie der dritten Harmonischen im Generator.

Der Generator soll ausgeprägte Pole und eine Wicklung mit vollem Wickelschritt besitzen. Die in einer Ankerspule induzierte EMK-Kurve stimmt überein mit der Form der Feldkurve (Verteilung der Induktion im Luftspalt) des Generators, welche je nach der Ausbildung der Polschuhe mehr oder weniger von der erstrebten Sinusform abweicht. Unter Berücksichtigung der Wickelfaktoren lautet die Beziehung zwischen den entsprechenden dritten Harmonischen ausgedrückt in Prozenten der Grundwelle:

$$E_{3v}\ \text{vH} = \frac{f w_3}{f w_1} \cdot B_3\ \text{vH} = 0{\cdot}665\, B_3\ \text{vH}.$$

Infolge der Formänderungen, welche die Feldkurve bei Leerlauf und Belastung der Maschine erfährt, ändert sich auch die dritte Harmonische in der Phasenspannung.

Im Leerlauf des Generators ist es der Einfluß der Zahnsättigung, welcher bewirkt, daß sich mit zunehmender Erregung die Feldkurve stark abflacht. Da sich eine Feldkurve für gegebene Verhältnisse ziemlich genau zeichnerisch ermitteln läßt, ist die dritte Harmonische berechenbar. Diese Ermittlung wurde an dem Entwurf eines normalen 200 kVA-Generators für 400 V verkettete Spannung durchgeführt und zwar für verschiedene Erregungen. Zur Konstruktion der Feldkurve wurde das Verfahren von Unger[5]) benützt und der Einfluß der Zahnsättigung nach einer graphischen Methode berücksichtigt. Die in Abb. 2 als Ergebnis der Analyse dargestellte Kurve zeigt überraschender Weise, daß die dritte Harmonische im Leerlauf ihre Richtung umkehrt; das heißt, dieselbe

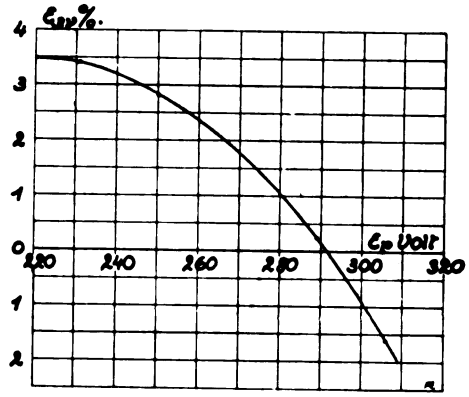


Abb. 2. Berechneter Verlauf der dritten Harmonischen bei einem 200 kVA Generator.

sinkt mit **zunehmender** Spannung stetig auf Null herab, um bei hohen Werten der Sättigung in negativer Richtung, also mit einer Phasenverschiebung von 180°, wieder anzusteigen. Bei Betriebsspannung ($E_p = 231$ V) hat sich die dritte Harmonische noch wenig geändert; ihr Anfangswert beträgt 3·5 vH und ist positiv. Der Generator hatte einen Luftspalt, der nach der Polkante zu um 50 vH erhöht ist; der Polbogen betrug 65 vH einer Polteilung τ. Vorkommende Abweichungen von dieser Polbreite nach unten und oben vergrößern, resp. verkleinern die dritte Harmonische. Eine solche mit negativem Anfangswert kommt ausnahmsweise vor bei Maschinen mit konstantem Luftspalt.

Nach dem Aussehen der Feldkurven kann man die Richtung der dritten Harmonischen nicht ohne weiteres erkennen. In Abb. 3 sind zwei Kurven für $E_{\text{verk.}} = 400$ und 530 V nebst ihren Grundharmonischen gezeichnet. Bei 400 V hebt sich in

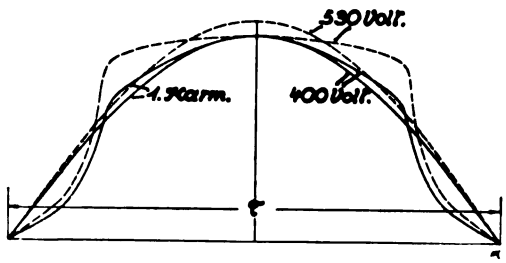


Abb. 3. Generatorfeldkurven im Leerlauf.

der Polmitte die dritte gegen die anderen höheren Harmonischen gerade auf, sie wird erst später nach erfolgtem Richtungswechsel in der Feldkurve bemerkbar.

[3]) Der experimentelle Teil der Arbeit wurde im Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Darmstadt ausgeführt. Herrn Prof. F. Punga, welcher die Untersuchung anregte und durch freundliches Interesse förderte, möchte ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen.

[4]) Näheres hierüber s. Clinker, a. a. O., S. 725.

[5]) ETZ 1920, S. 306.

Digitized by Google

Bei Belastung macht sich der Einfluß der AnkerAW im Generator durch sehr starke Veränderungen der Feld- bzw. der Spannungskurve geltend. Die Gesetze dieser Deformierung sind in einer Arbeit von Professor Dr. Benischke festgestellt worden.[6]) Man kann das bei symmetrischer Belastung im Generator entstehende Ankerdrehfeld (erste Harmonische der AnkerAW) nach seiner Lage zur Polmitte in zwei Komponenten zerlegen. Unter Benützung dieser Methode lassen sich die Einflüsse des Gegenfeldes und des Querfeldes getrennt betrachten. Die Wirkung des Gegenfeldes besteht je nach seiner Richtung in einer Abstumpfung oder Zuspitzung der Feldkurve. Wenn es allein auftritt, was bei wattloser Belastung der Fall ist, so bleibt die Feldkurve völlig symmetrisch. Die Abstumpfung tritt bei induktivem Strom in Erscheinung, wo das Gegenfeld die Erregung zu schwächen sucht. Für die dritte Harmonische ergibt sich hierbei also eine Abnahme des positiven Leerlaufwertes und bei genügender Stromstärke unter Umständen sogar ein Richtungswechsel derselben. Im Gegensatz hierzu wird bei kapazitiver Belastung die dritte Harmonische vergrößert, entsprechend der Zuspitzung der Feldkurve.

Das Querfeld im Generator, dessen Amplitude der Pollücke gegenüber liegt, bewirkt, daß sich die Stelle maximaler Induktion nach der ablaufenden Polkante zu verschiebt. Die Feldkurve wird hierdurch in starkem Maße verzerrt, um so

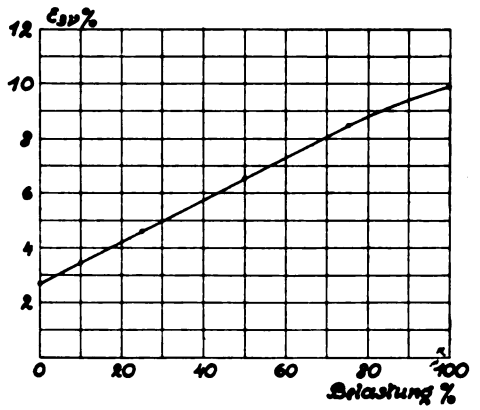


Abb. 4. Einfluß des Querfeldes bei verschiedenen Belastungen mit $\cos\varphi = 0{\cdot}85$.

mehr, je breiter der Pol ist. Ihre Form läßt sich wieder zeichnerisch ermitteln und zur Berechnung der dritten Harmonischen verwenden. Diese Ermittlung wurde an dem schon genannten 200 kVA-Generator durchgeführt; für verschiedene Ströme bei normalem cos $\varphi = 0{\cdot}85$ wurde das Querfeld berechnet und aus der graphisch gefundenen Feldkurve B_3 ermittelt. Das Ergebnis ist in Abb. 4 aufgetragen; der einfacheren Ermittlung wegen war konstante Erregung angenommen. Die dritte Harmonische E_{3v} wächst in dem untersuchten Bereich bis auf einen Wert von rund 10 vH

[6]) Z. f. E., Wien, 1905, S. 681 und ETZ 1915, S. 396; vgl. a. E. u. M. 1915, S. 548.

der Phasenspannung an. Hierbei ändert sich jetzt auch ihre Phasenlage, wie Abb. 5 zeigt, in welcher die für volles Querfeld ermittelte Feldkurve mit ihrer ersten und dritten Harmonischen gezeichnet ist. Der Winkel $3\varphi_3$, den die dritte Harmonische gegen die Grundwelle des Feldes bzw. der inneren EMK besitzt, steigt bis auf 35° nacheilend. Mit β ist in Abb. 5 der Winkel bezeichnet, um welchen sich die erste Harmonische des Feldes gegen die Polmitte verschoben hat.

Nachdem die Wirkungen von Quer- und Gegenfeld auf die dritte Harmonische im Generator bekannt sind, bietet der allgemeine Belastungsfall keine Schwierigkeiten mehr. Die jeweils vorherrschende Ankerfeldkomponente ist maßgebend für die Art der Änderung der dritten Harmonischen. In dem wichtigsten Falle der Vollbelastung bei normalem cos φ überwiegt bei weitem der Einfluß des Querfeldes. Berücksichtigt man auch das Gegenfeld, so findet man, daß sich die Feldkurve nicht sehr von der in Abb. 5 gezeichneten unterscheidet. Ebenso weicht E_{3v} von dem oben ermittelten Wert von 10 vH nur wenig ab; lediglich die Phasennacheilung wird größer. Das Gegenfeld bewirkt bei Belastung durch voreilenden Strom eine Zunahme der dritten Harmonischen; bei stark induktiver Belastung sinkt dieselbe unter

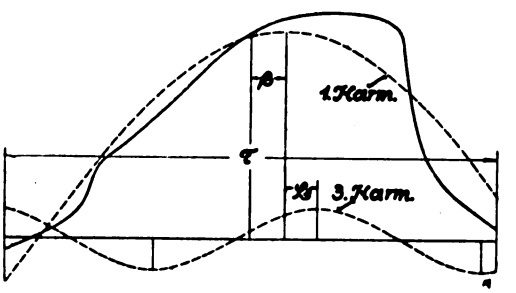


Abb. 5. Generatorfeldkurve bei Belastung.

den Leerlaufwert. Gegenüber diesen Änderungen konnte der Einfluß der inneren EMK-Änderung, verursacht durch den Spannungsabfall im Anker, unberücksichtigt bleiben. Auch kann bei noch stärkerem Querfeld, also bei cos $\varphi = 1$ und bei Überlastung, die dritte Harmonische noch weiter anwachsen. Für den Zweck unserer Untersuchung genügt es, gezeigt zu haben, daß E_{3v} bei Belastung Beträge annehmen kann, die den Leerlaufwert um mehr als das Doppelte übersteigen.

Theorie der dritten Harmonischen im Transformator.

Die Erscheinung höherer Harmonischer im Transformator rührt in der Hauptsache von der Krümmung der magnetischen Charakteristik, also von der Eisensättigung her. Die magnetische Hysteresis übt bei den in der Technik üblichen Liniendichten nur einen unwesentlichen Einfluß aus. Beim Einphasentransformator ist eine dritte Harmonische im Magnetisierungsstrom enthalten, wenn die aufgezwungene Spannung sinusförmigen Verlauf hat. Bei sinusförmigen Magnetisierungsstrom

Digitized by Google

entwickelt sich eine solche in der Fluß-, bzw. der Spannungskurve.

Das Problem des Dreiphasentransformators, bei dem die dritte Harmonische im Magnetisierungsstrom fehlt, wurde in früheren Veröffentlichungen wiederholt behandelt. Auf die ausführliche Darstellung von Prof. Dr. Vidmar sei hier hingewiesen.[7]) Je nach Schaltung und Type ergibt sich ein charakteristisches Verhalten in bezug auf die dritte Harmonische. Der hier zu betrachtende in Stern-Stern geschaltete Kerntransformator entwickelt einen zusätzlichen Kraftlinienfluß dreifacher Frequenz, welcher aus den Jochen austritt und sich durch die Luft schließt. Dieser induziert eine dritte Harmonische in der Phasenspannung, die man unter Berücksichtigung der dreifachen Frequenz zu

$$E_{3v}\ \mathrm{vH} = 3 N_3\ \mathrm{vH}$$

findet, wo N_3 das Flußverhältnis $\frac{N_3}{N_1} \cdot 100$ in jedem der drei Schenkel ist. Die Flußkurve in den Schenkeln stellt sich als eine abgestumpfte Kurve dar, die eine geringe durch die Hysteresis bedingte Verzerrung aufweist. Die entsprechende Spannungskurve des Transformators muß dem Induktionsgesetz zufolge zugespitzt sein, enthält also eine positive dritte Harmonische, wenn man von einer kleinen Phasenverschiebung derselben absieht.

Die Größe des Luftfeldes dreifacher Frequenz ist nicht allein von der Sättigung im Transformator abhängig, sondern ganz besonders von der magnetischen Leitfähigkeit des Luftpfades, also auch von dem Vorhandensein eines einen teilweisen Rückschluß bildenden Ölkessels. Jedoch erreicht N_3 immer nur einen Bruchteil des Wertes, der bei sonst gleicher Sättigung in Transformatoren mit freiem magnetischen Rückschluß auftritt. Das Luftfeld induziert nicht nur eine dritte Harmonische in der Wicklung, es übt auch einen Einfluß auf den Leerlaufstrom und die Verluste im Transformator aus. Näheres hierüber enthalten die genannten Aufsätze von Dr. Mandl und Prof. Dr. Vidmar.

Zur Ermittlung der stets mehrere Prozent betragenden dritten Harmonischen E_{3v} ist man auf Messungen angewiesen. Im Leerlauf des Transformators wird sich eine bei Zunahme der Sättigung stark ansteigende Kurve ergeben. Eine Belastung der Sekundärseite kann die dritte Harmonische nur wenig verändern. Diese Änderung wird durch den Spannungsabfall hervorgerufen und läßt sich mit Hilfe des Transformatordiagramms aus der E_{3v} Kurve für den Leerlauf entnehmen. Man findet, daß E_{3v} bei $\cos \varphi = 1$ und nacheilend etwas ab- und bei kapazitiver Belastung etwas zunimmt.

Messungen der dritten Harmonischen.

Meßverfahren. Gewöhnlich werden Messungen mit Hilfe der Dreieckschaltung ausgeführt, wobei ein Voltmeter die im Wicklungsdreieck sich addierenden Spannungen dreifacher Frequenz anzeigt. Diese Methode ist nur bei Versuchen im Leerlauf anwendbar und auch nur dann zuverlässig, wenn man sich oszillographisch überzeugt hat, daß am offenen Dreieck keine weiteren durch drei teilbaren Harmonischen auftreten, was besonders bei Generatoren der Fall sein kann. Für die auszuführenden Versuche erwies sich dieselbe als unbrauchbar. Es wurde eine andere Methode benützt und zu einem brauchbaren Meßverfahren ausgestaltet, bei welchem die dritte Harmonische direkt in der Phasenspannung gemessen und große Genauigkeit erreicht wird.

Das hier kurz zu beschreibende Verfahren ist an sich nicht neu; es beruht darauf, daß in einem Dynamometer nur Ströme gleicher Frequenzen ein Drehmoment erzeugen. Ein als Meßinstrument dienendes Spiegeldynamometer wurde durch einen sinusförmigen Hilfsstrom dreifacher Frequenz, der die festen Spulen durchfließt, separat erregt, während die bewegliche Spule über einen Vorschaltwiderstand an der zu untersuchenden Spannung lag. Der Hilfsstrom, welcher beliebig regelbar sein muß, wurde den in offenem Dreieck geschalteten Sekundärseiten von drei kleinen, genau gleichen Transformatoren entnommen, die mit dem Rotor eines angeschlossenen Induktionsreglers verbunden waren. Für die Hilfsstrommessung diente ein häufig kontrolliertes Hitzdrahtgerät. Die kleinen dritten Harmonischen konnten wegen der Unreinheit des Hilfsstromes, der trotz Verwendung von Kondensatoren noch eine Grundwelle von etwa 0·5 vH enthielt, erst mit Hilfe eines besonderen Ableseverfahrens gemessen werden.[8])

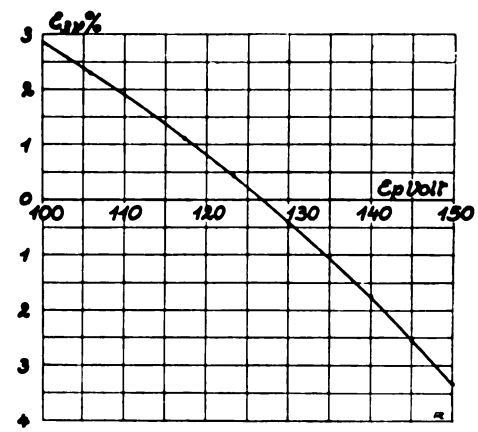


Abb. 6. 8·5 kVA Generator im Leerlauf. Meßwerte der dritten Harmonischen.

Versuchsergebnisse. Die Abb. 6 bis 11 stellen das Ergebnis der an Generatoren und Trans-

[7]) A. a. O., ferner E. u. M. 1927, S. 81.

[8]) Die Eliminierung des Meßfehlers am Dynamometer, der bei einer zu messenden dritten Harmonischen von zum Beispiel 2 vH maximal $0{\cdot}5/2 \cdot 100 = 25$ vH betragen würde, geschah auf folgendem Wege: Der Ausschlag als Funktion der Reglerstellung stellt eine Kurve dar, die praktisch aus zwei Sinuslinien zusammengesetzt ist. Aus dieser Kurve kann man durch Analyse die gesuchte dritte Harmonische ermitteln, wozu nach dem Verfahren von Fischer-Hinnen die Kenntnis von sechs Ordinaten erforderlich und ausreichend ist (siehe ETZ 1901, S. 396). Demgemäß wurde jeder Meßwert aus sechs Dynamometerablesungen bei bestimmten Reglerstellungen berechnet.

Digitized by Google

formatoren ausgeführten Messungen dar. Abb. 6 und 9 enthalten Mittelwerte der dritten Harmonischen aus allen drei Phasen. In Abb. 10 und 11 sind die weiter unten zu besprechenden Resultate für das Zusammenwirken von Generator und Transformator aufgetragen. Es sei betont, daß die Versuche nur die grundsätzliche Richtigkeit des im vorhergehenden theoretisch Ermittelten zeigen sollen; bei einer Bewertung der einzelnen Ergebnisse sind natürlich die Eigenschaften der verwendeten Generatoren und Transformatoren zu berücksichtigen.

Die Versuche wurden mit der Untersuchung der dritten Harmonischen im Generator begonnen. Im Leerlauf zeigt E_{3v} die nach Abb. 2 zu erwartende Abhängigkeit von der Spannung. Benützt wurde ein als Laboratoriumsgenerator umgebauter vierpoliger Asynchronmotor von 8·5 kVA, 200 V mit 36/32 Nuten in Stator und Rotor. Der Rotor dieser Maschine hatte eine Erregerwicklung erhalten, welche eine treppenförmige Feldkurve liefert. Ihre dritte Harmonische besitzt einen positiven Anfangswert von über 5 vH, der bei einer Erregung von 60 V abzunehmen beginnt, im untersuchten Bereich auf Null herabgeht und dann negativ wird (Abb. 6). Die Umkehr erfolgt bei einer Phasenspannung, die nur rund 10 vH

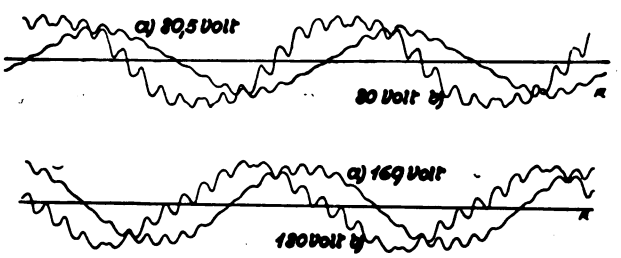


Abb. 7 und 8. Spannungskurven des 8·5 kVA Generators.

über dem normalen Wert liegt. Diese früh beginnende und rasch verlaufende Änderung von E_{3v} erklärt sich durch die starke Sättigung und den kleinen Luftspalt der Maschine.

Der Beweis für die bemerkenswerte Umkehr der dritten Harmonischen mußte sich auch durch eine oszillographische Aufnahme zweier extremer Spannungswerte erbringen lassen. In den zu diesem Zwecke aufgenommenen Oszillogrammen Abb. 7 und 8 stellen die mit *a* bezeichneten Kurven die Phasenspannung des Generators dar. Die Kurven *b* wurden durch Hintereinanderschaltung zweier Phasen, also in der sogenannten V-Schaltung erhalten, in welcher alle durch drei teilbaren Harmonischen mit doppelter Amplitude, aber umgekehrtem Vorzeichen auftreten. Die Spannungskurven sind durch höhere Harmonische stark verunstaltet;[9]) trotzdem ist zu erkennen, daß bei hoher Erregung (Abb. 8) die Kurve *a* abgeflacht und *b* zugespitzt ist, ihre dritte Harmonische also negatives bzw. positives Vorzeichen haben, während bei niedriger Spannung (Abb. 7) die Verhältnisse umgekehrt sind.

Ein anderer Generator, der für den später zu beschreibenden Versuch diente, ergab keine Abhängigkeit seiner dritten Harmonischen von der Leerlaufspannung. Der Generator, eine alte Bauart mit sehr geringer Sättigung, besitzt ziemlich schmale Pole und erzeugt eine kräftige positive dritte Harmonische; die Abnahme, welche E_{3v} in Abb. 10, 1 erfährt, ist auf die kleine Belastung durch den Leerlaufstrom eines angeschlossenen Transformators zurückzuführen. Dieselbe Maschine, bei Belastung untersucht, ergab den in Abb. 11, 1 dargestellten Verlauf der dritten Har-

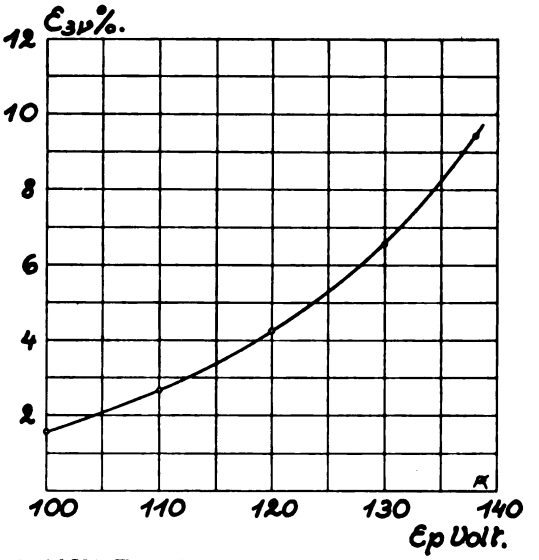


Abb. 9. 3 kVA Transformator im Leerlauf. Meßwerte der dritten Harmonischen.

monischen. Aus der Kurve geht der Einfluß des Gegenfeldes hervor, dem zufolge E_{3v} bei kapazitiver Belastung anwächst, bei induktiver dagegen abnimmt.

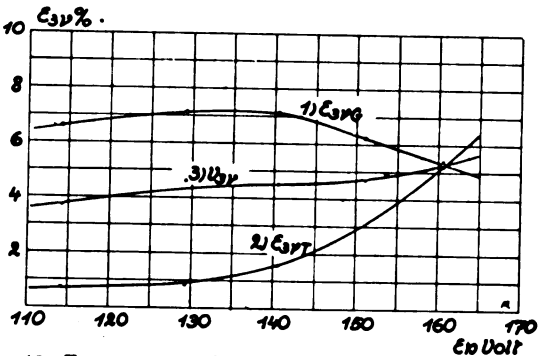


Abb. 10. Zusammenwirken eines Generators und Transformators bei Leerlauf.

Für die Untersuchung der dritten Harmonischen im Transformator wurden zwei Niederspannungstransformatoren für 220 V, Leistung 3 bzw. 10 kVA benützt. Der erste ist etwa normal, der zweite

[9]) Es handelt sich um beträchtliche Glieder 15., 17. und 19. Ordnung, als deren Ursache die Treppenform der Feldkurve und eine ziemliche Öffnung der Statornuten festgestellt wurde. Die 15. Harmonische tritt besonders deutlich in den Oszillogrammen bei V-Schaltung des Generators auf und ist auch der Grund dafür, warum eine Messung der dritten Harmonischen bei Dreieckschaltung mittels Voltmeter mißlang.

Digitized by Google

schwach gesättigt. Die im Leerlauf erhaltenen Kurven sind in Abb. 9 bzw. Abb. 10, 2 aufgetragen. Beide Transformatoren besitzen Ölkessel; der erste zeigte nach dem Ausbau eine Abnahme von $E_{3\nu}$ um rund 30 vH; der Einfluß der Kesselwände auf die magnetische Leitfähigkeit des Rückschlusses ist also ziemlich beträchtlich. Die geringe Änderung von $E_{3\nu}$ bei Belastung geht aus Abb. 11, 2 hervor. Diese Messung erfordert völlig konstante Spannung am Transformator, was durch Verwendung einer separaten Batterie für das die Spannung liefernde Umformeraggregat erreicht wurde.

Es sei noch auf die Verschiedenheiten hingewiesen, welche die dritte Harmonische in den drei Phasen der Transformatoren aufweist. Ursache dieser Erscheinung, die auch Dr. M a n d l bei seinen Versuchen beobachtete, ist die bekannte magnetische Unsymmetrie des Dreiphasentransformators infolge von Jochsättigung. Die Unsymmetrie macht sich bei niederer Spannung am stärksten bemerkbar, weil mit zunehmender Sättigung der Anteil der Joche an der magnetischen Umlauf-

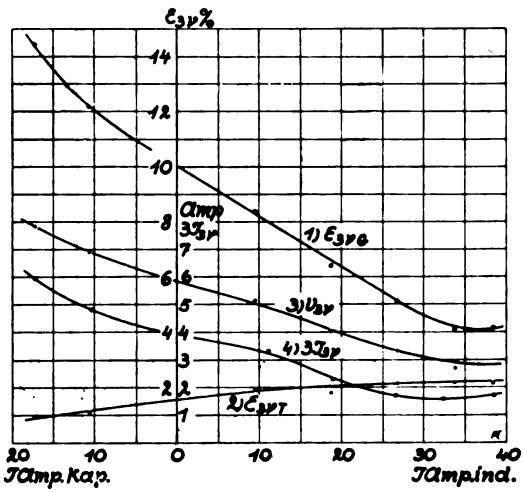


Abb. 11. Zusammenwirken bei wattloser Belastung. $V_{verk} = 210$ V konstant.

spannung immer kleiner wird. Bei dem 10 kVA-Transformator ergab die Messung in einer anderen Phase Werte, die bei $E_p = 120$ V etwa 100 vH, bei 160 V immer noch rund 40 vH über denen der Kurve 2, Abb. 10, liegen. Durch derartige Verschiedenheiten wird natürlich auch die dritte Harmonische in den Phasen des zugehörigen Generators beeinflußt.

Die dritte Harmonische beim Zusammenwirken von Generator und Transformator.

Die Verhältnisse, welche hinsichtlich der dritten Harmonischen eintreten, wenn eine Nullpunktverbindung zwischen Generator und Transformator hergestellt wird, lassen sich mit Hilfe der vorhergehenden Resultate zunächst für den L e e r l a u f unschwer untersuchen. Denkt man sich die dritte Harmonische $E_{3\nu}$ im Transformator allein vorhanden, so würde diese im Idealfalle einen sie aufhebenden Strom dreifacher Frequenz in jeder Phase veranlassen, welcher nichts weiter als die bisher im Magnetisierungsstrom fehlende Komponente dreifacher Frequenz ist. Durch das Hinzukommen der dritten Harmonischen im Generator verändert sich nun das Bild völlig. Die wichtigste Frage ist zunächst die Frage nach deren Richtung; dementsprechend sind zwei Hauptfälle zu betrachten. Für den größten Teil des Leerlaufbereiches ergab sich, daß die Spannungskurven sowohl im Transformator, als auch im Generator zugespitzt und ihre dritten Harmonischen dabei annähernd positiv sind. Beide wirken also e i n a n d e r e n t g e g e n und die EMK dreifacher Frequenz, welche als Resultierende zwischen den Nullpunkten auftritt, entspricht der algebraischen Differenz beider. (Fall 1). Der Strom $J_{3\nu}$, welcher nach Anschluß des Nulleiters im Stromkreis der Abb. 1 fließt, gleicht nur noch die Größenunterschiede der dritten Harmonischen in Generator und Transformator aus. Der für den praktischen Betrieb erwünschte Fall 2 einer negativen dritten Harmonischen im Generator, welche das Fließen von $J_{3\nu}$ unterstützt, tritt erst nach der Umkehr derselben bei hoher Erregung ein.

Die nähere Untersuchung führt zu einem Ersatzschema für den Stromkreis der dritten Harmonischen und Darstellung der physikalischen Verhältnisse in einem Vektordiagramm. Das Ersatzschema, welches in Abb. 12 für eine einzelne Phase

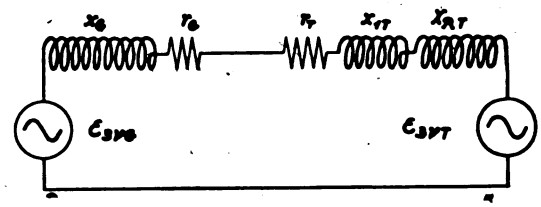


Abb. 12. Ersatzschaltung des Stromkreises.

wiedergegeben ist, enthält auf der Transformatorseite den Verlustwiderstand r_T einer Phase und die primäre Streureaktanz x_{1T}. Eine weitere Reaktanz hat folgende Bedeutung: Die von $J_{3\nu}$ im Transformator erzeugten AW ändern die Größe des Luftfeldes und damit die induzierte Spannung $E_{3\nu T}$, welche Rückwirkung durch einen induktiven Spannungsabfall dargestellt wird. Diese mit X_{RT} bezeichnete Reaktanz kann gemessen werden;[10]) das Verhältnis $\frac{E_{3\nu T}}{X_{RT}}$ ist für verschiedene Transformatoren bei gleicher Sättigung ungefähr konstant. Im Generator sind der ohmsche Ersatzwiderstand r_G und der induktive Widerstand x_G zu überwinden. Letzterer ergibt sich aus der normalen und einer zusätzlichen Streuung, verursacht durch das Ankerfeld der dritten Harmonischen im Generator.[11])

[10]) Die Messung hat bei Parallelschaltung der drei Phasen zu erfolgen und ergibt stets die Widerstandssumme $(x_{1T} + X_{RT})$.

[11]) Die Zunahme der Streuung durch das Ankerfeld der dritten Harmonischen, welches ein Wechselfeld von dreieckiger Form und $\frac{\tau}{3}$ Breite ist, kann bis 100 vH betragen; sie ist am geringsten, wenn der Generator einen Dämpferkäfig besitzt.

Digitized by Google

Das Diagramm der dritten Harmonischen geht von den EMKK dreifacher Frequenz in Generator und Transformator aus. Abb. 13 und 14 zeigen dasselbe für die beiden obengenannten Hauptfälle; die Indices 3ν sind weggelassen. Es bedeutet: Der Vektor $\overline{04}$ die von E_T und E_G gebildete resultierende EMK; $\overline{23}$ den Wert $V_{3\nu}$, welcher nach Schließen des Kreises in den drei Phasen als dritte Harmonische der Klemmenspannung übrig bleibt, $\overline{13}$ eine EMK, welche dem im Transformator verbleibenden Fluß N_3 und der dritten Harmonischen auf der Sekundärseite entspricht und J den Strom dreifacher Frequenz. In Abb. 13 ist nun der Fall 2 einer negativen dritten Harmonischen E_G im Generator dargestellt, welche E_T unterstützt und in der gleichen Richtung anzutragen ist. Die resultierende EMK erzeugt einen kräftigen, in der Phase stark nacheilenden Strom, dessen Größe sich aus E_{res} und der Impedanz des gesamten Stromkreises ergibt. Das Luftfeld im Transformator hat infolgedessen beträchtlich abgenommen und in den Phasen verbleibt nur ein geringer Wert von $V_{3\nu}$. Auch wenn dieser Null wird, behält der Transformator

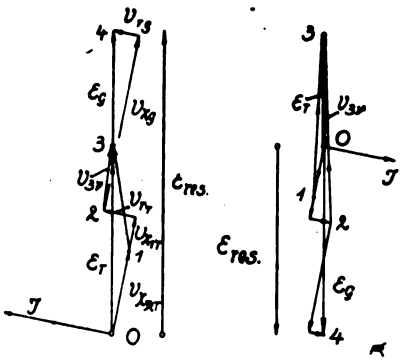


Abb. 13 und 14. Diagramm der dritten Harmonischen.

eine kleine dritte Harmonische im Fluß. Im Hauptfalle 1 (positive dritte Harmonische im Generator) ist eine Unterscheidung nach der Größe von E_G nötig. Ist $E_G < E_T$, so bleiben, jedoch unter entsprechend größerem $V_{3\nu}$, die Verhältnisse der Abb. 13 erhalten. Dagegen stellt das zweite Diagramm Abb. 14, bei dem $E_G > E_T$ angenommen ist, den augenscheinlich ungünstigsten Fall dar, der beim Zusammenwirken auftreten kann. Der Generator zwingt durch seine größere entgegengesetzte dritte Harmonische dem Transformator einen Strom auf, welcher umgekehrte Richtung wie vorhin hat und das Luftfeld und die dritte Harmonische im Transformator verstärkt. $V_{3\nu}$ nimmt einen Wert an, der zwischen E_T und E_G liegt.

Bei Belastung des Systems erfährt die dritte Harmonische im Generator starke Änderungen ihres Wertes nach oben und unten, wie sie die vorhergegangene Untersuchung ergab, bleibt aber im wesentlichen entgegengesetzt gerichtet. Da $E_{3\nu G}$ gerade bei Wattbelastung am stärksten anwächst (Abb. 4), tritt hierbei immer der eben besprochene ungünstigste Fall des Zusammenwirkens ein, auch wenn bei Betriebsspannung im Leerlauf $E_{3\nu G} < E_{3\nu T}$ war. Damit ist auch die Frage nach dem praktischen Wert einer Nullpunktverbindung für Kerntransformatoren im negativen Sinne entschieden.

Es bleibt noch die Größe der Phasenverschiebung zu betrachten, welche bei normaler Belastung zwischen $E_{3\nu G}$ und $E_{3\nu T}$ auftritt. Diese hat zwei Ursachen: 1. Verzerrung der Feld- bzw. Flußkurve in Generator und Transformator; 2. Phasenverschiebung zwischen den inneren EMKK beider nach den Belastungsdiagrammen. Der Einfluß der Leitungswiderstände sei vernachlässigt. Man erhält einen Nacheilwinkel $3\psi_3$, um den die dritte Harmonische $E_{3\nu G}$ aus ihrer Lage in Abb. 14 verdreht ist. Der Winkel übersteigt den Wert von schätzungsweise 60° kaum, beeinflußt demnach die Erscheinungen nicht wesentlich.

Das Ergebnis zweier Versuche über das Zusammenwirken, dargestellt in Abb. 10 und 11, ist nun ohne weiteres verständlich. Die Leistung des verwendeten Generators und Transformators betrug je 10 kVA, ihre Normalspannung 250 bzw. 220 V; ihre Bauart ist allerdings veraltet. Der erste Versuch ist mit leerlaufendem Transformator gemacht. Beim zweiten wurde dieser durch einen Einankerumformer wattlos vor- und nacheilend belastet, wobei die Klemmenspannung konstant 210 V betrug. Die Messungen sind so ausgeführt, daß für jeden Zustand zunächst die dritte Harmonische einer Phase im Generator und Transformator und dann $V_{3\nu}$ gemessen wurde, nachdem durch einen Schalter die Nullpunkte verbunden waren.[12]) $E_{3\nu G}$ zeigte sich im untersuchten Bereich jedesmal größer als $E_{3\nu T}$; die Werte für $V_{3\nu}$ liegen etwa in der Mitte zwischen beiden. In Abb. 11, wo die Unterschiede zwischen den einzelnen dritten Harmonischen besonders stark sind, ist auch der indirekt gemessene Nulleiterstrom $3J_{3\nu}$ aufgetragen. Die Kurven 1 und 4 derselben Abbildung steigen bei hoher induktiver Belastung von neuem an, was auf eine durch die Verluste stark angestiegene Wattkomponente des Belastungsstromes zurückzuführen ist.

[12]) Infolge eines besonderen Umstandes gehören die dritten Harmonischen in Abb. 10 und 11 verschiedenen Phasen an.

Digitized by Google

Graphisches Verfahren zur Ermittlung des Übersetzungsverhältnisses von mechanischen Regelgetrieben in Verbindung mit Elektromotoren mit Reihenschlußcharakteristik.

Von Dipl. Ing. Robert J. Nowotny, Freiburg (Baden).

Elektromotoren, deren Drehzahl auf elektrischem Wege durch Zuhilfenahme von Regelwiderständen, Stufentransformatoren oder durch Bürstenverschiebung geregelt wird, gestatten meist nur die Erreichung gewisser tiefster Drehzahlen. Da diese in manchen Fällen den geforderten Betriebsbedingungen der angetriebenen Arbeitsmaschine nicht vollauf genügen, benützt man vielfach mechanische Getriebe, die eine weitere Verminderung der Arbeitsmaschinendrehzahl ermöglichen sollen. Zu diesen Getrieben gehören Riementriebe mit Stufen- oder Kegelscheiben, Zahn- und Schneckenradgetriebe mit einem oder mehreren Übersetzungsverhältnissen, (Räderkasten), in neuerer Zeit auch sogenannte Flüssigkeitsgetriebe und dergleichen.

Das zwecks Erreichung einer bestimmten Arbeitsmaschinendrehzahl zwischen Motor- und Arbeitsmaschinenwelle einzuschaltende Getriebe muß ein Übersetzungsverhältnis erhalten, für dessen Größe die Gleichung

$$\ddot{u} = \frac{n_a}{n_m} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

maßgebend ist.

Dabei wird mit n_a die Drehzahl der Arbeitsmaschinenwelle und mit n_m die Motordrehzahl bezeichnet. Kommen Motoren mit Nebenschlußcharakteristik zur Verwendung, deren Drehzahl also praktisch bei allen Belastungen unveränderlich ist, so läßt sich das fragliche Übersetzungsverhältnis ohne weiteres aus der Gleichung (1) errechnen.

Besitzt jedoch der Antriebsmotor Reihenschlußcharakteristik, so ist seine Drehzahl mehr oder weniger von dem abgegebenen Drehmoment abhängig, was sich durch die Gleichung

$$n_m = f(M_m) \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

ausdrücken läßt. M_m bedeutet dabei das abgegebene Motordrehmoment. Da die Leistung an der Arbeitsmaschinenwelle durch die Gleichung

$$L_a = k \,.\, M_a \,.\, n_a \quad \ldots\ldots\ldots (3),$$

die Leistung an der Motorwelle durch die Gleichung

$$L_m = k \,.\, M_m \,.\, n_m \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

bestimmt ist und da

$$L_m = \frac{L_a}{\eta_G} \quad \ldots\ldots\ldots (5),$$

wobei η_G den Wirkungsgrad des Getriebes mit dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u}$ und M_a das Drehmoment an der Maschinenwelle bedeutet, so ergibt sich

$$M_m = \frac{\ddot{u}}{\eta_G} \,.\, M_a \quad \ldots\ldots\ldots (6).$$

Das Motordrehmoment, und nach Gleichung (2) auch die Motordrehzahl, ist somit vom Drehmoment, das an der Arbeitsmaschinenwelle benötigt wird, vom Übersetzungsverhältnis des Getriebes und von dessen Wirkungsgrad abhängig. Rechnerisch läßt sich die Gleichung (2) wohl nur in wenigen Sonderfällen auswerten und das gesuchte Übersetzungsverhältnis nach Gleichung (1) berechnen. Nachstehend soll daher ein graphisches Verfahren an Hand eines Beispieles beschrieben werden, mit dem man das fragliche Übersetzungsverhältnis leicht ermitteln kann.

In Abb. 1 sind die Drehzahl/Drehmoment-Kennlinien R_1, R_2, R_3 und R_4 eines in vier Stufen mittels Läuferwiderständen regelbaren asynchronen Drehstrommotors dargestellt. Die Schaulinie a gibt an, welche Drehmomente an der Welle der betreffenden Arbeitsmaschine bei verschiedenen Drehzahlen benötigt werden. Aus den Schnittpukten I, II, III und IV der Schaulinie a mit den Motorkennlinien R_1, R_2, R_3 und R_4 ergibt sich, daß bei unmittelbarer Kupplung des Motors mit der Arbeitsmaschine die Drehzahlen 945, 795, 655 und 520 elektrisch eingeregelt werden können. Beispielsweise soll noch eine tiefere Drehzahl $n_a = 230$ mit Hilfe eines mechanischen Getriebes erreicht und dabei die vierte elektrische Regelstufe R_4 benützt werden. Das hierzu erforderliche Übersetzungsverhältnis des Getriebes ist auf graphischem Wege wie folgt zu bestimmen.

Man zeichnet im Quadranten links unten eine Schaulinie, welche die Wirkungsgrade des Getriebes bei verschiedenen Übersetzungsverhältnissen angibt. Nun wählt man versuchsweise ein beliebiges Übersetzungsverhältnis, zum Beispiel $\ddot{u}_1 = 0{\cdot}2$, in der Zeichnung durch die Strecke $\overline{OA}$ dargestellt und projiziert den Punkt A auf die Schaulinie η_G (Punkt B). Die verlängerte Gerade OB ergibt den Schnittpunkt C, der wieder auf OE zurückprojiziert wird (Punkt D). Aus den Dreiecken OAB und ODC ergibt sich

$$\frac{\overline{OD}}{\overline{DC}} = \frac{\overline{OA}}{\overline{AB}} \quad \ldots\ldots\ldots (7).$$

Da $\overline{DC} = 1$ angenommen wurde, so ist

$$\overline{OD} = \frac{\overline{OA}}{\overline{AB}} = \frac{\ddot{u}_1}{\eta_{G1}} \quad \ldots\ldots\ldots (8).$$

Aus der Maschinenkennlinie a (Punkt V) ergibt sich, daß an der Maschinenwelle bei $n_a = 230$ ein Drehmoment M_a, dargestellt durch die Strecke $\overline{OM_a}$, benötigt wird. Für die weiteren Hilfsrechnungen nehmen wir jetzt an, daß dieses Drehmoment M_a bei allen Maschinendrehzahlen konstant bleibt. Durch Projektion des Punktes M_a auf die Richtung Ex erhält man den Punkt G bzw. die Gerade OG. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der verlängerten Geraden CD ist der Punkt F, seine Projektion auf die X-Achse ist der Punkt M_{m1}.

Digitized by Google

Aus den Dreiecken $OM_a G$, $OM_{m1} F$, OFD und OGE ergibt sich nun

$$\frac{\overline{OM_{m1}}}{\overline{OM_a}} = \frac{\overline{OF}}{\overline{OG}} = \frac{\overline{OD}}{\overline{OE}} \quad \ldots . (9).$$

Da $\overline{OE} = 1$ angenommen wurde, und nach Gleichung (8) $\overline{OD}$ den Wert $\frac{\ddot{u}_1}{\eta_{a1}}$ darstellt, so ist

$$\frac{\overline{OM_{m1}}}{\overline{OM_a}} = \frac{\ddot{u}_1}{\eta_{a1}} \quad \ldots . (10).$$

Nach Gleichung (6) stellt also die Strecke $\overline{OM_{m1}}$ das Drehmoment M_{m1} an der Motorwelle dar.

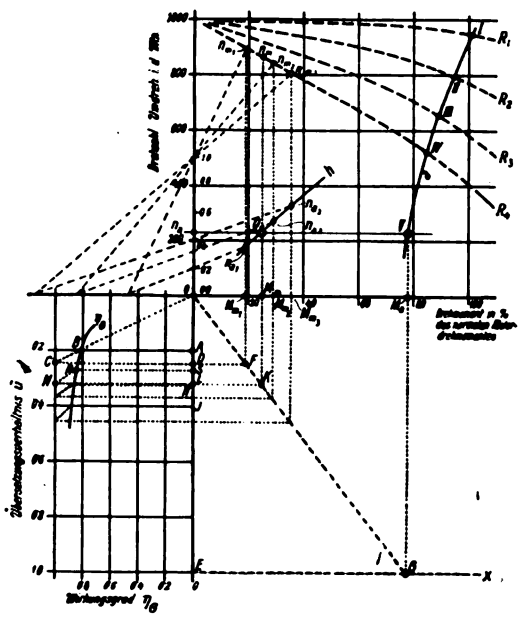


Abb. 1.

Diesem Drehmoment entsprechend ergibt sich aus der Motorkennlinie R_4 eine Motordrehzahl $n_{m1} =$ 895 und, da ja $\ddot{u}_1 = 0{\cdot}2$ gewählt wurde, nach Gleichung (1) eine Maschinendrehzahl $n_{a1} = 895 \,.\, 0{\cdot}2 = 179$, allerdings unter der Annahme, daß auch bei dieser Drehzahl das Maschinendrehmoment M_a unverändert auftritt. (Die Berechnung der Maschinendrehzahl n_{a1} aus der Motordrehzahl n_{m1} ist in Abb. 1 graphisch ausgeführt, was einer näheren Erklärung wohl nicht bedarf.)

Man wählt nun noch zwei weitere beliebige Übersetzungsverhältnisse $\ddot{u}_2 = \overline{OH}$ und $\ddot{u}_3 = \overline{OI}$ und konstruiert in der gleichen Weise die unter der Annahme M_a = konstant erzielbaren Maschinendrehzahlen n_{a2} und n_{a3}. Legt man durch die drei Maschinendrehzahlen n_{a1}, n_{a2} und n_{a3} eine Hilfskurve h, so ergibt deren Schnittpunkt mit der zur verlangten Maschinendrehzahl $n_a = 230$ gehörigen Abszisse den Punkt Q. Durch Anwendung des vorbeschriebenen Verfahrens in umgekehrter Reihenfolge erhält man jetzt das Motordrehmoment M_m, den Hilfspunkt K, $\overline{LO} = \frac{\ddot{u}}{\eta_a}$, den Hilfspunkt N, $\overline{PS} = \eta_a$ und schließlich $\overline{SO} = \ddot{u}$ das gesuchte Übersetzungsverhältnis, das im vorliegenden Fall 0·27 betragen muß. Für die Maschinendrehzahl $n_a = 230$ ist jetzt tatsächlich das für die Hilfsrechnungen als konstant angenommene Maschinendrehmoment M_a erforderlich, sodaß trotz dieser eigentlich nicht zutreffenden zeitweiligen Annahme das Endergebnis richtig ist.

Da in vielen Fällen die Hilfskurve h mit praktisch genügender Genauigkeit durch eine Gerade ersetzt werden kann, so wird es oft genügen, nur zwei Hilfsdrehzahlen n_{a1} und n_{a2} zu bestimmen, und durch eine Gerade zu verbinden, die dann den Schnittpunkt Q ergibt. Hierdurch vereinfacht sich das Verfahren.

Kraftübertragung und Verteilung in Amerika.

Der letzte Jahresbericht des Ausschusses des American Institute of Electrical Engineers für die Behandlung der mit der Kraftübertragung und Verteilung zusammenhängenden Fragen gibt einen guten Überblick über diesen im Vordergrund des Interesses stehenden Gegenstand und die in letzter Zeit erzielten Fortschritte. Wir entnehmen dem vom Vorsitzenden Perey H. Thomas erstatteten Bericht[1]) die nachstehenden Einzelheiten.

Höchstspannungsleitungen. Der großen Bedeutung entsprechend, welche den große Kraftmengen übertragenden Höchstspannungsleitungen zukommt, laufen die Bestrebungen auf eine Erhöhung der Betriebssicherheit bei sparsamer Bauweise und bester Ausnützung des Materials hinaus. Zur Entlastung der in der Leitungsrichtung nur wenig widerstandsfähigen Tragmaste bei ungleichen Leitungszügen, welche zum Beispiel bei ungleichmäßiger Vereisung auftreten können, wendet man neuerdings Rutschklemmen an, die in derartigen Fällen das Leitungsseil freigeben und so einen Ausgleich der Belastungen ermöglichen. (Derartige Klemmen werden aus denselben Gründen bei uns schon seit längerer Zeit verwendet. Der. Ber.) Die Herabsetzung des Gewichtes der Eck- und Abspannmaste wird durch die Anordnung von Ankern angestrebt, wobei überdies durch gelenkige Befestigung des Mastfußes am Fundament Biegungsbeanspruchungen vom Mast ferngehalten werden; alle seitlichen Züge werden bei dieser Anordnung von den Ankern aufgenommen. (Dieser Weg wäre bei uns nicht gangbar, da die Sicherheitsvorschriften die Verankerung von Eisenmasten, bezw. die rechnungsmäßige Berücksichtigung von Ankern nicht zulassen, unseres Erachtens mit Recht, da die dauernd gesicherte Mitwirkung solcher an der Kraftübernahme kaum gewährleistet werden kann und sie auch fremden Eingriffen ausgesetzt sind. Der Ber.) Unter den Einzelheiten ausgeführter Anlagen ist die Kreuzung der 220 kV Leitung Pit River-Vaca der Pacific Gas & Electric Co. mit den Flüssen Sacramento und San Joaquin sowie der zwischen beiden liegenden stark versumpften Landschaft bemerkenswert. Es handelt sich hier um eine über 7 km lange, 15 Spannfelder umfassende Strecke, auf welcher 12 Tragmaste und 4 Abspannmaste angeordnet sind. Die Tragmaste sind 60 bis 140 m hoch, während die Abspannmaste nur mit der auf der übrigen Strecke gewählten normalen Höhe ausgeführt werden konnten. Dies wurde dadurch erreicht, daß die eigentlichen Kreuzungsmaste, welche Spannfelder von 1260 bezw. 970 m Länge einschließen, durch Tragmaste begrenzt sind und die Abspannstellen

[1]) Journal of the Am. Inst. El. Eng., Bd. 45, Heft 12.

Digitized by Google

auf entfernter liegende Abspannmaste verlegt wurden, deren Nachbarspannfelder mit normaler Spannweite ausgeführt werden konnten. Durch entsprechend erhöhte Phasenabstände und verstärkte Isolation wurde für eine besonders sichere Ausführung der Kreuzungsfelder gesorgt. Eine im Gebiet von Philadelphia ausgeführte 132 kV Doppelleitung weist eine neuartige Querträgeranordnung auf, indem von den drei übereinander liegenden, auf jeder Mastseite eine Leitung tragenden Querträgern der mittlere die geringste Ausladung aufweist. Als Ausgangspunkt für die Bemessung der Querträgerlängen diente jene für den obersten Querträger, welche mit Rücksicht auf die kleinstzulässige Entfernung zwischen Mast und Leitung bei Ausschwingen der letzteren um 30° bestimmt wurde, wobei dieselbe um 15 cm größer sein sollte, als für die anderen beiden Leitungen. Der Einfluß des Anzuges vom Mastkörper auf die Entfernung der an den beiden anderen Querträgern befestigten Leitungen vom Mastkörper selbst ist auf diese Weise eliminiert. Im übrigen erfolgte die Bemessung derart, daß alle Überschlagsweiten auch bei ungünstigsten Verhältnissen die Länge der Isolatorenkette nicht unterschreiten. Erfahrungen über die bei Anordnung der Leitungen in einer wagrechten Ebene, wie solche neuerdings mehrfach verwendet wird, notwendigen Entfernungen fehlen noch; die Sammlung solcher für die verschiedenen Betriebsspannungen wird als sehr wünschenswert bezeichnet, damit nicht durch übermäßig große Entfernungen und hiedurch verteuerte Bauweise diese aus technischen Gründen sehr empfehlenswerte Anordnung in Nachteil gerät.

Hochspannungskabel. Auf Grund der, mit dem in Italien verlegten 132 kV Versuchskabel[2]) der Pirelli Gesellschaft gemachten guten Erfahrungen kommen solche Kabel nunmehr auch in New York zur Verlegung, und zwar zwei Strecken von 16 bezw. 9·6 km Länge. Diese Kabel sind Einleiterkabel mit hohlem Kupferleiter von 306 mm² Querschnitt; die Isolationsstärke beträgt 18 mm, der Außendurchmesser des Kabels 79 mm. Der Hohlraum innerhalb des Leiters ist mit Isolieröl gefüllt, welches unter dem Druck eines erhöht angeordneten Ausdehnungsgefäßes steht, wodurch die Bildung von die Isolationsfestigkeit herabsetzenden Lufträumen verhindert wird. In den normalen Verbindungsmuffen sind die Hohlleiter derart miteinander verbunden, daß die Hohlräume selbst zusammenhängen, wogegen alle 1·6 km eine Spezialmuffe angeordnet wird, in der eine Trennung der letzteren erfolgt. Die Belastungsfähigkeit eines aus drei Einphasenkabeln gebildeten Drehstromkabels beträgt 90 000 kVA; bemerkenswert ist auch die pro km Drehstromkabel 1500 kVA erreichende Ladeleistung. Neben den verseilten Drehstromkabeln gewöhnlicher Bauart finden auch solche mit Metallmantel für jede Phase[3]) (Höchstädterkabel) für höhere Betriebsspannungen steigende Verwendung.

Isolatoren. Grundlegende Änderung in der Konstruktion der für Höchstspannungsleitungen allein in Frage kommenden Kettenisolatoren sind im Gegensatz zur europäischen, namentlich der deutschen Entwicklung, wo eine ganze Reihe kittloser Kappenisolatorentypen und Doppelkappenformen (Motorisolator) herausgebracht wurden, nicht zu verzeichnen. Die amerikanische Praxis hält im allgemeinen an der Kappentype mit eingekittetem Klöppel und aufgekitteter Kappe fest; die Bestrebungen zielen auf die Herstellung von Isolatoren mit möglichst großer mechanisch-elektrischer Festigkeit, für welche mit Rücksicht auf die stets größeren Leiterquerschnitte starke Nachfrage vorherrscht. Das Verhalten der Isolatoren unter dauernd einwirkender hoher Belastung bei gleichzeitiger elektrischer Beanspruchung wird im Wege von systematischen Dauerversuchen untersucht. Die leistungsfähigsten Typen können bis zu 20 000 kg bei gleichzeitiger elektrischer Beanspruchung aufnehmen; über ein Jahr andauernde Belastungen bis zu 8000 kg unter Spannung haben die Isolatoren anstandslos vertragen. In Hinblick auf diese Fortschritte geht man dazu über, den bisher üblich gewesenen Sicherheitsgrad von 3 bis 4 herabzusetzen, bei mehreren Gesellschaften steht eine Verringerung desselben auf etwa 2 in Erwägung. Die Frage der Verbesserung der Spannungsverteilung an den Isolatorenketten, namentlich bei den höchsten Spannungen, um derart die Überschlagsspannung zu erhöhen, wird nach wie vor studiert, doch ist es bis jetzt noch nicht zur Ausbildung einer einheitlichen Meinung gekommen. Von der einen Seite wird als wirksamste Maßregel die Ausrüstung mit Schutzhörnern, Schutzringen und dergleichen mehr empfohlen, wogegen andererseits die Anwendung der Lichtbogenunterdrücker für das zweckmäßigste gehalten wird, das sind Einrichtungen, welche die Vorentladungen, durch die eine Ionisierung der umgebenden Luft bewirkt und der Lichtbogenüberschlag erleichtert wird, verhindern.

Stabilitätsfragen. Die Stabilität von großen Kraftübertragungsanlagen, welche den Transport bedeutender Leistungen über große Entfernungen vermitteln, war entsprechend der Wichtigkeit dieser Frage Gegenstand von vielen theoretischen und experimentellen Arbeiten. Es wurde erkannt, daß gute Stabilität gewährleistet wird durch geringe Induktivitäten des Stromweges, möglichst hohen Leistungsfaktor, der durch Erzeugung des benötigten Blindstromes am oder in unmittelbarer Nähe der Verbraucherstelle erreicht wird, Aufrechterhaltung einer inneren Mindestspannung an den Maschinen durch Eigenerregung, sowie rasche, selektive Abschaltung von Fehlern. Dagegen sind die Meinungen noch darüber verschieden, ob durch automatische Spannungsregelung eine Erhöhung der Stabilität bei vorübergehenden Störungen gegenüber der Handregelung erzielt werden kann.

Kraftverteilung. Für Mittelspannungs-Verteilungsnetze findet die Spannung von 13 200 V, welche auch vielfach als Maschinenspannung gewählt wird, steigenden Eingang, wobei in der Regel von dieser Spannung unmittelbar auf Niederspannung transformiert wird. Derartige Verteilungssysteme bieten neben wesentlich geringerem Kupferaufwand den Vorteil der Ersparnis einer Zwischentransformation, welche sonst notwendig wäre, falls die Speisung des eigentlichen Verteilungsnetzes aus einem Netz von 4 bis 8 kV erfolgt, wie dies früher üblich war. Auch der Betriebssicherheit der Niederspannungsverteilungsnetze wird erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet, wobei einerseits die möglichste Vermeidung jedweder Beeinträchtigung durch Fehler an den Transformatoren oder im Hochspannungsnetze, andererseits die rasche selektive Abschaltung fehlerhafter Netzabschnitte angestrebt wird. Hiebei werden jetzt vorwiegend zwei Systeme für die Speisung angewendet, und zwar strahlenförmig verlegte und vermaschte Speiseleitungen mit von Rückwattrelais gesteuerten unterspannungsseitigen Schaltern, oder Ringspeiseleitungen mit in den Ring eingebauten Schaltern in Verbindung mit Differential- oder Selektivschutz. Auch der Verbesserung des Leistungsfaktors wird größere Aufmerksamkeit gewidmet, wobei die Erzeugung der Blindleistung tunlichst in der Nähe der Abnahmestelle erfolgt. In diesem Zusammenhange finden statische Kondensatoren erhöhte Beachtung. Auch wird getrachtet die Spannungsregelung für mehrere in Gruppen zusammengefaßte Speiseleitungen gemeinsam vorzunehmen, wodurch Ersparnisse in der Apparateausrüstung erzielbar sind. Die Versorgung ländlicher Bezirke mit geringer Konsumdichte erfolgt über Dreiphasen-Vierleiter-Speiseleitungen mit eine Phase und den Nulleiter führenden Stichleitungen zu den einzelnen Abnahmestellen, wobei für letztere vielfach verzinktes Eisen als Leitermaterial verwendet wird. Der Nulleiter wird unmittelbar an der Mastspitze, der Phasenleiter an einem Querarm mittels Isolator befestigt; diese sehr billige Konstruktion ermöglicht die wirtschaftliche Versorgung auch kleiner Abnehmer, zumal auch schon billige, für solche Zwecke geeignete Transformatoren erhältlich sind.

Dr. Beck.

[2]) E. u. M. 1925, S. 491.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 879.

Digitized by Google

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Das neue Picway-Werk für Columbus, Ohio ist für eine endgültige Leistung von 150 000 kW geplant, wovon derzeit 60 000 kW ausgebaut sind. Die mit Waggon einlangende Kohle wird mittels Wagenkipper abgeladen, einem Brecher zugeführt und mittels Bandkonveyer zu den hochgelegenen Kesselbehältern transportiert. Im Kesselhaus stehen sechs B. u. W.-Kessel in einer Reihe, jeder mit 1360 m² Hfl., 170 m³ Feuerraum und vier längsgerichteten Obertrommeln, normal für rund 40 kg/m² auf 60 kg/m² überlastbar. Die Einmauerung besteht aus schwachen Wänden auf der Innenseite der Kesseltragkonstruktion, während die Außenseite mit Blech verschalt ist. Durch die Hohlräume zwischen den Innenmauern und der Verschalung wird von Öffnungen im Dach die Verbrennungsluft angesaugt und dabei auf rund 50° erwärmt. Jeder Kessel hat einen Unterwindventilator, der in einen für alle Kessel gemeinsamen Windkasten bläst. Da alle Unterwindventilatoren in einem luftdichten Raum stehen, aus dem sie saugen, so ist genügend Reserve vorhanden. Die Antriebsmotoren haben Drehzahlregelung und Druckknopfsteuerung. Die auf 50° vorgewärmte Luft durchströmt, bevor sie in den gemeinsamen Windkasten gelangt, einen mit Anzapfdampf beheizten Luftvorwärmer, wo sie auf eine Temperatur von 120° gebracht wird. Die Taylor-Unterschubroste haben 35 m² Rostfläche und Schlackenbrecher, die mit einer Spritzvorrichtung ausgestattet sind, um zu vermeiden, daß noch weiche glühende Schlacke zwischen die Walzen des Brechers hineingezogen wird. Alle Ventile der Hochdruckdampfleitung haben nur Handbetätigung. Auffallend ist die Verwendung von Kniegelenken in der Hochdruckrohrleitung. Der Dampf gelangt mit 23 atü und 370° zu den beiden 30 000 kW Turbinen, von denen jede einen 14 000 V, 60 Per/s Hauptgenerator mit direkt gekuppelter 160 kW-Erregermaschine und einen auf derselben Welle sitzenden 2300 V Hausgenerator von 1200 kW, 60 Per/s Leistung antreibt. Jede der 17 stufigen einzylindrigen General-Electric-Turbinen hat drei Anzapfungen, von denen die mit 3·5 ata zur Luftvorwärmung verwendet wird, während die mit 1·5 und 0·5 ata zur Wasseraufbereitung dienen. Das durch den Anzapfdampf auf 95° bis 98° vorgewärmte Speisewasser wird von zwei elektrisch getriebenen und zwei turbinengetriebenen Pumpen durch die schmiedeeisernen Ekonomiser mit 166° in die Kessel gedrückt. Mit Rücksicht auf die geringe Elastizität einer mit Entnahmedampf beheizten Verdampferanlage, (da die Anzapfdampfmengen bei einer schwach belasteten Turbine sehr gering sind) wurde für jedes Aggregat ein mit Hochdruckdampf beheizter Verdampfer für 5000 kg Wasser in der Stunde aufgestellt, dessen Rohwasser aus dem Überlaufwasser der Generatorluftkühler entnommen wird. Der Abdampf wird zur Luftvorwärmung verwendet. Bemerkenswert ist auch, daß die verschiedenen Hilfsanlagen, wie Speisewasser- und Gebrauchswasseranlagen, Verdampfer und Eigenbedarfsanlagen in einem eigenen Zubau möglichst übersichtlich untergebracht sind. Stip.

(Power, Bd. 64, Nr. 20, 1926.)

Wasserkräfte und Wasserbauten.

Die Strömungsbilder im Stromschatten von Tauchkörpern wurden von M. Camichel, Toulouse, untersucht. Er fand auf Grund von Laufbildaufnahmen strömender Flüssigkeiten, in welchen feiner Metallstaub suspendiert ist, daß gleiche Strömungsbilder im Stromschatten von Tauchkörpern auftreten, wenn

$$\frac{v_1}{\nu_1} = \frac{v_2}{\nu_2},$$

soferne v_1 und v_2 die Geschwindigkeiten, ν_1 und ν_2 die kinematischen Zähigkeiten zweier Flüssigkeiten darstellen. Beträgt zum Beispiel bei Wasser $\nu_1 = 0{\cdot}0135$, bei Öl $\nu_2 = 4{\cdot}10$ C. G. S.-Einheiten, so ergibt sich besagte Ähnlichkeit der Strombilder für

$$\frac{v_1}{0{\cdot}0135} = \frac{v_2}{4{\cdot}10}, \text{ bezw. } v_1 = \frac{v_2}{305}.$$

(Engineering, Bd. 73, Nr. 3182, 1927.)

Eine Wassermengenprognose[1]) ist nach G. Beurle, Linz, dann wichtig, wenn ein Wasserkraftwerk mit thermischen Kraftwerken parallel arbeitet. Dies ist zum Beispiel beim Kraftwerke Partenstein[2]) der Fall, bei dem ein namhafter Teil der Stromerzeugung, gewissermaßen als Abfallstrom, nach Wien geleitet wird. Die Dampfkraftwerke Wiens haben daher all das zu decken, was von den Wasserkraftwerken nicht geleistet werden kann[3]). Das Arbeitsprogramm der kalorischen Kraftwerke, die Bereitstellung der erforderlichen Kesselzahl, kann aber nur dann auf sichere Grundlage gestellt werden, wenn für das Wasserkraftwerk der Zufluß jeweils für die nächste Zukunft vorausgesagt werden kann. Eine mehrtägige Voraussage der Minimalwassermenge ist aus der Trockenwetter-Abfallkurve möglich, welche angibt, wie sich bei trockenem Wetter der Abfluß ermäßigt. Diese Kurve ergibt für das 506 km² große Einzugsgebiet der Großen Mühl — gültig für Partenstein — folgendes Zahlenbild:

Tage:	2,	4,	6,	8,	10,	12,	14,	16,	18,	20
Abfluß m³/s:	11·8,	9·2,	7,	5·4,	4·4,	3·6,	3·2,	2·9,	2·7,	2·6

Eine kurzfristige, für die nächsten 24 Stunden gültige Prognose ist durch Pegelmessungen an verschiedenen Punkten des Einzugsgebietes möglich, die bei Regenfällen eine entsprechende Wertung zu erfahren haben. Die Kosten dieses Wettermeldedienstes belaufen sich in Partenstein auf 400 Schw. Fr. monatlich, sie werden mehrfach hereingebracht.

(Bull. d. Schw. Elektrot. Ver., 17. Jahrg., Nr. 10, 1926.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

100 at Versuchskessel von Gebr. Sulzer A.-G. (Winterthur). Der kürzlich fertiggestellte Kessel besteht aus einem Hochdruckteil für 110 atü von 45 m² Heizfläche, (ein Oberkessel mit Dampfsammler und ein schräg nach hinten gehendes und zurückkehrendes Rohrbündel aus 24 Rohren von 60 mm Außendurchmesser, 7 mm Wandstärke und 12·8 m Länge), einem Niederdruckteil für 14 atü von 115 m² (senkrecht übereinander liegender Ober- und Unterkessel mit dazwischen geschalteten senkrechten Rohren) und 5 m² Wasserrost im Feuerraum der Kohlenstaubfeuerung, ferner aus einem Hochdruckstrahlungsüberhitzer für 375° von 8 m² (aus Rohren von 32·5 mm Außendurchmesser und 3·5 mm Stärke) und einem Niederdrucküberhitzer für 350° von 40 m², sowie einem Lamellenlufterhitzer von 180 m². Der letztere ist durch eine Leitung unmittelbar mit dem Kohlenstaubbrenner verbunden. Der Feuerraum, der mit dem Saugzug verbundenen Kohlenstaubfeuerung hat 42 m³ Inhalt und luftgekühlte Wände. Der erwähnte Wasserrost verhindert die Bildung von Schlackenkuchen im Feuerraum. Die Trommel des Hochdruckkessels (900 mm Innendurchmesser, 73 mm Wandstärke im zylindrischen Teile und 117 mm am Mannlochrand, 4260 mm Länge, 8600 kg Gewicht) und der Hochdruckdampfsammler (700 mm Innendurchmesser, 53 bzw. 85 mm Wandstärke, 3000 mm Länge, 3400 kg Gewicht) sind nahtlos aus einem Stück geschmiedet und Kruppsches Erzeugnis. Der Hochdruckkessel wird mit destilliertem Wasser gespeist, das mittels Niederdruckdampf in einem Wärmeaustauscher erzeugt wird. Dadurch kann die ganze Wärme des Niederdruckdampfes ausgenützt werden und das Hochdruckspeisewasser wird bis annähernd auf Siedetemperatur bei 14 at vorgewärmt. Der Zweidruckkessel vermeidet teuere Hochdruckheizflächen im

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 2, S. 22.

[2]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 229, 242; 1924, S. 309; 1927, Heft 2, S. 22.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 733.

Digitized by Google

Gebiete niedrigerer Gastemperaturen. Der Hochdruckkessel erzeugt normal 3600 kg Dampf/h (80 kg/m² und höher!), der Niederdruckkessel 2000 kg. Es sind zwei Hochdruckspeisepumpen für 120 at für die volle Leistung des Hochdruckkessels vorhanden, eine mit Dampf und eine mit elektrischem Antrieb (mit einem Drucköl-getriebe zur Veränderung der Übersetzung zwischen Motor und Pumpe). Bei bereits durchgeführten Versuchen wurden als Höchstwerte mit 630 kg/h Brennstoff von 7590 WE, 3344 kg Dampf von 101·8 atü und 2089 kg Dampf von 13·2 atü und 297° Überhitzungstemperatur erzeugt.

(ZVDI, Bd. 71, 1927, Nr. 4.)

Verbrennungskraftmaschinen.

Die Dieselmaschine in den Vereinigten Staaten. L. H. Morrison gibt in „Power", Bd. 65, Nr. 2 von 1927 die Gesamtleistung aller bis Ende 1926 in den Vereinigten Staaten gebauten, in Betrieb stehenden, echten Dieselmaschinen mit 1·15 Mill. PS an. Bis zum Erlöschen der Dieselpatente (1912) wurden jährlich nie mehr als 10 000 PS abgesetzt, seither ist ein besonders in den letzten Jahren sprunghaftes Ansteigen bis auf etwa 335 000 PS im Jahre 1925 zu verzeichnen. Von der eingangs genannten Gesamtleistung entfallen 304 084 PS auf Schiffsmaschinen, 209 657 PS auf Kraftwerke und 236 020 PS auf die Ölgesellschaften. Der Rest verteilt sich auf Wasserwerke, verschiedene Industrien und Eisenbahnen. Ausgeführt wurden nur 71 617 PS. Die Diesel-Kraftwerke sind in der Hauptsache kleinere städtische Anlagen und solche, wo plötzlich Bedarf an Strom gegeben war. Die Entwicklung der Großkraftversorgung hat auf die zunehmende Verwendung von Dieselmotoren keinen Einfluß geübt. Während früher zum größten Teile Viertakt-Kompressormotoren gebaut wurden, steht seit 1925 der kompressorlose Zweitaktmotor mit 115 000 PS an erster Stelle. Es handelt sich hier vorwiegend um Maschinen unter 300 PS. (Von größeren Einzelleistungen wird auch diesmal nichts berichtet. Die für die Vereinigten Staaten überaus kleine Gesamtleistung — hat doch ein einziges großes europäisches Unternehmen allein bisher die oben genannte Leistung gebaut — läßt sich außer durch das geringe Interesse, das zumindest bis zum Kriegsende an brennstoffsparenden Maschinen vorhanden war, wohl doch nur daraus erklären, daß man, von den Lizenznehmern europäischer Firmen abgesehen, in den Vereinigten Staaten noch immer nicht in der Lage ist, Dieselmaschinen betriebssicher und billig zu bauen. Der Ber.) Jel.

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Das Balch-Kraftwerk am Kings-Flusse in Californien enthält im Vollausbau vier Maschinensätze. Jeder derselben ist für folgende Verhältnisse gebaut: Totalgefälle 710 m, Effektivgefälle 670 m, Betriebswassermenge 4850 l/s, Drehzahl 360 U/min, Leistung 40 000 PS in zwei eindüsigen Freistrahlrädern, je am Generatorwellenende angeflanscht. Bei 5700 l/s ist eine Überlastung auf 44 000 PS möglich. Das Rotorgewicht beträgt 103 t, der Wellendurchmesser 810 mm, die Lagerbohrung 560 mm, das Wellengewicht 27 t, das Gewicht eines Laufrades bei 3·3 m Außendurchmesser 15 t. Das Stahlgußdüsenrohr mit 750 mm Lichtweite und 50 mm Wandstärke wurde auf 130 at geprüft. Bei 180 mm Strahlstärke, 560 mm Becherbreite, 111 m/s Wasser-, 53·5 m/s Umlaufgeschwindigkeit im Strahlkreis beträgt die Umfangskraft, die auf einen der 20 Becher sechsmal in der Sekunde wirkt, 30·5 t. Bei 1340 m Rohrleitungslänge, 3·3 m/s Wassergeschwindigkeit in derselben, wurden Nebenauslässe angeordnet, die, ebenso wie die Düsennadel, bei jedem Laufrade unabhängig geregelt werden. Die Turbinen wurden von der Allis Chalmers Mf. Co., die Generatoren von der General Electric Co. geliefert. β.

(Power, Bd. 65, Nr. 3, 1927.)

Zwillingsfreistrahlturbine, Bauart Tosi. Das Kraftwerk Isola enthält, wie „La Technique Moderne", Bd. 19, Nr. 2, 1927, mitteilt, eine unter 300 m Gefälle arbeitende vierstrahlige Zwillingsfreistrahlturbine von 40 000 PS mit an die Radscheibe angegossenen Schaufeln. Die Strahlabdränger besitzen zwei Abdrangflächen, die vorne in eine Schneide auslaufen, wodurch das Wasser nicht nur von den Bechern abgedrängt, sondern gleichzeitig auch auf die Rückseite der Becher geführt wird, um eine entsprechende Bremswirkung auf das Laufrad auszuüben. β.

Der kommerzielle Wirkungsgrad von Wasserturbinen ergibt sich nach A. Pfau, Milwaukee, zum Unterschied vom bekannten technischen Wirkungsgrade ηt daraus, daß infolge Betriebsunterbrechungen Geldverluste eintreten. Ist L_1 der Einnahmeverlust infolge Kraftausfall durch eine Betriebsstörung, L_2 die Geldauslage zur Bestreitung der Reparaturkosten, L_3 der Aufwand für etwa auswärts zu kaufende Ersatzenergie, ist L der Geldwert der Jahreserzeugung, so ist der kommerzielle Wirkungsgrad ηk durch

$$\eta k = \eta t \frac{L_1 + L_2 + L_3}{L}$$

gegeben. Beim Vergleich von Freistrahl- und Hochdruckfranzisturbine wird oft der kleinere technische Wirkungsgrad der Freistrahlturbine infolge seltenerer Betriebsstörungen einen größeren kommerziellen Wirkungsgrad ergeben. Bei Ausarbeitung von Projekten ist darauf Rücksicht zu nehmen.

(Schweizerische Bauzeitung, Bd. 88, Nr. 13, 1926.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Stirnstreufelder und Stirnraumverluste in Turbogeneratoren. Die für die Stärke des Stoßkurzschlusses nötige Reaktanz der Stirnverbinder verursacht Wirbelstromverluste, die bis zu einer Entzündung der umliegenden Wicklungsisolation führen können. G. Köhler[1]) unterscheidet drei Teile des Streufeldes im Wickelkopfraum, die sich aus der räumlichen Führung des Leiters ergeben. Die geradlinige Fortsetzung des aus der Nut herausragenden Stabes ist von Kraftlinien umschlossen, die ihren Weg vom Preßdeckel des Bleckpaketes über den Luftraum zur Läuferkappe bezw. zur Läuferstirnfläche nehmen, dortselbst eine Polteilung weit verlaufen, um sich wieder auf dem Luftweg zum Preßdeckel rückzuschließen. Einen analogen Verlauf zeigen die Kraftlinien, die vom rechtwinklig (zur Nutrichtung) abgebogenen Teil des Leiters verursacht sind, nur schließen sich diese über Druckplatte und Gehäusedeckel. Der dritte Streufeldanteil wird von der Summe der längs des Umfanges verlaufenden Verbindungsbügel hervorgerufen und ist den Vorgängen im Kurzschlußring eines Käfigankers vergleichbar. Dieses Feld ist über Druckplatte, Luftraum, Gehäusedeckel und Läuferkappe geschlossen und läuft mit dem Strommaximum um. Der Anteil 3 ist, wie sich aus Rechnung und Versuch ergibt, klein gegenüber den beiden anderen, infolgedessen sind es auch die von diesem hervorgerufenen Wirbelstromverluste. Durch Abtasten mittels Prüfspule (Spule hoher Windungszahl mit angeschlossenem empfindlichen Voltmeter) wurde die genaue Feldverteilung vor der Druckplatte, vor der hiezu parallelen inneren Ebene der Stirnverbinder und radial zur Läuferkappe bestimmt. Die Messungen wurden entsprechend wiederholt bei der „Streuprobe", das heißt Ständer bei herausgenommenem Läufer mit Strom gespeist, sowie bei Kurzschluß mit magnetischer und unmagnetischer Läuferkappe. Durch Rechnung und Konstruktion entworfene Kraftlinienbilder ergaben ziemlich genaue Übereinstimmung mit dem Versuch. Da der Läufer mit dem Feld synchron umläuft, sind die Wirbelstromverluste in der Kappe verschwindend. Dagegen stellt eine unmagnetische Läuferkappe wegen des größeren Luftweges ein äußerst wirksames Mittel in der Unterdrückung des Stirnstreufeldes und damit der Stirnraumverluste dar. Weitere Mittel, die Verluste gering zu halten, sind, die Wicklungsversteifungen und Verbindungsstellen von Stab und Bügel möglichst weit radial nach außen zu legen, sowie Lüfter und Maschinenteile am äußersten Kappensitz tunlichst aus unmagnetischem Werkstoff auszuführen. Bei einem Dauer-

[1]) Siemens-Zeitschrift, 6. Jahrg., Heft 12, 1926.

Digitized by Google

versuch an einem Turbogenerator von 28 000 kVA und 3000 U/min ergab sich bei Verwendung einer unmagnetischen Kappe ein um etwa 1 vH der Nennleistung kleinerer Kurzschlußverlust (230 statt 393 kW) als bei Anbringung einer magnetischen Kappe. Bezüglich der Erwärmung wird folgende Zusammenstellung angegeben:

	magnetische Kappe °C	unmagnetische Kappe °C
Druckplatte außen	59	—
„ mitten	73	33·5
„ innen	83	39·5
Verbindungsstelle von Stab mit Bügel, äußere Ebene	84·5	93·5
innere „	150	79·5

(Interessant wären allerdings auch Angaben über die Veränderung der Streureaktanz durch diese Maßnahme im Hinblick auf die Höhe des Stoßkurzschlußstromes. Der Ber.)

Einen anderen Weg schlägt R. Pohl[1]) zur Bestimmung der Induktion infolge des Streufeldes ein. Durch Ebenen senkrecht zur Aufrißprojektion der Leiterachse werden Sektionen gebildet, für die die MMK bestimmt wird. Solange der Leiter geradlinig verläuft, besitzt sie die Größe der MMK des Nutenkupfers, im Wickelkopf jedoch, wo die Windungselemente einander zustreben, müssen die zusammengehörigen Leiterteile als Windungen mit verkürztem Wickelschritt betrachtet werden, so daß die MMK nach einer cos-Funktion nach außen hin abnimmt. Um die Zusatzverluste gering zu halten, sollen die Kraftlinien womöglich nicht die Flachseiten der aktiven Eisenbleche treffen. Aus diesem Grunde ist die Anwendung eines unmagnetischen Preßdeckels unwirksam, da dieser von den Kraftlinien einfach durchsetzt würde, andererseits haben unmagnetische Werkstoffe, worauf Köhler hinweist, nur eine geringe Wärmeabgabefähigkeit. Eine Lösung wäre durch Abschrägung des letzten Blechpaketes denkbar, doch würde zu viel aktives Material durch die Streufelder gebunden sein und keine wirksame Pressung ausgeübt werden können, weshalb ein eigener Zahnkranz aus lamelliertem Blech nach Abb. 1 vorgeschlagen wird. Eine Blechstärke von 2 mm für diesen Kranz, der durch die Preßplatte gehalten ist, gestattet eine genügende Pressung des aktiven Paketes. Unterstützt wird diese Maßnahme durch Anordnung eines lamellierten Schirmringes, der auch aus einzelnen Segmenten bestehen kann, zum Schutz des Preßdeckels (Abb. 2). Sollte sich durch diese Maßnahme die Streureaktanz in unerwünschtem Maße vergrößern, so könnte dies durch Anbringung einer Dämpferwicklung im Schirmring behoben werden, indem eine außen und innen angeordnete kräftige Kupferplatte mittels durch den Schirmring gesteckte Kupferbolzen verbunden wird. Durch einen ähnlichen Dämpferkäfig an der Gehäuseverschalung, bestehend aus zwei an diese angeschraubte L-Stücke aus Kupfer, die mit Kupferbolzen verbunden sind, können

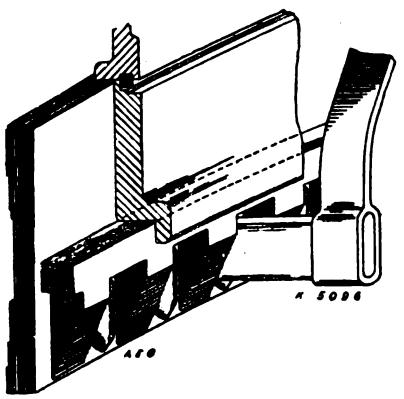


Abb. 1.

[1]) AEG-Mitteilungen, Heft 9, 1926.

die Streulinien ebenfalls gezwungen werden, vorwiegend in Luft zu verlaufen. Die Amerikaner verwenden vielfach Trommelwicklungen, die, auf der Schablone hergestellt, in offene Nuten versenkt werden, mit 30° nach aufwärts gebogenen Wickelköpfen. Diese Anordnung ist vor der in Europa gebräuchlichen Stabwicklung mit Evolventenbügeln ausgezeichnet durch geringere Kurzschlußkräfte und durch den wegen des kürzeren geradlinigen Teiles der Wickelköpfe geringeren Streufluß (für ein bestimmtes Beispiel wird 3·5 vH gegenüber 5 vH des Nutzflusses angegeben), hat jedoch den Nachteil der offenen Nuten, Schwierigkeit bei Reparatur und der zu niedrigen Streureaktanz, weshalb eigene Streuräume quer durch die Nut über die Wicklung angeordnet werden müssen[1]).

Zum Unterschied zu den von deutscher Seite angegebenen Vorschlägen und Maßnahmen spricht sich H. de Pistoye[2]) für die Ausführung der Druckplatten und Gehäusedeckel aus unmagnetischem Material aus. Sehr verwendbar soll für diesen Zweck das der Firma Ferranti Ltd. geschützte „No-Mag" sein, eine spezielle Nickel-Gußeisen-Legierung mit sehr geringer elektrischer Leitfähigkeit (etwa 50 vH größerer Widerstand als gewöhnliches Gußeisen), niedriger Permeabilität ($\mu = 1{\cdot}03$), jedoch von großer mechanischer Festigkeit, so daß das Material an Stelle von Gußeisen Verwendung finden kann; sein Preis ist überdies kleiner als der von Bronze oder Messing. Eine Verringerung der Stirnraumverluste ließe sich auch erzielen, wenn man eine zweischichtige Wicklung, analog einer Gleichstromwicklung, mit verkürztem Wickelschritt zum Beispiel nur über $^2/_3$ der Polteilung ausführt. Wie

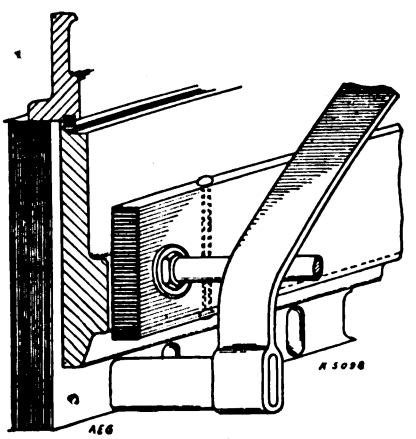


Abb. 2.

Pistoye nachweist, ist im Wickelkopfkupfer eine Verminderung der Verluste wohl nicht zu erwarten, dagegen dürften die Verhältnisse in Druckplatten und Gehäusedeckel sich infolge der kürzeren Windungslänge und der durch den kleineren Wickelfaktor verringerten AW-Zahl wesentlich günstiger gestalten. Trotz des weiteren Vorzuges der Unterdrückung höherer Harmonischer konnte sich jedoch diese Maßnahme bisher nicht einbürgern, da in Anordnungen dieser Art Stäbe verschiedener Phasen, die also für die volle verkettete Spannung von einander zu isolieren sind, in einer Nut untergebracht werden müssen und der geringere Wickelfaktor bei gleicher Beanspruchung eine Erhöhung der Leiterzahl erfordert.

Auch R. Pohl[3]) schlägt eine Schrittverkürzung der Ständerwicklung vor, und zwar um $^1/_5$ des Polschrittes, allerdings aus anderen Gründen. Der bekannte Wechsel in der Kurvenform der Stator-MMK innerhalb 30° elektrisch („Bischofsmütze" - Trapezform) läßt erkennen, daß eine zackige Kurve sechsfacher Frequenz der Sinus-Grundharmonischen überlagert ist. Der um $^1/_5$ verkürzte Wickelschritt drückt nun diese Ober-

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 886.

[2]) Vgl. Rev. gén. Electr., Bd. XXI, Nr. 6, 1927.

[3]) Vgl. ETZ, Bd. 48, Heft 7, 1927.

Digitized by Google

schwingungen und damit auch die daraus resultierenden Läuferzusatzverluste auf ein Mindestmaß herab.

Wie schon oben vermerkt, können aber auch unmagnetische Druckplatten ein Eindringen der Kraftlinien in das aktive Material und eine Wirbelstrombildung daselbst nicht verhindern. Zur Unterdrückung der Wirbelströme in den Zähnen der äußersten Blechschichten wird vorgeschlagen, in den Zahnköpfen der Endlagen einen radialen Schnitt zu führen, um so die Wirbelströme durch Verlängerung des Stromweges und Widerstandserhöhung eher abdrosseln zu können.

St. Schw.

Elektrische Meßkunde.

Über Schmieröle für Motorelektrizitätszähler berichten D. Holde und R. Schachenmeier an Hand von Versuchen, die mit einem Unterlager eines AEG-Zählers an der Technischen Hochschule Berlin ausgeführt wurden[1]). Das Lager wurde mit Mineralölen von verschiedener Viskosität gefüllt und der Gang des Zählers beobachtet. Der geölte Zähler lief bei kleinen Belastungen etwas langsamer als der trockene, jedoch waren diese Differenzen belanglos, solange die Viskosität zwischen 2·9 und 15 Englergraden blieb. Bei einer Viskosität von 21·8 Engler wurde der Zähler wesentlich verlangsamt. Es kann daher etwa 20 E Viskosität als obere zulässige Grenze angesehen werden. Da die Viskosität bei fallender Temperatur zunimmt und Elektrizitätszähler leicht Temperaturen von -20° C ausgesetzt sein können, so wird nur ein Öl, das bei Zimmertemperatur 5 Englergrade nicht übersteigt, dieser Bedingung entsprechen. Weitere Versuche bezogen sich auf Verharzungserscheinungen durch Oxydation, wofür die Jodzahl (Menge Halogen, berechnet als vH-Jod, die unter bestimmten Arbeitsbedingungen von einem Öl addiert wird) herangezogen wurde. Auch die katalytische Begünstigung der Verharzung durch das Lagermaterial wurde untersucht und hiezu pulverisierter Spritzguß (Sn Sb Cu) mit Öl vermischt. Während mineralisches Öl keine Verharzung zeigte, trat diese bei Knochenöl ein. Gegen die Einwirkung von Ozon zeigte sich das Mineralöl widerstandsfähig. Von großer Wichtigkeit ist die Verdampfbarkeit des Zähleröles. Es wurde beobachtet: bei 3·2 mm dicker Schicht nach 8 Stunden bei 50° C bei zwei Ölen 0·4 vH, bei einem dritten Öl 0·08 vH Verdampfungsverlust. Eine weitere Fehlerquelle ist das Herauskriechen des Öles aus dem Lager infolge zu geringer Oberflächenspannung gegen das Lagergehäuse bezw. die Achse. Da man andererseits niedere Oberflächenspannung gegen den Lagerzapfen (Stahl) und die Lagerfläche (Saphir) verlangt, muß ein brauchbares Schmieröl sehr verschiedene Oberflächenspannungen in bezug auf die verschiedenen Materialien haben, eine sehr schwer zu erfüllende Forderung. Im Ganzen empfehlen die Verfasser die Verwendung von Mineralölen und halten diese für besser als fette Öle (Knochenöl), da diese ranzig und sauer werden können.

Zu anderen Resultaten kommt P. Cuypers in seinem Bericht über Zähleröle[2]), wobei mehr der Standpunkt und die Erfahrungen des Ölfabrikanten zugrunde liegen. Er verweist darauf, daß der Uhrmacher an dem Rinderklauenöl, schlechthin Knochenöl genannt, festhält. Allerdings hat die Erfahrung gezeigt, das Chronometer- oder Pendulenöl im Elektrizitätszähler nicht befriedigt, da es zu Verharzung neigt. Ein Nachteil des Mineralöles ist aber seine hohe Verdunstung. Das Mineralöl neigt dazu, sich auf seiner Unterlage stark auszubreiten. Natürlich geht die Verdampfung eines feinen Ölfilmes auf breiter Oberfläche wesentlich rascher vor sich, als die eines zusammenhängenden Tropfens. Woog hat das vielumstrittene Schmierproblem zu einer Klärung gebracht: danach ist für die reine Flüssigkeitsreibung die Viskosität maßgebend, für die unvollkommene Schmierung aber, bei der sich zwischen den Gleitflächen nur eine Schmierschicht von der Dicke eines oder einiger Ölmoleküle ausbildet, die sogenannte Schlüpfrigkeit. Bei der komplizierten Erscheinung der Schlüpfrigkeit spielen eine Rolle: die Berührungsflächenspannung Öl - Unterlage, die gegenseitige Verkeilung der Ölmoleküle, ihr Volumen und ihre Gestalt, ihre Orientierung, ihre Elastizität und ihre Affinität gegenüber den verschiedenen Materialien der Gleitflächen. In bezug auf Schlüpfrigkeit nehmen die animalischen und vegetabilischen Schmiermittel weitaus die erste Stelle ein und sind den mineralischen weit überlegen. Je dauerhafter der sich zwischen den Gleitflächen erhaltende Ölfilm ist und je leichter das Gleiten ist, desto ausgesprochener ist die Schlüpfrigkeit. Sie spielt dort keine Rolle, wo die Reibung sich nicht unmittelbar an den Oberflächen der Gleitflächen abspielt, also in den Fällen der reinen inneren Flüssigkeitsreibung. Wo dagegen, wie in Uhren und Zählern, die Reibung unmittelbar auf der Oberfläche auftritt, wird sie ausschließlich durch die Schlüpfrigkeit vermindert.

Eine Gegenüberstellung des Klauenöles und des Mineralöles führt zu folgendem: Die Vorzüge von Klauenöl sind: Hohe Schlüpfrigkeit, infolgedessen nachhaltiges Anklammern an die Gleitflächen und wirksame Reibungsverminderung; kein Wegziehen aus dem Lager und Austreten über das ganze Werk in feiner Schicht; geringere Viskositätsveränderung als Mineralöle gleicher Viskosität bei Temperaturschwankungen, infolgedessen auch geringere Reibungsschwankungen. Die Nachteile sind: Hohe Empfindlichkeit gegenüber äußeren Einflüssen wie Luft, Licht und Feuchtigkeit, bestimmten Metallen wie Cu und Zn, sowie S und P. Bei Mineralölen zeigt sich größere Unempfindlichkeit gegenüber den genannten Einflüssen, also auf die Dauer bessere chemische Haltbarkeit, nur geringe Schlüpfrigkeit, kein Zusammenhalten in Tropfen sondern Wegziehen aus dem Lager und Ausbreiten über die Umgebung; größere Veränderung der Viskosität bei Temperaturwechsel.

Man verwendet zur Zählerschmierung und bei Uhren vielfach Mischungen von beiden Ölen. Die Herstellung solcher Mischungen ist eine sehr schwierige Aufgabe, da sich die Eigenschaften des Mischöles niemals aus den Eigenschaften der Grundöle mit einiger Sicherheit vorausberechnen lassen. Eine Mischung von Klauenöl (Viskosität 13) mit einem Mineralöl (Viskosität 26) ergab die Viskosität 11·9 des resultierenden Öles. Von den Möglichkeit einer Normung der Zähleröle ist man nach Ansicht Cuypers noch ziemlich weit entfernt.

Co.

Widerstandsmesser für niedrige und hohe Widerstände. In Maschinen-Prüfräumen, Ankerwickeleien usw., wo infolge der großen Mannigfaltigkeit der zu messenden Widerstände ein sehr ausgedehntes Meßbereich notwendig ist, zum Beispiel von 0·01 Ohm bzw. weniger und bis zu einigen 1000 Ohm, wird ein einfaches Widerstandsmeßgerät benötigt. Die gewöhnlichen Ohmmeter, die nach dem Prinzipe gebaut sind, daß der zu messende Widerstand in Serien oder Parallelschaltung zu dem Instrument liegt, können mit so weit auseinander liegenden Meßbereichen nicht eingerichtet werden. Ein von Rob. Kühnel beschriebener Widerstandsmesser für niedere und hohe Widerstände erfüllt die geschilderten Forderungen, da er infolge seiner eigenartigen Schaltung weit auseinander liegende Meßbereiche, zum Beispiel 0·001 Ohm bis 1 Megohm mit vielen Unterteilungen, zu vereinigen gestattet. Die Bestimmung des zu messenden Widerstandes erfolgt durch eine Strom- und darauffolgende Spannungsmessung. Die Angaben des Instrumentes werden durch Fremdfelder oder Veränderungen der Außentemperatur praktisch nicht beeinflußt. Dadurch bleiben alle dem Meßwerk anhaftenden Unzulänglichkeiten ohne Einfluß auf die Genauigkeit des Instrumentes als Widerstandsmesser. Diese ist also allein nur von der Konstanz der eingebauten Vergleichs-Widerstände abhängig: diese sind aus Manganin angefertigt und den bekannten Alterungsverfahren für Präzisions-Widerstände unterworfen, so daß die eventuell auftretenden

[1]) Zeitschrift für Technische Physik 1926, Nr. 10, S. 484.

[2]) Deutsche Uhrmacher-Zeitung, 1926, Nr. 50, S. 1040 ff.

Digitized by Google

Widerstandsveränderungen derselben höchstens einige 0·01 vH betragen und somit weit innerhalb der Ablesemöglichkeit des Meßgerätes liegen.

Abb. 3 zeigt die Prinzipschaltung des Meßgerätes. In dieser bedeutet *Sp* die Drehspule, *U* den Umschalter, *X* den zu messenden Widerstand, *N* einen Normalwiderstand, *B* eine Batterie, *R* einen Regelwiderstand und *M* einen regelbaren magnetischen Nebenschluß, E_1 und E_2 Ersatzwiderstände für die Drehspule. In Stellung I des Umschalters *U* ist die Drehspule *Sp* zu *N* und E_1 zu *X* parallel geschaltet, bei Umschaltung in Stellung II

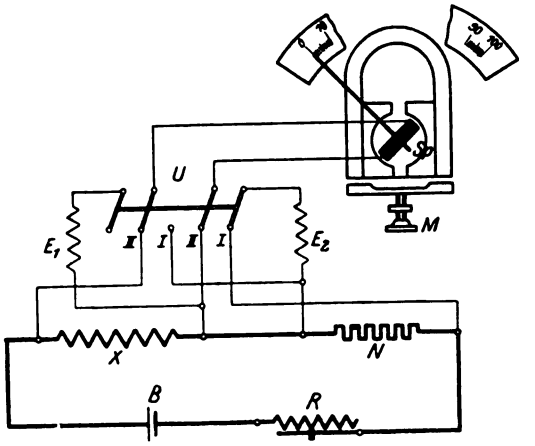


Abb. 3.

liegt *Sp* an *X* und E_2 an *N*. In Umschalterstellung I wird die Stromeinstellung auf eine bestimmte Marke der Skala vorgenommen, während die eigentliche Widerstandsmessung in Stellung II erfolgt. Die Ersatzwiderstände E_1 und E_2 sind vorgesehen, damit der Strom in *X* beim Zuschalten der Drehspule *Sp* unverändert bleibt.

Der Widerstandsmesser (D. R. G. M., Öster. Pat.) wird von der „Norma" Instrumenten-Fabriks-Ges. m. b. H., Wien, XVI., hergestellt. Kl.

(ETZ, Bd. 47, Heft 47, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die Auslegung des Azorenkabels der deutsch-atlantischen Telegraphengesellschaft. Von Oberpostrat Gieß, Berlin. Die Teilstrecke New York — Azoren des Kabels ist bereits im Jahre 1924 ausgelegt worden. Im August 1926 wurde die deutsche Teilstrecke der neuen Verbindung mittels eines Kabels gleicher Bauart von Borkum bis zu einer Kabelboje am Westausgange des Kanals verlegt. Die Legung des deutschen Tiefseekabels, das von diesem Punkte bis zur Station Horta auf der Azoreninsel Fayal reicht, wurde im September 1926 begonnen und anfangs Oktober beendet. Von Borkum bis zur deutschen Landungsstelle bei Emden wird ein vorhandener Kabelstumpf verwendet. Das neue Kabel wurde in Nordenham von den norddeutschen Seekabelwerken hergestellt. Das Permalloyband aus Nickeleisen, das über den Kupferleiter zur Erhöhung der Induktivität derart gewickelt ist, daß sich die Bandwicklungen nicht berühren, wurde von der Western Electric Co. geliefert. Die Guttapercha des Kabels liegt nicht unmittelbar auf der Kupferlitze, sondern ist durch eine plastische Asphaltschicht von dieser getrennt. Die schweren Küstenkabel enthalten 3 Adern, die Übergangskabel sind zweiadrig, das Tiefseekabel ist einadrig; die zweite Ader dient als Rückleitung für die Batterie, die dritte als Induktionsschutz. Die Kabellegung wurde durch den neuen Kabeldampfer „Neptun" ausgeführt. Wenn der Dampfer nicht mit Kabellegungen ausgenützt werden kann, wird er als Öltransportdampfer verwendet, in welchem Falle die vier großen Tanks zur Aufnahme des Öles dienen. Seine Länge beträgt 139·4m, die Breite 17·4 m, die Gesamtladefähigkeit ist 9500 t, er kann 10 000 m³ Öl aufnehmen; die Höchstgeschwindigkeit ist 10 ½ Knoten. Bei der Auslegung des Kabels ließ man einen Klavierdraht von 0·7 mm Durchmesser und 80 kg Zerreißfestigkeit mit ablaufen, dessen Länge durch ein Zählwerk gemessen wurde. Dieser Draht dient zur Ermittlung der „Lose" des versenkten Kabels, das ist des Mehrverbrauches an Kabel durch die unvermeidlichen kleinen Abweichungen von der jeweils kürzesten Trasse. Die Länge des abgelaufenen Kabels wird ebenfalls durch ein Zählwerk bestimmt, die Differenz zur Drahtlänge ergibt die Lose. In der Tiefsee betrug diese 7 bis 10 vH. Das Tiefseekabel liegt 2000 bis 2500 Faden tief, stellenweise 3000 Faden. Bei einer durchschnittlichen Tiefe von 2200 Faden kam das über die Heckrolle des Dampfers laufende Kabel nach etwa 25 km, der Stahldraht nach etwa 70 km hinter dem Schiffe auf den Meeresgrund zu liegen.

Bei den vorläufigen Betriebsversuchen erzielte man eine Leistung von 1800 Zeichen in der Minute. Die Übertragung in Horta wird von der Eastern Telegraph Co. besorgt. Zwischen Horta und New York arbeitet ein Multiplex-Druckapparat, so daß es möglich sein wird von Emden aus über das einadrige Kabel mit den verschiedenen Kabelgesellschaften in New York unmittelbar zu verkehren[1]). Now.

(Arch. f. Post u. Telegr., Nr. 12, 1926.)

Der Bau einer 220 kV-Leitung. J. B. Wheeler veröffentlicht interessante Einzelheiten über den Bau der dritten 220 kV-Leitung[2]) der Southern California Edison Co., welche die Big Creek-Werke mit zwei in der Nähe von Los Angeles gelegenen Unterwerken verbinden wird. Die Leitung wird eine Gesamtlänge von 357 km haben und ungefähr 3100 Doll./km kosten. Sie ist gegenwärtig im Bau, der mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 0·66 Trassen-km/Tag fortschreitet, doch wurde auch schon um einer Betriebsschwierigkeit abzuhelfen eine Strecke von 38 km in 24 Tagen erstellt, was 1·6 km/Tag entspricht. Um für Bau, Begehung und Erhaltung der Linie Verkehrswege zu schaffen, wurden insgesamt 160 km neue Straßen erbaut, die von Betriebsfernsprechleitungen begleitet sind. Die Straßen haben eine durchschnittliche Breite von 2·7 m. Der Materialtransport geschieht von den 16 bis 50 km von der Trasse entfernten Bahnstationen, an welchen sich Baulager befinden, mittels 2·5 t Lastkraftwagen. Wo die Steigungen nicht mehr bewältigt werden können, treten 30 PS-Traktoren in Dienst und an einzelnen Stellen mußten Seilwinden eingesetzt werden. Die Leiterseile wurden auf Trommeln von 1·5 t Gesamtgewicht befördert, die an Stellen, die den Lastkraftwagen unzugänglich sind, auf eigenen Fahrgestellen von Traktoren gezogen werden. Die Maste haben ein mittleres Gewicht von 4500 kg, wozu noch der Mastfuß mit etwa 1000 kg kommt. Die Mastfüße werden eingemessen und versetzt, worauf der Mast an Ort und Stelle aufgebaut wird. Bei der beschleunigten Bauweise wurde für das Stellen des Unterschusses eine Kolonne weniger geübter Leute verwendet, die nach beendeter Arbeit sogleich zum nächsten Mast zog, während die oberen Schüsse von erfahrenen und geübten Arbeitern fertiggestellt wurden. Auf diese Weise konnte eine Partie von 16 Mann einen Mast in 3½ Stunden erstellen. Die Stahlaluminiumseile haben einen Querschnitt von 675 mm², ihre Verlegung geschieht auf eigens für diesen Bau entworfenen, in Kugellagern laufenden Montagerollen aus Aluminium. Wo es angeht, werden die Seile von der auf dem Kraftwagen befestigten Trommel ausgelegt, am Boden die Montagerollen und Isolatorenketten montiert und das Ganze mit Winden an den Ausleger hochgezogen. Die Verbindung der Stahlaluminiumseile geschieht durch übergeschobene Hülsen, ähnlich den bekannten Stoßverbindern. Ungefähr auf alle 900 m kommt eine Verbindungsstelle. Während des Seilzuges ist eine ständige telephonische Verbindung entlang der Trasse vor-

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 547; 1925, S. 94, 128; 1926, S. 23, 52, 164, 621.

[2]) Vgl. die Beschreibung der ersten beiden Leitungen, E. u. M. 1925, S. 35.

Digitized by Google

handen. Im ganzen sind bei dem Bau 500 bis 600 Leute beschäftigt, wovon etwa zwei Drittel auf den eigentlichen Leitungsbau entfallen, während der Rest beim Straßenbau beschäftigt ist. A. Fr.

(Electr. World, Bd. 88, Heft 13, 1226.)

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

Elektrische Widerstände.

Eine von Ernst Ruhstrat in Göttingen vorgeschlagene Neuerung an Widerständen mit Widerstandsträgern, auf die blanke oder oxydierte Drähte in nahezu dicht aneinander liegenden Windungen angebracht sind, will größere Sicherheit gegen Verrutschen der Drähte gegeneinander und gute Isolation erreichen, selbst wenn der Widerstandsdraht an die Rotglutgrenze kommen sollte. Erfindungsgemäß werden die Zwischenräume der fast dicht aufeinander folgenden Windungen des blanken oder oxydierten Widerstandsdrahtes durch Bespritzen mit glühendem Oxyd, zum Beispiel Aluminiumoxyd, ausgefüllt. Wird als Widerstandsträger nicht ein Isolierkörper, sondern zum Beispiel ein Metallrohr ohne besondere Isolation verwendet, so wird man die Oxydschicht auch durch vorheriges Bespritzen des Trägers oder des Widerstandsdrahtes zur Isolation heranziehen.

(D. R. P. Nr. 428610.)

Ein regelbarer Kohlenwiderstand, welcher aus einem um seine Mittelachse drehbaren Hohlzylinder mit in einer Schraubenlinie auf der äußeren Mantelfläche angeordneten leitenden Vorsprüngen besteht, die bei Drehung des Zylinders nacheinander eine den einen Pol bildende zur Zylinderachse parallele Stromzuführungsschiene berühren, bildet den Gegenstand einer Erfindung der Aktiengesellschaft Eto Electro Co. in Kopenhagen. Erfindungsgemäß setzt sich die Mantelwandung des mit losen Kohlenkörnern gefüllten, an den Kopfenden durch Scheiben abgeschlossenen Hohlzylinders abwechselnd zusammen aus Metallringscheiben, welche auf ihrer Außenseite die leitenden Vorsprünge zur Kontaktgebung tragen und auf ihrer Innenseite mit den Kohlenkörnern in leitender Berührung stehen, und aus dazwischenliegenden Isolierringscheiben, welche den Kohlenkörnerwiderstand in die Schaltstufen unterteilen. (D. R. P. Nr. 426876.)

Als sehr hochohmige Widerstände sind solche in Gebrauch, bei welchen der Widerstand eines ionisierten Gases, zum Beispiel Luft, zwischen zwei einander gegenüberstehenden Elektrodenflächen, deren eine mit einem radioaktiven Präparat überzogen ist, benützt wird. In diesen Widerständen sind Stromstärke und Spannung, solange erstere dem Sättigungswert nicht nahekommt, annähernd proportional, daher der Widerstandswert konstant. Zum Zwecke, mit diesen Widerständen einen größeren Meßbereich beherrschen zu können, wird gemäß einer Erfindung der Siemens & Halske A.-G. in Berlin-Siemensstadt, in dem Stromweg der Ionen ein Zwischenkörper angeordnet, durch den ein Teil dieser Strahlung aufgefangen wird, so daß die Ionenbildung geschwächt, der Widerstand somit vergrößert wird. Zum Beispiel kann eine Siebplatte (Gitter) bei Verschiebung zwischen den plattenförmigen Elektroden durch teilweise Abdeckung einer Platte wie eine regelbare Blende wirken. Eine andere Art der Regelung der Stromstärke und damit des Widerstandes kann auch durch Aufdrücken eines regelbaren Potentiales an den Zwischenkörper, welcher dann auf die Feldverteilung in ähnlicher starker Weise einwirkt, wie das Steuergitter einer Glühkathodenröhre.

(D. R. P. Nr. 425434.)

Wird Kautschuk mit äußerst fein gemahlenem Graphit, zum Beispiel Ceylongraphit, gemischt, so ergibt sich ein elektrisch leitendes Material, das in Form von Stangen, Platten, Streifen usw. vulkanisiert werden und für zahlreiche Zwecke als Widerstandsmaterial verwendet werden kann. Dieses Material wird gemäß einer Erfindung der Firma Nederlandsche Technische Handel Maatschappy „Giro" in Haag (Holland) weich vulkanisiert und in die Form von mehr oder weniger feinen Fäden gebracht, die sich wie Weichgummifäden verhalten und ohne weiters als Widerstandsdrähte verwendet werden können. Ein Weichgummi-Widerstandsfaden nach der Erfindung hat je nach der Qualität des beigemengten Graphits mit etwa 20 vH Graphitzusatz und einem Querschnitt von 1 mm² und einer Länge von etwa 10 cm einen Widerstand zwischen 0·7 und 1·5 Megohm. Die Fäden können entweder unbedeckt oder mit einer Schicht reinen Isoliergummis überzogen verwendet werden. (Ö. P. Nr. 102737.)

Bei den gebräuchlichen Variatoren macht sich die Wärmeableitung durch die Stromzuführungen dadurch bemerkbar, daß die Drahtenden auch bei Höchstbelastung bloß eine verhältnismäßig niedrige Temperatur annehmen. Da aber der Widerstand des Drahtes mit der Temperatur zunimmt, wirken die Drahtenden wie vorgeschaltete fast unveränderliche Widerstände und beeinträchtigen die Gesamtwirkung. Nach einer Erfindung der vorgenannten Firma werden zur Vermeidung dieses Übelstandes die Widerstandsdrähte derart ausgebildet und angeordnet, daß die Wärmeableitung an den Drahtenden durch verminderte Kühlung oder durch stärkere Wärmeentwicklung aufgehoben wird. Beispielsweise kann man bei gestreckten Drähten die Enden nach einer Schraubenlinie gewunden, oder verjüngt, anordnen, wodurch die Wärmeverluste vermindert, bzw. die entwickelte Stromwärme vergrößert wird. Bei schraubenlinienförmig gewundenen Drähten kann man die Steigung oder den Windungsdurchmesser verringern. Die Halterungen werden aus möglichst dünnem Draht von geringer Wärmeleitfähigkeit hergestellt.

(D. R. P. Nr. 424144.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3497 **Handbuch der Physik.** Herausgegeben von H. Geiger und Karl Scheel. Bd. XIV: Elektrizitätsbewegung in Gasen", redigiert von W. Westphal. 444 Seiten, 189 Abb. Verlag von Jul. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 36·—.

Ein weiterer Band des bereits rühmlichst bekannten Handbuches, der sich seinen Vorgängern würdig anreiht. Es werden behandelt 1. Die unselbständige Entladung zwischen kalten Elektroden; 2. Ionisation durch glühende Körper; 3. Flammenleitfähigkeit; alle drei Kapitel von Dr. Hildegard Stücklen, Zürich; ferner 4. Die stille Entladung in Gasen, von Prof. Dr. Emil Warburg, Berlin; 5. Die Glimmentladung (selbständige Entladung in verdünnten Gasen), von Dr. Rich. Bär, Zürich; 6. Der elektrische Lichtbogen, von Prof. Dr. August Hagenbach, Basel; 7. Funkenentladung, von Prof. Dr. Emil Warburg, Berlin; 8. Die elektrischen Figuren, von Prof. Dr. Karl Przibram, Wien und 9. Atmosphärische Elektrizität, von Dr. G. Angenheister, Potsdam.

Die Lehre von der Elektrizitätsbewegung in Gasen konnte sich erst auf Grund der Elektronenhypothese entwickeln, es ist daher selbstverständlich, daß alle in diesem Buche erwähnten Theorien auf dieser Hypothese fußen. Theoretische Arbeiten, die mit den Versuchsergebnissen im Einklange stehen, treten daher erst in den letzten Jahrzehnten seit Beginn dieses Jahrhunderts auf. Sie sind mit großer Vollständigkeit berücksichtigt, insbesondere haben auch noch die Errungenschaften des Jahres 1926 Aufnahme gefunden. Die Kapitel sind nicht grundsätzlich in einen theoretischen und experimentellen Teil geschieden, sondern Theorie und Versuch laufen nebeneinander her und lassen daher leicht erkennen, wie weit die Theorie durch das Experiment bestätigt wird, und wo noch ausbauwürdige Lücken bestehen. Die Darstellung ist klar und das Verständnis durch zahlreiche schematische und Schaulinienbilder erleichtert. Viele Kapitel, insbesondere das 2., 4., 6., 7. und 9. sind auch für den wissenschaftlich arbeitenden Techniker von

Digitized by Google

hohem Interesse. Der vorliegende Band verdient also gleich den bisher besprochenen auch in technisch-wissenschaftlichen Kreisen eine weite Verbreitung.

Dr. Rich. Hiecke.

3538 **Spurenkunde der Elektrizität, Elektrophysiographie.** Von Prof. Dr. Stefan Jellinek. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1927. 101 Seiten, 152 Textfiguren und 1 farbige Tafel. Preis S 19·—, geb. 21·—.

Durch viele Jahre hindurch ist der verdienstvolle Verfasser, dem die Elektropathologie wesentliche Förderung und so mancher von Blitz oder Starkstrom Getroffene Leib und Leben verdankt, den Spuren der Elektrizität gefolgt, die sie auf ihrem Wege über und durch organische und anorganische Körper hinterläßt. Dabei begnügt er sich nicht, die groben, sinnfälligen Veränderungen zu verzeichnen, sondern sucht — ein Sherlock Holmes der Elektrizität — mit Lupe und Mikroskop den Bereich der Schädigung ab und findet so Zeichen, die einem minder aufmerksamen Beobachter entgehen müssen. Der menschliche und tierische Körper, Bäume, Kleidungsstücke, Mauerwerk, Metall, Hochspannungsisolatoren, Glühlampen usw. bilden das Substrat, atmosphärische Elektrizität und technischer Starkstrom das Agens für die studierten Schädigungen und Veränderungen, die aus Verbrennungen und Versengungen, Schmelzungen, mechanischen Deformationen: wie Splitterung, Verbiegung und Gravierung, aber auch in Verfärbungen bestehen. Ein gewaltiges Material hat Prof. Jellinek in dem von ihm begründeten und geleiteten elektropathologischen und Blitzschlag-Museum am Institut für gerichtliche Madizin in Wien mit unermüdlichem Sammeleifer zusammengetragen, und es ist sehr zu begrüßen, daß er nun in dem vorliegenden, schlanken, vorzüglich illustrierten Bande einen kleinen Teil aus diesem Material als Anschauungsunterricht weiteren Kreisen zugänglich gemacht hat.

Auswahl und Anordnung sind vielfach Geschmacksache. So hätte der Referent gerne mehr typische dendritische Blitzfiguren gesehen; doch sind diese wohl deshalb weniger berücksichtigt worden, weil sie an anderen Stellen, so auch in der „Elektropathologie" des Verfassers selbst, reichlich zu finden sind. Die mechanischen Effekte als „rein energetische" den thermischen gegenüberzustellen, erscheint sprachlich nicht sehr glücklich gewählt. Bei der typischen Unterscheidung von geradlinigen, kreisförmigen und spiraligen Figuren wäre darauf hinzuweisen, daß die spiralige Form meist nur durch „geradlinige" Ausbreitung auf einer Zylinderfläche zustande kommt. Auch hier kommt die Verästelung zu kurz. Die Einordnung der beobachteten Fälle in das morphologische Schema ist nicht immer einleuchtend; die gleichmäßige Schwärzung einer kugelförmigen Glühlampe paßt wohl nicht zu den „kreisförmigen" Spuren. Überhaupt könnte schärfer zwischen dem auf den Gesetzen der elektrischen Entladung beruhenden und dem durch die Beschaffenheit des getroffenen Körpers bedingten Anteil der Formgebung unterschieden werden.

Diese kritischen Bemerkungen sollen indessen den Wert des Buches nicht herabsetzen, sondern im Gegenteil zeigen, wie ernst der Referent die Bestrebungen des Verfassers nimmt. Mit Recht weist dieser auf die praktische Bedeutung der Elektrizitätsspuren für Ingenieure, Ärzte, gerichtliche Sachverständige und andere hin: der reinen Wissenschaft geben Blitzschlag und Starkstromunfälle Gelegenheit zur Beobachtung von Erscheinungen, die im Laboratorium wohl nur sehr selten hergestellt werden können, und daher kommt es, daß uns jene Wirkungen so verblüffend erscheinen. Ihr eingehenderes Studium wäre sehr angezeigt: möge das vorliegende Buch dazu anregen! K. Przibram.

35·2 **Metallniederschläge und Metallfärbungen.** Von Dipl. Ing. F. Michel, Pforzheim. Mit 13 Abb. Berlin, Julius Springer, 1927. 179 Seiten. Preis Mk. 6·90.

Dieses Werk bezweckt, Galvaniseuren und Metallfärbern praktische Anleitungen zur sicheren Durchführung der einschlägigen Arbeiten auf Grund erprobter Rezepte und Vorschriften zu geben, die für alle Metall verarbeitenden Industrien, insbesondere die Schmuckindustrie bestimmt sind. Eine Einführung in die chemischen und elektrochemischen Grundlagen der Metallabscheidung ist dem praktischen Teil vorausgeschickt, in dem zunächst die notwendige Vorbehandlung der Arbeitsstücke erläutert wird und nach Festlegung allgemeiner Regeln die galvanischen Abscheidungsmethoden für die einzelnen Metalle unter Hervorhebung der praktisch wichtigen und bewährten Badzusammensetzungen besprochen werden.. Es folgt dann ein Kapitel über Galvanoplastik und über Metallabscheidung ohne Strom. Färbevorschriften der Metalle für die verschiedensten Zwecke beschließen das Werk, in dem bedauerlicherweise die technisch wichtig gewordenen Chromniederschläge und die Eisenphosphatfärbung (Coslett) keine Erwähnung gefunden haben. Obwohl gerade auf dem Gebiete der Metallniederschläge und -Färbungen eine vorzügliche Fachliteratur zur Verfügung steht, kann das Werk infolge seines Wertes für Praktiker diesen und auch den Anfängern empfohlen werden. Wregg.

2823 **Werkstattbücher** für Betriebsbeamte, Vor- und Facharbeiter, herausgegeben von Eugen Simon. Heft 27, Einrichten von Automaten, 3. Teil, von E. Gothe, Ph. Kelle, A. Kreil, 58 Seiten mit 60 Abb. und 20 Tabellen. — Heft 28, Das Löten, von Dr. W. Burstyn. 44 Seiten mit 75 Abb. — Heft 29. Kugel- und Rollenlager (Wälzlager). Von H. Behr. 64 Seiten mit 197 Abb. — Heft 30. Gesunder Guß. Von Prof. Dr. E. Kothny. 70 Seiten mit 125 Abb. und 14 Tabellen. Heft 32. Die Brennstoffe von Prof. Dr. E. Kothny. 73 Seiten mit 11 Abb. und 33 Zahlentafeln. Berlin, Verlag Julius Springer, 1927. Preis je Heft Mk. 1·80.

In Heft 27 werden in der gleichen übersichtlichen Art wie in den Heften 21 und 23[1]) die Vierspindelautomaten System Acme und Gridley an Hand deutscher Bauarten besprochen. Den Schluß des Heftes bildet eine für alle Automaten verwendbare, sehr zweckmäßige Zusammenstellung der Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe für die auf Automaten vorkommenden Arbeiten mit verschiedenen Werkstoffen und Werkzeugen. — In Heft 28 werden hauptsächlich die Lote und Lötmittel, die für Lötarbeiten geeigneten Wärmequellen, die Lötkolben (auch elektrische) und sonstigen Lötwerkzeuge und schließlich das Löten selbst behandelt. Das Heft, das auch sehr viele Angaben über die Hersteller von Werkzeugen enthält, ist sowohl für den Praktiker als auch zur Einführung sehr zu empfehlen. In beiden Heften ist wieder das überaus reichhaltige und bis auf einige Abbildungen in Heft 28 auch sehr gut gewählte Bildermaterial besonders hervorzuheben. — In Heft 29 werden die Grundlagen und die Berechnung der Kugellager, die Bauarten der Wälzlager und ihrer Bestandteile besprochen, besonders ausführlich aber unter Anführung zahlreicher Beispiele der Einbau der Wälzlager bei den verschiedensten Maschinen, unter anderem auch die Anwendung der Wälzlager im Elektromaschinenbau. Zweckmäßig wäre es, auch einige Zusammenstellungen über die Abmessungen, soweit sie bereits genormt sind, aufzunehmen. — In Heft 30 werden jene Punkte erörtert, die zu beachten sind, um einwandfreien Guß (Grau-, Temper- und Stahlguß) mit dem geringsten Kostenaufwand zu erzeugen. Demgemäß zerfällt das Heft in vier Abschnitte über die Wahl des Werkstoffes, über die Rücksichtnahme auf die Kristallisations- und Abkühlungsvorgänge (einzelne Teile dieses Abschnittes gehen wohl schon über den durch den Zweck der Werkstattbücher gegebenen Rahmen hinaus), über form- und putzgerechten Entwurf und über die Rücksichtnahme auf Kaltbearbeitung durch Schneidwerkzeuge. Das Heft bildet zusammen mit den Heften 14 und 17 über Modelltischlerei und den Heften 19 und 24 über Gußeisen, Stahl- und Temperguß[2]) eine recht gute und vollständige Einführung in die Gießerei und die damit zusammenhängenden Fragen. — In Heft 32 werden Entstehung, Gewinnung, Eigenschaften und An-

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 879; 1926, TWN. S. 130.
[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 326; 1926, TWN. S. 130.

Digitized by Google

wendung der für die Industrie wichtigen Brennstoffe beschrieben, außerdem Richtlinien für die Probenahme und Heizwertbestimmung der Brennstoffe, sowie deren chemische Untersuchung gegeben. Über die im Betrieb auftauchenden Fragen kann man aus dem Heft wohl immer zumindest das Wichtigste, bezw. Grundsätzliche entnehmen. Jk.

Eingegangene Bücher.

3526 Festgabe Carl von Bach zum achtzigsten Geburtstag. Forschungsarbeiten aus dem Gebiete des Ingenieurwesens, Heft 295. 95 Seiten mit 179 Abb. und einem Bildnis. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927.

Das Buch, C. v. Bach zum 80. Geburtstag gewidmet, enthält das Wesentliche aus mehr als 150 Arbeiten — die in der weitaus größten Mehrzahl von Bach, ferner von R. Baumann, P. Zwiecauer, M. Enßlin, A. Bantlin, R. Kittel und J. Reischle herrühren — über Nieten und Nietverbindungen, Schweißung, Widerstandsfähigkeit von ebenen und zylindrischen Wandungen, von Böden und Rohren, über Baustoffeigenschaften usw. und ist für die Kesselfabriken und die Böden, Bleche und dergleichen erzeugenden Unternehmungen, schließlich aber, da auch Betriebsfragen behandelt sind, für die Besitzer von Dampfkesseln von größter Wichtigkeit.

Einige Prinzipien der theoretischen mechanischen Technologie der Metalle. Von Hofrat Prof. A. Rejtö. 501 Seiten mit 232 Abb. und 40 Zahlentafeln. Selbstverlag des Verfassers, in Kommission bei VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927.

3541 Die Elektrizität als Ätherströmung. Versuch einer Mechanik der Elektrizität. Von Dr. Ing. C. Baur. 92 Seiten mit 15 Abb. Verlag A. Ziemsen, Wittenberg 1927. Preis in Leinen geb. Mk. 4·—.

In der Schrift, die nach Angaben des Verfassers eine ganz neue Welt von Begriffen eröffnet und erkennen läßt, wie einfach die Elektrizitätslehre geworden ist, werden durch Einführung des Äthers die elektrischen Größen auf mechanische zurückgeführt und dann die Gesetze des Gleich- und Wechselstromes abgeleitet und die auftretenden Erscheinungen erörtert. Ein Schlußabschnitt behandelt das Dielektrikum, also Fragen aus der Kabeltechnik.

Elektro-Wärmeverwertung als ein Mittel zur Erhöhung des Stromverbrauches. Von Direktor Ing. Robert Kratochwil. Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage. 695 Seiten mit 431 Textabb. und zahlreichen Tabellen. Verlag R. Oldenbourg. München und Berlin 1927.

Einführung in die Elektrizitätslehre. Von Prof. R. W. Pohl. 256 Seiten mit 393 Abb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 13·80.

Die Widerstandsfähigkeit von Dampfkesselwandungen. Sammlung von wissenschaftlichen Arbeiten deutscher Materialprüfungs-Anstalten. Herausgegeben von der Vereinigung der Großkesselbesitzer E. V. I. Band: Stuttgarter Arbeiten bis 1920 mit einem Anhang neuerer Stuttgarter Arbeiten. 81 Seiten mit 176 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 13·50.

Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Von Dr. Karl Strecker. Zehnte, umgearbeitete Auflage. Starkstromausgabe. 139 Seiten mit 560 Abb. Verlag Julius Springer. Berlin 1925. Preis Mk. 13·50.

Geometrie und Maßbestimmung der Kulissensteuerungen. Ein Lehrbuch für den Selbstunterricht. Von Prof. R. Graßmann. Zweite, unveränderte Auflage. 140 Seiten mit zahlreichen Übungsaufgaben und 20 Tafeln. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 13·50.

Einführung in die praktische Nomographie. Von H. Schwerdt. 122 Seiten mit 62 Abb. (Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technische Bücherei, Band 6.) Verlag Otto Salle, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 3·—.

Neue Druckschriften.

AWF-Getriebeblätter. Vertrieb durch den Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin. Preis je Blatt 0·60 Mk.

Die vom Ausschuß für Getriebedarstellungen beim Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF) unter Mitarbeit des Vereins Deutscher Maschinenbau-Anstalten und der Reuleaux-Gesellschaft herausgegebenen Blätter sind als Hilfsmittel für den Konstrukteur bestimmt und enthalten auf den Bildblättern schematische Darstellungen und auf den Textblättern eine Beschreibung der dargestellten Ausführungsformen, Hinweise auf die Geschwindigkeitsverhältnisse, auf ähnliche Getriebe und auf Anwendungsmöglichkeiten. Einzelheiten über die Blätter gibt das Blatt AWF 600, das kostenlos abgegeben wird. Die bereits vorliegenden Blätter AWF 601 T und 601 B behandeln das Kardankreispaar und entsprechen vollkommen dem eingangs angeführten Zweck. —k.

Chronik.

Die Ausstellung der Technischen Versuchsanstalten Wiens auf der Ausstellung „Wien und die Wiener". Auf Anregung des Präsidenten Dr. W. Exner hat die Wiener Messe A.-G. als Geschäftsstelle der Ausstellung „Wien und die Wiener" eine Sammelausstellung der Technischen Versuchsanstalten in der großen Halle für „Verkehr" ermöglicht. Die eine Bodenfläche von 220 m² und eine Längswand bedeckenden Apparate und Schaubilder wurden in geschmackvoller und übersichtlicher Weise von den Herren Architekt Oerley und Ing. Kölbl angeordnet.

Ein Rundgang durch die Exposition der 33 gesonderten Versuchsanstalten bietet eine Fülle des Interessanten.

Zunächst ist die Materialprüfung durch eine Reihe von instruktiven Objekten vertreten. Man sieht einen mächtigen Brückenträger, der unter einer Last von 180 t in der Festigkeitsmaschine durchgedrückt wurde. Weiters zerrissene Ketten, Seile, Probestäbe. Zementprobekörper, einige kleinere Festigkeitsmaschinen, Dehnungsmesser und Feinmeßgeräte für Längenmessungen. Die Prüfung des Papieres wird an Hand einiger Spezialmaschinen erläutert. Eine vollständige Faserstoffsammlung gibt einen Überblick über zahlreiche textile Fasermaterialien. Die verschiedenen Ledersorten können an einer sehr anschaulichen Zusammenstellung studiert werden, ebenso die mannigfaltigsten Proben von Metallen und Legierungen.

Schon mehr in das chemische Gebiet fällt die Gruppe der Lebensmitteluntersuchung und Wasserprüfung. Ein neues Verfahren für die Sterilisation des Trinkwassers ist gezeigt, ferner Methoden der Gewinnung des Silbers aus verbrauchten photographischen Lösungen und brauereitechnische Methoden. Hiebei sind jeweils die Verfahren selbst mittels Aufschriften und graphischen Darstellungen erläutert, sowie die Apparate zusammengestellt. Man sieht eine Mikrowage, eine große Präzisionswage für Bestimmung des Gewichtsverlustes von Kohlen durch Austrocknen und anderes.

Aus der Wärmewirtschaft stammt ferner eine vollständige Kollektion der in Österreich vorhandenen Kohlensorten mit Angabe des Ursprunges, zahlreiche Meßapparate, die teilweise in Betrieb gesetzt werden können, wie eine Methode zur Bestimmung des Wärmedurchganges durch wärmeisolierendes Material. Man sieht weiters eine vollständige Kesselvorderwand mit den entsprechenden Meßinstrumenten, eine Sammlung von Indikatoren, das ursprüngliche Modell des „Hausfreundes", Kalorimeter und Meßeinrichtungen für die Untersuchung von Kachelöfen. Auch der Kachelofen selbst ist in einigen zweckmäßigen, neueren Ausführungsformen dargestellt.

Die Prüfung der Automobilmotoren erfolgt mit einer ausgestellten Bremse, ein Durchflußmesser mißt den Benzinverbrauch während des Laufes des Motors, die Tourenzahl kann an einer hochsteigenden Flüssigkeitssäule abgelesen werden. Aus der Flugtechnik stammen einige für Bestimmung des Luft-

Digitized by Google

widerstandes dienende Modelle. Die Einrichtung der Prüfungsanstalt ist an einer großen Tafel klar erläutert.

Für die Untersuchung der Geschiebeverhältnisse in Flüssen besteht in Wien eine wehleingerichtete Anstalt, die im Bilde gezeigt wird.

Von Spezialinstituten seien jene für die Prüfung von Uhren und von geodätischen Instrumenten erwähnt, die ebenfalls schöne Bilder ihrer Einrichtung bringen. Die Elektrotechnik ist wohl viel zu bescheiden vertreten, immerhin werden die von Hofrat Grau stammenden Meßapparate, und zwar ein Hochspannungsvoltmeter für 100 kV und eine Wirbelstrombremse Interesse erwecken. Weiters sieht man Verstärkerröhren in der Entwicklung seit Lieben. Aus den graphischen Gewerben stammt die Darstellung verschiedener Farbendruckverfahren, ein Apparat für Farbenbeurteilung bei künstlichem Licht und anderes. Die keramische Industrie ist durch technische Glasurproben und mannigfache Proben von Tonmaterialien vertreten. Die Einrichtungen zur Prüfung von Schiffsmodellen und Propellern werden an Apparaten und Bildern vorgeführt. Eine besondere Aufgabe bildet die Messung der Schwereintensität mittels der Drehwage, ebenfalls im Bilde gezeigt. Sehr schön sind die Methoden zur Untersuchung von Edelsteinen und Perlen, die mit den von Reichert nach Angaben Dr. Michels ausgeführten Apparaten erfolgt.

Im Ganzen genommen kann der Versuch, das Arbeitsgebiet der viel zu wenig bekannten Technischen Versuchsanstalten Wiens einmal übersichtlich vorzuführen, als wohl gelungen bezeichnet werden. Der Fachmann wird sich wertvolle Anregung, der Laie eine Übersicht über ein Gebiet holen, das er in seiner Ausdehnung und Bedeutung sonst nicht zu würdigen vermag. Conrad.

Werkstofftagung 1927. Auf Anregungen aus den Kreisen der Forscher und der Ingenieure aus der Praxis bereitet der Verein deutscher Ingenieure in enger Zusammenarbeit mit den großen industriellen, technischen und wissenschaftlichen Verbänden eine Werkstofftagung vor, die im Oktober 1927 in Berlin statfinden soll und auf der zum ersten Mal die Werkstofferzeuger und die Werkstoffverbraucher zu enger Zusammenarbeit sich vereinigen werden.

Die Werkstoffe und ihre Verwendungsgebiete in der Technik sind aber heute so zahlreich und verschiedenartig, daß es nicht möglich ist, sie sämtlich auf einer großen Schau vorzuführen und in Vorträgen eingehend zu behandeln. Man hat sich daher entschlossen, in diesem Jahre zunächst nur die drei großen Gebiete Stahl und Eisen, Nichteisenmetalle und Isolierstoffe für die elektrotechnische Industrie vorzuführen, letztere deshalb, weil die elektrotechnische Industrie als wichtiger Verbraucher der Werkstoffe überhaupt in Frage kommt.

Die Werkstofftagung gliedert sich in die Werkstoffvorträge und die Werkstoffschau, wieder in die Werkstoffprüfschau und die Werkstoffübersicht zerfällt. Die Vorträge, etwa 300, finden vom 22. Oktober bis 6. November 1927 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg statt. Bei der Aufstellung des Programms werden in erster Linie die vier Hauptgruppen berücksichtigt: 1. die wissenschaftlich arbeitenden Ingenieure und Forscher; 2. Konstrukteure, Betriebs- und Prüfingenieure; 3. Meister, Handwerker, Arbeiter usw.; 4. Werkstoffkäufer, Leiter der Einkaufsabteilungen industrieller Werke usw. Außerdem wird man eine Gliederung der Vorträge vornehmen können, je nachdem sich die Vortragenden besonders vom Standpunkt der Erzeuger oder der Verbraucher mit bestimmten Aufgaben befassen.

Die Werkstoffschau findet vom 22. Oktober bis 13. November in der Neuen Ausstellungshalle am Kaiserdamm statt. In der Werkstoffprüfschau soll gezeigt werden, welche Werkstoffeigenschaften zurzeit erforschbar sind und welche Verfahren und Einrichtungen hierfür verwendet werden. Weit mehr als 100 Materialprüfmaschinen für die verschiedensten Verfahren werden dort aufgestellt. Für die elektrotechnischen Isolierstoffe kommen bekanntlich mechanische und elektrische Prüfungen vor allem in Betracht, und zwar bei der mechanischen Prüfung in erster Linie Biege-, Schlag-, Zug- und Druckversuche, bei der elektrischen Prüfung, die den größten Raum einnimmt, Hochspannungsprüfungen; zu diesem Zweck wird unter anderen eine vollständige Hochspannungsprüfanlage von 1 Mill. V gegen Erde vorgeführt. In der Werkstoffübersicht der elektrotechnischen Isolierstoffe werden alle wesentlichen Isolierstoffe gezeigt werden. In einer Gruppe ist Glimmer, Mikanit, Hartpapier, Preßspan, Fiber usw., in einer anderen Ölstoffe und Isolierlacke, wieder in einer anderen Isolierpapier, Natursteine, Öle, Vergußmassen usw. zusammengefaßt. Außer den Stoffen selbst sollen auch kennzeichnende Beispiele in den einzelnen Gruppen über die Anwendung gezeigt werden. Für die beiden anderen großen Hauptgruppen Eisen und Stahl, sowie Nichteisenmetalle gelten im allgemeinen die gleichen Gesichtspunkte wie für die elektrotechnischen Isolierstoffe. Auch das wichtige Gebiet der Normung soll auf der Werkstofftagung gebührend berücksichtigt werden. Auf einem besonderen Stand des Normenausschusses der deutschen Industrie sollen zusammenfassend die bisher erzielten Ergebnisse und Vorteile der Normung gezeigt werden. Außerdem wird in einzelnen Abteilungen wahrscheinlich Gelegenheit sein, auf wichtige Normungsfragen hinzuweisen.

Um den Besuchern das Prinzip der Prüfmaschinen, die Bedeutung verschiedener Werkstoffeigenschaften usw. besonders deutlich vorzuführen, wird der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen (Datsch) eine große Anzahl Tafeln (wahrscheinlich etwa 500) fertigstellen, bei denen für alle Gegenstände der Werkstoffschau und der Werkstoffübersicht die wichtigsten Erläuterungen gegeben werden.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß die Interessen der Verbraucher durch einen besonderen Beirat der Verbraucher vertreten werden sollen. Die erste Sitzung dieses Beirats fand am 1. April statt; es wurde die Bildung von etwa 10 Untergruppen beschlossen, zum Beispiel Werkzeuge und Werkzeugmaschinen, Eisen- und Schiffbau, Landwirtschaft usw.

XXXII. Jahresversammlung des VDE in Kiel 1927. Über die technisch wissenschaftlichen Veranstaltungen des VDE anläßlich der XXXII. Jahresversammlung vom 30. Juni bis 3. Juli 1927 in Kiel wird folgendes bekanntgegeben.

Freitag, den 1. Juli 1927, vormittags 9 Uhr (im Stadttheater).

Vorträge: Staatssekretär Dr. Ing. E. h. Feyerabend, Berlin: 50 Jahre Fernsprecher in Deutschland.

Fachsitzungen: Ab ½3 Uhr: Universitätsgebäude.

A) Elektrische Kraftwerke. Einführender: Baurat Rachel, Dresden.

1. Altbürger, Berlin: Ölschalter-Untersuchungen. 2. Müller, Dresden: Über die Verhältnisse bei Ölschalterexplosionen aus sekundären Ursachen. 3. Buchholz, Berlin: Die Kurzschlußkräfte bei Reaktanzspulen. 4. Kröll, Mannheim: Schaltungen zum automatischen Betrieb von Wasserkraftanlagen und rotierenden Umformern. 5. von Schaubert, Berlin: Generatorenschutz besonders bei Erdschluß. 6. Kühns, Berlin: Selbststeuernder Streckenschalter.

B) Elektrische Kraftübertragung. Einführender: Prof. Dr. Marx, Braunschweig.

1. Grünholz, Berlin: Graphische Theorie der Wechselstromübertragung (Fernleitung und Umspannung). 2. Piloty, Berlin: Einphasiges Ansprechen von Überspannungsableitern. 3. Burger, Berlin: Leistungs- und Spannungsverluste durch Transformatoren, Reaktanzspulen und Spannungregeleinrichtungen in Drehstromnetzen. 4. Naumann, Hermsdorf: Die Ermittlung fehlerhafter Isolatoren in Hochspannungsnetzen während des Betriebes auf der Strecke. 5. Regerbis, Hermsdorf: Neue Freiluftstützer. 6. Koch, Berlin: Über Distanzrelais. 7. König, Höchst a. M.: Neue Gesichts-

Digitized by Google

punkte für die Wahl von Überspannungs-Schutzapparaten.

C) Installationstechnik. Einführender: Geh. Reg.-Rat Dr. Weber, Berlin.

1. Klement, Berlin: Sicherungsfragen. 2. Grünwald, Annaberg: Moderne Untersuchungsmethoden für Isolierstoffteile. 3. Schneider, Berlin: Technische Erfolge der Schaufenster-Lichtwerbung. 4. Born, Berlin: Einrichtung und Betrieb der Beleuchtungsanlagen für Flugstrecken und Landungsplätze. 5. Braumüller, Berlin: Fortschritte in der elektrothermischen Industrie. 6. Reese, Berlin: Über ein neues Prinzip für Maximumtrafzähler. 7. Schmidt, Dessau: Neues Speicherrelais und seine Rückwirkung auf die Stromtariffrage. 8. Jellinek, Wien: Der elektrische Scheintod.

D) Fernmeldetechnik. Einführender: Direktor Dr. Lüschen, Berlin.

1. Höpfner, Berlin: Übertragungsleitungen für den Rundfunk. 2. Laub, Berlin: Eine Schaltung zur Übertragung von Signalen auf fahrende Züge. 3. Meyer, Köln: Das Azorenkabel. 4. Küpfmüller, Berlin: Pupinseekabel. 5. Stahl, Berlin: Unterlagerungstelegraphie. 6. Hartmann, Berlin: Mikrophone für hochwertige Übertragung. 7. Ollendorf, Berlin: Abschirmung der Beeinflussung von Fernmeldeleitungen durch Bäume. 8. Mayer, Berlin: Der Pegelzeiger für Fernsprechverbindungen.

Sonnabend, den 2. Juli 1927, vormittags 9 Uhr (im Stadttheater).

Vorträge: Direktor Dr. Ruths, Stockholm: Spitzendeckung in Großkraftwerken. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Ing. E. Reichel, Charlottenburg: Hydraulische Speicherung. Reg.-Baumeister Berdelle, Berlin: Spitzendeckung und Belastungsausgleich durch elektrische Speicherbatterien. Obering. Gercke, Augsburg: Spitzendeckung (in Großkraftwerken) mit Großdieselmotoren. — Anschließend: Aussprache über die vorstehenden Vorträge.

Fachsitzungen: Ab ½3 Uhr: Universitätsgebäude.

A) Elektrische Kraftübertragung. Einführender: Prof. Dr. Rüdenberg, Berlin.

1. Pohlhausen, Berlin: Grundlagen der Bemessung von Starkstromerdern. 2. Holm, Berlin: Einige Gesichtspunkte für Beurteilung von Hartpapiermaterialien und ihre Verwendung. 3. Moldenhauer, Berlin: Die Freiluftstationen des MEW. 4. Frensdorff, Dresden: Die dielektrische Verlustmessung an Hartpapier-Isolation und ihre Bedeutung für Höchstspannungsbetriebe. 5. Cramer, Berlin: Betriebserfahrungen über die Aufteilung von Gleichstromnetzen. 6. Harteneck, Mannheim: Der automatische Überstromregler zum Hochfahren von Gleichstromnetzen nach Störungen.

B) Maschinen und Transformatoren. Einführender: Prof. Dr. Kloß, Berlin.

1. Löbl, Berlin: Messung der Wirksamkeit von Dämpferwicklungen. 2. Krieg, Berlin: Das automatische Anlassen von Einanker-Umformern. 3. Pohl, Berlin: Schnellentregung von Generatoren. 4. Müllner, Berlin: Neuere Gesichtspunkte für die Umformung von Drehstrom in Gleichstrom. 5. Hartwagner, Dresden: Neue Anlaßverfahren für Asynchronmaschinen großer Leistungen.

C) Elektrophysik. Einführender: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Orlich, Berlin.

1. Flegler, Aachen: Wanderwelle und Überspannungsschutz nach Aufnahmen mit dem Kathodenoszillographen. 2. Strigel, Berlin: Über einen Wattmeteroszillographen. 3. Tamm, Aachen: Funkenuntersuchungen mit dem Kathodenoszillographen. 4. Müller, Hermsdorf: Über den Klydonographen (Wellenschreiber). 5. Lübcke, Berlin: Über eine Quecksilberdampf-Großverstärkerröhre. 6. Wolman, Aachen: Über ein Verfahren der Eisenprüfung mit dem magnetischen Spannungsmesser.

D) Fernmeldetechnik. Einführender: Prof. Dr. Leithäuser, Berlin.

1. Eppen, Berlin: Empfangsergebnisse bei Gleichwellenrundfunk. 2. Meißner, Berlin: Richtstrahlung mit horizontalen Antennen. 3. Schröter, Berlin: Bildrundfunk. 4. Schäffer, Berlin: Neues über Rundfunkaufnahmen. 5. Rukop, Berlin: Elektrotechn. Probleme aus der Rundfunkübertragung. 6. Kühn, Berlin: Neuzeitliche Musik- und Sprachübertragungsanlagen. 7. Schuchmann, Berlin: Das Schalten großer Leistungen mit Quecksilberdampfröhren in der drahtlosen Telegraphie. 8. Böhm, Berlin: Die Großstation Rom.

E) Elektrische Industrieanlagen. Einführender: Obering. Ritz, Berlin.

1. Gossow, Dresden: Eine neue Schaltung für Drehstrom-Kranausrüstungen. 2. Kind, Berlin: Ein hilfsmotorloser Regulierantrieb. 3. Krämer, Berlin: Fortschritte im Bau von Gleichrichtern.

An den beiden Nachmittagen finden Technische Besichtigungen statt.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	30. V. 1927	1. VI. 1927	3. VI. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	122	122¼	123

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	52-53	52-53	54-54½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	108—112	108—112	105—110

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 3. Juni 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	60	5	0	60	10	0
Wire bars	60	10	0	—	—	—
Standard Kassa . .	54	16	3	54	17	6
Standard 3 Monate .	55	7	6	55	8	9
Zinn:						
Engl. ingots	293	0	0	293	10	0
Standard Kassa . .	295	17	6	296	0	0
Standard 3 Monate .	288	12	6	288	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	26	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	28	16	3	28	17	6
Remelted	29	5	0	—	—	—
English Swansea . .	29	6	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 14 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 19. Juni 1927 | Heft 25

INHALT: Ergebnisse der „Statistik der Elektrizitätswerke Österreichs", Auflage 1926. Von Ministerialrat Dr. rer. pol. und Ing. Rudolf Czeija, Wien. S. 497.

RUNDSCHAU: Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 510. / Elektrische Meßkunde. S. 511. / Baustoffe. S. 512.

LITERATURBERICHTE. S. 515.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 516.

Ergebnisse der „Statistik der Elektrizitätswerke Österreichs", Auflage 1926.

Herausgegeben vom Elektrotechnischen Verein in Wien.

Zusammengestellt von Ministerialrat Dr. rer. pol. und Ing. Rudolf **Czeija**, Wien.

Der Elektrotechnische Verein in Wien hat mit der im März d. J. herausgegebenen „Statistik der Elektrizitätswerke und der elektrischen Bahnen Österreichs" einen ungemein wertvollen Beitrag zu einer Übersicht über den gegenwärtigen Stand unserer Elektrizitätsversorgung geliefert. Von 371 Stromerzeugungsunternehmen mit insgesamt 457 Elektrizitätswerken sind auf die sorgfältig vorbereiteten Fragebogen die gewünschten Angaben — vereinzelt allerdings lückenhaft — eingelaufen und in einem länderweise geordneten Verzeichnis übersichtlich zusammengestellt worden. Wie im Vorwort der „Statistik" angekündigt, war die Besprechung und Auswertung dieser statistischen Erhebung einer besonderen Abhandlung in der Vereinszeitschrift vorbehalten geblieben und der Verfasser will nunmehr auf Einladung des E. V. W. versuchen, der übernommenen Aufgabe nachzukommen, seine Ausführungen jedoch bloß auf den Abschnitt *B* (Statistische Angaben der Elektrizitätswerke mit mehr als 20 kW Anschlußwert) beschränken.

Zur Vermeidung von etwaigen irrtümlichen Schlußfolgerungen aus der vorliegenden Statistik sei zunächst ausdrücklich festgestellt, innerhalb welches Bereiches sie Geltung hat. Ihr Rahmen umfaßt nur solche Stromerzeugungsunternehmen, die gewerbsmäßig, also dauernd und in der Absicht der Erzielung eines Gewinnes, Strom an Dritte abgeben. Der Kataster enthält daher nicht: *a*) die sogenannten Eigenanlagen, das heißt zur Erzeugung oder Leitung von elektrischen Strom für den eigenen Bedarf des Inhabers bestimmte Anlagen, die bloß dann einbezogen sind, wenn sie über 10 vH ihrer Stromerzeugung gewerbsmäßig veräußern, ferner *b*) Stromlieferungunternehmen, die — wenn auch gegen Entgelt — ausschließlich an ihre Mitglieder elektrische Energie liefern, weiters *c*) Zwerganlagen unter 20 kW Anschlußwert (vereinzelt finden sich aber solche vor) und *d*) — trotz der bezüglichen Aufforderung des E. V. W. in seinem Fragebogen — Stromverkaufs- oder Verteilungsunternehmen, die keine eigene Elektrizitätszentrale besitzen.

Zur Aussendung seiner Fragebogen stand dem Elektrotechnischen Verein in Wien ein so reichhaltiges Adressenmaterial zur Verfügung, daß kaum irgend ein namhaftes Elektrizitätswerk übersehen werden konnte; bedauerlicherweise haben jedoch einzelne Werke den ihnen übermittelten Fragebogen trotz des Hinweises auf die behördliche Ermächtigung zur Einholung der Angaben nach § 48 (1) des österreichischen Elektrizitätswege-Gesetzes[1]) und trotz vielfacher Mahnungen nicht ausgefüllt. Die hiedurch veranlaßte Verzögerung im Erscheinen der Statistik hatte zur Folge, daß sich Angaben darin auf verschiedene Berichtsjahre und Stichtage beziehen, was ursprünglich nicht beabsichtigt war; eine künftige Neuauflage wird selbstverständlich auf eine vollkommene Einheitlichkeit in dieser Beziehung Bedacht nehmen. Einige weitere Vermerke über den Geltungsumfang der folgenden Zusammenstellung finden sich bei der Besprechung der einzelnen Fragepunkte.

Gegenüber der letzten Ausgabe der Statistik vom Jahre 1920 weist die gegenwärtige viele erfreuliche Fortschritte auf:

a) Die Unternehmen sind nunmehr nach Bundesländern geordnet (früher bloß alphabetisch), und zwar ist der Sitz ihrer Betriebsleitung für die Reihung maßgebend gewesen (elektrisch nicht miteinander verbundene Stromerzeugungsanlagen wurden jedoch gesondert behandelt). Für die spätere länderweise Bearbeitung mußten deshalb jene Werke, die anderen Bundesländern zugehören, ausgeschieden und dorthin übertragen werden; es betrifft dies die Anlagen der Stern & Hafferl A. G. in Salzburg, dann die der Newag und der Wiener Städt. El.-Werke in Niederösterreich.

b) Zur deutlichen Unterscheidung der Werke ist ihrer Standort- und üblichen Namenbezeichnung (Kol. 3) auch der Post- und politische Bezirk vom Sitz des Unternehmens (Kol. 2) beigefügt, deren Besitzermerkmal (gleichfalls in Kol. 2) durch die Firmenbenennung mit Angabe der Art (A. G., G. m. b. H., Gen., Gmde. usw.) festgelegt worden. Nebst dem Betriebseröffnungsjahr der ersten Anlage des Unternehmens findet sich in Kol. 2 noch das Berichtsjahr und (fettgedruckt) der Stichtag angegeben. Anmerkungsweise sei hier bemerkt, daß das Betriebseröffnungsjahr selbstverständlich keinen Aufschluß über das Alter der Werke gibt, da zahlreiche Unternehmen ihre Anlagen seither völlig erneuert haben.

c) Die Gruppierung der Kolonnen und Spalten zeichnet sich durch weit größere Übersichtlichkeit als in der früheren Auflage (1920) aus, denn für jedes Unternehmen ist in der Länge und Breite ungleich mehr Raum zur Verfügung gestellt worden.

d) Zu Kol. 5 wäre zu erwähnen, daß Zahl und Gesamtleistung der Antriebsmaschinen häufig nicht unbeträchtlich von der verhältnismäßigen Generatorenzahl und -Leistung (Kol. 6) abweichen, wenn zum Beispiel mit dem Elektrizitätswerk auch ein mechanischer Betrieb verbunden ist. Die Betriebsstundendauer im Berichtsjahre (Kol. 10 *a*) besagt, wie lange die Anlagen oder ihre Teile überhaupt in Benützung standen; sie läßt natürlich keinen Schluß auf die Benützungsdauer ihrer Höchstleistungsfähigkeit zu. Für die Anzahl und kVA-Leistung der Verteil- und Abnehmertransformatoren sowie der Verteilumformer und Quecksilbergleichrichter wurden neue Kolonnen (15 bis 17) geschaffen. Kol. 18 beantwortet die Anzahl und Einwohnerzahl der

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 343.

(Fortsetzung Seite 499.)

Digitized by Google

Statistische Erhebung	Burgenland	Kärnten	Nieder-Österreich	Ober-Österreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	zusammen
Lfd. Nr. 1 bis 5:										
Anz. d. El. Unternehm.	8	45	86	38	23	96	56	17	2	371
Anzahl der Werke	8	57	101	55	25	106	64	19	22	457
Desgl. nach Bundesländern	8	45	88	38	24	96	56	17	2	374
	8	57	121	52	28	106	64	19	2	457
Einwohnerz. lt. Volkszähl. v. 7. III. 1923	285 609	307 748	1 430 449	876 074	223 023	978 845	313 885	139 999	1 865 780	6 534 412
Flächeninhalt in km²	3 697	9 530	19 301	11 982	7 153	16 375	12 645	2 602	278	83 833
Orts- (pol.) Gemeinden	326	250	1 709	505	157	1 015	308	99	1	4 371
Ortschaften	326	2 801	4 019	6 260	760	2 056	605	163	1	16 991
Häuser	49 308	51 819	216 490	124 494	30 735	124 445	44 895	27 097	44 873	714 156
Wohnparteien	61 008	76 295	386 852	198 443	49 184	214 236	65 848	29 936	535 046	1 586 548
Lfd. Nr. 6*a* bis 6*m*:	kW-Generatorenleistung der El. Werke (Kol. 5*a* der Statistik)									
unter 30 kW	1	7	8	8	5	17	9	2	—	57
31 — 50 „	1	7	14 (+1 Wien)	8	3	14	10	—	1 (−1 N.-Oe.)	58
51 — 100 „	1	7	17 (+2 Wien)	9	5	19	9	3	2 (−2 N.-Oe.)	75
101 — 200 „	3	10	25 (+3 Wien)	7 (−1 Salzb.)	4 (+1 O.-Oe.)	14	11	2	— (−3 N.-Oe.)	74
201 — 500 „	2	8	24 (+4 Wien)	5	2	22	10	1	3 (−4 N.-Oe.)	79
501 — 1000 „	—	10	8 (+4 Wien)	3	—	3	1	3	4 (−4 N.-Oe.)	27
1001 — 2000 „	—	5	3 (+1 Wien)	4 (−2 Salzb.)	1 (+2 O.-Oe.)	6	6	—	4 (−1 N.-Oe.)	29
2001 — 5000 „	—	5	— (+3 Wien)	5	—	4	—	3	1 (−3 N.-Oe.)	18
5001 — 10 000 „	—	5	1 (+2 Wien)	3	3	2	—	2	3 (−2 N.-Oe.)	14
10 001 — 20 000 „	—	—	—	1	1	2	2	1	2	9
über 20 000 „	—	—	—	1	—	2	1	1	2	7
unbekannt	—	—	1 (+20 Wien)	1 (−3 Salzb.)	1 (+3 O.-Oe.)	1	5	1	— (−20 N.-Oe.)	10
zusammen	8	57	101	35	25	106	64	19	22	457
Lfd. Nr.		Errichtungsjahr der ersten Anlage der Elektr.-Unternehmen (Stat. Kol. 2)								
7*a*	1886	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1
7*b*	1888	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1
7*c*	1889	.	.	.	1	.	.	1	.	.	2
7*d*	1890	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1
7*e*	1891	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1
7*f*	1892	.	.	1	.	.	3	.	.	.	4
7*g*	1893	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1
7*h*	1894	.	1	.	.	.	1	.	.	.	2
7*i*	1895	.	.	1	.	1	.	.	.	.	2
7*j*	1896	.	.	.	1	.	1	1	1	.	4
7*k*	1897	.	.	3	2	1	1	.	.	.	7
7*l*	1898	.	.	.	1	.	1	2	1	.	5
7*m*	1899	.	.	1	.	.	1	1	.	.	3
7*n*	1900	2	.	3	1	1	1	2	2	.	12

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Statistische Erhebung	Burgenland	Kärnten	Nieder-Oesterreich	Ober-Oesterreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	Zusammen
7 *o*	1901	.	1	5	1	2	.	1	1	.	11
7 *p*	1902	.	5	4	1	.	2	3	.	1	16
7 *q*	1903	.	.	2	2	1	2	1	.	.	8
7 *r*	1904	.	.	3	2	1	5	3	.	.	14
7 *s*	1905	.	1	3	1	2	4	2	.	.	13
7 *t*	1906	.	.	2	.	.	2	2	2	.	8
7 *u*	1907	.	4	1	.	2	7	1	.	.	15
7 *v*	1908	.	1	4	2	1	2	.	2	.	12
7 *w*	1909	.	2	2	1	.	1	3	.	.	9
7 *x*	1910	1	1	1	1	.	7	2	.	.	13
7 *y*	1911	.	1	5	1	1	4	1	1	.	14
7 *z*	1912	.	2	4	1	1	4	1	1	.	14
7 *A*	1913	.	2	3	.	.	4	1	.	.	10
7 *B*	1914	.	1	2	1	2	2	2	.	.	10
7 *C*	1916	1	1	.	.	.	.	.	.	.	2
7 *D*	1917	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1
7 *E*	1918	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1
7 *F*	1919	1	1	.	.	1	3	.	.	.	6
7 *G*	1920	.	4	6	2	1	6	1	.	.	20
7 *H*	1921	.	2	3	3	.	3	5	.	.	16
7 *I*	1922	.	4	3	1	1	3	5	.	1	18
7 *K*	1923	1	2	4	1	.	7	3	.	.	18
7 *L*	1924	2	3	3	1	2	4	3	2	.	20
7 *M*	1925	.	1	3	3	.	6	4	1	.	18
7 *N*	1926	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1
7 *O*	unbekannt	.	2	13	7	1	8	5	1	.	37
7 *P*	Summe	8	45	86	38	23	96	56	17	2	371

von den Elektrizitätsunternehmen unmittelbar versorgten Orte; die Aufzählung der bloß mittelbar belieferten Ortschaften mußte unterbleiben, soll aber bei der nächsten Auflage aufgenommen werden. Bei der Kol. 25 (Bahnversorgung) ist in mißverständlicher Auslegung der Frage von mehreren Werken (zum Beispiel Nr. 190, 201 und anderen der Statistik) der für Bahnzwecke bestimmte Beleuchtungsstrom oder der Bedarf für einen Drahtseilbahnbetrieb usw. angegeben worden; wo Irrtümer offenkundig wahrzunehmen gewesen, sind solche Angaben in der Rubrik „Licht- und Kraftstrom" berichtigt worden.

e) Die in der vorigen Auflage der Statistik enthaltene Kolonne „gesamte Anlagenkosten des Kraftwerkes und der Verteilungsanlage" unterblieb mit Recht, da sie wegen der inzwischen eingetretenen Inflationsperiode für die wirtschaftliche Beurteilung wertlos wäre; ebenso wurden auch die Angaben über „Gaswerke und deren Tarife" als nicht in eine Elektrizitätsstatistik gehörig weggelassen.

Ein Vergleich der Ergebnisse der Statistiken vom Jahre 1920 und 1926 läßt immerhin einige wertvolle Anhaltpunkte über den Entwicklungsgang unserer Starkstromversorgung erkennen (siehe die Zahlentafeln I bis VII in der Statistik vom Jahre 1920 und die folgenden Übersichten):

1920 (1926 in Klammer) enthalten Angaben über 463 (457) Elektrizitätswerke, die sich auf die einzelnen Bundesländer wie folgt verteilen: Burgenland 0 (8), Kärnten 40 (57), Niederösterreich 117 (121), Oberösterreich 52 (52), Salzburg 42 (28), Steiermark 115 (106), Tirol 73 (64), Vorarlberg 21 (19) und Wien 1 (2).

Nach dem Jahre der Betriebseröffnung der ersten Anlage ordnen sich die Werke: 1886—1899 61 (34), 1900—1904 116 (61), 1905—1909 115 (57), 1910—1914 125 (61), 1915—1919 20 (10), 1920—1926 20 (37). Die älteren Anlagen verschwinden immer mehr und werden meist von Großkraftunternehmen aufgesogen.

Dem Besitzstande nach ergeben sich die Verhältnisse: Ortsgemeinden 168 (143), im Nebenbetriebe von Fabriken, Mühlen, Brettersägen, Berg- und Hüttenwerke und dergleichen 152 (121), reine Elektrizitätsunternehmen 142 (193). Die Gemeinde- und Fabriksunternehmen beziehen vielfach ihren Strom bereits vorteilhafter aus Überlandzentralen.

Die installierte Generatorenleistung der Werke nimmt ständig zu; 0—100 kW: 292 (190), 101—500 kW: 89 (153), 501—1000 kW: 9 (27), 1001—5000 kW: 29 (47), 5001—10 000 kW: 4 (14) und über 10 000 kW: 5 (16).

Der Drehstrom erringt allmählich die Vorherrschaft gegenüber dem Gleichstrom- sowie dem Ein- und Zweiphasenbetrieb: Drehstromanlagen 185 (321) mit einer Generatorenleistung von 256 570 (575 967) kW, Ein- oder Zweiphasenwechselstromanlagen 10 (5) mit 19 715 (19 088) kW Generatoren-

(Fortsetzung Seite 505.)

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Statistische Erhebung	Burgenland	Kärnten	Nieder-Österreich	Ober-Österreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	Zusammen
8a	Besitzer der El. Werke (Kol. 2 der Statistik): El. Aktiengesellsch. / Fabriks-Akt.-Ges.	2 / 1	1 / 3	20 / 11	4 / 11	5 / 2	7 / 14	3 / 1	2 / 1	— / —	44 / 44
8b	El. Ges. m. b. H. (Gen.) / Fabriks-Ges. m. b. H.	— / 1	7 / 8	12 / 2	7 / 1	3 / —	14 / 6	9 / —	3 / —	— / —	55 / 18
8c	Prot. El. Unternehmen / Prot. Firmen	2 / —	13 / 6	19 / 12	13 / 8	7 / 1	23 / 21	13 / 5	4 / 1	— / —	94 / 54
8d	Gemeinde-El. Werke	1 ung.	16	45	8	10	21	32	8	2	143
8e	Bundes-El. Werke	1 (Heeres-Verw.)	3 (1 B. Bahn, 2 Bergv.)	—	—	—	—	1 (Bergv.)	—	—	5
9a	Zahl d. Antriebsmaschinen u. ihre PS-Gesamtleistung (Kol. 4 u. 5 d. Stat.) Anzahl d. Unternehmen/Anzahl d. Einzelwerke/Masch.-Zahl/PS-Gesamtlstg.: Wasserkraftmaschinen	3/3 / 4 / 616	42/51 / 81 / 35 886·5	35/57 / 94 / 44 101·4	30/41 / 75 / 52 052	23/27 / 58 / 53 590	66/71 / 103 / 78 601·5	50/58 / 110 / 103 666	16/17 / 111 / 118 707	.	265/325 / 566 / 487 220·4
9b	Dampfmaschinen, Dampfturbinen oder Lokomobile	2/2 / 2 / 445	. /1 / 2 / 800	5/6 / 14 / 57 240	1/3 / 6 / 13 105	.	4/6 / 17 / 13 260	.	.	1/2 / 24 / 160 100	13/20 / 65 / 244 950
9c	Dieselmotoren	2/2 / 3 / 360	. /2 / 3 / 500	23/29 / 69 / 12 072	1/2 / 2 / 145	.	2/4 / 7 / 1320	.	.	.	28/39 / 84 / 14 397
9d	Gasmaschinen (Hochofen- oder Leuchtgas)	.	.	1/1 / 3 / 200	.	.	.	1/1 / 1 / 185	.	.	2/2 / 4 / 385
9e	Wasserturbinen und Dampfmaschinen, Dampfturbinen oder Lokomobile	.	.	6/7 / 9 T/10 Dm / 9 699	.	.	8/9 / 23 T/9 Dm / 20 383	1/1 / 1 T/1 Dm / 505	1/2 / 5 T/5 Dm / 18 250	.	16/19 / 38T/25 Dm / 48 837
9f	Wasserturbinen und Dieselmotoren	.	2/2 / 2 T/2 Di / 220	16/18 / 26 T/23 Di / 6 845·4	4/4 / 5 T/4 Di / 454	1/1 / 1 T/1 Di / 290	10/10 / 14 T/15 Di / 2 752·4	1/1 / 3 T/1 Di / 1 080	.	.	34/36 / 51 T/46 Di / 11 641·8
9g	Wasserturbinen und Gasmaschinen (Hochofen- oder Leuchtgas)	.	.	.	.	.	1/1 / 1 T/1 G / 90	.	.	.	1/1 / 1 T/1 G / 90
9h	Wasserturbinen und Benzinmotoren	.	.	1/1 / 1 T/1 Bi / 120	2/2 / 4 T/2 Bi / 97	.	1/1 / 1 T/1 Bi / 136	1/1 / 1 T/1 Bi / 65	.	.	5/5 / 7 T/5 Bi / 418
9i	Dampfmaschinen und Dieselmotoren	1/1 / 2 Dm/1 Di / 250	.	.	.	.	.	.	.	.	1/1 / 2 Dm/1 Di / 250

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Zahl der Antriebsmaschinen und ihre PS-Leistung		Burgenland	Kärnten	Nieder-Österreich	Ober-Österreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	
9 *j*		Dampfmaschinen und Gasmaschinen	.	.	.	.	.	2/2 7 Dm/9 G 24 024	.	.	.	2/2 7 Dm/9 G 24 024
9 *k*		Wasserturbinen, Dampfmaschinen und Dieselmotoren	.	.	.	.	.	1/1 2 T/1 Dm/1 Di 892	.	.	.	1/1 2 T/1 Dm/1 Di 892
9 *l*		Wasserturbinen, Diesel- und Benzinmotoren	.	1/1 1 T/1 Di/1 Bi 225	1/1 1 T/1 Di/1 Bi 45	.	.	.	.	.	.	2/2 2 T/2 Di/2 Bi 270
9 *m*		Wasserturbinen, Gasmaschinen und Benzinmotoren	.	.	1/1 1 T/1 G/1 Bi 128	.	.	.	.	.	.	1/1 1 T/1 G/2 Bi 128
9 *n*		unbekannt	.	.	.	.	.	1/1	2/2	.	.	3/3
9 *o*		Summe	8/8 12 1 671	45/57 93 37 631·5	89/121 256 130 450·8	38/52 98 65 853	24/28 60 53 880	96/106 212 141 458·9	56/64 119 105 501	17/19 51 136 957	1/2 24 160 100	374/457 925 833 503·2
10 *a*	Stromarten, Generatorenanzahl und kW-(kVA-) Gesamtleistung (Kol. 6 und 7 der Statistik). Zahl der Unternehmer/Zahl der Einzelwerke/Generatorenanzahl/Gesamtleistung in kW	Drehstrom 50 Per/s	6/6 8 1 303	31/39 61 26 157	38/65 120 107 516	21/31 51 30 630	12/14 25 26 150	62/71 136 87 481	36/42 70 12 237·5	14/16 46 132 825	1/1 18 103 380	221/285 535 527 679·5
10 *b*		Drehstrom 52 Per/s	.	.	.	.	1/1 3 1 950	.	.	.	.	1/1 3 1 950
10 *c*		Drehstrom 48 Per/s	.	.	.	.	.	1/1 4 60	.	.	.	1/1 4 60
10 *d*		Drehstrom 45 Per/s	.	.	.	.	—/1 4 6 200	.	.	.	.	—/1 4 6200
10 *e*		Drehstrom 42 Per/s	.	3/5 6 861	1/2 4 250	.	.	8/9 22 17 800	1/1 5 11 300	.	.	13/17 37 30 211
10 *f*		Drehstrom 40 Per/s	.	1/1 1 33	.	.	.	.	1/1 1 420	.	.	2/2 2 453

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Statistische Erhebung	Burgenland	Kärnten	Nieder-Oesterreich	Ober-Oesterreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	Zusammen
10 *g*	Drehstrom 25 Per/s	.	.	2/2 3 450	.	.	.	.	.	.	2/2 3 450
10 *h*	Drehstrom Per/s unbekannt	.	1/2 4 1 230	2/2 3 385	—/1 2 1 268	.	4/4 5 529	1/1 1 29	1/1 1 22	.	9/11 16 3 463
10 *i*	Drehstrom 50 Per/s Drehstrom 25 Per/s	.	.	—/1 4 5 500	.	.	.	.	.	.	—/1 4 5 500
10 *j*	Gleichstrom 3 L	2/2 4 166	5/5 10 448	18/20 47 2 069	6/6 10 403	6/6 11 537	9/9 15 379·5	11/12 17 481·5	2/2 2 30	.	59/62 116 4 514
10 *k*	Gleichstrom 2 L	.	4/4 5 176	15/15 28 877·3	7/8 12 211·2	1/1 3 29	7/7 14 2 064·5	1/1 2 ?	.	.	35/36 64 3358
10 *l*	Einphasenwechselstrom 50 Per/s	.	.	1/1 2 148	1/1 2 100	.	.	.	.	.	2/2 4 248
10 *m*	Zweiphasenwechselstrom 48 bis 50 Per/s	.	.	.	1/1 3 1 840	.	.	.	.	.	1/1 3 1840
10 *n*	Zweiphasenwechselstrom 42 Per/s	.	.	.	.	.	.	1/2 11 17 200	.	.	1/2 11 17 200
10 *o*	Drehstrom 50 Per/s Gleichstrom 3 L	.	.	7/7 28 8 666	1/2 6 24 492·6	.	1/1 3 390	.	.	.	9/10 37 33 548·6
10 *p*	Drehstrom 50 Per/s Gleichstrom 2 L	.	.	1/1 3 70	1/2 4 113·6	—/1 3 165	2/2 13 13 479	.	.	.	4/6 23 13 827·6
10 *q*	Drehstrom 50 Per/s Einphasenwechselstrom 25 Per/s	.	.	—/1 3 2 100	.	.	.	.	.	.	—/1 3 2 100

Stromarten, Generatorenanzahl und kW-(kVA-)Gesamtleistung (Kol. 6 und 7 der Statistik)
Zahl der Unternehmen/Zahl der Einzelwerke/Generatorenanzahl/Gesamtleistung in kW.

Digitized by Google

	Stromarten, Generatorenanzahl und kW-(kVA-)Gesamtleistung. (Kol. 6 u. 7 der Statistik).											
10 *r*		Drehstrom 25 Per/s Einphasenwechselstrom 25 Per/s	.	.	1/1 4 6 620	.	.	.	.	.	.	1/1 4 6 620
10 *s*		Drehstrom 50 Per/s Einphasenwechselstrom 16 ⅔ Per/s	.	.	.	.	.	.	1/1 5 41 000	.	.	1/1 5 41 000
10 *t*		Drehstrom 50 Per/s Zweiphasenwechselstrom 50 Per/s	.	.	.	.	.	.	.	.	—/1 6 39 050	—/1 6 39 050
10 *u*		Drehstrom 50 Per/s Drehstrom 45 Per/s Gleichstrom 2 L	.	.	.	.	1/1 11 9 510	.	.	.	.	1/1 11 9 510
10 *v*		Drehstrom 50 Per/s Drehstrom 25 Per/s Gleichstrom 2 L	.	.	1/1 2 590	.	.	.	.	.	.	1/1 2 590
10 *w*		Drehstrom 48 Per/s Gleichstrom 3 L	.	.	.	.	1/1 2 186	.	.	.	.	1/1 2 186
10 *x*		Drehstrom 42 Per/s Gleichstrom 3 L	.	.	.	.	.	1/1 4 3 195	.	.	.	1/1 4 3 195
10 *y*		Drehstrom 42 Per/s Gleichstrom 2 L	.	—/1 3 800	.	.	.	.	.	.	.	—/1 3 800
10 *z*		Drehstrom Per/s unbekannt Gleichstrom 3 L	.	.	2/2 7 345	.	.	.	.	.	.	2/2 7 345
10 *A*		Drehstrom Per/s unbekannt Gleichstrom 2 L	.	.	.	.	1/1 2 45	.	.	.	.	1/1 2 45
10 *B*		unbekannt	.	.	.	.	1/1 — —	1/1 — —	3/3 1 27	.	.	5/5 1 27
10 *C*		Summe	8/8 12 1 469	45/57 90 29 705	89/121 258 135 586·3	38/52 90 59 058·4	24/28 64 44 772	96/106 216 125 378	56/64 113 82 695	17/19 49 132 877	1/2 24 142 430	374/457 916 753 970·7

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Statistische Erhebung		Burgenland	Kärnten	Nieder-Österreich	Ober-Österreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	Zusammen
11 *a*	Akkumulatoren Batterien*)	Zahl/kW-Leistung (Stat. Kolonne 8)	2/3 2/150	4/4 4/859·7	19/22 16/636·8	5/8 4/152	./. ./.	./. ./.	./. ./.	./. ./.	2/6 2/388	32/43 28/2186·5
11 *b*		Zahl/Ah-Leistung (Stat. Kolonne 8)	./. ./.	./. ./.	3/3 3/1040	2/2 2/1044	1/1 1/260	./. ./.	./. ./.	./. ./.	./. ./.	6/6 6/2344
12	Stromerzeugung*)	Durchschn. jährl. Betriebsstundendauer der El. Werke (Kol. 10)	5 4 749	50 7 590	90 6 995	42 8 035	22 8 479	86 7 403·7	51 7 607·7	15 8 298	2 8 760	358 7 896
13		Erzeugte 1000 kWh im Berichtsjahre (Stat. Kol. 10)	8 1 340	45 69 750	103 170 144	37 107 344	15 37 886 5	65 169 670	28 118 703	8 26 538	2 278 365	311 979 741
14		Insges. im Berichtsjahre bezogene 1000-kWh (Stat. Kol. 11)	. .	45 102	24 14 228	19 49 637	7 4 072	14 15 351	4 802	4 1 007	4 8 212	121 93 411
15	Stromverteilung*)	Freileitungs- Länge / Kabel- in km (Stat. Kol. 14)	8/140·3 8/16·3	54/732·8 23/334·4	102/3 189·7 53/275	41/3 887·3 21/253·5	22/514·1 6/34·2	93/2 366 62/502	51/819·2 21/194·8	16/996·6 7/47·3	4/690·6 4/5 730·8	391/13336·6 205/7388·3
16		Zahl u. Gesamtleistung der Verteilungstransformatoren (Kol. 15)	4/9 4/590	27/100 26/17 142·5	68/397 69/130 319	31/134 31/122 135·5	16/64 16/11 892	66/200 62/128 215	31/178 31/78 836	11/163 11/40 308·8	2/12 2/56 650	256/1 257 252/486 288·8
17		Zahl u. Gesamtleistung der Abnehmertransformatoren (Stat. Kol. 16)	3/51 3/745	29/626 27/19 759	62/1 355 60/51 920·5	33/1 336 33/94 357	11/255 11/7 985	58/918 56/71 616	25/612 25/20 383	11/377 11/13 234	4/4 254 4/153 214	236/10 784 230/433 235
18		Zahl u. Gesamtleistung der Verteilungstransf. u. Quecksilbergleichr. (Stat. Kol. 17)	./. ./.	4/19 U/1 788 1/1 Gl./10	9/16 U/3 972 2/2 Gl./292	5/11 U/1 157 ././.	5/7 U/551 ././.	4/18 U/5 261 1/6 Gl./1 780	././. ././.	././. ././.	1/6 U/1 220 ././.	28/77 U/9 414 4/9 Gl./2 982
19	Stromverwertung*)	Versorgte Orte / Einwohnerzahl (Stat. Kol. 18)	8/45 8/44 128	56/356 56/190 522	108/1 125 107/839 850	38/469 38/315 507	25/108 25/137 965	102/607 101/675 702	18/182 18/213 734	16/83 16/134 806	4/160 4/2 100000	375/3 985 373/4 652 214
20 *a*		Licht- / Kraft- / Bahn- } Stromabgabe (Stat. Kol. 19)	4/249 3/91·9 ./.	7/7 258 7/1 167 1/373	65/4 957·5 48/12 238·9 2/3 017	16/60 579·7 15/11 677·9 3 5 544	9/4 959 6 957·4 21/661	20/5 708·8 25/8 263·8 4/6 718	10/10 696 13/81 057 1/2 100	5/2 259 6/180 392 1/127	./. ./. ./.	136/96 667·5 133/133 543·9 14/18 540
20 *b*		Licht- u. Kraftstromabgabe gemeinsam (Stat. Kol. 19)	2 288	15 2 198	12 3 275	3 116	9 4 361	15 19 566	10 8 918	1 2 700	. .	67 41 422
21		Glühlampenzahl und Anschlußwert (Stat. Kol. 20)	7/24 743 7/614·7	38/63 601 32/6961·5	68/356 118 51/10 616·6	36/379 789 27/12 305	22/176 537 18/6850	89/545 694 64/14 143·3	48/322 057 37/8784·4	3/106 646 8/2513	4/3540 400 4/145 500	315/2515 585 248/208 288·5
22		Sonstige Lichtverbraucher, Zahl/Anschlußw. (Stat. Kol. 21)	./. ./.	6/188 4/99	10/33 10/16·7	4/940 4/50	./ ./.	9/388 8/124·6	5/1 195 5/741	./. ./.	4/17 645 4/13 823	38/20 389 35/14 854·3
23		Elektromotoren, Zahl/Anschlußwert (Stat. Kol. 22)	7/360 7/627	40/3 377 37/13 628·9	62/6 384 54/19 994·4	35/6 485 29/24 795·8	20/2 658 20/10 918 5	84/8 486 78/54 082·1	40/19 879 35/10 838·3	9/4 694 9/6 372·6	./. 4/45 914	305/84 464 288/289 667
24		Heiz- u. Kocheinrichtungen; Zahl/Anschlußwert (Stat. Kol. 23)	1/60 1/25	33/10 757 31/5 423·8	44/7 664 39/3 356·1	23/7 395 21/3 630·3	15/2 124 14/1 615·7	58/14 514 55/7 582·3	40/19 879 35/10 838·3	9/4 694 9/6 372·6	./. 4/45 914	223/67 087 215/84 758·1

*) Im Zähler die Anzahl der Elektrizitätswerke.

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Statistische Erhebung	Burgenland	Kärnten	Nieder-Österreich	Ober-Österreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	Zusammen
25	Elektrochem. u. elektrometallurgische Einrichtungen (Stat. Kol. 24)	./. / ./.	2/16 / 2/2590	2/3 / 2/800	1/2 / 1/4	./. / ./.	2/3 / 1·0·3	6/6 / 6/11 600	1/3 / 1/2100	./. / ./.	14/33 / 13/17 094
26	Bahnversorgung Mot. Zahl/Anschlußw. (Stat. Kol. 23)	./. / ./.	2/36 / 1 070	./. / ./.	1/79 / 1 915	2/44 / 2/1666	1/200 / 1/4000	2/24 / 2/1486	1/4 / 1/130	4/3 132 / 4/98 100	13/3519 / 13/108 367
27	Anzahl der Stromabnehmer mit Zähler u Pauschale (Stat. Kol. 26)	6/2359 / 6/1449	29/3755 / 26/16 500	73/49 743 / 63/19665	43/26741 / 33/15 270	17/8841 / 23/11093	65/17 422 / 67/25 851	25/22713 / 39/15 456	7/1982 / 12/10 434	4/391 000 / 4/24 743	269/524 556 / 278/115 682
28 *a*	Anzahl der Zähler f. Licht u./Kraft (Stat. Kol. 27)	6/2291 / 6/314	22/3025 / 26/1067	80/48 361 / 72/1446	32/18913 / 32/6812	15/7554 / 12/1 260	53/12171 / 56/2464	25/21 213 / 25/1413	7/1350 / 7/1106	4/371 390 / 4/24 743	244/486 268 / 240/47 625
28 *b*	Gemeinsame Licht- und Kraftzähler (Stat. Kol. 27)	. / .	4 / 426	. / .	4 / 134	. / .	10 / 843	. / .	. / .	. / .	18 / 1 403
29	An fremde Wiederverkäufer abgegebene 1000 kWh (Stat. Kol. 29)	1 / 50	1 / 1 640·5	40 / 18 139	27 / 51 853	4 / 8 401	15 / 10 939	5 / 2 756	2 / 574	4 / 5 288	107 / 99 649·5

Stromverwertung*)

*) Im Zähler die Anzahl der Elektrizitätswerke.

leistung, Gleichstromanlagen 243 (96) mit 8975 (7706) kW Generatorenleistung, gemischtes System 25 (31) mit 12 655 (150 207) kW; Generatorengesamtleistung 297 915 (752 968) kW. Die Werke wurden dem steigenden Strombedarf entsprechend vergrößert.

Die durch den Friedensvertrag geschaffene Kohlenarmut Österreichs verlangt gebieterisch den Ausbau der Wasserkräfte und die weitgehende Beschränkung der Einfuhr von ausländischen Betriebsstoffen; wo Wasserkräfte nicht oder nur mit zu hohen Unkosten benützt werden können, gewinnt der Dieselmotor an Bedeutung. Wasserkraftantrieb bei 274 (325) Elektrizitätswerken mit einer Maschinenleistung von 162 320 (487 220) PS, Wasserkraft- und Dampf- bezw. Gasmaschinenantrieb 81 (61) Werke mit 86 925 (60 987) PS Maschinenleistung, Dampfkraft 14 (20) mit 213 145 (244 950) PS, Gas- und Verbrennungskraftmaschinen 39 (41) mit 4960 (14 782) PS, verschiedene Betriebskraft oder unbekannt 20 (10) mit 0 (25 564) PS, elektrischer Antrieb 35 (0); die gesamte Antriebsmaschinenleistung ergibt 467 350 (833 503) PS.

Angaben über ihr Freileitungsnetz machten 336 (391) und über ihr Kabelnetz 5 (205) Elektrizitätsunternehmen.

Die normale Leistung der Akkumulatorenbatterien wurde von 98 (43) Werken mit 2070 (2187) kW veranschlagt (ohne die 1926 von 6 Elektrizitätsunternehmen eingesetzte 2344 Ah-Stundenleistung ihrer Akkumulatorenbatterien).

Die Stromversorgung umfaßte 900 (3935) Ortschaften mit zusammen 4·2 (4·7) Mill. Einwohner (die Einwohnerzahl ist tatsächlich wesentlich höher, da in der Statistik von 1926 Angaben über die mittelbare Versorgung fehlen.

Obgleich sowohl der E. V. W. als auch die Behörden seit Jahren bestrebt sind, eine weitgehende Vereinheitlichung der zahlreichen verschiedenartigen Spannungen und Periodenzahlen durchzusetzen (siehe das im März 1920 herausgegebene „Normenblatt für Periodenzahl und Spannungen elektrischer Anlagen"), gelingt dies — offenbar wegen des Kapitalmangels zur Umstellung der vorhandenen Werke — nur zögernd und es wird eine der Hauptaufgaben unserer ferneren Elektrizitätswirtschaftspolitik sein, in diesen Belangen wenigstens bei künftigen Neuanlagen Abhilfe zu schaffen. Über die Generatoren-, Übertragungs- und Verteilspannungen liegen für 1920 keine Zusammenstellungen vor und bezüglich der Periodenzahl kann ausgesagt werden, daß zur Verwendung gelangen: 50 Per. bei 145 (285) Elektrizitätswerken, 48 Per. bei 23 (1), 40 bis 42 Per. bei 21 (19), dann 25 Per. und andere bei 5 (4) Unternehmen.

Nunmehr sei in die Besprechung der folgenden Übersichtstafeln eingegangen; sie gliedern das in der Statistik des E. V. W. nach Einzelunternehmen geordnete Erhebungsmaterial hinsichtlich jener Merkmale, die als Vertikalrubriken 2 bis 29 aufgezählt sind; dabei ist die Zusammenstellung vornehmlich nach Elektrizitätswerken, also nicht nach Unternehmen, erfolgt. Die in den Tabellen unter den Nr. 3 bis 5 angeführten Daten über Einwohnerzahl, Flächeninhalt, Zahl der Gemeinden, Ortschaften, Häuser und Wohnparteien sind dem vom Bundesamte für Statistik herausgegebenen „Statistischen Jahrbuch für die Republik Österreich", 1926, entnommen. Sie mögen dazu dienen, etwaige Verhältniszahlen zu bilden, obzwar derartige Ermittlungen nur für die aus der Statistik des E. V. W. zu entnehmenden Zahlenwerte Geltung und deshalb wenig Wert hätten, weil doch nur ein Teil der Elektrizitätsversorgung Berücksichtigung fand und selbst hiebei manche korrespondierende Zahlen nicht übereinstimmen (zum Beispiel wohl die Antriebsmaschinenzahl, aber nicht ihre zugehörige PS-Leistung angegeben ist; zur Verdeutlichung wurde den Ergebnissen immer die Anzahl der die betreffenden Fragen beantwortenden Elektrizitätswerke beigesetzt).

In der Tafel 6 beziehen sich die Anmerkungen darauf, daß einige der angeführten Elektrizitätswerke in Niederösterreich bezw. Salzburg gelegen sind. —

(Fortsetzung Seite 509.)

Digitized by Google

Lfd. Nr. 30 *a* bis 30 *m*. Generatorenspannungen. (Kol. 12 a der Statistik).

Die Summen geben im Zähler die Anzahl der El. Werke, im Nenner die Anzahl der verschiedenartigen Spannungen an.

Statistische Erhebung	Burgenland	Kärnten	Niederösterreich	Oberösterreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	Zusammen
Dr unter 550 Volt	4	11	31	11	2	32	8	3	.	102/23
Dr $\frac{1100}{1500}$ V	÷	÷	$\frac{1}{\cdot}$	÷	÷	$\frac{1}{1}$	÷	÷	÷	3/2
Dr 2000 — 2870 V	.	3	6	.	2	8	5	.	.	24/6
Dr 3000 — 3600 V	1	15	15	7	6	11	17	9	.	81/8
Dr $\frac{4000}{4300}$ V	÷	÷	÷	$\frac{1}{\cdot}$	÷	÷	$\frac{\cdot}{1}$	÷	÷	2/2
Dr 5000 — 5500 V	2	13	34	14	9	29	13	2	2	118/7
Dr 6000 — 6600 V	.	4	3	.	.	5	1	3	.	16/5
Dr 7000 — 7800 V	.	.	.	1	1	1	.	.	.	3/3
Dr $\frac{10000}{16000}$ V	÷	$\frac{\cdot}{1}$	÷	÷	÷	$\frac{1}{\cdot}$	÷	÷	÷	2/2
Z 2000 — 11000 V	.	.	.	1	.	.	2	.	1	4/4
E 2000 — 6500 V	.	.	3	2	.	.	1	.	.	6/4
Gl 3 L 110—250 V	2	4	21	4	5	2	10	2	.	15/17
Gl 2 L 70 — 150 V	.	6	28	10	6	19	2	.	.	71/24

Lfd. Nr. 31 *a* bis 31 *k*. Übertragungsspannungen. (Kol. 13 a der Statistik).

Die Summen geben im Zähler die Anzahl der El. Werke, im Nenner die der verschiedenartigen Spannungen an.

unter 10000 Volt	.	1	9	4	3	4	4	2	.	27/14
10000/10500/12000 V	././.	././.	1/./.	././.	././.	2/./.	./1/1	1/./.	././.	6/3
15000/16000 V	./.	./2	./7	./.	1/.	./.	./.	./.	./1	11/2
20000/22000 V	./.	4/.	5/3	./.	./.	2/.	./.	./.	./.	14/2
24000/25000 V	./.	./.	./.	./8	./4	./.	1/.	./3	./.	16/2
27000/35000 V	./.	./1	2/.	./.	./.	./1	./.	./.	./.	4/2
45000/50000 V	./.	./.	./.	1/4	./.	./.	./.	4/.	./.	9/2
55000/60000 V	./.	./.	./3	./.	1/.	./.	./.	./.	./.	4/2
63000/70000 V	./.	./.	./1	./.	./.	2/.	./.	./.	./.	3/2
110000 V	.	.	1	1	.	1	.	.	.	3/1
zusammen	./.	8/4	28/10	14/7	9/6	10/7	5/5	6/5	1/1	81/32

Lfd. Nr. 32 *a* bis 32 *k*. Hochspannungsverteilsspannungen. (Stat. Kol. 13 b).

Die Summen geben im Zähler die Anzahl der El.-Werke, im Nenner die Anzahl der verschiedenartigen Spannungen an.

500/1000/1100 V	././.	1/./.	././1	././.	././.	3/2/1	./1/.	././.	././.	9/3
2000 — 2600 V	.	3	8	.	1	12	6	.	1	31/7
3000 — 4000 V	1	12	17	8	8	14	17	13	.	90/9
5000 — 5500 V	3	16	30	15	6	39	15	4	2	130/7
6000 — 6600 V	.	3	.	2	.	5	1	1	.	12/4
7500/7800 V	./.	./.	./.	1/.	./.	./1	./.	./.	./	2/2
10000/10600 V	./.	./.	5/.	9/2	./.	3/.	1/.	1/.	./.	21/2
15000/16000 V	./1	./.	1/9	1/.	1/.	./1	./.	./.	./2	16/2
20000 — 28000 V	.	.	16	4	.	3	1	.	2	26/5
35000/42000/52000 V	././.	././.	1/./.	./1/1	././.	2/./.	././.	././.	././.	4/3
zusammen	5/3	35/16	52/17	32/16	12/5	77/21	39/12	13/8	2/5	269/44

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Statistische Erhebung		Burgenland	Kärnten	Niederösterreich	Oberösterreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	Zusammen
33 *a*	**Niederspannungsverteilspannungen. (Stat. Kol. 13 c).** Die Summen geben im Zähler die Anzahl der El.-Werke, im Nenner die Anzahl der verschiedenartigen Spannungen an.	Dr 100/110/115 V	. /1/ .	1/2/ .	. /4/1	. /2/ .	. /1/ .	. /5/1	. /2/1	. /1/1	. /2/ .	25/3
33 *b*		Dr 120/125 V	. /	2/2	6/1	2/ .	1/ .	2/2	3/ .	1/ .	. / .	22/2
33 *c*		Dr 150/160/190 V	. / . / .	5/ . / .	4/ . / .	2/4/ .	1/ . / .	7/ . /1	6/ . / .	3/ . / .	. / . / .	33/3
33 *d*		Dr 210/220/230 V	. / . / .	. /8/ .	1/7/1	. /9/ .	. /8/ .	. /10/ .	. /9/1	. /3/ .	. /2/ .	59/3
33 *e*		Dr 260/330/380 V	. / . / .	. /1/1	. / . /2	. / . /9	. / . /3	3/ . /5	. / . /1	. / . / .	. / . / .	25/3
33 *f*		Dr 435/500 V	. / .	. / .	. /1	. / .	. / .	. /2	1/ .	. /1	. / .	5/2
33 *g*		Dr $\frac{150/110}{190/110}$ V	. / .	. /5	. /1	. / .	. / .	. /14	3/ .	. / .	. / .	23/2
33 *h*		Dr $\frac{200/115}{204/115}$ V	. / .	. / .	1/ .	. / .	. / .	3/1	. / .	. / .	. / .	5/2
33 *i*		Dr $\frac{210/120}{215/120}$ V	. / .	. / .	13/1	. / .	. / .	5/1	1/ .	. / .	. / .	20/2
33 *j*		Dr $\frac{220/110}{220/115}$ V	. / .	. /1	3/ .	. / .	. / .	3/ .	1/ .	. / .	. / .	8/2
33 *k*		Dr $\frac{220/120}{220/125}$ V	. / .	2/2	. /1	1/ .	1/2	4/1	4/ 1	. /1	. / .	20/2
33 *l*		Dr $\frac{220/127}{220/130}$ V	. / .	2/ .	. / .	. / .	1/ .	. / .	1/ .	2/1	. / .	7/2
33 *m*		Dr $\frac{220/150}{230/120}$ V	. / .	. /1	. / .	. / .	. / .	. / .	2/1	. / .	. / .	4/2
33 *n*		Dr $\frac{250/140}{260/150}$ V	. / .	. / .	. / .	. / .	. / .	1/2	. / .	. / .	. / .	3/2
33 *o*		Dr $\frac{346/205}{380/220}$ V	. /5	1/29	. /57	. /20	. /8	. /46	. /17	. /9	. /2	194/2
33 *p*		Dr $\frac{400/230\ (231)}{3 \times 220}$ V	. / .	1/ .	. /1	. / .	. / .	1/ .	1/1	. / .	. / .	5/2
33 *q*		E 105/110 V	. / .	. / .	1/1	. / .	. / .	. / .	. / .	. / .	2/ .	4/2
33 *r*		E 210/220 V	. / .	. / .	3/ .	. /1	. / .	. / .	. / .	. / .	2/ .	6/2
33 *s*		Z 120/160/220 V	. / . / .	. / . / .	. / . / .	1/ . /1	. / . / .	. / . / .	1/1/ .	. / . / .	. / . / .	4/3
33 *t*		Gl 2 L 110/150/165 V	. / . / .	1/1/ .	3/ . / .	1/ . / .	1/ . / .	1/1/ .	. / . /1	. / . / .	. / . / .	10/3
33 *u*		Gl 2 L 220/230/250 V	. / . / .	2/1/ .	11/ . / .	6/ . / .	1/ . / .	5/ . /1	. / . / .	. / . / .	. / . / .	27/3
33 *v*		Gl 2 L 380/440/490 V	. / . / .	. / . / .	1/ . /1	. / . / .	. / . / .	. /1/ .	. / . / .	. / . / .	. / . / .	3/3
33 *w*		Gl 2 L 550/800/850 V	. / . / .	. / . / .	. / . / .	. / . / .	. / . /1	1/1/ .	. / . / .	. / . / .	. / . / .	3/3

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Statistische Erhebung		Burgenland	Kärnten	Nieder-Österreich	Ober-Österreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	zusammen
33 *x*	Niederspannungsverteilspannungen. (Stat. Kol. 13 c). Die Summen geben im Zähler die Anzahl der El.-Werke, im Nenner die Anzahl der verschiedenartigen Spannungen an.	Gl 3 L $\frac{2\times 110}{4\times 110}$ V	1/.	./.	6/.	1/.	./.	1/.	1/.	./.	2/2	15/2
33 *y*		Gl 3 L $\frac{2\times 120}{2\times 125}$ V	./.	./.	./.	./.	1/1	2/1	1/.	1/.	./.	7/2
33 *z*		Gl 3 L $\frac{2\times 150}{2\times 220}$ V	1/.	1/2	5/18	1/5	3/2	3/3	1/9	./.	./.	54/2
33 *A*		Gl 3 L $\frac{2\times 230}{2\times 240}$ V	./.	1/1	./.	./.	./.	./.	1/.	./.	./.	3/1
33 *B*		Gl 3 L 2 × 250 V	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1/1
33 *C*		Zusammen	8/4	52/24	110/31	47/16	27/16	101/34	58/27	16/12	2/7	421/63
34 *a*	Lichtstrompreise je kWh (Statistik Kol. 28 *a*)	bis 10 g	.	1	8	.	1	1	.	.	.	11
34 *b*		11 ÷ 15 g	1	11	2	4	1	2	3	1	.	25
34 *c*		16 ÷ 20 g	.	8	2	3	6	6	6	.	.	31
34 *d*		21 ÷ 25 g	1	6	6	2	4	9	8	.	.	36
34 *e*		26 ÷ 30 g	.	6	9	7	1	12	7	.	.	42
34 *f*		31 ÷ 35 g	.	.	24	2	.	2	1	.	.	29
34 *g*		36 ÷ 40 g	1	1	7	9	1	19	.	1	.	39
34 *h*		41 ÷ 45 g	.	.	1	4	.	5	.	.	.	10
34 *i*		46 ÷ 50 g	1	.	18	.	1	5	.	.	.	25
34 *j*		51 ÷ 55 g	.	1	4	.	.	2	.	.	2	9
34 *k*		56 ÷ 60 g	.	.	7	11	3	1	.	1	.	23
34 *l*		61 ÷ 65 g	1	.	2	.	.	1	.	.	.	4
34 *m*		66 ÷ 70 g	2	.	4	.	.	1	.		.	7
34 *n*		71 ÷ 75 g	.	.	2	.	.	.	.	.	.	2
34 *o*		76 ÷ 80 g	.	.	6	.	.	1	.	1	.	8
34 *p*		81 ÷ 85 g	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1
34 *q*		136 ÷ 140 g	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1
34 *r*		146 ÷ 150 g	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1
34 *s*		Pauschale	1	14	5	1	7	15	19	6	.	68
34 *t*		unbekannt	.	11	14	9	5	27	20	10	.	96

Digitized by Google

Kraftstrompreise je kWh (Statistik Kol. 28 b)	35 a	35 b	35 c	35 d	35 e	35 f	35 g	35 h	35 i	35 j	35 k	35 l	35 m	35 n	35 o	35 p	35 q	35 r
bis 10 g	1	14	10	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	34
11 ÷ 15 g	.	9	2	3	4	8	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	35
16 ÷ 20 g	.	5	5	7	6	4	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	39
21 ÷ 25 g	1	2	25	11	.	3	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	53
26 ÷ 30 g	1	5	19	18	6	3	17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	69
31 ÷ 35 g	.	1	14	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18
36 ÷ 40 g	1	1	8	.	.	1	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22
41 ÷ 45 g	.	.	3	1	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
46 ÷ 50 g	.	.	7	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
51 ÷ 55 g	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
56 ÷ 60 g	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
61 ÷ 65 g	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
66 ÷ 70 g	1	.	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
76 ÷ 80 g	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
86 ÷ 90 g	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
136 ÷ 140 g	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Pauschale	1	9	5	1	6	.	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	6	64
unbekannt	.	11	14	9	5	20	27	9	.	.	.	.	.	.	.	.	10	96

Tabelle Nr. 9 enthält als Zähler des Bruches die Unternehmen und als Nenner die Elektrizitätswerke, welche für die betreffende Maschinengattung in Frage kommen; die mittlere Ziffer beinhaltet die Anzahl der Antriebsmaschinen und die unterste ihre PS-Leistung. — Das Nämliche gilt sinngemäß für Nr. 10, welche die verschiedenen Stromarten und Periodenzahlen behandelt; sie zeigt, wie weit wir noch von einer Einheitlichkeit in dieser Beziehung entfernt sind. — Spalte 11 *a* besagt zum Beispiel für Niederösterreich, daß von 19 Elektrizitätswerken Angaben über zusammen *22* Akkumulatorenbatterien vorliegen, aber bloß 16 Werke auf die Frage ihrer kW-Leistung geantwortet haben. — Auch in den Nr. 12 bis *29* lassen die Zähler die Anzahl der Elektrizitätswerke, die Nenner das Ergebnis ihrer Aussagen erkennen. — Bedauerlicherweise weisen die Angaben über die Stromerzeugung (Kol. 12 bis 14), Stromverteilung (Kol. 15 bis 18) und Stromversorgung (Kol. 19 bis *29*) häufig so arge Lücken auf, daß sie wenig verwertbar erscheinen.

447 Elektrizitätswerke geben 107 Generatorenspannungsvarianten bekannt, wobei allerdings ausdrücklich betont werden muß, daß es sich vielfach nur um verschiedene Schaltungsarten der nämlichen Maschinentypen handelt; immerhin aber besteht zum Beispiel die Gruppe „Drehstrom 3000 bis 3600 V" (Spalte 30*d*) aus den Unterabteilungen 3000, 3100, 3150, 3200, 3250, 3300, 3500 und 3600 V. Am häufigsten kommen folgende Drehstromspannungen vor (im Zähler die Spannung, im Nenner ihre Häufigkeit): $\frac{5000}{62}$, $\frac{300}{48}$, $\frac{380}{32}$, $\frac{380/220}{30}$, $\frac{5250}{25}$, $\frac{2000}{12}$, $\frac{5500}{11}$, $\frac{5200}{11}$, $\frac{3300}{10}$ und $\frac{3150}{10}$; bei den Gleichstrom-Zweileiteranlagen sind am häufigsten $\frac{220}{23}$, $\frac{440}{10}$, $\frac{230}{8}$ und $\frac{110}{5}$; bei den Gleichstromdreileiteranlagen $\frac{2\times220}{19}$ und $\frac{2\times115}{6}$.

Hoch-(Nieder-)spannung weisen von 447 Werken auf: Im Brgld. 3 (5), Kärnt. 42 (19), Nied-Öst. 67 (54), Ob.-Öst. 31 (20), Salzb. 18 (8), Stm. 64 (10), Tir. 40 (19), Vlbg. 15 (4) und Wien 2 (0).

Als Übertragungsspannungen (Kol. 31) werden von 97 Elektrizitätswerken 32 verschiedene angegeben; Spalte 31*a* (unter 10 000 V) umfaßt die Spannungen (im Nenner ihre Häufigkeit): Drehstrom $\frac{38^{0}/220}{1}$, Gleichstrom $\frac{850}{1}$, Drehstrom $\frac{525}{1}$, $\frac{1100}{1}$, $\frac{2000}{1}$, $\frac{2200}{1}$, $\frac{3000}{6}$, $\frac{3150}{1}$, $\frac{3500}{2}$, $\frac{5000}{8}$, $\frac{6300}{1}$ und $\frac{7000}{1}$.

Die Hochspannungs-Verteilspannungen (Kol. 32) haben 269 Werke in 44 Varianten gemeldet, von denen über zehnmal vorkommen (im Nenner die Häufigkeit): $\frac{5000}{108}$, $\frac{3000}{65}$, $\frac{10\,000}{19}$, $\frac{2000}{18}$, $\frac{20\,000}{15}$ und $\frac{16\,000}{13}$. Die Niederspannungs-Verteilspannungen sind in Kol. 33 ihrer Häufigkeit nach vollständig wiedergegeben.

Diese Verschiedenartigkeit der Spannungen beweist wohl deutlich genug die Notwendigkeit baldiger und energischer Abhilfe, denn solange solcher Wirrwarr andauert, kann von einer befriedigenden Verbundwirtschaft keine Rede sein.

Eine umfassende und genaue Elektrizitäts-Statistik für Österreich bildet die Voraussetzung für alle Verwaltungs-, Gesetzgebungs-, Sicherheits- und Normalisierungsmaßnahmen, deren eine geordnete Wirtschaft bedarf. Es steht zu erwarten, daß bei allen Beteiligten die Bedeutung der Statistik Anerkennung finden und auf diese Weise dem Elektrotechnischen Verein die Möglichkeit gegeben wird, die Statistik alljährlich und fortlaufend zu bearbeiten.

Digitized by Google

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Bemessung von Lichttransformatoren. Dr. M. Vidmar weist darauf hin, daß der Lichttransformator nicht für Dauerbelastung, sondern der täglichen Lichtperiode entsprechend für kurzzeitigen Betrieb bemessen werden soll. Die Höchstbelastung, die der Transformator ohne Überschreitung der zulässigen Erwärmungsgrenze täglich durch wenige Stunden hindurch verträgt, wird bei genügend großer Wärmekapazität größer als seine Nennleistung im Dauerbetrieb sein. Man wird folglich kleinere Typen zur Aufstellung bringen können und dadurch Ersparnisse nicht nur im Anschaffungspreis sondern auch an Betriebskosten infolge Verminderung der im Lichtbetrieb besonders fühlbaren Leerlaufverluste erzielen. Für die Bestimmung der täglichen Belastungsdauer sind natürlich die Verhältnisse während der ungünstigsten Jahreszeit maßgebend. Der Rechnung besonders leicht zugänglich ist der Trockentransformator, da bei ihm Eisen und Kupfer ihre Wärmewirtschaft fast unabhängig voneinander erledigen. Die Wicklung kann als homogener Kupferkörper betrachtet werden, da die größere Wärmeaufnahmefähigkeit des Isoliermaterials durch sein im gleichen Verhältnis geringeres Gewicht aufgewogen wird. Ist $\Delta\tau$ die zulässige Erwärmungsgrenze und auch die Endübertemperatur, die die Wicklung im Dauerbetrieb mit Nennlast N erreicht, $\Delta\tau_0$ die Endübertemperatur bei Dauerbetrieb mit der kurzzeitig zulässigen Höchstleistung H, so ist wegen Proportionalität der Wicklungsverluste mit dem Quadrat der Belastung, der Überlastbarkeitsfaktor

$$x = \frac{H}{N} = \sqrt{\frac{\Delta\tau_0}{\Delta\tau}} \quad \ldots\ldots\ldots (1).$$

Die Zeitdauer, während welcher der Transformator ohne Überschreitung von $\Delta\tau$ mit der Leistung H belastet werden darf, ist bestimmt durch die bekannte Erwärmungsgleichung

$$\Delta\tau = \Delta\tau_0 \left(1 - \varepsilon^{-\frac{t}{T}}\right) \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

oder in anderer Form:

$$t = T \ln \frac{\Delta\tau_0}{\Delta\tau_0 - \Delta\tau} = T \ln \frac{1}{1 - \frac{1}{x^2}} \quad \ldots (3).$$

Die Zeitkonstante T läßt sich bekanntlich in der Form anschreiben:

$$T = \frac{c_K G_K' \Delta\tau_0}{V_K} \quad \ldots\ldots\ldots (4),$$

wobei c_K die Wärmeaufnahmefähigkeit des Kupfers in Wattsek/°C und kg, G_K' das Ersatzkupfergewicht in kg, V_K die Wicklungsverluste in Watt bei der Höchstleistung H bedeuten. Mit der Einführung der Beziehung $V_K = 2{\cdot}5\, i^2 G_K$ (i = Stromdichte in A/mm², G_K = das wirkliche Kupfergewicht) nimmt Gleichung (4) die Form an:

$$T = \frac{c_K}{2{\cdot}5\, i^2} \frac{G_K'}{G_K} \Delta\tau_0 \quad \ldots\ldots\ldots (5).$$

Für Trockentransformatoren läßt sich ein mittlerer Wert für T leicht errechnen, denn es ist durchschnittlich: $c_K = 390 \frac{\text{Wattsek}}{°\text{C, kg}}$, der Kupferfüllfaktor $\frac{G_K}{G_K'} \cong 0{\cdot}6$ und bei Nennlast: $i^2 \cong 3{\cdot}5$ und $\Delta\tau_0 = 60°$ C; mithin $T = 4500$ sek. Für eine 4 stündige Belastungsdauer ($t = 14\,400$ sek) liefert dann Formel (3) einen Überlastbarkeitsfaktor $x = 1{\cdot}02$. Wie man sieht, eignet sich der Trockentransformator wegen seiner kleinen Zeitkonstanten nicht für den Lichtbetrieb; er ist kurzzeitigen Überlastungen nicht gewachsen.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse beim Öltransformator. Die Zeitkonstante der Wicklung selbst ist wohl wesentlich kleiner als die des Trockentransformators, denn die Wicklungstemperatur liegt bei bedeutend höheren Werten von i nur um zirka 20° über der des Öles; jedoch tritt hier die große Wärmekapazität des Ölbades in Erscheinung. Während die Wicklung nach kurzer Zeit ihre endgültige Übertemperatur gegen das Öl annimmt, steigt dessen Temperatur nur allmählich an. Für die Erwärmung des Öles sind Eisen- und Wicklungsverluste maßgebend; deshalb ist die Überlastbarkeit im kurzzeitigen Betrieb im hohen Maß von der Verlustaufteilung abhängig. Sie ist umso größer je größer der Anteil der konstanten Eisenverluste bei Nennlast ist. Immer jedoch steigen die Verluste langsamer als mit dem Quadrat der Leistung. Ähnlich wie früher läßt sich die Zeitkonstante des Ölbades ausdrücken durch die Beziehung:

$$T = \frac{c_{\ddot{o}} \cdot G_{\ddot{o}} \cdot \Delta\tau_{\ddot{o}}}{V} \quad \ldots\ldots\ldots (6),$$

wobei $c_{\ddot{o}}$ die Wärmeaufnahmefähigkeit des Öles 1800 $\frac{\text{Wattsek}}{°\text{C, kg}}$ beträgt und $\Delta\tau_{\ddot{o}}$ bei Nennbetrieb mit dem Gesamtverlust V im Mittel zu 40° C angenommen werden kann. Es ist somit $T = 72\,000 \frac{G_{\ddot{o}}}{V}$ sek. Stellt man den Wert $\frac{T}{t}$ nach Gleichung (3) als Funktion von x dar, so zeigt sich, daß die Kurve mit großer Annäherung durch eine Gerade ersetzt werden kann, die der Gleichung

$$T = h\,(x - 0{\cdot}9) \cdot 10^4 \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

genügt, wobei $h = \frac{t}{3600}$ die stündliche Belastungsdauer vorstellt. Durch Vereinigung der Gleichungen (6) und (7) gewinnt man die wichtige Beziehung:

$$y = \frac{V}{G_{\ddot{o}}} = \frac{7{\cdot}2}{h\,(x - 0{\cdot}9)} \text{ W/kg} \quad \ldots\ldots (8).$$

Hat zum Beispiel ein Öltransformator 3000 W Verluste bei Nennbetrieb und ist seine Ölfüllung 500 kg, so ergibt sich aus Gleichung (8) bei einer vierstündigen Belastungsdauer ein Überlastbarkeitsfaktor $x = 1{\cdot}2$. Der Transformator ist also 20 vH überlastbar. Dabei ist ein gewisser Sicherheitsfaktor darin gelegen, daß die Verluste, wie gesagt, langsamer als mit dem Quadrat der Leistung anwachsen. Vor allzu großer Steigerung der Zeitkonstante ist im Interesse einer genügend raschen Abkühlung während der Betriebspausen abzuraten. Vidmar empfiehlt als Grenzwert für T etwa 1500 sec, wobei die Temperatur nach 19 Stunden auf ein Hundertstel des Höchstwertes absinkt. Der Transformator hat also nach vierstündiger Höchstbelastung hinreichend Zeit sich wieder abzukühlen. Gleichung (8) fordert hiezu bei einer 25 prozentigen Überlastbarkeit für je 5 W Verlust bei Nennbetrieb eine Ölmenge von 1 kg. H. Z.

(ETZ, Bd. 47, Heft 51, 1926.)

Berechnung der Aussetzleistung von geschlossenen Drehstrommotoren. M. Liwschitz beschreibt eine rechnerisch-experimentelle Methode zur Berechnung der Aussetzleistung von geschlossenen Drehstrommotoren. Auf Grund der für den homogenen Körper gültigen Erwärmungskurven (Exponentialkurven) erhält man den thermischen Überlastungfaktor p, der angibt, um wieviel höhere Verluste bei einer bestimmten relativen Einschaltdauer ε im Vergleich zum Dauerbetrieb zulässig sind[1]). Dieser Faktor wird für die dem praktischen Betrieb entsprechende, vereinfachende Annahme, daß die Spieldauer im Vergleich zur Zeitkonstante des Motors klein sei, durch den Ausdruck bestimmt:

$$p = \frac{v}{\varepsilon} - v - 1.$$

Dabei bedeutet v das Verhältnis der Zeitkonstante im Lauf zu der im Stillstande, das auf Grund von Versuchen im Mittel mit 0·7 gefunden wurde.

Vom thermischen Überlastungsfaktor, p kommt man auf die zu einer bestimmten relativen Einschaltdauer ε gehörigen Verluste V_ε im Verhältnis zu den Verlusten bei Dauerbetrieb (V_{dmi}), wenn man noch die

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 251; 1926, S. 629 ff.

Digitized by Google

verschiedene Wärmeabgabe bei Überlastungen berücksichtigt. Die Wärmeabgabe ist nämlich nach Messungen umso kleiner, je größer die Kupferverluste im Vergleich zu den Gesamtverlusten sind. Auf Grund von einer größeren Reihe von Versuchresultaten gilt unter Berücksichtigung des Einflusses der Verlustverteilung

$$V_\varepsilon = V_{d\,mi}\left(\frac{v}{\varepsilon} - v + 1\right).(0{\cdot}7 + \varepsilon)$$

oder abgekürzt

$$V_\varepsilon = V_{d\,mi} \,.\, \varphi(\varepsilon).$$

Die Berechnung der Aussetzleistung bei den Drehstrommotoren aus diesen allgemeinen Beziehungen erfolgt unter Berücksichtigung des Kreisdiagrammes, sowie der sich aus der Massenbeschleunigung ergebenden Anlaufzeiten. Man erhält für die Aussetzleistung die quadratische Gleichung

$$N^2 + c_1 \frac{z}{\varepsilon} N = c_2 [V_{d\,mi} \,.\, \varphi(\varepsilon) - (V_{el} + V_\varrho + V_{cu\,bl})] = 0.$$

In dieser kommen außer der als Veränderlichen aufzufassenden Spielzahl z (pro Stunde) und den konstanten Verlusten im Eisen (V_{el}), durch Reibung (V_ϱ) und durch den Blindstrom ($V_{cu\,bl}$) noch die Konstanten c_1 und c_2 vor. In letzteren sind die beschleunigenden Massen, das Verhältnis der Anlaufleistung zur Leistung im Beharrungszustand, die Klemmenspannung, der Wirkungsgrad und die Ohmschen Verluste des Motors enthalten.

Die mit Hilfe dieser Gleichung für eine bestimmte Spielzahl z bestimmten Aussetzleistungen zeigen, wie zu erwarten war, daß mit zunehmender relativer Einschaltdauer ε die Aussetzleistung stark abnimmt. Der Einfluß der Spielzahl z auf die Aussetzleistung ist dagegen viel geringer, am größten noch bei den größeren Motoren wegen der größeren Wärmekapazität. Für die im praktischen Betrieb vorkommenden Spielzahlen besitzt die Beziehung angenähert geradlinigen Verlauf, so daß man ausgehend von der in den VDE-Normalien als Prüfleistung angegebenen Aussetzleistung für sechs Spiele in der Stunde (N_6) zu folgender Näherungsgleichung kommt:

$$N = N_6 [1 - C(z - 6)]$$

oder bei etwas größerer Spielzahl:

$$N \approx N_6 [1 - C\,z].$$

C ist eine Konstante, die je nach der Motorgröße zwischen 0·05 und 0·20 schwankt.

Für überschlägige Rechnungen kann für die einzelnen Aussetzleistungen im Verhältnis zur maximalen Drehfeldleistung des Motors ($N_{d\,m}$, entspricht Kippmoment bei synchroner Drehzahl) gesetzt werden:

$$N_{\varepsilon = 25\%} = (0{\cdot}28 \div 0{\cdot}36) \,.\, N_{d\,m}$$
$$N_{\varepsilon = 15\%} = (1{\cdot}2 \div 1{\cdot}4) \,.\, N_{\varepsilon = 25\%}$$
$$N_{\varepsilon = 40\%} = (0{\cdot}65 \div 0{\cdot}75) \,.\, N_{\varepsilon = 25\%}.$$

Ein kompliziertes beliebiges Arbeitsdiagramm kann durch ein einfaches ersetzt werden, das während der Einschaltdauer konstante Belastung aufweist. Die Größe dieser ist gleich dem quadratischen Mittelwert der komplizierten Belastung zu setzen. (Natürlich wird das Verfahren dadurch wesentlich ungenauer. Anm. d. Ber.)

Die bisher angegebene Berechnung der Aussetzleistung gilt für ununterbrochene Arbeit des Motors. Arbeitet der Motor nur 8 Stunden lang, so muß zu der auf die angegebene Weise errechneten Leistung ein Zuschlag der dann höheren Ausnützungsmöglichkeit der Motoren entsprechend gemacht werden. Dieser beträgt bei größeren Motoren mit einer Zeitkonstante von 7 bis 8 Stunden etwa 30 vH, bei kleinen mit 1 Stunde Zeitkonstante etwa 8 vH. Der genaue Wert hiefür rechnet sich unter Berücksichtigung des Verhältnisses der konstanten Verluste zu den mit der Leistung veränderlichen[1]). B. G.

(ETZ, Bd. 47, Heft 46, 1926.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 604.

Elektrische Meßkunde.

Über den Blindleistungsverbrauch von Gleichrichteranlagen und seine Messung berichtet L. Fleischmann. Er zeigt, daß der Leistungsfaktor auch wenn keine Blindleistung vorhanden ist, kleiner als 1 werden kann[1]). Blindleistung ist nur dann vorhanden, wenn die Strom- und Spannungskurven nicht gleichzeitig durch Null gehen oder anders wenn das Produkt aus den Augenblickswerten von Strom und Spannung im Verlauf einer Periode das Vorzeichen wechselt. Wie schon Steinmetz gezeigt hat, nimmt der Leistungsfaktor eines Lichtbogens, der einen mit der Zeit veränderlichen Widerstand hat, Werte kleiner als 1 an, obwohl von einer Blindleistung mangels jeglichen Speichers keine Rede sein kann. Ein Gleichrichter ist aber ein als Ventil benutzter Lichtbogen. Nur die magnetischen Felder der Transformatoren sind Blindleistungsspeicher. Es fragt sich nun, welche Bedeutung dem als Leistungsfaktor definierten Quotienten

$$\frac{\int_0^T \varphi(t)\,\psi(t)\,dt}{\sqrt{\int_0^T [\varphi(t)]^2\,dt \int_0^T [\psi(t)]^2\,dt}}.$$

($\varphi(t)$ Stromfunktion, $\psi(t)$ Spannungsfunktion) zukommt, wenn nur Wirkleistung vorhanden ist. Stellt man sich die Aufgabe, eine gegebene Leistung W bei gegebener Spannungskurve zu übertragen und die Stromkurve so zu bestimmen, daß die Stromwärmeverluste ein Minimum werden, und setzt man die Verluste dem Quadrat der Stromstärke proportional, so ergibt sich, daß der Ausdruck

$$\frac{1}{T}\int_0^T r\,y^2\,dt$$

(y die unbekannte Stromfunktion, r der Widerstand) ein Minimum werden muß mit der Nebenbedingung, daß

$$\frac{1}{T}\int_0^T y\,\psi(t)\,dt = W.$$

Die Rechnung ergibt

$$y = \frac{W}{E^2}\,\psi(t),$$

worin E die effektive Spannung bedeutet. Das besagt daß ein Minimum dann eintritt, wenn der Augenblickswert des Stromes stets dem Augenblickswerte der Spannung proportional ist. In diesem Falle wird der Leistungsfaktor gleich 1. Der sogenannte cos φ wird also ein Maß für die Wirtschaftlichkeit. Eine Abweichung vom Werte 1 zeigt an, daß die Leistungsübertragung nicht mit den bei der vorhandenen Spannungskurve kleinstmöglichen Stromwerten stattfindet. Ob die Abweichung bedingt ist durch Blindleistung oder durch mit der Zeit veränderliche Widerstände oder Gegen-EMKe, kommt in dem Quotienten selbst nicht zum Ausdruck. Der Leistungsfaktor ist im Allgemeinen nur bestimmbar durch die Messung von Watt, Volt und Ampere, aber nicht durch die Angaben von sogenannten Phasenmessern. C o.

(ETZ, Bd. 48, Heft 1, 1927.)

Einrichtung zur Messung elektrischer Energie in Wechselstromnetzen, insbesondere beim Energieaustausch zwischen zwei Elektrizitätswerken. Wenn die Richtung des Energieflusses wechselt, wenn Wirk- und Blindleistung für Phasenvor- und -Nacheilung getrennt gemessen werden sollen, werden die Einrichtungen ziemlich kompliziert. Man braucht vier kWh-Zähler und vier kVAh sin φ-Zähler sowie geeignete Umschalt-apparate, welche die der Energielieferung und der Phasenverschiebung entsprechenden Zähler einschalten. Die Zahl der benötigten Zähler reduziert sich auf die

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 550.

Digitized by Google

Hälfte, wenn man Doppeltarifzähler verwendet, die von den Umschaltapparaten gesteuert werden. Durch eine den Bernischen Kraftwerken (Bern) geschützte Anordnung können die Umschaltapparate erspart werden, indem die Rücklaufhemmungen der Zähler zugleich als Umschaltkontakte ausgebildet sind und in geeigneter Weise mit den Umschaltrelais der Doppeltarifzähler verbunden sind. Die Einrichtung kann in jeden Zähler leicht eingebaut werden und hat sich im Betriebe bewährt. Auf der Zählerachse ist ein Arm festgeklemmt, der eine aus Isoliermaterial bestehende Sperrklinke mit einem Metallplättchen trägt. Ihr gegenüber ist am Zählerrahmen ein Anschlag befestigt, der zwei Kontaktplättchen trägt. Läuft der Zähler vorwärts, so gleitet die Sperrklinke über den Anschlag hinweg, ohne daß die Metallplatte mit den Kontaktplättchen in Berührung kommen kann. Beginnt der Zähler aber nach rückwärts zu laufen, so berührt sich die Metallplatte mit den Plättchen, wodurch der Stromkreis des Umschaltrelais eines benachbarten Zählers geschlossen wird. Zugleich hält der Anschlag die Sperrklinke an und verhindert weiteres Rückwärtslaufen des Zählers.

Diese Einrichtung, die in vier Doppeltarifzähler (je zwei Zählwerke) eingebaut ist, kann allen vorkommenden Messungsfällen Rechnung tragen. Zwei von diesen Zählern sind Wirkverbrauchs-, zwei Blindverbrauchszähler. Es hat

Zähler 1	ein	Zählwerk	für	Bezug kapazitiv
	„	„	„	„ induktiv
Zähler 2	„	„	„	Abgabe kapazitiv
	„	„	„	„ induktiv
Zähler 3	„	„	„	Bezug induktiv
	„	„	„	Abgabe kapazitiv
Zähler 4	„	„	„	„ induktiv
	„	„	„	Bezug kapazitiv

Die Schaltung ist so gemacht, daß jedesmal der Wirkzähler, der im Begriff steht rückwärts zu laufen, das Umschaltrelais des für entgegengesetzte Stromrichtung angeschlossenen Blindzählers und je der rückwärts laufende Blindzähler das Relais des für gleiche Stromrichtung angeschlossenen Wirkzählers mittels der Kontakt-Rücklaufhemmung einschaltet. Für Messung des Energiestromes nur in einer Richtung können natürlich einige Zähler erspart werden. Co.
(Bull. d. Schweiz. Elektrotechn. Vereines, Nr. 11, 1926.)

Beitrag zur Hochspannungsmessung. Zur Messung sehr hoher Spannungen wird in technischen Laboratorien meist die Kugelfunkenstrecke herangezogen. Infolge der schwer ausschaltbaren Nebenerscheinungen und der vielfach zu berücksichtigenden Korrekturen ist diese Methode trotz ihrer relativen Einfachheit bei genaueren Messungen im Nachteil gegenüber einer, wie F. Drouin angibt, schon seit langem vorgeschlagenen Anordnung, bei welcher die Halbwelle des Ladestromes einer gegebenen Kapazität C mittels Gleichstrominstrumentes gemessen wird und die Maximalspannung U_m sich dann aus der Beziehung $U_m = \frac{J}{4\nu C}$ ergibt, wenn ν die verwendete Frequenz und J den gemessenen Strom angibt. Eine von Dr. Heß angegebene Verbesserung dieser Methode wird von der Haefely & Co. A.-G. angewendet und besteht darin, daß die zu prüfende Spannung mit dem einen Pol an Erde und mit dem anderen an eine Kugel von 1 m Durchmesser als einem Belag des Luftkondensators gelegt wird, während der zweite Belag durch einen in genügendem Abstand befindlichen Kugelabschnitt gebildet wird, der von dem restlichen Teil der gleichfalls 1 m im Durchmesser betragenden Kugel abisoliert ist. Dieser restliche Teil dient als Schutzring und liegt ständig an Erde, desgleichen der Kugelabschnitt, jedoch unter Zwischenschaltung von zwei parallel, entgegengesetzt geschalteten Elektronenröhren, in deren Verbindungsleitung das Gleichstromamperemeter liegt. Die Heizung der beiden Röhren erfolgt durch zwei entgegengesetzte Hälften der Sekundärspule eines Transformators von 110 oder 220 V primär, und zwar zwecks Erreichung gleichmäßigen Heizstromes über Variatoren. Um eine Fälschung des Meßergebnisses durch einen Kurzschlußstrom im Röhrenkreis infolge der Wirkung der Glühkathoden zu verhindern, werden einige Trockenelemente dieser Stromrichtung entgegen geschaltet. Eine Überbrückung des parallel liegenden Ionenableiters bei etwaigen Überschlägen schützt die Apparatur vor den Wirkungen derselben. St. Schw.
(Bericht über die III. Internation. Konferenz für Fragen der Hochspannungskraftübertragung.)

Eine neue Wechselstrommeßbrücke. Für eine abgeglichene Wechselstrombrücke gelten allgemein die beiden Gesetze

$$a_1 . a_4 = a_2 . a_3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

und

$$\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3,$$

wenn mit a_1, a_2, ... die symbolischen Impedanz-Werte der vier Zweige und mit φ_1, φ_2 ... die dazugehörigen Phasenwinkel bezeichnet sind. W. Geyger gibt nun eine neue Brückenmethode zur Bestimmung von Kapazitäten (sowie deren Verlustwinkel), Induktivitäten und kleinen Phasenabweichungen an, die sich insbesonders auch für Messungen bei Hochspannung eignet. In den einen Brückenzweig wird ein mit Verlusten behafteter Kondensator C_1 eingeschaltet, in den zweiten ein verlustfreier Kondensator C_2 als Vergleichsnormal. In dem C_1 benachbarten, dritten Zweig liegt ein zum Abgleichen dienender kapizitäts- und induktionsfreier Widerstand R_3, im vierten ein Ohmscher Widerstand R_4 (Meßdraht), der zum Teil (r_4) durch eine Kapazität C_4 überbrückbar ist. Es ist dann in erster Annäherung $a_4 = R_4 (1 + j\varphi_4)$.

$$\varphi_4 \approx \operatorname{tg} \varphi_4 = -\omega \frac{r_4^2 C_4}{R_4}.$$

Der reelle Teil der Gleichung (1) ergibt dann den Verlustwinkel $\delta = -\varphi_4$, der imaginäre Teil die Größe der Kapazität $C_1 = C_2 \frac{R_4}{R_3}$. Zur Bestimmung einer Induktivität wird in den Vergleichszweig statt C_2 ein induktions- und kapazitätsfreier Widerstand R_2 und in Zweig 1 zu der zu messenden Induktivität L ein Ohmscher Widerstand in Serie geschaltet. Bezeichnet R_1 den Gesamtwiderstand in Zweig 1, so wird $\frac{\omega L}{R_1} = -\varphi_4$. Phasenabweichungen α von Widerständen, Wattmeterspannungsspulen usw. werden auf die gleiche Weise zu $\alpha = -\varphi_4$ bestimmt. Nur ist bei induktiven Abweichungen das Meßobjekt in Zweig 1, bei kapazitiven in Zweig 2 zu legen und Zweig 2 bzw. 1 durch einen rein Ohmschen Widerstand zu bilden. Bei Verwendung von $C_4 = 3\,\mu F$ errechnet sich ein maximal einstellbarer Phasenwinkel von 6°. Spannungsableiter und Grobschutzsicherungen, die den Zweigen 3 und 4 parallel geschaltet werden, ermöglichen ein gefahrloses Arbeiten auch bei Hochspannung. Hiebei beträgt der Spannungsabfall in 3 und 4 nur 0·003 bis 0·3 V. Die beschriebene Meßbrücke wird in technisch verwendbarer Form bereits von der Firma Hartmann & Braun, Frankfurt a. M., hergestellt. St. Schw.
(Arch. f. Elektr., Bd. XVII, Heft 2, 1926.)

Baustoffe.

Durchschlag von Hartpapierisolation bei elektrischem Stoß im Vergleich zu anderen elektrischen Beanspruchungen. Hartpapier ist bekanntlich ein Isoliermaterial das aus abwechselnden Schichten von Papier und Bakelit besteht, bei Rohren ist der Papiercharakter noch ziemlich deutlich nachweisbar, während bei den Platten die Papierlagen von Bakelit vollkommen umgeben und durchtränkt werden. Diese beiden Typen von Hartpapier zeigen nun nach Fr. Grünwald, wenn man ihre Durchschlagsfestigkeit verschiedenen Spannungsbeanspruchungen gegenüber untersucht, ein ziemlich verschiedenes Verhalten. Zur Anwendung gelangten: Gleichstromspannung, Wechselspannung von 50 Per/s, Stoßspannung mit nachfolgender Gleich-

Digitized by Google

spannungsbelastung und ohne eine solche. Als Elektroden dienten bei den Platten ausgebohrte und mit Blei ausgegossene Stellen, bei Rohren ebensolche oder eingewickelte Staniolelektroden bezw. in das Innere des Rohres eingeschobene abgerundete Metallzylinder. Zunächst zeigt sich bei Rohren, daß die Durchschlagsfestigkeit bei stoßweiser Spannungsbeanspruchung niedriger liegt als die bei Gleichstrombeanspruchung und etwa in der gleichen Größe wie die bei 50 Per/s Wechselspannung. Mit der Zeitdauer der Spannungsbeanspruchung nimmt die Festigkeit bei Wechselstrom nur sehr wenig, bei Gleichstrom so gut wie gar nicht ab. Dies wird so erklärt, daß die Luftschichten, welche zwischen den einzelnen Papierlagen des Hartpapierrohres enthalten sind, so dünn sind, daß sie erst bei hohen Feldbeanspruchungen durchschlagen werden[1]). Da sie von Bakelitlagen umgeben werden, wird sich in den Lackpapierluftlagen von den Dielektrizitätskonstanten 2·5 bis 3 im ersten Augenblick mehr als die doppelte Feldstärke einstellen als in den angrenzenden Bakelitlagen mit der Dielektrizitätskonstante 6. Bei Gleichstrombeanspruchung hingegen wird sich jene Spannungs- und Feldverteilung einstellen, welche den Leitfähigkeiten der aneinander grenzenden Schicht entspricht. So kann es vorkommen, daß bei der stoßweisen, oder bei der 50 Per/s Spannung die Papier-Luftschichten mehr aufgebürdet bekommen als ihrer Festigkeit entspricht und daß daher zunächst diese zusammenbrechen und nach ihnen die Bakelitschichten, auf welche alsdann die ganze Spannung zu liegen kommt. So würden sich auch gewisse Polarisationseffekte bei Gleichspannung und Verwendung von sehr ungleichen Elektroden erklären, ebenso die erwähnte merkwürdig geringe Abhängigkeit der Festigkeit von der Beanspruchungsdauer. Hartpapierplatten zeigen hingegen viel höhere Stoßfestigkeiten als Festigkeiten gegenüber Gleich- oder 50 Per/s Wechselbeanspruchungen, eine Tatsache, die obige Erklärung nicht recht befriedigend erscheinen läßt, wenn man auch durch passende Annahmen über die Durchschlagsfestigkeit von mit Bakelit getränktem Papier Übereinstimmung erzielen könnte. Jedenfalls ergibt sich bei der Untersuchung der Platten sowohl als auch der Rohre, daß die thermische Theorie[2]) der elektrischen Festigkeit entweder bei der Materialdicke und Zeitdauer, welche in diesen Versuchen vorkamen, oder bei den Versuchstemperaturen noch nicht anwendbar ist.

Dr. Konstantinowsky.
(ETZ, Bd. 48, Heft 4, 1927.)

Die künstliche Alterung von Mineralölen behandeln Fritz Evers und Rolf Schmidt. Es handelt sich um einen Ersatz der 70 Stunden währenden Bestimmung der Verteerungszahl von Isolierölen durch ein beschleunigtes zweistündiges Verfahren mit Hilfe feinster Verteilung des Öles unter Verwendung von Katalysatoren. Die üblichen Prüfmethoden erfassen ferner gewöhnlich nur einen Teil der Oxydationsprodukte; entweder nur die saueren Anteile oder nur den gebildeten Schlamm, so daß es vorkommen kann, daß ein dem englischen „Sludge Test" entsprechendes Öl in Deutschland nicht verkäuflich ist. Das der beschleunigten Oxydation durch reinen Sauerstoff unterworfene Öl ist daher mit Rücksicht nicht nur auf den Säuregehalt, sondern auch auf die sonstigen Oxydationsprodukte und auf die gesamte Sauerstoffaufnahme zu prüfen. Zum Zwecke der feinen Verteilung wurden jeweils 15 g Öl in 60 g trockenem Silicagel (SiO_2), das katalytisch wirkende Metalloxyde in molekularer Verteilung enthielt, durch Aufsaugen verteilt und in einem abgeschlossenen Gefäße bei einer Temperatur von 150° C der Einwirkung von elektrolytischem Sauerstoff bei Atmosphärendruck unterworfen. Den hiebei verwendeten Apparat zeigt Abb. 1. (Der Elektrolysierapparat weist eine Nebenanode auf, die aus einem außen um die Sauerstoffentwicklungsglocke gelegten Platindraht besteht und dazu dient, dem an der Kathode entwickelten Wasserstoff das Eindringen in die Sauerstoffglocke zu verwehren.) Die Versuche wurden mit einem amerikanischen Weißöl angestellt. Der Sauerstoffdruck im Apparat wurde durch Regelung des Zersetzungsstromes konstant erhalten und die Verbrauchsgeschwindigkeit dV/dT durch den während je fünf Minuten zur Nachschaffung erforderlichen Strom in mA mal Zeit gemessen. Da nicht angegeben erscheint, ob die Zeit bei der Berechnung dieses Produktes in Minuten oder Sekunden gemessen wurde, können die Angaben über den Sauerstoffverbrauch vorläufig nur als willkürliche Verhältniszahlen gewertet werden. Wie man später sehen wird, sind sie auch nicht dem wirklichen Sauerstoffverbrauche proportional, da während der Oxydation neue Gase in sehr beträchtlicher Menge auftreten. Dem Silicagel wird nach Kötschau[1]) eine innere Oberfläche von 450 m^2/g zugeschrieben. Die fein verteilten Metalloxyde bedeckten unter der Voraussetzung molekularer Schichtdicke höchsten 1·5 bis 4 vH dieser Fläche. Es wurden folgende Metalloxyde verwendet:

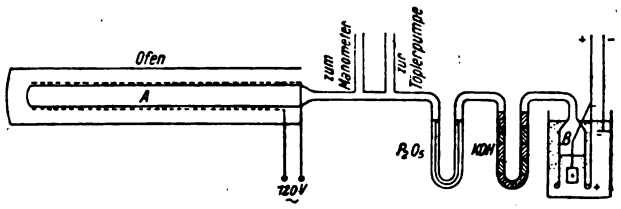


Abb. 1.

Versuchs-Nr.	Katalysator
10	reines SiO_2
11	1·44 g Fe_2O_3
13	0·72 g Cu O
14	2·06 g Mn_3O_4
15	2·01 g Pb O
19	0·6 g V_2O_5
16	1·44 g Fe_2O_3 + 0·6 g Cr_2O_3
17	1·44 g Fe_2O_3 + 0·6 g V_2O_5
18	1·44 g Fe_2O_3 + 0·6 g Mo O_3
20	0·72 g Cu O + 0·6 g Mo O_3
21	1·44 g Fe_2O_3 + 0·6 g V_2O_5 (Sol)
22	1·44 g Fe_2O_3 + 0·6 g Mo O_3 (Sol)
23	1·44 g Fe_2O_3 + 0·6 g Wo O_3 (Sol).

Das Silicagel wurde entweder im Vakuum bei 110° oder unter gewöhnlichem Drucke bei 300 bis 400° getrocknet. Die Metalloxyde in Versuch 11 bis 15 wurden als Nitrate aufgebracht und bei schwacher Rotglut

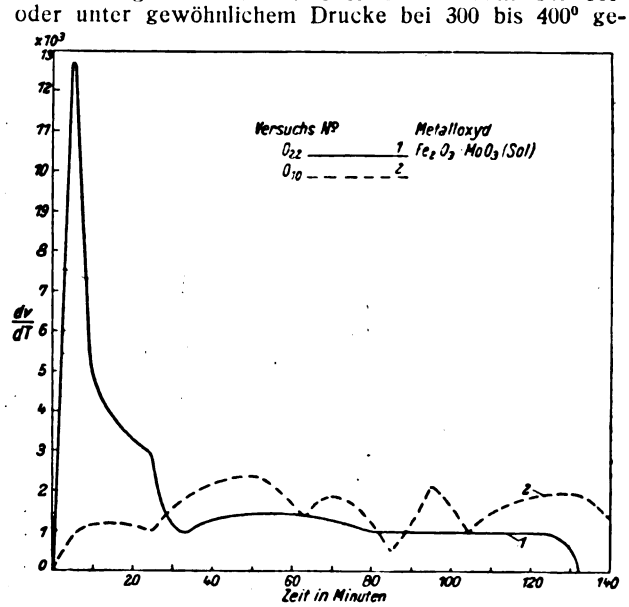


Abb. 2.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 872.

[2]) E. u. M. 1923, S. 677; 1925, S. 429, 453, 552; 1926, S. 133, 599.

[1]) Z. f., anorg. Chemie, Bd. 39, S. 211, 1926.

Digitized by Google

(400 bis 500°) in Oxyde verwandelt. Bei allen weiteren Versuchen wurde auf diese Weise mit Fe_2O_3 oder CuO vorpräpariertes Silicagel verwendet. Chromoxyd wurde durch Tränken mit Ammonchromat und Glühen bei 400°; Vanadinpentoxyd und Molybdäntrioxyd durch Tränken mit Vanadinchlorid oder Ammonmolybdat und Glühen bei 300° verteilt. Bei den Versuchen 21 bis 23 wurden wässerige Sole der Oxyde des Vanadins, Molybdäns und Wolframs hergestellt; bis zum Verschwinden der Chlorionen dialysiert und zur Tränkung des Fe_2O_3-Silicagels verwendet. Die Masse konnte dann unter Vermeidung der bei höheren Temperaturen leicht eintretenden Verluste bei 105° getrocknet werden. Abb. 2 zeigt den typischen Verlauf der Sauerstoffaufnahme bei den Versuchen 10 und 22 und damit die Art der Wirkung der Katalysatoren. Den Sauerstoffverbrauch in der ersten Viertelstunde und der ersten Stunde bei den einzelnen Versuchen gibt die folgende Zusammenstellung.

Versuchs-Nr.	Sauerstoffverbrauch		Versuchs-Nr.	Sauerstoffverbrauch	
	1. Viertelst.	1. Stunde		1. Viertelst.	1. Stunde
10	3·3	20·7	16	22·5	37·5
14	6·8	18·6	17	30·0	48·0
15	1.5	2·9	18	34·0	40·1
19	5·4	8·4	21	18·3	39·6
11	10·7	24·0	22	21·9	39·3
13	7·6	26·3	23	21·3	37·1
20	12·0	25·2			

Zu zwei verschiedenen Zeiten während der Versuche 11 und 13 entnommene Gasproben zeigten folgende Zusammensetzung in vH der Gesamtmenge:

Gasart	Versuch 11		Versuch 12	
	Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 2
CO_2	23·5	22·2	31·2	21·6
O_2	44·2	39·0	28·9	26·9
H_2	8·2	19·3	6·5	11·1
CO	17·4	13·2	19·8	28·5
CH_4	2·6	2·2	1·8	1·9
N_2	4·1	4·1	11·8	10·0

Aus dem oxydierten Gel-Ölgemisch wurde nun das Öl zuerst mit Benzol (Extrakt *A*) und der Rest mit Azeton (Extrakt *B*) extrahiert. Die Versuche 10 bis 19 lieferten alle nach dem Verdampfen des Lösungsmittels etwa $^2/_3$ Extrakt *A* und $^1/_3$ Extrakt *B*, die zusammen wieder die ursprünglichen 15 g Öl ergaben. Der als Ölsäure berechnete Säuregehalt des Extraktes *A* betrug fast gleichmäßig bei allen Versuchen zwischen 3·20 und 4·18 g. Der Extrakt *B* war meist fest und von schwarzbrauner Farbe; er enthält mit Ausnahme des Versuches 15 zwischen 1·25 bis 3·32 vH benzinunlöslichen Schlamm, in den zum Teil auch ausgespülte Metalloxyde eingehen. Der Versuch 15 lieferte keinen benzinunlöslichen Schlamm. Der Säuregehalt des benzinunlöslichen Teiles von Extrakt *B* als Ölsäure berechnet war:

Versuch	g Ölsäure	Versuch	g Ölsäure	Versuch	g Ölsäure
10	0·367	14	0·090	17	1·495
11	0·446	15	0·000	18	0·423
13	0·220	16	1·579	19	0·000

Die Elementaranalyse der Schlamme lieferte den folgenden Gehalt an *C*, *H* und *O* berechnet auf 100 Teile trockene aschenfreie Substanz:

Versuch	C	H	O	Versuch	C	H	O
10	54·21	2·65	43·14	17	71·62	7·61	20·77
11	91·63	7·33	1·04	18	66·23	8·80	24·97
13	79·34	8·50	12·16	19	65·91	8·34	25·75

Die Verfasser hoffen auf diesem Wege schließlich zu einem für die Praxis brauchbaren raschen Verfahren zur Prüfung der Isolieröle zu gelangen. R. H.

(Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. V, H. 2, S. 211; Aug. 1926.)

Über die elektrische Leitfähigkeit des technischen Aluminiums berichten Georg Masing und Karl Haase. Als die der Leitfähigkeit abträglichste Verunreinigung des technischen Aluminiums hat sich nach früheren Arbeiten das Silizium erwiesen, das bei der Schmelzemperatur des ersteren zur Bildung von Al-Si-Mischkristallen mit 1·5 vH Si-Gehalt Anlaß gibt. Bei niedrigeren Temperaturen sinkt die Konzentration des gesättigten Mischkristalles unter 0·4 vH, womit die wesentliche Verbesserung der Leitfähigkeit durch Erhitzen des gereckten Drahtes auf 250 bis 350° und ihre abnorme Verschlechterung durch höhere Erhitzung zusammenhängt. Beim Ziehen ändert sich nach Masing und Hohorst[1]) die Leitfähigkeit des Aluminiums im Gegensatze zu der des Kupfers nicht mehr wesentlich: schon die gegossene Stange hat dieselbe geringe Leitfähigkeit, wie der aus ihr gezogene Draht. Die des Gußmaterials kann durch Erhitzen auf 300 bis 350° nicht wieder hergestellt werden, wohl aber wurde der mögliche Höchstwert der Leitfähigkeit wieder erreicht, wenn man 20 mm starke Gußstangen aus Aluminium Marke „Veral" kalt auf 8 mm walzte und dann durch 2 bis 4 Stunden auf 300 bis 350° erhiztte. Die so erreichte Leitfähigkeit zwischen 35 und 36 wurde auch beim weiteren Kaltwalzen auf 5 mm und Ziehen auf 4 mm fast unverändert beibehalten. Wurde dagegen die Leitfähigkeit der 8 mm-Drähte durch die Einwirkung zu hoher Temperaturen zwischen 400 und 600° geschädigt, so konnte sie durch die unmittelbar folgende Einwirkung von Temperaturen zwischen 250 und 350° nicht wieder hergestellt werden; wohl aber, wenn diese Temperaturen erst nach der weiteren Ausreckung auf 4 mm zur Anwendung kamen. Die Verfasser nehmen daher an, daß das Aluminium im Gußzustande eine hohe Reaktionsträgheit besitzt, die die Ausscheidung des Silizums verzögert, jedoch durch das Ausrecken herabgesetzt wird. Der Versuch die kostspielige und zeitraubende Zwischenerhitzung durch Warmwalzen nach Anwärmen auf 350 bis 500° zu ersetzen, lieferte kein befriedigendes Ergebnis; es zeigte sich nur, daß das Material nach jeder thermischen oder mechanischen Behandlung durch die Zwischenerhitzung auf 300 bis 350° die höchste Leitfähigkeit wieder annimmt, wenn nur dieser Erhitzung eine Reckung bei Temperaturen unter dieser Grenze unmittelbar voranging. Da nach der früher angeführten Arbeit ein Zusatz von 1 vH Fe das Sinken der Leitfähigkeit bei Temperaturen zwischen 500 und 600° verhindert, ein solcher Zusatz aber sonst ungünstig ist, wurden Versuche mit Beimischungen von Magnesium oder Beryllium gemacht; es zeigte sich jedoch keine prinzipielle Änderung in dem vorbeschriebenen charakteristischen Verhalten. Sodann wurde das Aluminium derselben Marke wie oben nach dem Kalt- oder Warmwalzen auf verschiedene Temperaturen kurz erhitzt und abgeschreckt und hierauf bei den leichter überwachbaren Temperaturen von 140 und 170° gealtert. Es zeigte sich, daß warm- oder kaltgewalzte Drähte, die auf 250 bis 350° vorerhitzt und abgeschreckt worden waren, schon nach zweitägiger Erhitzung auf 140° die volle Leitfähigkeit erreichten. Bei 170° war hiezu eine viel kürzere Zeit ausreichend und in 1 bis 2 Tagen konnte dieses Ergebnis auch bei nicht vorerhitzten und abgeschreckten Drähten erzielt werden. Wurden die Drähte jedoch von 450 oder 550° aus abgeschreckt, so reichten 9 Tage bei 140° oder 5 Tage bei 170° nicht aus um die verlorene Leitfähigkeit wieder herzustellen. Bei nicht überhitzten Drähten konnte man dagegen durch eine auf eine dreistündige Erhitzung auf 350° folgende 15stündige Alterung bei 250° oder eine 6stündige Alterung bei 300° sogar Leitfähigkeiten über 36 erhalten. Anders als die Leitfähigkeit verhalten sich Festigkeit und Dehnung des kaltgereckten und durch längere Zeit bei verschiedenen Temperaturen angelassenen Aluminiums, worüber die nachstehende Zusammenstellung Aufschluß gibt.

[1]) Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. IV, Heft 1, S. 91.

Digitized by Google

Anlaßtemperatur; °C:	20	100	150	170	200	250	350	450	550
Anlaßzeit; Tage:	5	5	5	5	3				
Stunden:						2	2	2	2
Festigkeit; kg/mm²:	23·3	24·3	19·0	17·7	17·9	14·9	9·9	9·9	10·3
Dehnung:	4·0	3·0	1·0	1·3	2·3	1·0	16·3	14·5	23·0

Eine weitere Versuchsreihe beschäftigte sich mit dem Einfluße des Gasgehaltes auf die Leitfähigkeit. Mehrfaches Umschmelzen zur Beseitigung eines ursprünglichen Wasserstoffgehaltes, oder das den Gasgehalt nach Archbutt[1]) beinahe restlos beseitigende Durchleiten von Stickstoff durch die Schmelze; ferner Umschmelzen im Vakuum oder auch die Erhöhung des Gasgehaltes durch Hindurchleiten von Wasserstoff durch das geschmolzene Metall brachten nur ganz geringe Änderungen innerhalb 1 bis 1·5 vH Leitfähigkeit zu Wege, die kaum die Grenze der Meßgenauigkeit überschreiten. R. H.

(Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern; Bd. V, Heft 2, Aug. 1926.)

Literaturberichte.

3528 **Fernkabeltelephonie.** Ihre theoretischen Grundlagen in gemeinverständlicher Darstellung von Dr. Ing. A. Engelhardt. 280 Seiten mit 154 Abb. Berlin-Schöneberg 1927. Verlag von Dr. Arthur Tetzlaff.

Das Buch erscheint in erster Linie für Beamte der Fernsprech- und Eisenbahnverwaltung und Ingenieuren der Industrieunternehmungen, die sich mit den Einrichtungen der Fernsprechtechnik befassen, ein wichtiger Behelf, um über alle Vorgänge auf diesem Gebiete die notwendigen Aufklärungen zu erhalten. Zunächst bringt das Buch eine Beschreibung über die grundlegenden Vorgänge in der Fernsprechtechnik, über die Auswirkung der Selbstinduktion, Kapazität und über die sich ergebenden Dämpfungen und Reflexionen. Sodann folgen genaue Ausführungen über die Wirkungsweise der Sprechströme und über alle jene wichtigen Momente, die bei Fernsprechanlagen zu beachten sind. Weiters werden die verschiedenen für den Nah- und Weitverkehr in Verwendung stehenden Schaltungen auf den Kabelleitungen beschrieben, sowie die in der Fernkabeltelephonie zur Verwendung kommenden Leitungstypen. Das Buch ist in gemeinverständlicher Weise geschrieben, so daß es auch für das Schaltpersonal in den Verstärkerämtern selbst als ein wichtiger Lernbehelf angesehen werden kann. R. Heider.

3536 **Höchstspannungs-Tagung Essen.** Sechs Vorträge. Herausgegeben vom Elektrotechnischen Verein der rheinisch-westfälischen Industriebezirke e. V., Essen 1926.

Das interessante Problem, die Mittelpunkte der Energieerzeugung untereinander und mit den Schwerpunkten des Energieverbrauches zu verbinden, das in Rheinland und Westfalen seiner Lösung durch den Bau von Höchstspannungleitungen entgegengeht, hat den E. V. der rheinisch-westfälischen Industriebezirke veranlaßt, der Besprechung desselben eine eigene Tagung zu widmen. Die dabei gehaltenen Vorträge und die sich anschließende Diskussion liegen nun in einem außerordentlich schön ausgeführten Bande vor.

Die „Großversorgung Deutschlands mit Elektrizität" behandelt Dr. Ing. Vent in einem übersichtlichen mit vielen Karten und Plänen ausgestatteten Aufsatz. Obering. F. Weickert betont in seinem Vortrag über „Höchstspannungs-Schaltanlagen und -Freileitungen" die bekannte Tatsache, daß man den heute auftretenden hohen Abschaltleistungen nur mehr mit Mehrfachunterbrechung beikommen kann, in zweiter Linien mit Löschkammern. Durch die zu wenig beachteten elektrodynamischen Kräfte zwischen den Kontakten können beim Schalten Vibrationen auftreten, die man durch Solenoidkontakte bekämpfen kann. Obering. Dahl bespricht die verschiedenen Anordnungen, Spannweiten und Materialien beim Freileitungsbau. Über die Konstruktion und den Betrieb von Höchstspannungskabeln berichtet Dr. Hans Meurer, Köln, wobei er darauf hinweist, daß man heute Dreileiterkabel für 60 bis 66 kV, Einleiterkabel für 120 bis 132 kV in technisch einwandfreier Weise herstellen und betreiben kann. Diese Fortschritte sind vor allem durch verbesserte Isolation, durch Maßnahmen zur Beschränkung der dielektrischen Verluste und durch Vorsorgen gegen Hohlräume erreicht worden. Obering. Burger, Berlin, bespricht Fragen der Leistungsübertragung, insbesondere die der wirtschaftlichen Spannungsregelung und des Parallelbetriebes. L. Binder, Dresden, spricht über Freileitungsisolatoren, vor allem die Mittel zur gleichmäßigen Verteilung der Spannung auf die einzelnen Glieder einer Kette.

Dieser Band wird zur Lösung des großen Problems ungemein viel beitragen, erkennt man doch aus der Discussion, daß in den Fragen der Höchstspannungstechnik noch sehr viel ungeklärt ist.

Cieslar.

3527 **Die Durchführung der Bauarbeiten beim ersten Ausbau der Wasserkraftanlagen der „Mittlere Isar A.-G."** Heft 3 der Veröffentlichungen der „Mittlere Isar A.-G.", 64 Seiten, 31 × 24 cm, mit 93 Abb. und 7 Plantafeln. München 1926, Richard Pflaum-Verlag A.-G.

Die Kraftwerke der Mittleren Isar, heute eine der Hauptstützen der Bayrischen Elektrizitätsversorgung und des elektrischen Betriebes der Reichsbahnen in Bayern, bieten bekanntlich[1]) in ihrem Erstausbaue bei 39 km Kanallänge und 5·5 km Länge des derzeitigen Ablaufkanals, bei einem mittleren Nutzgefälle von 62·7 m in den drei Kraftwerken Finsing, Aufkirchen und Eitting eine Jahresdurchschnittsleistung von 60 000 PS bei einer Jahreserzeugung von 350 Mill. kWh. Die Hoch- und Tiefbauten dieser Kraftwerksgruppe, die mehr als 1800 Verträge über Lieferungen und Leistungen neben 3500 Verträgen über Grundstückverkehr erforderte, werden in dem Hefte in lichtvoller Weise behandelt. Sie umfassen neben einer Erdbewegung von 8 Mill. m³ eine Betonerstellung von 500 000 m³. Auch die Entwurfsbearbeitung, die Materialbeschaffung, die Baustromversorgung dieser in schwierigster Zeit entstandenen Großtat deutscher Technik werden in der ausgezeichneten Schrift eingehend gewürdigt.

Dr. Baudisch.

Eingegangene Bücher.

Schaltanlagen in elektrischen Betrieben. Von Prof. Dr. F. Niethammer. II. Band: Schaltanlagen für hohe Spannungen und große Leistungen. Schaltkästen. Schutzvorrichtungen. Zweite Auflage. Sammlung Göschen, Band 797. 96 Seiten mit 53 Abb. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1927. Preis in Leinen geb. Mk. 1·50.

Elektrizitätszähler, Zählerprüfung und Zähler-Eicheinrichtungen. Von Joseph Schmidt. Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. II. Band. 743 Seiten mit 281 Abb. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1927. Preis geh. Mk. 25·30; in Ganzleinen geb. Mk. 26·40.

Eingelaufene Prospekte.

Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. in Siemensstadt.

Druckschriften: Nr. 3090. Aufzugsausrüstungen mit Druckknopfsteuerungen. 11 Seiten mit 15 Abb. (Beschreibung und Wirkungsweise der Wendeselbstanlasser mit Bremsbetätigung und des Kopierwerkes). — Nr. 2942. Anthygron-Leitungssystem. 8 Seiten mit 8 Abb.

Preislisten: S 10c, März 1927. Normalschalttafeln mit leichtem Profileisengerüst. 21 Seiten. — M 6, Nachtrag I, Jänner 1927. Offene Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer von 0·33 bis 5·5 kW bei 1500 U/min.

[1]) Journ. Inst. of Metall., Bd. 33, S. 227; 1925.

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1925, Heft 51.

Digitized by Google

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Elektroindustrie Japans. Im Jahre 1924 wurden nach einem Bericht von W. Büchler im „The Electrician" vom 6. Mai 1927 4472 öffentliche und private Stromlieferungsgesellschaften mit einer gesamten installierten Leistung der Werke von 2·23 Mill. kW gezählt, wovon 1·47 Mill. kW auf Wasserkraft und der Rest auf Dampfkraft entfiel. Weitere 1·27 Mill. kW Wasserkräfte sind im Ausbau. Im Zusammenhang mit der Entwicklung der Kraftversorgung des Landes steht die Schaffung und Förderung einer heimischen elektrotechnischen Industrie, die schon vor dem Kriege, jetzt aber in viel größerem Maße auch für den Export arbeitet. Die Ausfuhr an elektrotechnischen Waren war 1924 zum Beispiel Maschinen im Werte von 2·1 Mill. Pfund und Glühlampen im Werte von 0·5 Mill. Pfund. Hauptausfuhrland ist China. Bemerkenswert ist, daß Motoren in Japan bereits in allen Größen bis zu mehreren tausend PS für Walzwerksantriebe und dergleichen erzeugt werden. Der Wert der gesamten Erzeugung war 1924: Maschinen und ähnliches 8·9 Mill. Pfund, Lampen und Zubehör 1·8 Mill. Pfund und Drähte, Schnüre usw. 8·8 Mill. Pfund. Dabei ist aber Japan noch immer für die Einfuhr von elektrotechnischen Waren, besonders von hochwertigen, aufnahmsfähig, wenn man die heimische Industrie auch durch Zölle, die bei verdrilltem Kupferdraht 30 vH des Wertes, bei Dampfturbinen 20 vH des Wertes und bei Maschinen und Transformatoren von ¼ bis 1 engl. Schilling je kg betragen, zu schützen suchte. Die Einfuhr wird vorwiegend von den V. St. A. und Großbritannien bestritten, an dritter Stelle steht Deutschland. Die Haupteinfuhrwaren sind Maschinen und dgl., Telephon- und Telegraphenapparate, Unterseekabel, Meßgeräte und isolierter Draht. Sehr bedeutend ist die Verwendung des elektrischen Stromes in der Industrie. So wurden in der Weberei und Färberei 42 800 Motoren mit zusammen 318 200 PS gezählt, in der Eisen- und Metallindustrie 32 000 Motoren mit 39 000 PS, in der chemischen Industrie 17 000 Motoren mit 320 000 PS, in den anderen Industrien zusammen 325 000 Motoren mit 2·3 Mill. PS. Auch die Elektrisierung der Bahnen ist bekanntlich bereits in Angriff genommen, für das ganze Bahnnetz sollen ein Wasserkraftwerk mit 150 000 kW und ein Dampfkraftwerk mit 60 000 kW errichtet werden.

Büchler gibt auch sehr wertvolle Hinweise für den Handel mit Japan, aus welchen besonders hervorzuheben ist, daß der Exporteur nur auf wirtschaftlichen Erfolg rechnen kann, wenn er entweder eine eigene Niederlassung oder einen ständigen Vertreter mit technischem Personal in Japan selbst hat und außerdem, mit Rücksicht auf die Schwierigkeit Prozesse zu führen, den Zahlungsbedingungen besondere Beachtung schenkt.

Felten & Guilleaume, Fabrik elektrischer Kabel, Stahl- und Kupferwerke Actien-Gesellschaft, Wien. (Aus dem Rechenschaftsbericht für das Geschäftsjahr 1926.) Der Umsatz ist gegen das vorige Jahr gestiegen, die Selbstkosten wurden in mehreren Abteilungen durch entsprechende technische Vorkehrungen und die damit verbundene Erhöhung der Arbeitsleistungen herabgesetzt, doch konnte diese Ersparnis wegen des Aufwandes für Lohnerhöhung und soziale Abgaben nicht genügend ausgewertet werden. Das Wiener Werk war durch das ganze Jahr ausreichend beschäftigt, die neu aufgenommene Erzeugung der Fernkabel belebte auch die Tätigkeit in anderen Abteilungen, Außer der Mitwirkung an der Ausführung des Hauptkabels der Linie Wien-Passau ist die Lieferung des Anschlußstückes an der Schweizer Grenze und anderer Kabelstrecken zu erwähnen. Die Drahtseilerei ist stark auf den Export angewiesen und konnte die Erzeugungsmenge des Vorjahres wieder erreichen. In den steirischen Werken blieben während des ersten Halbjahres die eingeschränkten Verhältnisse des Vorjahres unverändert; erst nach Eintritt der Zollerhöhung konnte die Produktion so weit gesteigert werden, daß die Mengen des Jahres 1925 im Endergebnis annähernd erreicht wurden. Aus dem Reingewinn von 1·36 Mill. S (bei 3·6 Mill. S Rohgewinn) wird eine Dividende von 9 vH auf das A.-K. von 10·125 Mill. S verteilt. In dem Rechnungsabschluß auf den 31. Dezember 1926 mit rund 22 Mill. S als Schlußsumme auf beiden Seiten erscheinen Grundstücke mit 2·5 Mill., Gebäude mit 3·5 Mill., Maschinen mit 1·9 Mill., Wasserkräfte mit 1·5 Mill. und Vorräte mit rund 6 Mill. S bewertet. Werkzeuge, Gleise, Patente, Modelle, Mobiliar und Trommeln sind auf je 1 S abgeschrieben.

Dr. Paul Meyer Aktiengesellschaft, elektrotechnische Meßinstrumente, Schaltapparate, Schaltanlagen für Hoch- und Niederspannung, Elektrizitätszähler, Berlin. (Aus dem Geschäftsbericht für 1926.) Die Herabsetzung des Grundkapitals von 3 Mill. Mk. auf 500 000 Mk. und seine Wiedererhöhung auf 3·5 Mill. Mk. ist durchgeführt. Der Umsatz des abgelaufenen Geschäftsjahres hat den des Jahres 1925 nicht ganz erreichen können. Das Exportgeschäft ist infolge der Schutzzölle und des zunehmenden Erstarkens der eigenen Industrien zurückgegangen, dagegen weist das Inlandsgeschäft dank der fortschreitenden Ausbreitung der Elektrizitätswirtschaft eine günstige Entwicklung auf. Die Herstellungskosten konnten durch Einführung besserer Fabrikationsmethoden und Modernisierung der Betriebsanlagen herabgemindert werden. Aus dem Reingewinn von 251 246 Mk. wird eine Dividende von 6 vH verteilt. In der Bilanz auf den 31. Dezember 1926 sind Grundstücke, Gebäude, Fabriks- und Betriebseinrichtungen und Werkzeugmaschinen mit zusammen 1·4 Mill. Mk. bewertet, Warenbestände mit 1·7 Mill. Mk. Allgemeines Inventar, Werkzeuge und Lehren, Modelle und Schutzrechte sind auf je 1 Mk. abgeschrieben Der Auftragseingang in den ersten Monaten des neuen Geschäftsjahres ist befriedigend.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	7. VI. 1927	9. VI. 1927	10. VI. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	123	123	123

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	54-54½	53½-54½	53½-54½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	105—110	100—105	100—105

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 10. Juni 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	59	15	0	60	5	0
Wire bars	60	5	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	53	18	9	54	0	0
Standard { 3 Monate .	54	11	3	54	12	6
Zinn:						
Engl. ingots	292	0	0	292	10	0
Standard { Kassa . .	294	7	6	294	12	6
Standard { 3 Monate .	287	0	0	287	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .	26	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	28	13	9	28	13	9
Remelted	29	5	0	—	—	—
English Swansea . .	29	3	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 26. Juni 1927 | Heft 26

INHALT:

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen. S. 517. / Zur Bestimmung des Stoßkurzschlußstromes von Synchronmaschinen. Von Prof. V. S. Kulebakin, Moskau. S. 518. RUNDSCHAU: Elektrische Meßkunde. S. 524. / Leitungen und Leitungsbau. S. 525. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 526. / Telegraphie, Telephonie. S. 527. / Baustoffe. S. 529. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 529. / Verschiedenes. S. 530. LITERATURBERICHTE. S. 530. CHRONIK. S. 532. BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 532. WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 533. VEREINS-NACHRICHTEN. S. 534. BERICHTIGUNG. S. 536.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

22. Anhang. — Vorschriften für das Rundfunkwesen.

Auf Grund des Beschlusses des Regulativkomitees (Obmann Direktor Ing. L. Kallir) des Elektrotechnischen Vereines in Wien wurde zu den bis 31. August d. J. noch in Geltung stehenden derzeitigen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" — ab 1. September 1927 treten bekanntlich die neuen „Sicherheitsvorschriften" in Kraft und werden damit die derzeit geltenden „Sicherheitsvorschriften" außer Kraft gesetzt — ein 22. Anhang betreffend „Vorschriften für das Rundfunkwesen" herausgegeben, und zwar

„*A*) Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen" und

„*B*) Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte)". Dieser Anhang hat nunmehr die vom Vereine angesuchte behördliche Genehmigung erhalten; wir bringen im Nachfolgenden die bezügliche Zuschrift des Bundesministeriums für Handel und Verkehr, sowie den Runderlaß an die Landeshauptleute zur Veröffentlichung.

Im Auftrage der Vereinsleitung:
Der Sekretär: Ing. A. Marx, e. h.

Bundesministerium für Handel und Verkehr.
Zl. 93.875—6.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen; 22. Anhang; behördliche Anerkennung.

An
den Elektrotechnischen Verein
in Wien.

Das Bundesministerium für Handel und Verkehr beehrt sich angeschlossen eine Abschrift des unter einem an sämtliche Landeshauptleute ergehenden Runderlasses über die behördliche Anerkennung des vom Elektrotechnischen Verein in Wien herausgegebenen 22. Anhanges seiner „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" zu übermitteln.

3. Juni 1927.

Für den Bundesminister:
Gelse

Für die Richtigkeit der Ausfertigung:
Lachmann

Bundesministerium für Handel und Verkehr.
Zl. 93.875—6.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen; 22. Anhang; behördliche Anerkennung.

An
aller Herren Landeshauptleute
(einschließlich des Herrn Bürgermeisters als Landeshauptmann von Wien).

Vom Regulativkomitee des Elektrotechnischen Vereines in Wien wurde im Zuge der Neubearbeitung der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" der beiliegende 22. Anhang betreffend „Vorschriften für das Rundfunkwesen" verfaßt. Der genannte Verein hat im Hinblicke auf die allgemeine Bedeutung des Radiorundspruches in Österreich sowie wegen der zahlreichen bereits zum Verkaufe angebotenen sicherheitsgefährlichen Einrichtungen um eheste behördliche Anerkennung ersucht.

Dieser 22. Anhang gliedert die „Vorschriften für das Rundfunkwesen" in zwei Teile, und zwar:

A) „Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen" und

B) „Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte)".

In den Vorschriften für Netzanschlußgeräte sind solche für Gleichstrom als unzulässig erklärt worden. Da jedoch ein Bedürfnis nach Gleichstromnetzen vorliegt, ist beabsichtigt, für organisch zusammengebaute Empfangs- und Anschlußgeräte für Gleichstrom mit eingebautem Ausgangstransformator noch Sondervorschriften herauszugeben.

Das Bundesministerium für Handel und Verkehr anerkennt im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramt den in Rede stehenden Anhang. Herr Landeshauptmann werden eingeladen, hievon die unterstehenden politischen Behörden verständigen zu wollen.

Weitere Sonderabdrücke vom 22. Anhang sind beim Elektrotechnischen Verein in Wien VI, Theobaldgasse 12, erhältlich.

3. Juni 1927.

Für den Bundesminister:
Gelse

Für die Richtigkeit der Ausfertigung:
Lachmann

Digitized by Google

Zur Bestimmung des Stoßkurzschlußstromes von Synchronmaschinen.

Von Prof. V. S. **Kulebakin**, Moskau. (Staatliche Elektrotechnische Versuchsanstalt.)

1. Einleitung.

Im Zusammenhang mit der Vergrößerung der Leistung der Elektrizitätswerke werden an neuzeitliche Synchrongeneratoren gewisse Forderungen in bezug auf die Größe der Kurzschlußströme gestellt, um die gefährlichen Folgen bei plötzlichen Kurzschlüssen zu vermeiden. Zum Beispiel soll nach den Vorschriften des VDE der höchste Augenblickswerte des Stoßstromes bei plötzlichem Klemmen-Kurzschluß im ungünstigsten Schaltmomente des auf Nennspannung erregten Generators nicht höher als das 15fache des Scheitelwertes des Nennstromes sein, das ist

$$I_{mk}' < 15 \, . \, I_{mn}$$

oder

$$m_k' = \frac{I_{mk}'}{\sqrt{2}\, I_n} < 15.$$

Um zu prüfen, inwiefern der gegebene Synchrongenerator den speziellen Forderungen in Bezug auf die Stoßströme bei Kurzschluß entspricht, ist es notwendig, entsprechende Prüfungen anzustellen, hauptsächlich um die Größe der Streureaktanz des Generators im Augenblick des Kurzschlusses zu ermitteln.

2. Die bestehenden Methoden zur Bestimmung des Stoßkurzschlußstromes.

a) Die am meisten verbreitete Art zur Bestimmung des Stoßkurzschlußstromes eines Synchrongenerators besteht in der Aufnahme der Stromkurve mittels eines Oszillographen.

In diesem Falle wird der zu prüfende Generator bei Nenndrehzahl erregt, so daß an dessen Klemmen die Nennspannung entsteht.

In den Ankerkreis der Maschine wird ein Widerstand von nur wenigen Ohm gelegt, parallel zu welchem die Schleife des Oszillographen angeschlossen wird. Dann wird der plötzliche Kurzschluß ausgeführt und während dieses Prozesses werden die Oszillogramme aufgenommen. Auf Grund der erhaltenen Kurve wird die Amplitude der ersten Welle des Kurzschlußwechselstromes ermittelt.

Wenn E_1 den Effektivwert der Phasenspannung im Augenblick des Kurzschlusses bei Leerlauf der Maschine und I_{mk} den Höchstwert der Grundwelle des Kurzschlußstromes bedeutet, so kann die Streureaktanz der Maschine für den Augenblick des einsetzenden Kurzschlusses nach folgender Formel bestimmt werden: (bei $r \approx 0$):

$$x_s' \approx \frac{\sqrt{2}\, E_1}{I_{mk}}.$$

Der Höchstwert des Stoßstromes im plötzlichen Kurzschluß bei Nennspannung wird dann auf folgende Weise berechnet:

$$I_{mk}' = 1{\cdot}8\, I_{mk} = 1{\cdot}8 \, . \, \sqrt{2}\, \frac{E_{1n}}{x_s'} = 2{\cdot}55\, \frac{E_{1n}}{x_s'},$$

worin E_{1n} die Nennphasenspannung des Generators und 1·8 ein Koeffizient sei, welcher die Gleichstromkomponente des Stoßstromes berücksichtigt.

Da der Oszillograph jedoch einen sehr komplizierten Apparat darstellt, kann bei einer Prüfung der Synchrongeneratoren am Orte ihrer Aufstellung eine Aufnahme von Oszillogrammen meist infolge Fehlens der entsprechenden Apparate nicht ausgeführt werden. Auch fordert die Arbeit mit dem Oszillographen große Übung, weshalb diese Methode gewöhnlich nur in den Prüffeldern der Dynamowerke anzutreffen ist.

Es soll aber weiters noch bemerkt werden, daß die Resultate der Bestimmung der Stoßkurzschlußströme nach den aufgenommenen Oszillogrammen nicht genügend genau sind. Infolge der Trägheit der Schleife des Oszillographen und auch infolge der Wirkung der Selbstinduktion der Verbindungsleitungen, welche zu der Schleife führen, werden die ersten Schwingungen derselben so beschränkt, daß der Fehler in der Bestimmung des Stoßstromes nach den erhaltenen Oszillogrammen nach R ü d e n b e r g s Angaben bis 30 vH erreichen kann. Außerdem geschieht es sehr oft, daß aus technischen Rücksichten entweder die Ausführung eines plötzlichen Kurzschlusses bei Nennspannung sehr beschwerlich oder ganz unmöglich ist oder daß dieser Versuch nicht bei Nennspannung, sondern nur bei niedriger Spannung ausgeführt werden kann. In letzterem Falle übt auf den höchsten Augenblickswert des Stoßkurzschlußstromes die Streureaktanz der in den Nuten eingebetteten Wicklungsteile eine größere Wirkung aus, da bei Verminderung der Spannung die Ankerzähne schwach gesättigt sind. Dieser Umstand muß bei einer genauen Bestimmung des Stoßstromes beachtet werden.

b) Eine andere Art zur Ermittlung des Stoßstromes bei plötzlichem Kurzschlusse, welche von den französischen Normen empfohlen wird,[1]) besteht in der Messung der Streureaktanz x_s'; zu diesem Zwecke wird im Luftzwischenraume auf der Eisenfläche des Ankers eine Hilfswicklung angebracht, wobei die aktiven Seiten dieser Wicklung voneinander um eine Polteilung entfernt seien, die Wicklung des Ankers des Generators wird kurzgeschlossen und die Maschine hierauf bei Nenngeschwindigkeit so weit erregt, bis im Ankerkreis ein Kurzschlußstrom gleich dem Nennstrome entsteht.

Unter diesen Bedingungen wird die Spannung an den Enden der Hilfswicklung gemessen. Ist sie gleich E und die Spannung an derselben

[1]) Siehe Règles Complémentaires d'unification, § 606.

Digitized by Google

Wicklung bei Leerlauf und Nennspannung E_{1n} an den Generatorklemmen gleich E_{h1}, so wird auf Grund der Resultate der Messung E_{hk} und E_{h1} das Verhältnis des Stoßstromes bei plötzlichem Kurzschlusse zum Höchstwerte des Nennstromes des Generators nach folgender Formel berechnet:

$$m_k' = \frac{I_{mk}'}{I_{mn}} = 1{\cdot}8\,\frac{E_{h1}}{K_1 \,.\, E_{hk}}.$$

In diese Formel wird ein Korrektionskoeffizient K_1 eingeführt, welcher die Verzerrung der Kurve des Magnetfeldes im Luftzwischenraum bei Kurzschluß berücksichtigt. Diese Verzerrung kann ziemlich groß sein; zur Illustration dieser Erscheinung

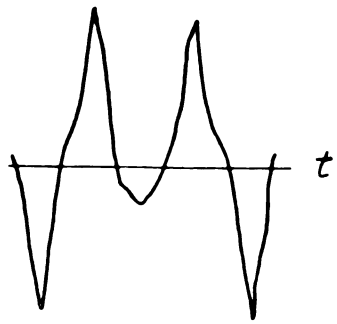


Abb. 1.

sind in den Abb. 1 und 2 Oszillogramme der Spannung in der Hilfsspule angeführt, welche an zwei verschiedenen kurzgeschlossenen Synchrongeneratoren aufgenommen wurden.[2])

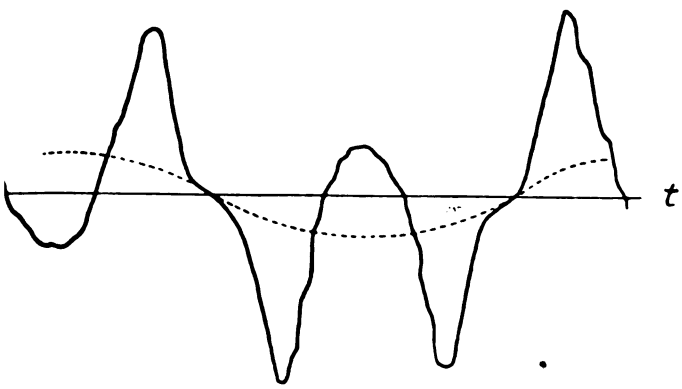


Abb. 2.

Zur genaueren Bestimmung der Streureaktanz bei Kurzschluß muß man die Spannungskurve in der Hilfsspule in die Grundwelle und die höheren Harmonischen zerlegen und nur die Grundwelle in Rechnung ziehen. Infolgedessen kann die Methode, die nach den französischen Vorschriften empfohlen wird, nur dann mit Erfolg angewendet werden, wenn nicht nur der Spannungswert in der Hilfsspule, sondern auch die Kurve der Spannungsänderung nach der Zeit bekannt ist. Zur Aufnahme der letzteren ist wieder ein Oszillograph notwendig. Die Methode ist daher höchst kompliziert und, wie erwähnt, in einigen Fällen der Praxis nicht immer ausführbar.

[2]) Siehe Rev. gén. El., Bd. 17, S. 222, 1925.

Außerdem ist die Befestigung einer Hilfsspule auf der Eisenfläche des Ankers sehr schwierig und manchmal sogar unmöglich, wie zum Beispiel in Synchronmaschinen mit rotierendem Anker. Die eben beschriebene Methode erlaubt ferner den Stoßstrom des Kurzschlusses nur ungefähr zu ermitteln, da sie, im Grunde genommen, auf der Messung der ganzen Streureaktanz der Ankerwicklung x_{sk} mittels einer Hilfsspule beruht. Bei plötzlichem Kurzschluß jedoch wird der Stoßstrom nur durch den Teil der Streureaktanz begrenzt, der durch die Streuflüsse gebildet wird, die sich hauptsächlich in der Luft schließen. Der übrige Teil des Streuflusses, dessen Kraftlinien durch das Eisen hindurchgehen, nehmen wegen der Eisensättigung und der Wirkung der Wirbelströme im Moment des Kurzschlusses einen schwachen Anteil an der Begrenzung des Stoßstromes. Außerdem wirkt bei plötzlichem Kurzschluß die Streuung der Erregerwicklung. Diese Umstände werden hier nicht berücksichtigt.

Infolgedessen erhält man nach den französischen Vorschriften andere Werte der Stoßkurzschlußströme im Vergleich mit den tatsächlichen. Der Vorzug dieser Methode besteht darin, daß man zur Ermittlung von I_{mk} keine Stoßkurzschlußprobe auszuführen braucht, die immer eine Gefahr für die Synchronmaschine bildet.

c) Es gibt ebenso eine ganze Reihe von anderen Wegen zur Ermittlung der Stoßströme bei plötzlichem Kurzschluß, die auf der Messung der Streureaktanz beruhen. Zu diesem Zwecke werden die Methoden von Kapp, Fallou, die Streuprobe mit ausgebautem Rotor usw. benützt, alle diese Methoden ergeben aber in den meisten Fällen keine genauen Resultate, da die ganze Streureaktanz und nicht die im Augenblick des Kurzschlusses herrschende ermittelt wird. Infolgedessen kann man auf Grund der nach diesen Methoden gefundenen Werte der Streureaktanz nur angenähert die Werte der Stoßströme bei Kurzschluß finden.

Daher erfordert die Ermittlung der Stoßkurzschlußströme in Synchrongeneratoren eine weitere Ausarbeitung. In folgendem wird nun eine neue Methode zur Ermittlung der Streureaktanz für den Anfangsmoment des Kurzschlusses vom Verfasser vorgeschlagen.

3. Eine neue Methode zur Ermittlung des Stoßkurzschlußstromes.

Die experimentellen Untersuchungen von Kurzschlüssen an Synchrongeneratoren, die von verschiedenen Autoren ausgeführt wurden (Rüdenberg,[3]) Pohl, Belfils u. a.) zeigen, daß in Turbogeneratoren und Synchronmaschinen mit ausgeprägten und mit Dämpferwicklungen versehenen Polen die Höchstwerte des Wechselstromes bei plötzlichem Kurzschluß lediglich von der Streureaktanz des Stators (Ankers) abhängig sind. Was die Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen, die jedoch nicht mit Dämpferwicklungen versehen

[3]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 79 ff.

Digitized by Google

sind, anbetrifft, so ist hier für den ersten Höchstwert des Stoßkurzschlußstromes nicht nur die Streureaktanz des Ankers, sondern auch die Streureaktanz der Erregerwicklung von Einfluß. Die Streureaktanz der Anker- und Magnetwicklung von Synchronmaschinen kann man in zwei Teile zerlegen: die Streureaktanz, die von der magnetischen Sättigung der einzelnen Maschinenteile abhängt und die Streureaktanz, auf die die magnetisch:

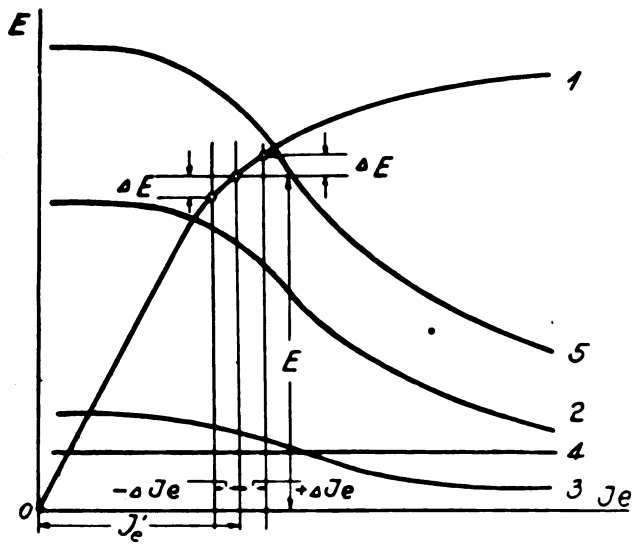


Abb. 3.

Sättigung fast keinen Einfluß ausübt. Zur letzteren Art der Streureaktanz gehört die Wicklungsreaktanz, hervorgerufen durch Streuflüsse, die sich in der Luft schließen.

Die genannten Eigenschaften der vollen Streureaktanz der Synchronmaschinen kann man zur Ermittlung der Streureaktanz im Augenblick des

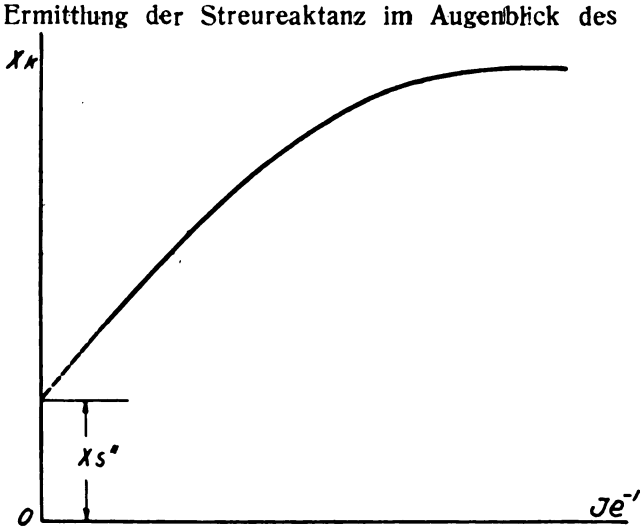


Abb. 4.

Kurzschlusses verwenden. Zu diesem Zwecke schlägt der Verfasser folgende Art der Ermittlung vor. Bei dem zu prüfenden Generator wird im Ruhezustand durch die Ankerwicklung ein Wechsel- oder Drehstrom von der Nennfrequenz oder etwas erhöhter Frequenz durchgesandt, wobei die Erregerwicklung des Generators mit Gleichstrom gespeist ist. Während man dem Generator verschiedene Erregungen gibt, wird der Spannungsabfall im Ankerkreis gemessen.

Die bei Durchgang des Wechselstromes an den Enden der Wicklung angelegte Spannung E_{1k} wird kompensiert:

1. Durch die Spannung, welche durch den Ankerwechselfluß $\Delta \Phi_{ak}$ induziert wird;

2. durch die Spannung der Nuten- und Zahnköpfestreureaktanz der Anker- und Dämpferwicklungen $E_{kn} = I \cdot X_{kn}$ und

3. durch die Spannung der Streuflüsse, welche durch die Luft sich schließen (hauptsächlich der Streureaktanz der Wickelköpfe)
$E' = I \cdot X_s'$; das ist

$$E_{1k} = k \Delta \Phi_{ak} + E_{kn} + E_s' = E_{ak} + I \cdot X_{kn} + I X_s'.$$

Hiebei ist der Ohmsche Spannungsabfall $I \cdot r_a$ vernachlässigt.

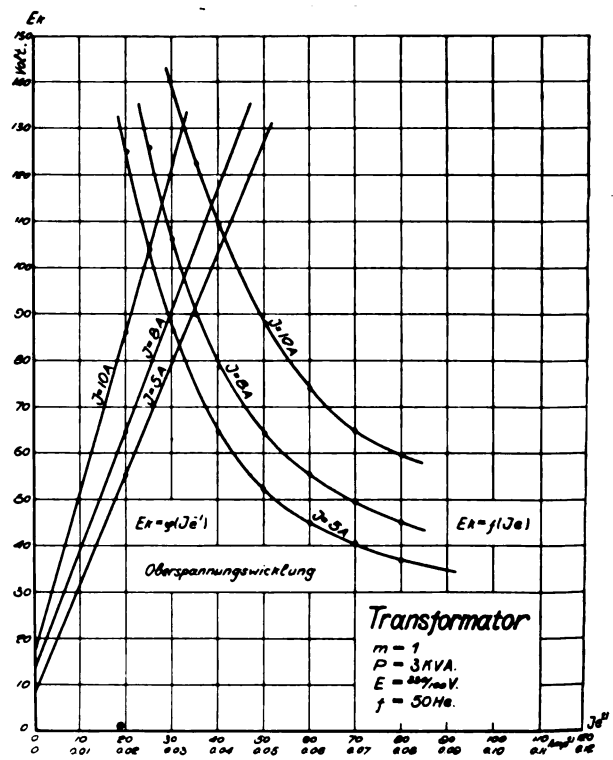


Abb. 5.

In diesem Falle wird der volle induktive Widerstand des Ankers und der Erregerwicklung der Synchronmaschine $X_k = \frac{E_1}{I}$. .

Der magnetische Fluß $\Delta \Phi_{ak}$ ist nicht nur von den resultierenden Amperewindungen abhängig, sondern auch von der Sättigung der verschiedenen Teile des Magnetsystems. Die Nutenstreureaktanz ist auch abhängig von der Sättigung der Zähne. Die Streureaktanz X_s' bleibt aber konstant, unabhängig von der Sättigung des Magnetsystems. Wenn daher der Spannungsabfall in der Ankerwicklung bei ein und demselben Werte des durchgehenden Wechselstromes, aber bei verschiedenen Erregungen des Magnetsystems der Maschine gemessen wird, müssen die Werte der

Digitized by Google

induzierten Spannung $E_{ak} = K \Delta \Phi_{ak}$ und der Spannung $I X_{kn}$ sich in Abhängigkeit von der Sättigung ändern, während die Spannung der Streureaktanz der Spulenköpfe unveränderlich bleibt.

Die magnetischen Eigenschaften der Maschine können mittels der Leerlaufcharakteristik dargestellt werden (Abb. 3, Kurve 1).

Hat die zu prüfende Maschine bei Stillstand die Erregung I_e', so entspricht dieser Erregung der Magnetfluß des Ankers $\Phi_a \equiv E$; fließt der Wechselstrom durch die Ankerwicklung, so ändert sich infolge der Ankerrückwirkung der resultierende Erregerstrom in den Grenzen zwischen $(I' + \Delta I_e)$ und $(I_e' - \Delta I_e)$, worin $\Delta I_e \equiv I$. Wie aus der Leerlaufcharakteristik zu ersehen ist, entspricht der Änderung der Erregung ΔI_e die Änderung des Magnetflusses $\pm \Delta \Phi_a \equiv \pm \Delta E$. Die Änderung des Magnetflusses $\Delta \Phi_a$ induziert also eine Spannung

$$E_{ak} = k \Delta \Phi_a = k' . \Delta E = k' . \frac{\Delta E}{\Delta I_e} . \Delta I_e =$$

$$= k'' . \frac{\Delta E}{\Delta I_e} . I.$$

Die Größe $\frac{\Delta E}{\Delta I_e}$ stellt in gewissem Maßstabe sozusagen eine mittlere Differentialpermeabilität des Magnetsystems der Maschine vor, das heißt,

$$\frac{\Delta E}{\Delta I_e} = \mu_d$$

oder

$$E_{ak} = k''' . \mu_d . I,$$

$$\frac{E_{ak}}{I} = X_{ak} = k''' \mu_d.$$

Die differentielle Magnetpermeabilität μ_d [4]) hängt von der Sättigung des Magnetsystems der Maschine ab. In Abb. 3 wird die Abhängigkeit $E_{ak} = \varphi(I_e)$ in Form der Kurve 2 dargestellt.

Betrachtet man die Streureaktanz der Nuten und der Zahnköpfe, so kann man leicht beweisen, daß diese auch der mittleren Differentialpermeabilität desjenigen Teiles des magnetischen Kreises, in dem die Streuflüsse sich schließen, proportional ist, das heißt $X_{nk} = \mu_{dz}$. Im Diagramm der Abb. 3 zeigt die Kurve 3 die Abhängigkeit der Streuspannung $I X_{nk}$ vom Erregerstrom I_e. Die Gerade 4, die der Abszisse parallel ist, und die Kurve 5, zeigen die Abhängigkeiten $E_s = I X_s'$ bezw. $E_{1k} = E_{ak} + E_{kn} + E_s$ vom Erregerstrom I_e.

In den ersten Augenblicken des plötzlichen Kurzschlusses bilden die Ströme sehr starke Felder um die Leiter. Man kann deshalb annehmen, daß in den Synchronmaschinen (in Turbogeneratoren und in Maschinen mit und ohne Dämpferwicklung) im ersten Moment des Kurzschlusses die Streureaktanzen der Stirnteile der Wicklung, der Nuten und der Zahnköpfe wirken, wobei der Kreis der Streuungsflüsse die magnetische Differentialpermeabilität $\mu_d = 1$ besitzt, das heißt

$$X_s'' = X_{kn}' + X_s'.$$

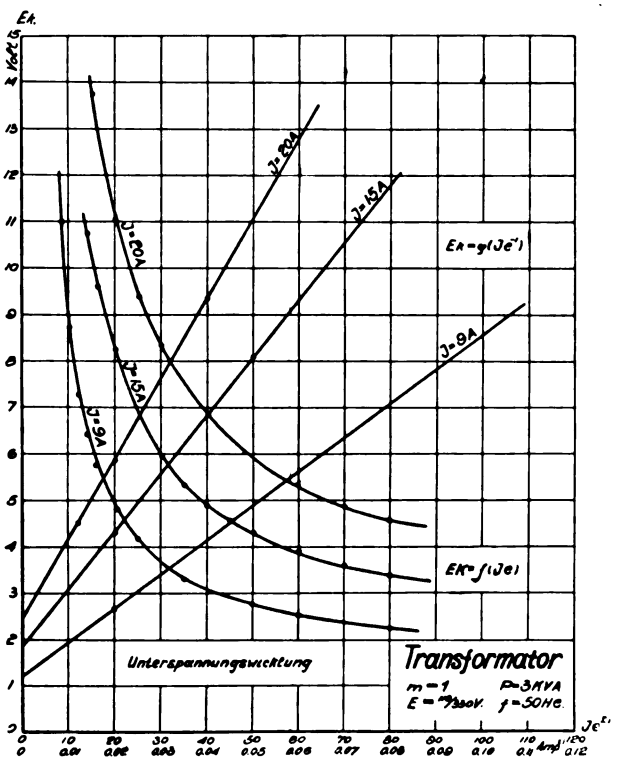


Abb. 6.

Um diese Reaktanz experimentell zu bestimmen, wird der Zusammenhang $X_k = f(I_e)$ gesucht und sodann auf Grund der erhaltenen Resultate ein anderes Diagramm $X_k = \varphi(1/I_e)$ konstruiert (Abb. 4).

Bei I_m gleich der Unendlichkeit, wenn das Magnetsystem sich im Zustand der Übersättigung befindet (bei $I_m = \infty$; $1/I_m = 0$ und $\mu_d = 1$) wird die Spannung an den Wicklungsenden fast ausschließlich durch die Spannungen der Streureaktanzen $I . X_{kn}'$ und $I X_s'$ kompensiert, da der Magnetfluß $\Delta \Phi_{ak}$ in diesem Falle unbedeutend klein ist. Wenn daher das Diagramm $X_k = \varphi(1/I_m)$ entwickelt und die Kurve bis zum Schnitt mit der Ordinatenachse verlängert worden ist, findet man den Wert von X_s'' (Abb. 4), welcher vom theoretischen Standpunkte der Zahlenwert

[4]) Da die Reaktanz des Streuflusses, der sich durch das Eisen schließt, stark von der Sättigung abhängt, so ist es interessant zu betrachten, wie sich die magnetische Differentialpermeabilität μ_d unter dem Einfluß der magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H}$ und hauptsächlich der starken magnetischen Feldstärke verändert.

Für jeden Teil des magnetischen Kreises der Maschine ist der Zusammenhand zwischen Induktion B, Magnetisierungsintensität J und Feldstärke $\mathfrak{H}$, wie bekannt gegeben durch die Gleichung

$$B = 4\pi J + \mathfrak{H}'.$$

Bei hohen Feldstärken wird die Magnetisierungsintensität für das Eisen fast konstant, also ist für den stark gesättigten Teil des magnetischen Kreises der Maschine

$$B = \text{Const.} + \mathfrak{H}$$

und die Permeabilität μ_d ist in diesem Falle gleich

$$\mu_d = \frac{dB}{d\mathfrak{H}} = \frac{d(\text{Const.} + \mathfrak{H})}{d\mathfrak{H}} = 1.$$

Bei unendlich großer magnetischer Feldstärke, das heißt bei $\mathfrak{H} = \infty$ wird die Permeabilität des ganzen Systems gleich $\mu_d = 1$.

Digitized by Google

der Streureaktanz der ganzen Anker- und Magnetwicklung ist, wie wenn das ganze Magnetsystem der Maschine aus diamagnetischem Material ($\mu = 1$

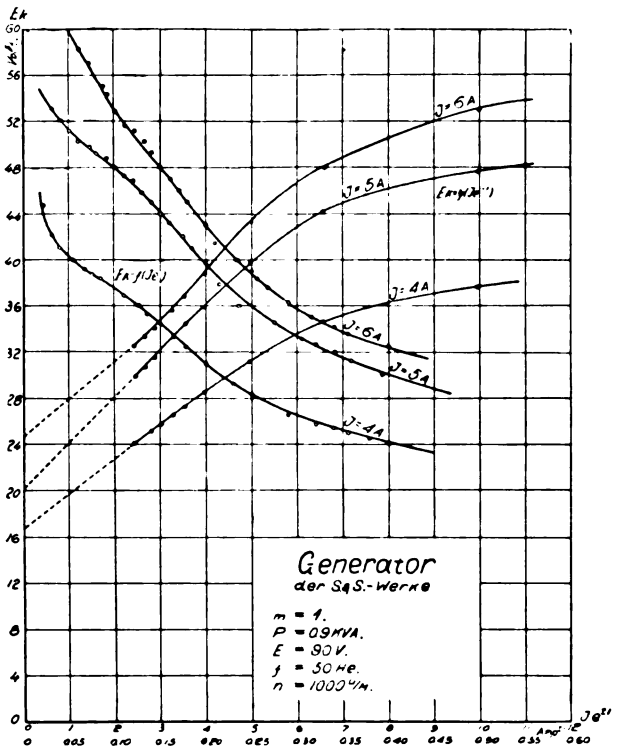


Abb. 7.

und $\mu_d = 1$) gebildet wäre. Der Wert dieser Streureaktanz der Wicklungen muß etwas größer als der Wert der Streureaktanz von Spulenköpfen der

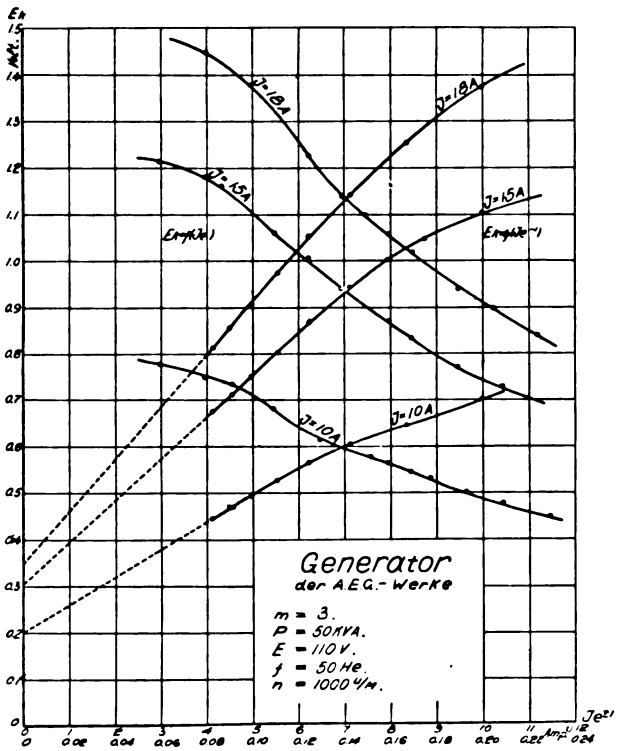


Abb. 8.

Ankerwicklung und von der Erregerwicklung sein und etwas kleiner als der Wert der Streureaktanz von Spulenköpfen, Nuten und Zähnen bei der nominalen Sättigung der Maschine: Wenn man nun in Betracht zieht, daß bei plötzlichem Kurzschluß die Reaktanz der Nuten- und Zahnkopfstreuung, wenn auch in kleinerem Maße, so doch einen Einfluß auf den ersten Höchstwert des Stoßkurzschlußstromes ausübt, so kann man annehmen, daß nach der oben beschriebenen Methode der ermittelte induktive Widerstand X_s'' die Reaktanz der Synchronmaschine für den Augenblick des plötzlichen Kurzschlusses ist. Wenn X_s'' bestimmt ist, so wird der Wert des Stoßkurzschlußstromes nach der Formel berechnet:

$$I_{mk} = 2{\cdot}55 \frac{E_{1n}}{X_s''}$$

und

$$m_k' = \frac{I'_{mk}}{I_{mn}} = 1{\cdot}8 \frac{E_{1n}}{X_s'' I_n}.$$

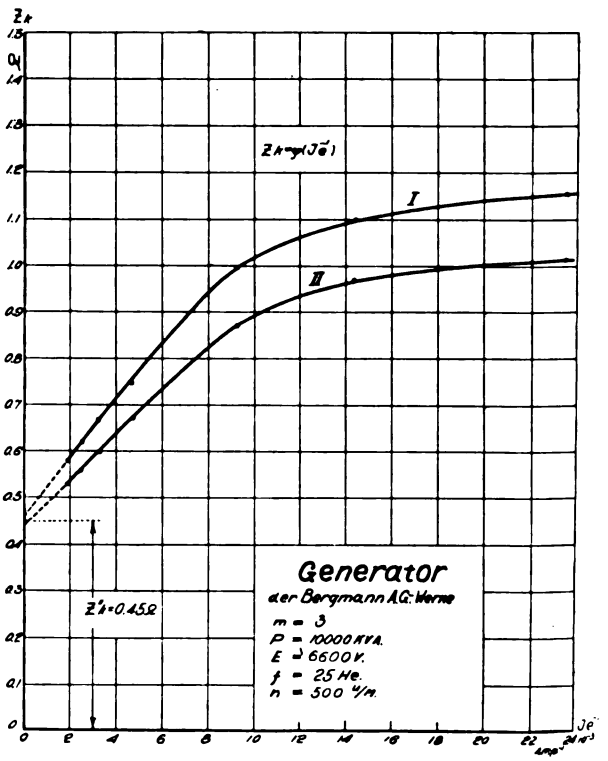


Abb. 9.

Zur genaueren Bestimmung von X_s'' mit Hilfe der Extrapolation, muß die Aufnahme der Kurve $X_k = \varphi(I_e^{-1})$ so durchgeführt werden, daß der experimentelle Teil dieser Kurve sich möglichst der Ordinatenaxe nähert. Dazu ist ein Erregerstrom vom 1·5 bis 2fachen Wert des Nennstromes notwendig. Da der Versuch bei unbeweglichem Zustande der Maschine ausgeführt wird, so empfiehlt es sich, um die Erwärmung der Erregerwicklung zu vermeiden, die Aufnahme der Kurven möglichst schnell auszuführen und dieselben bei höchstem Erregerstrome zu beginnen. Es wird sich auch empfehlen, die Aufnahme der Kurven $X_k = \varphi(I_e^{-1})$ bei mehreren Werten der den Ankerklemmen zugeführten Spannung durchzuführen und als Wert von X_s'' das Mittel der Meßresultate zu nehmen.

Digitized by Google

Gewöhnlich wird der Wechselstrom zur Speisung gleich einigen Prozenten des Nennstromes der Prüfmaschine genommen. Ist sie dreiphasig, so muß man mit Drehstrom alle Phasenwicklungen speisen und für jede von ihnen die Stromstärke I und die Spannung E_{1k} messen.

4. Die experimentelle Prüfung der vorgeschlagenen Methode.

Um die vorgeschlagene Methode zu prüfen, wurde die Bestimmung der Streureaktanz durchgeführt: 1. an einem Einphasentransformator von 3 kVA, 330/110 V, 50 Per/s; 2. an einem Einphasengenerator der Firma Siemens-Schuckert-Werke von 0·9 kVA,90 V, 50 Per/s und einer Drehzahl von 1500 U/min; 3. an einem Dreiphasengenerator der AEG von 50 kVA, 120 V, 50 Per/s und einer Drehzahl von 1000 U/min.

Der Einphasengenerator besaß ein unbewegliches Magnetsystem. In dem Dreiphasengenerator war der Stator mit der Ankerwicklung versehen. Diese beiden Generatoren besaßen ausgeprägte Pole.

Außerdem wurde eine Kontrolle der vorgeschlagenen Methode bei der Prüfung eines Synchrongenerators der Firma Bergmann A.-G. von 10000 kVA, 6600 V, 25 Per/s und $n = 500$ U/min vorgenommen. (Alle zu prüfenden Generatoren sind ohne Dämpferwicklung ausgebildet.)

Die auf Grund des Versuches der Übersättigung erhaltenen Resultate für X " wurden mit den Werten derselben Größe verglichen, die erhalten wurden: *a)* auf Grund eines Kurzschlußversuches für den Transformator und *b)* mit Hilfe einer oszillographischen Aufnahme bei plötzlichem Kurzschluß der Synchrongeneratoren (Oszillograph von Siemens & Halske).

Die Resultate der Bestimmung von X_s' und X_s'' sind in der Tabelle I angegeben. Auf den Abb. 5 bis 9 sind die Kurven für $X_k = \varphi(I_e)$ und $X_k = \varphi(I_e^{-1})$ für die geprüften Maschinen dargestellt.

von Z_k' wurde der Versuch des plötzlichen Kurzschlusses nicht bei der Nennspannung, sondern bei etwas herabgesetzter Spannung durchgeführt.

Da die mit Hilfe des Oszillographen ermittelten ersten Amplituden des Kurzschlußstromes etwas kleinere Werte ergeben, so kann man schließen, daß die aus dem Versuche der Übersättigung erhaltenen Werte näher denjenigen sind, welche in der Synchronmaschine tatsächlich im Augenblick eines plötzlichen Kurzschlusses wirken.

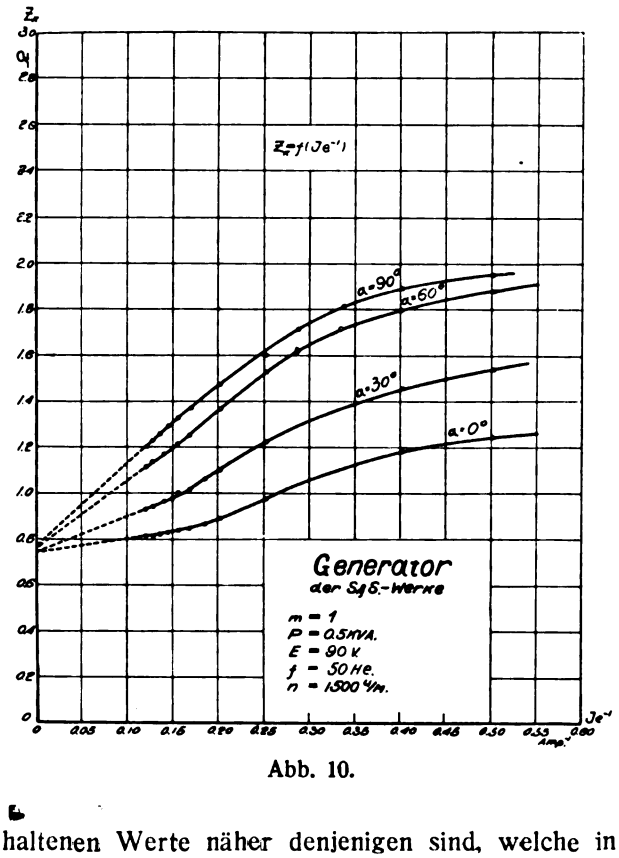


Abb. 10.

Die Versuche der Messung der Reaktanzen beim Einphasentransformator stellen ein etwas anderes Bild dar; hier ist X_s', welches nach der gewöhnlichen Methode des Kurzschlusses mit großer Genauigkeit bestimmt wird, etwas größer im Vergleich mit X_s'', welches aus dem Versuch der Übersättigung erhalten wird. Die Resultate bestätigen also im allgemeinen die Richtigkeit der theoretischen Grundlage der vorgeschlagenen Methode zur Bestimmung des induktiven Widerstandes der Wicklung.

Die Diagramme der Abb. 5 bis 9 zeigen, daß die Kurven $X_k = \varphi(I_e^{-1})$, sich der Ordinatenachse

Tabelle I.

Art der Maschinen	Zahlwerte		Unterschied in vH
	Nach den Kurzschlußversuchen	Nach der Methode des Verfassers	
1. Einphasentransformator	$X_s' = 1{\cdot}11\,\Omega$	$X_s'' = 1{\cdot}22\,\Omega$	+ 9·9
2. Einphasengenerator, $P = 0{\cdot}9$ kVA . .	$X_s' = 0{\cdot}571\,\Omega$ (mit Hilfe des Oszillographen)	$X_s'' = 0{\cdot}524\,\Omega$	− 8·23
3. Dreiphasengenerator, $P = 50$ kVA . .	$X_s' = 0{\cdot}0197\,\Omega$ (mit Hilfe des Oszillographen)	$X_s'' = 0{\cdot}0185\,\Omega$	− 6·09
	$X_s' = 0{\cdot}0201\,\Omega$ (n. d. französ. Vorschriften)		− 7·96
4. Dreiphasengenerator, $P = 10000$ kVA	$Z_k' = 0{\cdot}482\,\Omega$ (mit Hilfe des Oszillographen)	$Z_k'' = 0{\cdot}45\,\Omega$	− 6·64

Wie man aus der Tabelle I ersieht, sind die Werte der Reaktanzen, die für die Generatoren auf Grund des Versuches bestimmt wurden, etwas kleiner als die Werte, welche aus dem Versuche des plötzlichen Kurzschlusses durch Aufnahme von Oszillogrammen erhalten wurden, wobei dieser Unterschied bei den kleinen geprüften Generatoren ungefähr 6 bis 8 vH ausmacht. Für den Generator von 10000 kVA Leistung beträgt der Unterschied zwischen Z' und Z'' 6·6 vH. Bei der Bestimmung

Digitized by Google

nähernd, fast in gerade Linien übergehen, was sehr das Extrapolieren derselben erleichtert.

Bei der experimentellen Prüfung der vorgeschlagenen Methode hatte es sich herausgestellt, daß X_k von der relativen Lage des Magnet- und Ankersystems der Maschine abhängt, wenn das Magnetsystem noch nicht übersättigt ist. In der Abb. 10 sind die Kurvenformen $Z_k = \varphi(I_e^{-1})$ angegeben, welche für den Einphasengenerator bei verschiedenen Lagen des Magnetsystems aufgenommen wurden; die Kurven der Abb. 11 zeigen die Veränderung der Impendanz Z_k in jeder Phasenwicklung (U, V, W) eines Drehstromgenerators für drei verschiedene relative Lagen des Magnetsystems (die Lagen 1, 2, 3 entsprechen einer Verdrehung des Magnetsystems um 45 und 90 elektrische Grade).

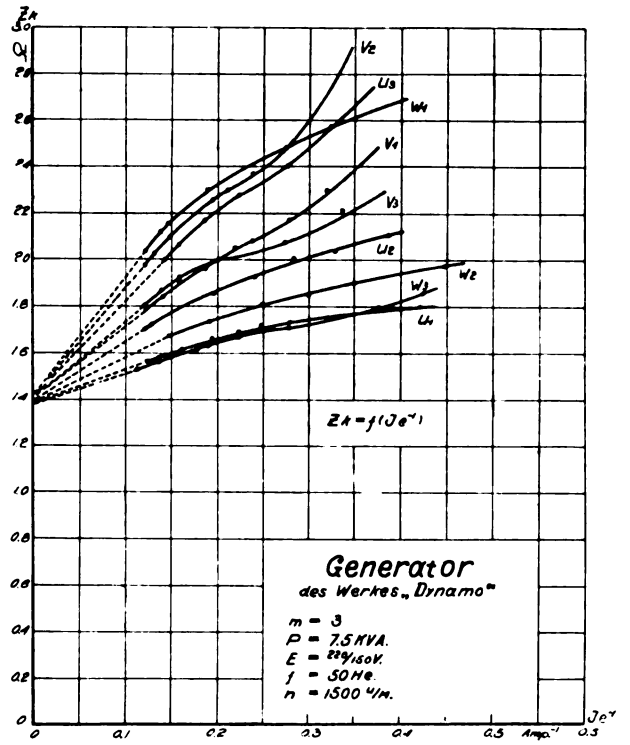


Abb. 11.

Wie aus diesen Diagrammen zu ersehen ist, erhält man für jede Lage des Magnetsystems verschiedene Kurvenformen, doch streben die Verlängerungen dieser Kurven ungefähr einem Punkte der Ordinatenachse zu. Somit kann man annehmen, daß der Scheinwiderstand der Ankerwicklung einer Synchronmaschine bei $I_e = \infty$ fast garnicht von der Lage des Magnetinduktors abhängig ist. Bei der Prüfung der vorgeschlagenen Methode zur Bestimmung des Stoßkurzschlußstromes wurde auch eine Aufnahme von Oszillogrammen des Stromes gemacht, um festzustellen, ob eine Verzerrung der Stromkurve beim Durchgang durch die Wicklung in Abhängigkeit von den verschiedenen Sättigungen des Magnetsystems und der Lage des Induktors vorhanden ist. Die Aufnahme der Oszillogramme

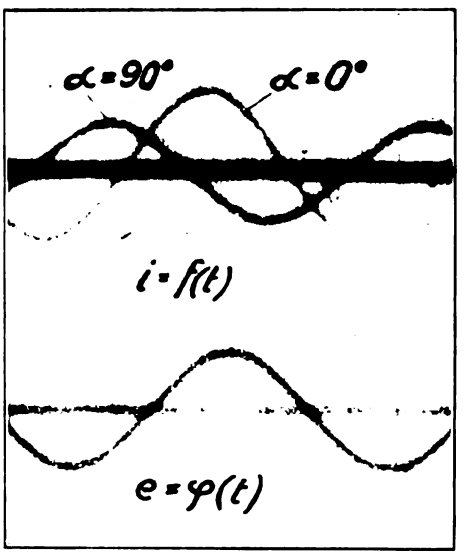


Abb. 12.

zeigt, daß keine merkliche Verzerrung der Stromkurven vorhanden ist (siehe Abb. 12).

Zum Schlusse dieser Arbeit hält es der Verfasser für eine angenehme Pflicht, dem Dipl.-Ing. I. Butkewitsch und dem Studenten P. Beklemischef, die den experimentellen Teil dieser Arbeit ausgeführt haben, seinen Dank auszusprechen, ebenso wie den Herren Dipl.-Ing. Th. Rjasanow und M. Kraschenninnikoff, welche bei der Ausführung der Versuche auf der Station der Moskauer Vereinigung der staatlichen Elektrizitätswerke Beistand leisteten.

Rundschau.

Elektrische Meßkunde.

Wechselspannungsmessung mit Meßkondensatoren behandelt Georg Keinath. Wegen der hohen Kosten der Spannungsmeßwandler wird bei Höchstspannungen von 110 kV und darüber die Verwendung von Kondensatordurchführungen zur Spannungsteilung und -messung vorgeschlagen. Die Kondensatordurchführung besteht aus einer Reihe hintereinander geschalteter Kapazitäten C_1, C_2, . . . C_n, worin C_n die Kapazität zwischen dem letzten Beleg und der Befestigungsbrille bezeichnet. Theoretisch und mit genügender Genauigkeit auch praktisch erhält man eine richtige Spannungsteilung für jede Wellenform, wenn man einen elektrostatischen Spannungsmesser von der Kapazität C_l parallel zu C_n schaltet, wobei die Spannung an den Instrumentklemmen, E_n durch

$$E_n = E.(C_n + C_l)/\Sigma_1^n C_\nu$$

gegeben ist. Die praktischen Schwierigkeiten dieser Methode bestehen in der hohen Spannung von mindestens 3000 V am Instrument und in der geringen mechanischen Festigkeit dieses letzteren. Auch der Isolationswiderstand der Durchführung, der zwischen 200 und 10 Megohm schwanken kann, ist der Genauigkeit abträglich. Es wurde daher versucht, durch einen empfindlichen Stromzeiger den Ladestrom der Kondensatorreihe zu messen, indem man zum Beispiel die Brille isoliert aufschraubt und das Instrument zwischen Brille und Erde schaltet, was auch bei gewöhnlichen Porzellan-

Digitized by Google

oder Hartpapierdurchführungen möglich ist. Es machen sich jedoch die unvermeidlichen höheren Harmonischen störend bemerkbar. Sind $a_3, a_5 \ldots a_{2n+1}$ ihre Amplituden in vH der Grundwellenamplitude vom Effektivwerte E_1, so sind die Effektivwerte von Spannung und Strom

$$E = (E_1/100)\sqrt{100^2 + a_3^2 + a_5^2 + \ldots},$$
$$J = (J_1/100)\sqrt{100^2 + (3a_3)^2 + (5a_5)^2 + \ldots}$$

Da sich die Harmonischen mit der Netzbelastung ändern, so ändert sich auch der Spannungswert eines Skalenteils des Stromzeigers. Ferner steigt die Kapazität der Kondensatordurchführungen mit der Temperatur um je 2·5 vH je 10° C. Die Leistung im Instrumentzweige ist zwar sehr groß und wächst mit dessen Widerstand, kann aber nicht ausgenützt werden, da sonst die Spannung am Instrument zu hoch würde. Eine praktische Möglichkeit eröffnet sich jedoch, wenn man den Stromzeiger mit oder ohne Meßwandler parallel zur letzten Kapazität C_n einer Kondensatordurchführung anschließt. Ist — falls kein Meßwandler verwendet wird — R der Widerstand des Stromzeigerzweiges und C gleich der resultierenden Kapazität der Kondensatorreihe vor C_n, so ist

$$i = E/\sqrt{R^2(1 + C_n/C)^2 + (1/\omega C)^2}.$$

Wählt man nun R so groß, daß das zweite Glied unter der Wurzel gegenüber dem ersten verschwindet, so ist $i = E/R\,(1 + C_n/C)$, so daß die Frequenzabhängigkeit und damit der Einfluß der Oberwellen auf das Verhältnis i/E verschwindet.

Bei einer praktischen Ausführung mit $E = 100$ kV, $C_n = 4\,m\mu F$, $C = 0{\cdot}2\,m\mu F$ wäre hiezu $R = 0{\cdot}5$ Megohm ausreichend, wobei $i = 5{\cdot}25$ mA, $i^2 R = 13{\cdot}8$ W und $E_R = 2625$ V wäre. Da aber Strommesser der Weicheisentype normal 200 AW benötigen, würde eine nicht mehr ausführbare Windungszahl von 40 000 erforderlich werden. Man verwendet daher diese Schaltung nur mit einem Stromwandler vor dem Instrument. Sind nun L die Streuinduktivität und R der Widerstand des Wandlers einschließlich der Induktivität und des Widerstandes der angeschlossenen Instrumente, beide Größen auf die Primärseite reduziert; ferner $\gamma = R/\omega_0 L$; $k =$ = Ordnungszahl der Oberwelle von der Grundwelle mit der Kreisfrequenz ω_0 und $v = \omega_0^2 L\,.\,(C + C_n)$ so ist für die k-Oberwelle

$$J = \omega_0 C\,.\,E/\sqrt{(1/k)^2 + v^2(k^2 + \gamma^2) - 2\gamma}$$

und für verschiedene Beträge von C_n ergeben sich Resonanzfälle für verschiedene Oberwellen.

Mit den praktischen Annahmen $E = 100$ kV; $C = 0{\cdot}5\,m\mu F$; $R = 0{\cdot}135$ Megohm und $L = 720$ H ergäbe sich mit $C_n = 15\,m\mu F$ Resonanz der Grundwelle, während die Oberwellen je höherer Ordnung desto mehr unterdrückt werden. Diese Kapazität ist aber wegen der dabei erzielbaren zu geringen Leistung im Instrumentkreise nicht anwendbar. Mit $C_n = 4\,m\mu F$ dagegen fällt die Resonanz auf die im praktischen Falle nicht vorkommende doppelte Grundfrequenz und man erhält für das Verhältnis J/E bei verschiedenen Frequenzen:

Frequenz:	Grundwelle	3.	5.	7.	9. Oberwelle
J/E	1·0	1·67	0·74	0·49	0·38

Es besteht also bei der dritten Oberwelle Unterkompensation, bei den höheren steigende Überkompensation. Einen teilweisen Ausgleich liefert der Meßwandler, der zum Beispiel bei der neunten Harmonischen schon um 32 vH zu viel Strom abgibt, wodurch sich das Verhältnis von 0·38 auf 0·51 erhöht. Aber auch hier erzielt man durch die Erhöhung von R eine praktisch ausreichende Ausgleichung bei genügender Primärstromstärke J und Leistung $J^2 R$. Es ist für verschiedene R:

R	0·1	0·2	0·5	1·0	2·0 Megohm
J	6·80	6·63	5·60	3·92	2·24 mA
J^2R	3·94	7·44	13·8	14·0	11·3 W,

so daß sich ein auf die Primärseite reduzierter Widerstand $R = 1$ MΩ am günstigsten erweist. Er liefert folgende Verhältniszahlen J/E:

Frequenz:	Grundwelle	3.	5.	7.	9. Oberwelle
J/E	1·0	1·2	1·15	1·1	1·05

Für höhere Werte von L als hier angenommen, muß auch R proportional erhöht werden, wobei dann die Leistung im wesentlichen konstant bleibt. Die Rechnungsergebnisse wurden durch Versuche eingehendst geprüft. Es wurde ferner festgestellt, daß der Einfluß des Isolationswiderstandes der Durchführung, der normal 200 MΩ beträgt, unter ungünstigen Umständen aber bis auf 10 MΩ sinkt, zwar größeren Einfluß besitzt als bei der Verwendung statischer Instrumente aber höchstens 5 vH Mißweisung verursachen kann. Es werden vollständige Schaltbilder für Spannungs-, Blind- und Wirkleistungsmessung entwickelt. Da der Strom im Instrument um etwa 45° in der Phase gegen die Spannung E verschoben ist, muß man einerseits den Stromwandler für den Hauptstromkreis des Wattmeters in eine solche Phase verlegen, daß gegen den an Stern- oder Dreieckspannung angeschlossenen Spannungskreis ein Phasenunterschied von 30° oder 60° besteht und die restlichen 15° durch eine einfache Kunstschaltung gewinnen. Die richtige Einstellung der Phasen kann freilich nur an Ort und Stelle vorgenommen werden. Der Vergleich mit Leistungsmessern, die an Spannungswandler angeschlossen waren, zeigte eine gute Übereinstimmung, indem die Abweichungen 5 vH nicht überstiegen. Die Ersparnisse an den Kosten von Schaltanlagen durch den Entfall der teueren Spannungswandler können mehr als ein Drittel betragen. R. H.

(Wissensch. Veröffentl. a. d. Siemens-Konzern, Bd. V, Heft 2, August 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die theoretischen Grundlagen der Verseilung von Sektorkabeln. H. Müller. Soll ein Sektorseil vom Querschnitte Q bei einer Isolationsstärke $2\,\delta$ zwischen Adern erzielt werden, dann ergibt sich der außenliegende (mit dem Bleimantel konzentrische) Krümmungsradius des Sektors zu

$$R = 0{\cdot}955 + 0{\cdot}0892\sqrt{120\,.\,f\,Q + 45{\cdot}2\,\delta^2}$$

bei Dreileiterkabeln und zu

$$R = 1{\cdot}272 + 0{\cdot}1189\sqrt{90\,.\,f\,Q + 24{\cdot}5\,\delta^2}$$

bei Vierleiterkabeln. Hier ist f der Füllfaktor des Seiles. Bei der Anordnung der einzelnen Drähte des Seiles innerhalb des durch die obigen Radien und die Winkel 120° beim Dreileiter resp. 90° beim Vierleiterkabel festgelegten Profiles, ist zunächst zu bedenken, daß die Seile bei der Verarbeitung mehrfach über Trommeln oder Abzugscheiben gewickelt werden. Dabei erfahren die beim Aufwickeln außen liegenden Teile des Seiles Zugspannungen, während die innen liegenden zusammengedrückt werden. Ist der Kern des Profilseiles aus mehreren parallel nebeneinander liegenden Drähten zusammengesetzt, dann besteht die Tendenz, die Drähte in die parallel der Trommelachse liegende große Achse des Sektorseiles zu ziehen. Aus diesem Grunde müssen entweder Profilkerne (Profilkernhälften) verwendet werden, oder die Drähte (Teilseile), aus welchen sich der Querschnitt aufbaut, mit ihrem Mittelpunkt von vornherein in der großen Achse angeordnet werden. Da beim Verseilen die Adern von Sektorkabeln dem Dralle entsprechend, mit welchem die Phasen miteinander verdrillt werden, verdreht werden müssen, empfiehlt es sich einen stärkeren Runddraht und zwei diametral zu ihm gelegene schwächere Runddrähte als Profilkern zu nehmen und darüber die anderen Drähte zu verseilen. Dann wird bei der Verdrillung nur der starke Runddraht verdreht, während die beiden seitlichen Drähte und die über ihnen liegenden verseilten auf der Oberfläche des starken Drahtes ohne Torsion sich abwälzen können. Allerdings erfahren die Drähte je nach Lage im Sektorquerschnitte Lagenveränderungen und Längenänderungen. Ist S die geradgestreckte Länge eines Aderstückes pro Drallänge des Kabels, ferner L die geradgestreckte Länge eines in diesem Stücke enthaltenen Drahtes, sind s_0 und s_1 die Litzendrallängen einer bestimmten ins Auge gefaßten Ader vor resp. nach

Digitized by Google

der Kabelverseilung, l_0 resp. l_1 die zu s_0 bezw. s_1 gehörigen Drahtlängen und u der Umfang der untersuchten Drahtlage, dann ist, für den Fall als die gesamte Verlagerung beim Verseilen auf Kosten der Umfangsverlagerung vor sich geht, die Umfangsverlagerung:

$$\Delta u_{vH} = \frac{100}{1 \pm \frac{S}{s_0}} = \frac{100}{1 \pm \frac{L}{l_0}} = \frac{100}{1 \pm a},$$

je nachdem die Kabelverseilung mit der Sektorverseilung gleich (+) oder entgegen (—) gerichtet ist. Je größer a, das Verhältnis des Dralles der Kabeladern zum Dralle der Drähte im Sektorseile ist, desto weniger wird daher der Aufbau des Seiles verändert. Analog ergibt sich für den Fall, als die durch die Kabelverseilung notwendige Verlagerung in der Sektorlitze durch Verlängerungen der Einzeldrähte allein aufgefangen wird, so daß die Lage der Drähte im Querschnitt unangetastet bleibt

$$I_{vT} = 1000 \left(1 - \frac{\sqrt{S^2 + [a \mp 1]^2 u^2}}{\sqrt{S^2 + a^2 u^2}}\right).$$

Das obere Zeichen gilt bei gegengerichteter, das untere bei gleichsinniger Ader- und Sektorverteilung. Diese Verschiebungen der Drähte längs ihrer (gewundenen) Achse werden umso bedeutender, je größer das oben betrachtete Drallverhältnis $a = S/s_0$ und je größer der Umfang der untersuchten Drahtlage im Seile ist. Praktisch wird der Ausgleich des durch die Verseilung der Adern gestörten Gleichgewichtes im Profilseile eher durch Umfangsverschiebungen Δu ausgeglichen, da die Reibung die Längsverschiebungen der Drähte verhindert. Die gleichen Betrachtungen gelten überdies auch für die Papierlagen, mit welchen der Sektor isoliert ist; die Folge davon ist, daß die isolierten Adern nach der Verseilung inhomogene Isolationen aufweisen. (Die Amerikaner suchen dem bei Hochspannungskabeln mit Sektorleitern dadurch zu begegnen, daß sie die Isolation auf Sektorleiter aufbringen, welche bereits so um ihre Achse verdreht (gedrallt) sind, wie es der nachherigen Verdrallung der Adern zum Kabel entspricht. Diese Methode verlangt allerdings einerseits eine Spezialseilmaschine und andererseits eine sehr aufmerksame Bedienung bei dieser Maschine. Anm. des Referenten.) Dr. Konstantinowsky.

(ETZ, Bd. 47, Heft 51, 1926.)

Die Belastung isolierter Leitungen. Dr. R. Apt berichtet über Erwärmungsversuche an isolierten Leitungen bei verschiedenen Belastungsverhältnissen. Auf Grund dieser in den Laboratorien der AEG und der SSW, sowie der Elektrizitätswerke in München, Nürnberg und Köthen angestellten Versuche an der Gummihülle konnte gefolgert werden, daß unbedenklich eine Erwärmung der Leitungen auf 60° C angenommen werden darf, während die in § 20 der Errichtungsvorschriften zur Zeit angeführte Belastungstabelle unter der Annahme ausgearbeitet wurde, daß die Gummihülle dauernd keine höhere Temperatur als 50° C annehmen dürfe[1]). Man stützte sich dabei auf die 1907 von Teichmüller und Humannn im Laboratorium von Felten & Guilleaume, Carlswerk, ausgeführten Versuche, die bei der damals üblichen Qualität der Gummiaderleitungen zeigten, daß bei längerem Erhitzen auf diese Temperatur der Gummi brüchig würde und seine mechanische Festigkeit verlor.

Die auf Grund der oben erwähnten Prüfungen von Dr. R. Apt vorgeschlagenen Werte für die zulässige Belastung sind aus der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Querschnitt		0·5	0·75	1	1·5	2·5	4	6	10	16
höchste zulässige dauernde Stromstärke in Amp.	bisherige Tabelle	7·5	9	11	14	20	25	31	43	75
	neuer Vorschlag	10	12	14	19	25	30	36	48	75

[1]) ETZ 1907, S. 457 ff. In Österreich sind die bezüglichen Daten der „Sicherheitsvorschriften für Starkstromanlagen" maßgebend.

Die in Vorschlag gebrachten Werte stimmen auch überein mit der von Teichmüller und Humann aufgestellten Formel über die zulässige Belastung isolierter Leitungen

$$J^2 = C_1 Q + C_2 Q^{3/2}$$

wobei J die zulässige Stromstärke, Q der Kupferquerschnitt, C_1 und C_2 Konstante sind, deren Wert von den Verlegungsverhältnissen und der höchsten zulässigen Temperatur abhängt. Hausner.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 425, 1927; vgl. a. ETZ 1927, S. 65.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Der heutige Stand des Diesellokomotivbaues. Dr. Ing. H. Brown, Winterthur, hielt im kgl. Institut der Ingenieure im Haag einen Vortrag, der einen umfassenden Überblick über die Fragen des Baues von Diesellokomotiven gibt. Raum- und Gewichtsbeschränkung beeinflußt den Bau des Motors, der ein Gewicht von 10 bis 12 kg/PS nicht übersteigen sollte, was zum Schnelläufer mit vollkommenen Massenausgleich führt. Möglichste Einfachheit im Aufbau und eine wirksame Kühlung sind wesentlich. Die Überlastbarkeit des Dieselmotors beträgt wohl nur etwa 25 vH vorübergehend. Gleichbleibendes Drehmoment bei verschiedener Drehzahl erfordert eine zusätzliche Energiequelle, die Schwierigkeit der Zündung bei kaltem Motor eine besondere Anwurfseinrichtung. Ein direkter Antrieb der Achsen würde allein eine ungenügende Anfahrzugkraft ergeben. Weiters würden die großen Drehmomentschwankungen während einer Umdrehung einen direkten Antrieb unmöglich machen. Diese betragen bei großer Drehzahl bis zu 50 vH bei verminderter Drehzahl bis zu 150 vH vom Mittelwert. Angaben über raschlaufende Dieselmotoren enthält umstehende Zahlentafel.

Beim direkten Antrieb wurde als Zusatzenergie Druckluft oder Dampf verwendet, da das Aufladeverfahren den mittleren Druck nur um 15 bis 20 vH steigern kann. Günstiger als Druckluft ist Dampf als Zusatzenergie, da hiebei die Abgasvorwärme theoretisch mit 50 vH, praktisch immerhin mit 25 vH ausgenutzt werden kann. Gegenüber der Dampflokomotive gehen jedoch die Hauptvorteile: die sofortige Betriebsbereitschaft, die Anheiz- und Abbrandverluste, der rauchfreie Betrieb und die Unabhängigkeit vom Wasser verloren. Die Anlage wird verwickelt, ist jedoch überlastbar und im Dampfkessel speicherfähig. Vertreter dieser Bauart sind der Entwurf von Buchli, Still und der Maschinenfabrik Esslingen. Eine derzeit in Ausführung befindlichen 1 C 1-Lokomotive leistet 1400 PS max. mit einer Seite als Diesel- mit der anderen als Dampfkolben.

Von indirekten Antrieben kommen in Betracht: 1. Die elektrische Übertragung, deren erste Ausführung der von Sulzer und BBC gebaute Triebwagen der Sächsischen Staatsbahn war, der nach dem Umbau des Dieselmotors von den Schweizer BB gekauft wurde. Von neueren Ausführungen wären zu erwähnen: der Triebwagen der SBB[1]), die zahlreichen schwedischen Triebwagen[2]), die 440 PS-Lokomotive, Fiat-BBC und die meterspurige Lokomotive B-B, 250 PS, 40 t, mit Zweitaktmotor, die B + B, 3000 PS, Ingersoll-Gen. El. Co. ung C + C 1000 PS-Lokomotive von Baldwin Knutson[3]) und die 1200 PS-Lokomotive von Lomonosoff[4]). — 2. Das reine Zahnradgetriebe ist für kleine Leistungen bis etwa 100 PS wegen seiner Einfachheit sehr verwendbar. Größere Leistungen erfordern Rutschkupplungen, die Störungen verursachen. Die Vergleichslokomotive von Lomonosoff — von Krupp mit einem MAN-Motor gebaut und mit elektromagnetisch gesteuertem Reibungskupplungsgetriebe mit elastischer

[1]) E. u. M. 1926, S. 620.
[2]) E. u. M. 1926, S. 797.
[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 156.
[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 915; 1926, S. 44.

Digitized by Google

	Upm	PS.	kg/PS	Brennstoffverbrauch g/PSh	Takt	Anmerkung
Schweiz. Lokfb. Winterthur 3 Zyl. direkte Einspritzg.	500	90	37·5	—	4	
Maybach, 6 Zyl. Lufteinspritzung	1200	120	10	180 bis 185	4	mit Kompressor
Polar-Deva 8 Zyl. V. Einspritzung	550	160	40·8	—	4	
Sulzer 8 Zyl. V. direkte Einspritzung	550	250	—	190 b. Vollast	4	
Beardmore 4 Zyl. direkte Einspr.	750	200	—	190	4	einschl. Anlaß- u. Einblaseflaschen
M. A. N. 6 Zyl. Lufteinspr.	450	1200	23	210 bei $n = 450$ 195 „ $n = 350$	4	
Sulzer 8 Zyl. V. direkte Einspritzung	550	250	—	—	2	
Fiat 6 Zyl. Lufteinspr. .	500	440	—	210 bei 4/4 Last 230 „ 3/4 „ 260 „ 2/4 „	2	
Schweiz. Lokfb. Winterthur 4 Zyl. direkte Einspr.	400	620	23·3	215 bei 4/4 Last	2	einschließl. Spülpumpe u Schwungrad
Knutson 2 Wellen 2 × 6 Zyl.	450	1000	—	—	2	

Zusammenfassend sieht Brown die weitere Entwicklung der Diesellokomotive in der Ausbildung eines leichten, betriebssicheren und daher billigen Dieselmotors von 1500 bis 2000 PS, da Übertragungsglieder für derartige Leistungen gegeben sind. In Betracht kommt nach seiner Meinung nur die elektrische Übertragung. Auf Grund der Ausführung für Rußland verteilen sich die Kosten etwa mit 44 vH auf die Dieselanlage samt Zubehör, 31 vH auf den elektrischen und 25 vH auf den mechanischen Teil. Schon hieraus geht hervor, daß die Verbilligung der Dieselanlage am ausschlaggebendsten ist. Vorstehende Zahlen beziehen sich auf eine Dieseldrehzahl von 450, eine Steigerung auf 600 bis 800 U/min bringt den Gewichts- und Preisunterschied gegenüber der Dampflokomotive fast zum Verschwinden. Die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum Dampfbetrieb errechnet der Vortragende für Schweizer Verhältnisse bei einem kg-Preisverhältnis der Kohle zum Öl von 1 : 3 trotz des hohen Anschaffungspreises als gegeben, wenn die Lokomotive im Tag mehr als 300 km zurücklegt. Wl.

(De Ingenieur, 41. Jahrg., Nr. 47, 1926.)

Blattfederkupplung — ergab jedoch die gute Verwendbarkeit dieser Getriebeart, wenngleich der Mangel einer sprunghaften Regelung bestehen bleibt. Die Schaltung der einzelnen Gänge durch eine Öldruckschaltung nach Patent S. L. F, Winterthur, macht die Rutschkupplung entbehrlich. — 3. Flüssigkeitsgetriebe werden in den verschiedensten Ausführungen verwendet, und zwar Stufengetriebe, wie das von Lentz, und kontinuierliche Getriebe, wie das ebenfalls mit Schaufeln arbeitende Schwarzkopf-Huwiller-Getriebe, oder eine Reihe von Kolbenpumpengetriebe mit verstellbarem Kolbenhub zwecks Drehzahlregelung stellen ebenso geistreiche als komplizierte Konstruktionen dar, deren Brauchbarkeit im Eisenbahnbetrieb erst erwiesen werden muß. — 4. Interessante Lösungen stellen die Kraftübertragungen mittels Dämpfen oder Gasen vor. Die Maschinenbau A.-G. Görlitz kühlt die Auspuffgase, verdichtet sie in einem vom Dieselmotor getriebenen Kompressor und läßt sie in Zylindern wie bei einer Dampflokomotive expandieren. Die Armstrong-Werke bauen nach dem System von Schelest für die russischen Staatsbahnen eine 1000 bis 1200 PS Lokomotive, bei der die Ansaugluft des Dieselmotors auf 8·5 at vorkomprimiert wird. Der Verbrennungsdruck erreicht 63 at, die Auspuffgase treten mit 8·5 bis 10·5 at in einen Zwischenbehälter und von da in die Lokomotivzylinder ein, in denen sie expandieren. Die MAN baut eine 1200 PS Lokomotive, bei der der Dieselmotor einen Kompressor für die Luft antreibt, die über einen Abgasvorwärmer in einem Luftmotor verwertet wird. Bei einer stationären Versuchsanlage würden die Kompressor- und Luftmaschinenverluste beinahe aus der Abgaswärme gedeckt werden. Man erwartet einen Lokomotivwirkungsgrad von 27 vH. Bei der reinen Dampfübertragung von Cristiani wird ein Dampfkessel durch die Abgase geheizt. Der überhitzte Dampf gelangt in die Lokomotivzylinder, nach der Expansion in einen Kühler, von wo er durch einen Kompressor angesaugt und in den Dampfkessel zurückgepreßt wird. Zarlatti hat eine Luft-Dampf-Übertragung entwickelt, mittels derer eine Umwandlung von Dampflokomotiven auf Dieselbetrieb möglich sein soll. Der Dieselmotor treibt einen zweistufigen Kompressor, der atmosphärische Luft auf 8 at verdichtet und in einen Behälter preßt, in dem sich das Kühlwasser befindet. Die das Wasser durchströmende Luft kühlt dieses und reichert sich mit Wasserdampf an. Dieses Gemisch wird durch die Abgase auf 190° überhitzt und den Arbeitszylindern zugeführt. Der Auspuff der Zylinder wird zum Spülen des Zweitaktmotors verwendet. Der erreichte Wirkungsgrad ist 20 vH. Wenn der Dieselmotor mit dem Kompressor auf dem Tender aufgestellt und das Druckgemisch in den Dampfkessel gepreßt wird, kann eine Dampflokomotive sonst unverändert bleiben.

Größte Fahrgeschwindigkeit einer elektrischen Lokomotive. Bei der offiziellen Eröffnung der Strecke Paris—Vierzon der Comp. Paris-Orléans[1]) am 22. Dezember v. J. legte ein Zug, bestehend aus acht Wagen mit einem Gesamtgewicht von 380 t und angetrieben durch eine BBC-Lokomotive Bauart Winterthur 2—A_4—2,[2]) die 204 km lange Strecke Paris—Vierzon in 1 Stunde 57 Minuten zurück, entsprechend einer mittleren Reisegeschwindigkeit von 105 km/h. Lange Strecken wurden mit der Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h durchfahren. Die erreichten Zeiten stellen für Europa Höchstleistungen an Schnelligkeit dar.

St. Schw.

(STZ, Nr. 3, 1927.)

Telegraphie, Telephonie.

Neue Schnelläuferwähler. Von F. Aldendorff. Unter Schnelläufer soll ein Wähler verstanden werden, der mindestens 100 einzelne Leitungen nacheinander in weniger als einer halben Sekunde mit Sicherheit zu prüfen vermag. Der hier beschriebene Wähler wurde vom Verfasser angegeben und wird von der Firma Ferdinand Schuchardt A.-G. in Berlin gebaut. Dieser Wähler kann als Anrufsucher, Anrufverteiler, Gruppen- oder Leitungswähler verwendet werden. Die Bürstenwelle wird entgegen der Wirkung einer mit Hilfe eines Elektromagneten gespannten Feder durch die Anhalteklinke eines Steuermagneten festgehalten. Durch Erregung des Steuermagneten wird die Anhalteklinke ausgelöst und die auf der Bürstenwelle sitzenden Bürsten bestreichen die Bankkontakte. Sobald die Bürste den vor dem gewünschten Bankkontakt liegenden Kontakt verläßt, wird der Steuermagnet aberregt und daher die Bürstenwelle gesperrt. Sämtliche Bankkontakte bis auf jenen, wo die Bürste anhalten soll, sind mit Batterie verbunden. Da der Erregerstrom des Steuermagneten über die Bürste und die von ihr bestrichenen Bankkontakte fließt, wird er bei dem gewünschten Bankkontakt unterbrochen. Um die Abfallzeit des Ankers des Steuermagneten zu verkürzen, ist parallel zu seiner Magnetspule oder parallel zur Bürste ein Kondensator geschaltet, der der Remanenz des Steuermagneten entgegenwirkt. Der Wähler hält seine Bürsten noch mit ge-

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 5 ff.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 997.

Digitized by Google

nügender Betriebssicherheit an, wenn diese ihre Bankkontakte mit einer Geschwindigkeit von 100 Kontakten in der Sekunde bestreichen. Ein 100teiliger Anrufsucher erreicht also den hundertsten Bankkontakt in einer Drittelsekunde. Es kann daher das Summerzeichen, das dem anrufenden Teilnehmer anzeigt, daß er die Wahlscheibe betätigen kann, unterbleiben.

Die Schaltung des Schnelläufers als Anrufsucher ist in Abb. 1 dargestellt. Die Steuerbankkontakte *K* sind an Ruhekontakte der Leitungsrelais $AR_1 \ldots AR_{100}$

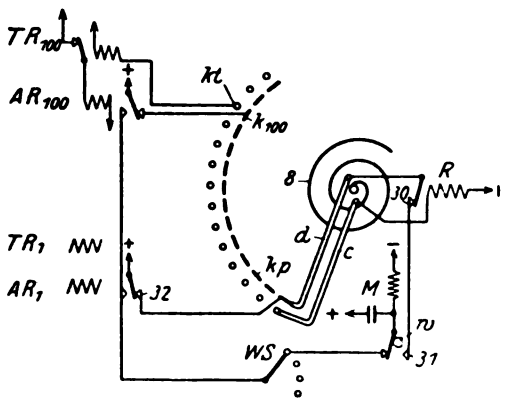


Abb. 1.

angeschlossen. Bei Anruf schaltet zum Beispiel das Leitungsrelais AR_{100} den Kontakt K_{100} ab und schließt über den Wählersucher *WS* den Stromkreis des Steuermagneten *M*. Beim Loslassen der Bürstenwelle wird der Magnet *M* in einen Stromkreis über den Hilfsschalter *w*, den Wellenkontakt 31, Kontakt 30 eines Relais *R*, Steuerbürste *d* und die Rückkontakte der nicht erregten Anrufrelais *AR* eingeschaltet. Erreicht die Bürste *d* den Kontakt K_{100}, so wird, da AR_{100} erregt ist, der Magnet *M* stromlos und daher die Wählerwelle angehalten. Über eine weitere Bürste *c* und einen Bankkontakt *Kt*, sowie ein Trennrelais TR_{100} wird das Relais *R* erregt, wodurch die Sprechleitung zum nächsten Wähler durchgeschaltet wird. Bis zu 80 Teil-

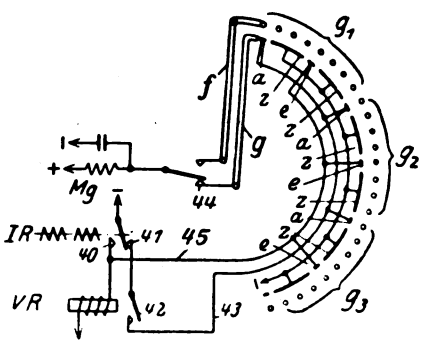


Abb. 2.

nehmerleitungen werden zwei um 180° versetzte Bürstengruppen verwendet; bei 100 Leitungen sind die Bürstengruppen außerdem in der Richtung der Wellenachse gegeneinander versetzt.

Die Schaltung für Gruppenwähler ist in Abb. 2 dargestellt. Die Bankkontakte sind in Gruppen g_1, g_2, g_3 usw. von je zehn Kontaktsätzen geteilt, *a* und *e* sind Steuerbankkontakte, *z* ein Zwischenkontakt, der auch aus mehreren miteinander verbundenen gewöhnlichen Bankkontakten bestehen kann. Sollen die Bürsten *f* und *g* zum Beispiel auf die Gruppe g_3 eingestellt werden, so springen sie, von der Feder des Wählers angetrieben, unter abwechselnder Einwirkung des Stromstoßrelais *IR* und des Steuermagneten *Mg* des Gruppenwählers in den vor dem Bogen g_3 liegenden Kontaktbogen g_1, g_2 über die Steuerkontakte *a* und *e* bis zum Anfangskontakt *a* des Bogens g_3. Jeder Wahlstromstoß erregt nämlich das Stromstoßrelais *IR*, dessen Anker bei seinem Hin- und Herpendeln zwei Stromstöße in den Steuermagneten *Mg* sendet, von denen der erste das Springen der Bürsten bis zur Mitte des Bogens und der zweite bis zum Anfang des nächsten Bogens hervorruft. Nach Umschalten des Wählers von der Gruppenwahl auf die Prüffunktion springen die Kontaktarme *f* und *g* weiter und gelangen gleich in einem Sprung auf die erste unbesetzte Verbindungsleitung. Da der Wähler mit einer Geschwindigkeit von 300 Leitungen in der Sekunde prüft, brauchen die Bürsten für das Bestreichen eines Leitungsbündels von zehn Leitungen ein Dreißigstel einer Sekunde. Es ist nach diesem Prinzip möglich, Gruppenwähler mit je 50 oder sogar 100 Verbindungsleitungen in jedem von der Kontaktbank ausgehenden Bündel herzustellen, die eine Sprechverbindung ebenso schnell durchschalten wie Strowger-Wähler, an deren Kontaktbänke Leitungsbündel mit nur je zehn Verbindungsleitungen angeschlossen werden können.

Beim Leitungswähler (Abb. 3) werden die Langschritte oder Zehnerschritte durch die von der Bürste *z* bestrichenen Bankkontaktreihen bestimmt, die kurzen Schritte oder Einerschritte durch von der Bürste *e* bestrichenen Kontaktreihen. Bei Abgabe der Zehnerwahlstromstöße springen die Bürsten unter Einwirkung des Stromstoßrelais *IR* und des Steuermagneten *Ml* zunächst bis zum Mittelkontakt *m* und dann gleich bis zum Endkontakt *s* der aufeinanderfolgenden Bogen g_1,

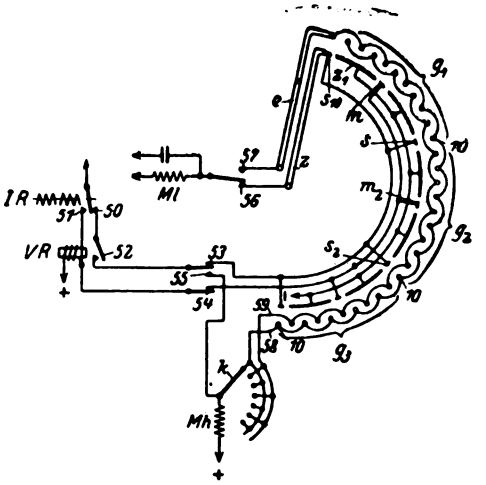


Abb. 3.

g_2, g_3. In der Pause nach den Zehnerwahlstromstößen werden die Kontakte 55 und 57 geschlossen. Am Kontakt 55 wird ein Stromkreis für den Magneten *Mh* eines einen Kontaktarm *k* besitzenden Hilfsschalters vorbereitet. Der Arm *k* rückt bei jeder Erregung von *Mh* um einen Kontakt weiter. Wenn die anrufende Stelle die Einerwahlstromstöße sendet, wird bei jedem Abfall des Stromstoßrelaisankers ein Stromstoß durch den Steuermagneten *Ml* gesandt. Der erste Stromstoß verläuft über die Kontakte 50, 52, 55, Kontaktarm *k*, Leitung 58, Einersteuerkontakt 10 von g_3 (dem Endkontakt s_3 zugeordnet), Bürste *e*, Kontakt 57 zum Magneten *Ml*. Die Bürsten *e* und *z* rücken bis zum ersten Einersteuerkontakt der Gruppe g_3 vor. Beim zweiten Einerwahlstromstoß wird außer dem Steuermagneten *Ml* auch der Magnet *Mh* erregt. Durch Erregung von *Ml* springt die Bürste *e* vom ersten zum zweiten Einersteuerkontakt 2 der Gruppe g_3. Auf diese Weise wird der Rückkontakt 50 mittels des Kontaktarmes *k* mit den einzelnen, nebeneinander liegenden Einersteuerkontakten fortlaufend verbunden, so daß, wenn der Magnet *Ml* über 50 einen Stromstoß erhält, sein Stromkreis durch das Abrücken der Bürste von dem betreffenden Kontakt unterbrochen und durch *k* ein neuer Einstellstromkreis über dem nächsten Einersteuerkontakt vorbereitet wird. Über diesen Kontakt wird beim nächsten Abfall des Stromstoßrelais *IR* der nächste Stromstoß durch den Steuermagneten *Ml* gesandt. Jedem Abfall von *IR* entspricht ein voller Einerschritt.

Der neue Schnelläufer ermöglicht große Ersparnisse in der Vorwahlstufe. Die Anzahl der in der ersten

Digitized by Google

Vorwahlstufe verwendeten Anrufsucher ist nur ein Bruchteil der sonst verwendeten Vorwählerzahl, und im Vergleich mit den bisher üblichen bekannt gewordenen hundertteiligen Anrufsuchern ist er nicht nur viel schneller, sondern auch billiger. Bei zehn Wählerpaaren in der Teilnehmergruppe kann jeder Teilnehmer nach 1000 verschiedenen Gruppenwählern weitergeschaltet werden. Für zehn Teilnehmergruppen, also 1000 Leitungen, benötigt man 150 erste Anrufsucher. Je nach der Verkehrstärke können 20, 30, 40, 80 usw. zweite Anrufsucher für je 1000 Leitungen vorgesehen werden.

(ETZ, 48. Jahrg., Heft 10, 1927).

Baustoffe.

Hochhitzebeständige Legierungen. Von Dr. Ad. Fry. Die Firma Krupp war bemüht, für Geräte zur Ausführung metallurgischer Prozesse bei 600 bis 1300° C, bei welchen die keramischen Stoffe aus bestimmten Gründen nicht Verwendung finden konnten, auf zwei getrennten Wegen der Not an Baustoffen für hohe Temperaturen abzuhelfen. Erstens durch das sogenannte Alitieren von Flußeisen, wobei das Eisen oberflächlich durch Diffusion von Schutzstoffen beständig gemacht wird; zweitens durch Schaffung hochhitzebeständiger Legierungen, die noch bei 1300° beständig sind und durch mechanische Bearbeitung in die Zweckform gebracht werden. Die daraus hergestellten Gegenstände sind infolge der Zähigkeit der Materials unempfindlich gegen Stöße und größtenteils auch gegen Temperaturwechsel, sind daher gegenüber keramischen Massen betriebssicher, sie lassen sich mit geringer Wandstärke und geringem Gewicht erzeugen; die Dichtigkeit gegen Gase usw. ist leicht zu erzielen, die spezifische Wärme ist geringer als die der keramischen Stoffe, ferner ist der Wärmedurchgang viel besser. (Wärmeleitzahl zum Beispiel von Glas 0·8, Porzellan 0·9, Schamotte 0·5, gegen 15 bis 20 der hochitzebeständigen Legierungen.) Diese Legierungen, die unter den Namen Ferrotherm, Nichrotherm und Nialit in den Handel kommen, werden für Glühtöpfe, Muffeln, Retorten, Glashüttengeräte, Pyrometerschutzrohre, elektrische Widerstandsdrähte, Ofenarmaturen, Roste, ferner Brückenteile und vieles andere verwendet. Die Legierungen müssen oft gegen Hitze und chemische Angriffe widerstandsfähig sein, oft gegen Stöße und schroffe Temperaturwechsel, besondere Eignung zum Schmieden, Pressen, Kaltziehen, oft eine große Warmfestigkeit haben; in den meisten Fällen ist gute mechanische Bearbeitbarkeit erforderlich. Zur Ermittlung der Streckgrenzen der Legierungen (geschmiedet und geglüht) wurden die ausgeglühten Proben sehr langsam zerrissen; die gefundenen Werte geben aber keineswegs etwa die für die Dauerbeanspruchung zulässigen Belastungen an, es wurde vielmehr festgestellt, daß für die Nichrotherm-Marke die höchsten Dauerbelastungen nur Bruchteile der im langsamen Warmzerreißversuch ermittelten Streckgrenzen darstellen. Mit Hilfe der angegebenen Werte können dem Verwendungszweck entsprechend die erforderlichen Abmessungen der Legierungen für Bauteile annähernd berechnet werden. Bezüglich des Verhaltens der Legierungen in der Wärme ist bemerkenswert, daß bei 1000° C noch merkliche mechanische Beanspruchungen ausgehalten werden; Flußeisen verträgt schon bei 800° C keine. Hervorzuheben ist ferner der sehr hohe Widerstand des Nichrotherm 3 noch bei 1110° C. Alle Krupp'schen hitzebeständigen Legierungen mit Ausnahme des Nialits sind mechanisch bearbeitbar.

J. W.

(Krupp'sche Monatshefte, 7. Jahrgang, Oktober 1926.)

Verbesserte Legierungen für elektrische Leiter. Von M. G. Corson. Um den Metallen für elektrische Leiter eine erhöhte Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnützung bei nicht allzu verminderter Leitfähigkeit und großen Kosten zu geben, werden sie legiert[1]). Legierungen werden dadurch erklärt, daß die zugesetzten Stoffe mit dem Grund-(Träger-)stoffe bei einer bestimmten Temperatur beständige Lösungen bilden, die auch beim Abkühlen, wenigstens teilweise erhalten bleiben. Durch die Bildung der Lösung erfolgt eine starke Verminderung der Leitfähigkeit, die durch die nachfolgende Behandlung soweit als möglich wiedergewonnen werden soll. Bei niedriger Temperatur erfolgt das Härten durch ultramikroskopischen (kolloidalen) Niederschlag des Zusatzmetalls (Härtners) innerhalb des Hauptstoffes. Die Legierungen des Verfasser (Corson-Legierungen oder Corsonite) wurden hergestellt durch die Systeme: Cu-Ni-Si, Cu-Co-Si, Cu-Ni-Be. Der Bestand an beständiger Lösung in der Legierung ist sehr gering: 0·3 bis 0·8 vH, den Härtner bilden: Ni_2Si, Ni_2Be, Co_2Si oder CrSi. Die Legierung I enthält 2·6 vH Ni und 0·6 vH Si, sie wird von 780° herabgekühlt und bei 350° bis 520° gezogen, ihre Eigenschaften sind: Zugfestigkeit 62 kg/mm², Streckgrenze 43 kg/mm², Elastizitätsgrenze 29 kg/mm², Proportionalitätsgrenze 21·5 kg/mm², 20 vH Dehnung bei 2 Zoll Länge, 34 Ohm/km/mm², 160 Brinell-Härtegrade. Die Legierung kann weiter kalt bis auf 40 vH heruntergezogen werden, ehe die Dehnung auf 5 vH fällt, die Festigkeit beträgt sodann 86 kg/mm². Die Legierung II besitzt 4·2 vH Ni, 1 vH Si und wird von 840° an gekühlt. Die Festigkeitszahlen sind in der Reihenfolge wie bei I: 82, 54, 32, 26 kg/mm², Dehnung 17 vH, Widerstand 45 Ohm, Härte 196 Brinellgrade. Es muß auf 3 bis 5 vH heruntergezogen werden, um die notwendige glatte Oberfläche zu erhalten. Drähte beider Legierungen können mit einem Schweißstab mit 38 vH Zn, 0·6 vH Sn, 0·4 vH Ni, 0·15 vH Si vor dem Erhitzen und Abkühlen geschweißt werden. Doch bildet diese Stelle mit 50 kg/mm² bei Hitzebehandlung und 68 kg/mm² bei nachträglichem kalten Ziehen eine schwache Stelle. Legierung III enthält 1·8 vH Co und 0·5 vH Si, abgekühlt ab 870°, gehärtet bei 350 bis 550°. Die Festigkeitszahlen sind 57, 49, 29, 23 kg/mm², Dehnung 18 vH, Widerstand 38 Ohm, Härte 160 Brinellgrade. Auf 30 vH kalt heruntergezogen steigt die Festigkeit auf 72 kg/mm². Der Schweißstab (vor der Hitzebehandlung zu schweißen) enthält 25 vH Zn, 1 vH Ni, 0·25 vH Si. Legierung IV enthält 0·5 vH Cr, 0·15 Si, gekühlt ab 900 bis 930° und bei 300 bis 500° gezogen. Die Festigkeitszahlen sind 38, 22, 14, 00 kg/mm², Dehnung 35 vH, Widerstand 48·5 Ohm, Härte 95 Grade. Auf 50 vH kalt gezogen ergibt es eine Festigkeit von 50 kg/mm² und 47 Ohm Widerstand. Das Schweißgut enthält 10 vH Zn, 1 vH Ni, 0·25 vH Si und ergibt nach dem Kaltbehandeln dieselbe Festigkeit wie der ungeschweißte Draht. Die Legierungen I, III, IV werden für Fahr- und Telephondrähte empfohlen, ebenso für Leitungen zur zur Versorgung von Kleinverbrauchern, wodurch sich unter Umständen bis zu 50 vH der Leiterkosten ersparen lassen. Legierung II wird wegen der großen Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnützung vornehmlich für Kollektoren, Kontaktrollen, Schalterfedern zu verwenden sein.

V. H.

(El. World, Bd. 89, Heft 3, 1927.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 671; 1927, S. 136.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Ein neuer Schallmesser für die Praxis. H. Barkhausen hat einen einfachen Schallmesser zur Feststellung der Lautstärke beliebiger Töne und Geräusche, bzw. zum Vergleich derselben, wofür bisher eine geeignete Einrichtung nicht bestand, angegeben. Er besteht aus einem Summerunterbrecher gespeist von zwei Trockenelementen, regulierbar durch einen Widerstand, einem Telephon, dessen Ton auf gleiche Lautstärke wie der auf das andere Ohr treffende Schall eingestellt wird. Die Einstellung gibt dann ein Maß für die Lautstärke. Große Genauigkeit ist schon wegen der relativ geringen Empfindlichkeit des Gehörs für kleine Unterschiede in der Lautstärke gar nicht erforderlich. Für gleiche Töne beträgt der wahrnehmbare Unterschied etwa 10, im allgemeinen rund 25, bei ganz unregelmäßigen Geräuschen sogar 50 vH. Die Stufen am Apparat unterscheiden sich um 100 vH und man kann auf etwa 50 vH interpolieren. Man kann derart die Ab-

Digitized by Google

nahme der Lautstärke in verschiedenem Abstand von einer Schallquelle ermitteln, oder die Lautstärke in verschiedenen Richtungen vom Ausgangspunkt untersuchen. Für den Schwellwert, die Grenze der Hörbarkeit, schlägt Barkhausen die Bezeichnung „Wien" vor. Um diese Einheit genauer reproduzierbar zu machen, was nach dem Gehör nur mit 25 vH Genauigkeit möglich ist, soll festgestellt werden, wieviel Wien ein Ton von bestimmter Frequenz, zum Beispiel 800 hat, bei dem der Energieinhalt in 1 cm^3 1 Erg, ist (etwa $3{\cdot}584 \cdot 10^6$ Wien). Die vorkommenden Lautstärken reichen etwa bis 10 000 Wien, größere werden vielfach als Schmerz empfunden. Bei Messung in Wien steigen die Maßzahlen in geometrischer Reihe, das heißt, eine Änderung von 4 auf 8 macht für die Empfindung ebensoviel aus, wie eine solche von 1000 auf 2000 Wien. Daher ist auch eine Angabe mit den Logarithmen mit der Basis zwei der Maßzahlen in Wien, die entsprechend 1 bis 16 0000 Wien von 0 bis 14 reichen, möglich; diese bequemer zu handhabenden Einheiten schlägt Barkhausen vor, als „Phon" zu bezeichnen. Gn.

(Zeitschrift für technische Physik, Bd. 7. Heft 12, Dezember 1926.)

Verschiedenes.

Elektrische Unfälle in den Bergwerken Englands. Dem Jahresbericht des britischen Bergwerks-Inspektors für Elektrotechnik seien die wichtigsten Angaben, hauptsächlich bezüglich der Unfall-Statistik, entnommen. — Von den Ende 1925 bestehenden 2721 Gruben verwendeten 1589 elektrischen Strom, also 58·5 vH, (im Vorjahre 57 vH). Die installierte Motorenleistung war 1 556 235 PS (i. V. 1 481 932 PS). Davon entfallen 54 vH auf unter-, 46 vH auf obertägige Verwendung. Auf ein Bergwerk entfallen 979 PS (i. V. 909 PS). — Im Jahre 1925 kamen acht tötliche Unfälle vor, welche direkt oder indirekt auf elektrische Ursachen zurückzuführen sind, davon sind sieben einfache Fälle von elektrischem Schlag, einer davon kostete zwei Menschenleben. Der achte Fall entstand durch Zündung von Schlagwettern bei der Schrämmaschine durch Funken am Steckkontakt und vernichtete fünf Menschenleben. Im ganzen kamen demnach 13 Todesfälle vor. Aus einer Beschreibung der Unfälle ist folgendes bemerkenswerte zu entnehmen: Beim Verlassen der Grube wurden zwei Arbeiter bei Berührung blanker Signaldrähte, welche mit einer gerissenen 550 V-Leitung in Berührung waren, getötet. In einem anderen Falle wurde ein Mann getötet, zwei erhielten elektrische Schläge, wobei als Ursache Berührung eines Huntes mit einer provisorischen isolierten 500 V-Leitung festgestellt worden ist. Zwei Unfälle konnten bei Berührung mit Hochspannungsleitungen (3300 V, 6000 V) festgestellt werden. Durch die Explosion von Schlagwettern wurden fünf Mann getötet, einer leicht verletzt, durch nachfolgende Schwaden 27 Mann betäubt. Das Unglück geschah vor Ort an einer Ketten-Schrämmaschine durch Funken zwischen den Kontakten und Stiften eines Anschlußorganes. Ein Hunteschieber stieg auf eine Leiter, berührte eine 440 V-Fahrleitung und fiel tot herab. Ein Mann an der Schrämmaschine erhielt einen tötlichen Schlag, als er den Steckkontakt für 500 V zog. Ein Kohlenschaufler wurde durch zufälliges Berühren der isolierten Lichtleitung 250 V getötet. Außer diesen tödlichen Fällen kamen 54 leichtere Unfälle vor (57 in 1924, 70 in 1923), davon 34 unter- und 19 obertags, wobei 64 Personen verletzt wurden. Die Ursachen waren meist schlechte Instandhaltung sowie unrichtige Behandlung durch Unwissenheit oder Nachlässigkeit. Die Instandhaltung ist Sache der Organisation und der Leitung des Werkes. Ungenügende Zahl der Organe für die Instandhaltung erhöht immer die Zahl der Unfälle, verursacht Betriebsunterbrechungen und führt allmählich zu einer völligen Zerstörung der Installation. Unfälle durch falsche Handhabung können einigermaßen durch straffe Disziplin vermindert werden, ihre Wurzel liegt aber in mangelhafter Intelligenz der Personen.

Von etwa 48 Mill. t Kohle, welche maschinell gebrochen wurde, entfallen etwa 30 Mill. t auf elektrische Schrämmaschinen. Angesichts ihrer technischen Vorzüge und ihrer Wirtschaftlichkeit ist es auffällig, daß sich dieses Verhältnis nicht ändert. Dies rührt offenbar von der Scheu her, welche die Werksleiter vor der Einführung elektrischer Einrichtungen in schlagwettergefährliche Orte hegen. Nun haben wohl die Behörden und technischen Vereinigungen für die Einführung schlagwettersicherer Konstruktionen gesorgt, doch bleibt die Instandhaltung der anfänglich zweifellos sicheren Maschinen und Apparate ein bisher ungelöstes Problem. Es ist Sache der Betriebsleiter zu beurteilen, ob einerseits der heutige Grad der Disziplin für die Instandhaltung genügt, andererseits ob die normale Bewetterung, welche den physischen Bedingungen genügt, für die erhöhte Gefahr ausreicht, welche das zeitliche Zusammentreffen von schlagenden Wettern und Fehlern an der elektrischen Installation bildet. Zu der Frage der Anwendung und Instandhaltung der schlagwettersicheren Apparate gesellt sich die Gefahr durch Defekte an den Leitungen. Eine Sicherheit gegen Kabelbruch und durch ihn verursachtes Funken wird wohl nicht zu erreichen sein. Eine Überstromsicherung hat in diesem Fall keine Wirkung, wohl aber dürfte die Einführung geerdeter Metallhüllen oder geerdeter Adern zwischen den Leitern den gewünschten Erfolg bringen.

Im folgenden seien aus der Zeit 1914 bis 1925 einige charakteristische Unfälle durch Gaszündung mitgeteilt. In einem Falle verursachte ein funkender Kollektor durch nachlässiges Befestigen des Schutzdeckels eine Explosion. Zwei Schrauben waren nicht angezogen, weil kein Raum für den Schraubenschlüssel vorgesehen war. Eine andere Explosion von Schlagwettern verursachte ein Kontroller, welcher durch ein Blech von nur 1 mm Stärke, 400 mm Länge und 200 mm abgedeckt und durch eine sehr dünne Gummilage abgedichtet war. Das Feuern der Schleifringe oder des angebauten Schalters verursachte Zündung. Von 17 Schrauben an der Kapselung der Maschine fehlten 10. Jedes einzelne dieser offenen Schraubenlöcher mit $^1/_2$ Zoll konnte für den Durchgang der Stichflamme einer inneren Zündung genügen. Wiederholt fanden Zündungen durch den Öffnungsfunken in Schaltkästen statt, weil die gasdichten Drahtdurchführungen fehlten. Ein gasdichter Sterndreieck-Schalter zündete, weil der Schutzdeckel durch den Gebrauch und durch später angebrachte Änderungen nicht mehr flammendicht war. Ein Zündungsfall ergab, daß am Kontrollerdeckel 7 oder 8 Schrauben fehlten, daß ferner der Klemmensockel des Kabels an der Maschine mit Holz festgekeilt war, statt daß er mit den vorgesehenen Schrauben befestigt gewesen wäre. Wiederholt waren Fälle, bei welchen Verletzungen der Anschlußkabel Zündungen von Gas oder Kohlenstaub verursachten.

In den Erz-, Schiefer- und Gipsgruben kamen keine ernstlichen Unfälle elektrischen Ursprungs vor. Ho.

(Electrical Review, Bd. 99, Nr. 2562, 1926.)

Literaturberichte.

3497 **Handbuch der Physik.** Herausgegeben von H. Geiger und Karl Scheel. Bd. XV: „Magnetismus und elektromagnetisches Feld"; redigiert von W. Westphal. Verlag Jul. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 43·50.

Der vorliegende Band umfaßt auf 528 Seiten mit 291 Abbildungen folgende Abschnitte: 1. Magnetostatik und 2. Magnetische Felder von Strömen, beide von Dr. P. Hertz, Göttingen; ferner 3. Die magnetischen Eigenschaften der Körper, von Dr. W. Steinhaus, Berlin; 4. Ferromagnetische Stoffe, von Prof. Dr. E. Gumlich, Berlin; 5. Erdmagnetismus, von Prof. Dr. G. Angenheister, Potsdam; 6. Elektromagnetische Induktion, von Prof. Dr. S. Valentiner, Clausthal; 7. Wechselströme, von Dr. R. Schmidt, Berlin; 8. Elektrische Schwingungen, von Dr. E. Alberti, Berlin; 9. Dispersion und Absorption elektrischer Wellen, von Prof. Dr. W. Romanoff.

Digitized by Google

Die ersten beiden Kapitel befassen sich mit rein theoretischen Fragen. Das erste Kapitel dürfte, da es allein 113 Seiten umfaßt, für den Bedarf des Technikers, vielleicht auch für den des durchschnittlichen Physikers, doch etwas weitläufig sein. Im 3. Kapitel werden auch die neueren Versuchsergebnisse und Theorien auf dem Gebiete der dia-, para- und ferromagnetischen Erscheinungen ziemlich ausführlich berücksichtigt. In der Tabelle über die Wirbelstromverluste verschiedener technischer Eisensorten fehlt die Angabe der Blechdicke auf die sich die Zahlen beziehen. Bei den ferromagnetischen Stoffen wird der Einfluß von Zustandsmodifikationen, Verunreinigungen und absichtlichen Zusätzen auf die magnetischen Eigenschaften sehr eingehend erörtert. Besondere Abschnitte sind den in neuester Zeit in Anwendung gekommenen Eisen-Nickel- und Eisen-Kobaltlegierungen (Permalloy und Kobaltmagnetstähle), sowie den interessanten Heuslerschen Kupfer-Manganlegierungen gewidmet. Im 5. Kapitel bieten die Erörterungen über lokale Störungsfelder des Erdmagnetismus durch Lager von Eisenerzen ganz besonderes technisches Interesse. Im 6. Kapitel werden unter anderem auch die interessanten Versuche Blondlots und Wilsons über die Induktion in Nichtleitern, die sich im Magnetfeld bewegen, sowie die mechanischen Induktionsmodelle von Rayleigh und Boltzmann behandelt. Das 7. Kapitel über Wechselströme umfaßt immerhin 80 Seiten, enthält also eine ziemlich ausführliche Darstellung seines Gegenstandes. Bemerkenswert erscheint die Behandlung der symbolischen Methode und der harmonischen Analyse der Wechselstromkurven. Die beiden letzten Kapitel sind für den Hochfrequenztechniker von Interesse.

Die in den Fußnoten beigefügten Literaturangaben sind sehr reichhaltig, wenngleich sie auf Vollständigkeit wohl keinen Anspruch erheben. In Einzelfällen vermißt man leider die Anführung der eigentlichen Pionierarbeiten.

Abgesehen von diesen und den oben angeführten kleinen Mängeln erscheint jedoch der auf einer hohen Stufe stehende Inhalt, dessen sonstige Zuverlässigkeit wohl außer allem Zweifel steht, nicht nur für den Physiker, sondern auch für den Elektrotechniker, der sich über die Grundlagen seiner Wissenschaft zu unterrichten strebt, von großem Werte, sei es, daß er das Buch zum Studium der strengeren physikalischen Zusammenhänge oder als Nachschlagwerk zur Hand nimmt.

Dr. Rich. Hiecke.

3460 **Sicherheitsvorschriften für den Betrieb elektrischer Anlagen und Leitungen in den Vereinigten Staaten von Amerika.** Handbuch Nr. 8 des Bureau of Standards, V. St. A. Government Printing Office, Washington 1926.

Der Inhalt dieses vierten Teiles der amerikanischen „Sicherheitsvorschriften" (National Electrical Safety Code) entspricht nach seinem Gegenstande den „Betriebsvorschriften" des E. T. V. Wien, geht aber weit mehr auf Einzelheiten ein als diese. Während unsere Betriebssvorschriften auf 10 Oktavseiten Platz finden, umfassen die amerikanischen Vorschriften 63 Seiten. Dieser Unterschied beruht offenbar darauf, daß in den V. St. A. der behördliche Standpunkt gegenüber dem industriellen Bedürfnisse das Übergewicht erlangte, was schon daraus hervorgeht, daß die Organisation des Betriebspersonals und die persönliche Verantwortung der Betriebsorgane sehr eingehend behandelt werden, während sich unsere Vorschriften mehr auf die sachliche Regelung beschränken.

Es werden folgende Sektionen behandelt: 40. Geltungsbereich; 41. Starkstromsysteme, Vorschriften für Unternehmer; 42. Desgleichen, Vorschriften für Angestellte; 43. Desgleichen, Vorschriften für Angestellte bei besonderen Arbeiten; 44. Schwachstromsysteme, Vorschriften für Unternehmer; 45. Desgleichen, Vorschriften für Angestellte. Der Geltungsbereich der Sektionen 41 bis 43 erstreckt sich auf: 1. Starkstromleitungen; 2. Schwachstromleitungen in Verbindung mit Starkstromleitungen; 3. Elektrische Einrichtungen von Kraftwerken, Unterwerken und Eigenbetrieben (ausgenommen solche bis 150 V, oder, wenn die Leistung 3 kW nicht überschreitet, bis 400 V); 4. Elektrische Messungen in solchen Betrieben und 5. Elektrische Arbeiten in Tunnels, Kanälen oder ähnlichen unterirdischen Räumen. Der Geltungsbereich der Sektionen 44 und 45 erstreckt sich auf öffentliche Schwachstromanlagen, soferne sie nicht in Verbindung mit Starkstromanlagen betrieben werden. Die Unternehmer haben für die Bekanntmachung, Auslegung und allenfalsige Abänderung der Vorschriften, für die Feststellung der Verantwortlichkeit in einem Organisationsschema, für die Anleitung zur ersten Hilfe sowie für ein Ärzteverzeichnis, für die passende Auswahl und Instruktion der Angestellten, insbesondere der Betriebsleiter und ihrer Stellvertreter, ferner für verschiedene allgemeine Schutzmaßnahmen und für die Beistellung der Schutzmittel zu sorgen. Die gleichzeitige Verwendung von mindestens 2 Mann bei Arbeiten an oder in der Nähe von Hochspannung führenden Leitungen ist im allgemeinen nur bei feuchtem Wetter oder bei Nacht vorgeschrieben. Als Grenze zwischen Hoch- und Niederspannung erscheint ausschließlich die Spannung von 750 V; jedoch werden für Spannungen unter 7500 V einige Erleichterungen der Hochspannungsvorschriften zugestanden. Dem Vorgange beim Ausschalten, Erden und Wiedereinschalten von Leitungen oder Betriebsmitteln, an denen Arbeiten vorgenommen werden sollen, ist besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Der Leiter der betreffenden Arbeit muß nicht nur bei jeder hierauf Bezug habenden Meldung seinen Namen nennen, sondern es wird ihm sogar der Wortlaut vorgeschrieben, mit dem er die wiederhergestellte Betriebsbereitschaft des Arbeitsobjektes zu melden hat. Besonderes Gewicht wird auch auf die Anbringung von Warnungstafeln „Men at work" an den Ausschaltstellen von Betriebsteilen, an denen gearbeitet wird, gelegt. Eine amerikanische Spezialität stellen die Vorsichtsmaßregeln bei Arbeiten an Serienlampenkreisen dar.

Eine gewisse Verantwortung wird auch dem einzelnen Arbeiter auferlegt, indem er sowohl seine Schutzmittel in Ordnung zu halten, als auch vor dem Betreten erhöhter Standorte die Tragfähigkeit dieser letzteren sowie der Leitern, Schutzgürtel, Steigeisen usw. zu prüfen, ferner die Folgen jedes Handgriffes an spannungführenden Leitungen sich vorher zu überlegen hat.

Auf weitere Einzelheiten der Vorschriften kann hier nicht eingegangen werden, wohl aber darf die Lektüre derselben jedem Betriebstechniker, der mit elektrischen Anlagen zu tun hat, wärmstens empfohlen werden, da sie mit großer Sachkenntnis und Sorgfalt abgefaßt sind und zu mancher durch besondere Verhältnisse gebotenen Betriebsvorschrift wertvolle Anregung bieten können. Dr. Rich. Hiecke.

3529 **Grundzüge der Zerspanungslehre.** Von Dr. Ing. Max Kronenberg. 264 Seiten mit 170 Abb. und 1 Übersichtstafel. Berlin, Verlag Julius Springer, 1927. Preis geb. Mk. 22·50.

Eine Frage von größter volkswirtschaftlicher Wichtigkeit wird in diesem Buche behandelt, denn bei der ungeheuren Zahl von Werkzeugmaschinen — in Deutschland allein waren es 1907 bereits über eine Million — bringt auch die kleinste Ersparnis an Zeit, an Kraft usw., die erreichbar ist, insgesamt bereits eine sehr große wirtschaftliche Auswirkung mit sich. Die Ergebnisse der wichtigsten Arbeiten, an welchen auch der Verfasser beteiligt ist, sind in dem vorliegenden Buch verarbeitet und es wird darin anschließend an die Besprechung der Untersuchungen über die Schnittgeschwindigkeit, den Schnittdruck und die Leistung auch die Auswirkung der Zerspanungsgesetze auf den Betrieb und die Konstruktion von Werkzeugmaschinen, sowie die praktische Anwendung der Zerspanungsgesetze behandelt. Der Verfasser hat hier ein ungeheures Versuchsmaterial verarbeitet und schon die dazu erforderliche rechnerische Leistung allein verdient volle Anerkennung. Dazu kommt aber noch, daß wir, soweit hiezu die Versuchsergebnisse vorliegen, jetzt wirklich über Grundlagen verfügen, welche die Praxis unmittel-

Digitized by Google

bar verwerten kann. Auch zeigt der Verfasser hier, in welcher Richtung weiter noch wissenschaftlich zu arbeiten ist.

Das Buch ist schon im Hinblick auf die Behandlung des Stoffes vorwiegend für den wissenschaftlich Arbeitenden und den in einem großen Betrieb an leitender Stellung Stehenden bestimmt. Für den eigentlichen Betriebstechniker ist es wohl im allgemeinen zu umfangreich. Gerade weil es aber erwünscht ist, daß die Ergebnisse der Untersuchungen Kronenbergs in die weitesten Kreise der Industrie dringen, wäre es sehr zweckmäßig, wenn in einem Auszug aus dem Buche die gefundenen Gesetze mit einer kurzen Erläuterung, sowie die wichtigsten Hinweise auf die Praxis zusammengestellt würden. Hinsichtlich der Klarheit der Schreibweise, der Deutlichkeit der Abbildungen und der Ausstattung entspricht das Buch allen Anforderungen.

Jellinek.

3521 **Österreichs wirtschaftliche Gegenwart und Zukunft.** Von Ing. Ludwig Neumann. 82 Seiten. Verlag von Halm & Goldmann, Wien 1927.

Der Verfasser kommt nach einer Darstellung des gegenwärtigen Wirtschaftsbildes von Österreich — der Handels- und Zahlungsbilanz, der Verschuldung, des Volkseinkommens, der öffentlichen Lasten und der Arbeitslosigkeit — zu dem Schlusse, daß Österreich wirtschaftlich lebensfähig ist und er gibt im zweiten Teile der Schrift Wege an, die nach seiner Meinung zu einer wirtschaftlichen Gesundung Österreichs führen würden. Zur Steigerung der Produktion wird neben der Propaganda für die inländischen landwirtschaftlichen und Industrieerzeugnisse die Förderung neuer Industrieen, der Abbau der öffentlichen Ausgaben und die Exportförderung vorgeschlagen und zum Schlusse festgestellt, daß die Sanierung der österreichischen Volkswirtschaft möglich ist, wenn es gelingt, das gesamte Volkseinkommen um mindestens 1/4 zu erhöhen. Die recht anregend gehaltene Schrift sollte in den Kreisen der Techniker und Industriellen gelesen werden.

Jk.

3531 **Weltanschauung eines Technikers.** Von Baurat Erich Meisner. Berlin 1927, Verlag von Carl Heymanns. Preis geh. Mk. 8·—.

Die sprachliche Fixierung seines Weltbildes erfolgte vom Verfasser ohne Benützung der fremdsprachlichen Terminologie der schulgemäßen Philosophie, so daß auch der Nicht-Philosoph den Gedankengängen durchwegs zu folgen vermag. Es ist interessant zu lesen, wie der Autor dazu gelangt, die Einheitlichkeit des Lebensgesetzes festzustellen. Ob manche der Ergebnisse, wie zum Beispiel die Ansicht, daß die einzige und letzte Grundlage all unseres Erkennens die sinnlichen Erfahrungen sind, einer tieferen Betrachtung standhalten, mag dahingestellt bleiben. Immerhin kann doch die Tatsache nicht verkannt werden, daß in dem Buche das untersuchte Material in origineller Weise verarbeitet worden ist.

Buchmann.

Eingegangene Bücher.

3503 Unterrichtsprobleme in Chemie und chemischer Technologie im Hinblick auf die Anforderungen der Industrie. Von Dr. W. J. Müller. 17 Seiten. Wien, Verlag von Julius Springer, 1927. Preis S 1·70.

Die Schrift bildet die Wiedergabe der Antrittsvorlesung des Verfassers an der Wiener Technischen Hochschule und nimmt nach einer Schilderung des bisherigen Chemieunterrichtes an den deutschen und österreichischen Hochschulen Stellung zur Frage, wie der Unterricht in Zukunft zweckmäßig zu gestalten ist. Da auch im Maschinenbau und in der Elektrotechnik ein analoges Zusammenwirken von Theorie und Praxis schon an der Hochschule stattfinden soll, wie in der Chemie, verdient die Schrift auch in diesen Kreisen Beachtung.

3502 Einführung in die Lehre von den Dampfkesseln. Von Dipl. Ing. E. Pfeiffer. Zwei Hefte, zusammen 56 Seiten mit 33 Abb. Verlag von Bonneß & Hachfeld, Potsdam. Preis 65 Pf. je Heft.

Die beiden Briefe enthalten das Wichtigste über den Bau der Dampfkessel, der Feuerungen usw. und können Heizern, Maschinisten und dergleichen, sowie auch zum Unterricht in Lehrlingsschulen empfohlen werden.

Chronik.

26. ordentliche Verbandsversammlung des Verbandes der österreichischen Lokalbahnen und Kleinbahnen im Mai 1927 in Linz. Als Einleitung zur Verbandsversammlung war für den 26. Mai 1927 ein Betriebsleitertag vorgesehen, der unter Vorsitz von Dir. Ing. L. Spängler und Teilnahme staatlicher und städtischer Vertreter und zahlreicher Gäste ein reiches Programm aktueller Fragen zu behandlen hatte. Dir. Ing. Max Löblich der Lokalbahn Wien—Baden sprach über „Wagenbau und Neuerungen bei der Lokalbahn Wien — Baden", Oberbaurat Dir. Dr. Ing. Benke, Steyr, über die „Neue Eisenbahnverkehrsordnung und die damit zusammenhängenden Fragen", Dir. Ing. Kratochwil, Linz, über „Kardanantrieb bei elektrischen Wagen", sowie Oberinspektor Ing. Ernst Findeis der Wiener städtischen Straßenbahnen über „Stromentnahme".

Die Jahresversammlung des Verbandes leiteten fachliche Besprechungen ein. Ein Vortrag von Generaldirektor Heinrich Schlosser „Über die Wasserkraftanlagen in Oberösterreich, insbesonders über das Partensteinwerk", sowie ein Vortrag des Herrn Vize-Präsidenten Dr. Strafella über „Autokonkurrenz", von Oberbaurat Ing. Wilhelm Fritsch über „Triebwagen" nahmen das allgemeine Interesse der Teilnehmer in Anspruch.

Eine Fahrt zur Lokomotivfabrik Krauss & Co., sowie eine Besichtigung der wasserbaulichen Anlagen der Kraftstation und Schaltanlage in Partenstein beschlossen die Tagung.

Der Verband elektrotechnischer Handelsfirmen hat kürzlich den zehnjährigen Bestand festlich begangen. Der Präsident des Verbandes, Kommerzialrat Emil Honigmann, konnte auf die mannigfaltige Tätigkeit hinweisen, die der Verband für seine Mitglieder entfaltet hat. Dazu gehören die Aufstellung von Richtlinien für die Kalkulation der elektrotechnischen Apparate, Maschinen und Bedarfsartikel, Erzielung kommerzieller Vorteile für die nach Rußland exportierenden Mitglieder, Gründung einer Börse für elektrotechnische Bedarfsartikel u. a. m. Auf Einspruch des Verbandes war es gelungen, die projektierte Erhöhung der Zölle für Elektromaterial von 140 GK auf nur 60 GK herabzusetzen, für Glasmaterial wurde von jeder Zollerhöhung abgesehen.

Briefe an die Schriftleitung.

Kritische Bemerkungen über Einphasenmotoren. Von Dr. Iwan Döry. E. u. M. 1927, Heft 4.

In diesem Aufsatz sind Behauptungen über Einphasenmotoren mit Widerstandsverbindungen enthalten, welche nicht zutreffen. Der Verfasser vertritt nämlich die Ansicht, als ob Widerstandsverbindungen grundsätzlich die Stromwendung in unzulässigem Maße stören, und daß die Vorteile, welche damit erzielt werden, aus diesem Grunde geringer seien als die in Kauf genommenen Nachteile.

Tatsächlich tritt eine merkliche Störung bei richtig bemessenen Kommutierungswiderständen nicht ein, wie zum Beispiel die von uns gelieferten 10 Stück C + C-Lokomotiven, welche auf der Schlesischen Gebirgsbahn laufen, und ebenso die 29 Stück 1 C 1-Lokomotiven, welche auf dem bayrischen Netz im Betriebe sind, eindeutig beweisen. Die Störung der Kommutation, wie sie der Verfasser im Sinne hat, müßte nämlich an einem ungünstigeren Verhalten des Kollektors bemerkbar sein. In Wirklichkeit zeigen die obenerwähnten C + C-Lokomotiven Laufleistungen von weit über 100 000 km, bevor eine Nachbehandlung des Kollektors nötig ist. Die bayrischen Schnellzugslokomotiven lassen

Digitized by Google

erkennen, daß ebenfalls Laufleistungen von über 100 000 km spielend erreicht werden. Dasselbe gilt übrigens von Triebwagenmotoren mit Widerstandsverbindungen, welche von Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim-Käfertal, in großer Anzahl sowohl für die Hamburger Vorortbahn, wie für das Münchner Vorortnetz geliefert worden sind.

Gerade bei solchen Triebwagenmotoren ist eine hohe Drehzahl unerwünscht, wie sie vom Verfasser propagiert wird, denn um Motoren dann noch richtig übersetzen zu können, muß man kleine Zahnteilungen wählen, was erfahrungsgemäß zu erheblichen Schwierigkeiten in Zahngetrieben führt (bei Motoren mit Widerstandsverbindungen kann man immer noch 11π-Teilung verwenden gegenüber 8—9 bei den schnellaufenden anderen Motoren). Auch bezüglich der Leistung, bezogen auf das Gewicht, schneidet der Motor mit Widerstandsverbindungen ausgezeichnet ab: Die erwähnten Triebmotoren leisten bei Fremdlüftung dauernd 310 PS bei 870 U/min, und zwar bei einem Gewicht ohne Zahnradvorgelege von nur 3000 kg. Es steht nichts im Wege, die Drehzahl und die Leistung noch weiter zu steigern in Fällen, in denen die Triebwagen für hohe Geschwindigkeiten durch Erhöhung der Klemmenspannung bestimmt sind. Denn Rundfeuer, wie es bei gewissen Motoren häufig beobachtet wird, deren Gleichstrom-Kommutierung zu sehr an der Grenze ist, kommt bei diesen Motoren überhaupt nicht vor.

Nicht unerwähnt sei schließlich der Vorteil, den die Widerstandsverbindungen für das Anfahren bedeuten: Gegenüber der Anfahrt mit rund doppeltem Dauerdrehmoment (vgl. Kleinow, Elektrische Schnellzuglokomotiven mit Einzelachsenantrieb, Elektrische Bahnen 1927, Heft 2, Seite 41) kann man erfahrungsgemäß unbedenklich auf das 2·6fache Dauerdrehmoment gehen (vgl. Wichert und Michel, Die 1 Do 1-Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Elektrische Bahnen, 1927, Heft 3, Seite 71), so daß praktisch genommen, weil die Erwärmungsgrenze auf den meisten Strecken doch nicht erreicht wird, bei solchen Motoren mit geringerer Nennleistung eine gleiche Förderleistung erzielt werden kann.

Mannheim-Käfertal, 29. April 1927.

Brown, Boveri & Cie.

gez. ppa. Roebel, ppa. Wichert.

Erwiderung:

Die Störung der Stromwendung durch Widerstandsverbindungen kann selbstverständlich durch Verringerung der Motorleistung auf ein noch zulässiges Maß beschränkt werden. Die Leistung ist dann eben durch die Kommutierung und nicht durch die Erwärmung begrenzt, was sicher kein Vorteil ist, während umgekehrt die Leistung der AEG- und AEG-Union-Motoren so wie die einer Gleichstrommaschine nur durch die Erwärmung und nirgends durch die Kommutierung begrenzt ist, was ganz gewiß ein großer Vorteil ist. Auch beim Anfahren kennen die AEG-Motoren keine Kommutierungsgrenze. Ihr Anfahrdrehmoment ist ausschließlich durch die Adhäsion begrenzt. Die vermeintliche Erweiterung der Anfahrfunkengrenze, die die Brown, Boveri A.-G. durch Widerstandsverbindungen erreicht, hätte deshalb für AEG-Motoren, die keine Funkengrenze kennen, überhaupt keinen Sinn.

Aber auch abgesehen von der Störung der Kommutierung sind die Widerstandsverbindungen auch deshalb schädlich, weil sie den Blindverbrauch erhöhen. Der für die Verschublokomotive der Österr. Bundesbahnen gelieferte AEG-Union-Motor übt die maximalen Zugkräfte an der Adhäsionsgrenze nicht nur mit funkenfreiem Kollektor aus, er benötigt auch nur 18 kVA pro t Zugkraft, was einen Rekord im Blindverbrauch bedeutet.

Der Zusammenhang, den die Brown, Boveri A.-G. zwischen den Widerstandsverbindungen am Kollektor und der Zahnteilung des Getriebes vermutet, ist mir nicht verständlich.

Wien, 17. Mai 1927.

Dr. I. Döry.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Das Patentwesen im Jahre 1926. Ein Vergleich der statistischen Daten der verschiedenen Patentämter mit den Daten des Vorjahres[1]) ergibt keine wesentlichen Veränderungen. Die Zahl der Anmeldungen behauptet ihre im Vorjahre erreichte stattliche Höhe, bezw. ist in ständigem Zunehmen begriffen. Eine stark ansteigende Ziffer weisen die Streitfälle (Einsprüche, Nichtigkeitsklagen usw.) auf.

Österreich weist eine Anmeldungszahl von 7002 im Jahre 1926 aus gegenüber 6980 im Jahre 1925 und 3000 Patenterteilungen (3300 im Jahre 1925)[2]). Von den seit 1899 bis 1926 überreichten 210 122 Patentanmeldungen haben 105 800 zur Erteilung von Patenten geführt. Am Ende des Jahres 1926 blieben 14 106 Patente in Kraft. 11 106 Anmeldungen befinden sich noch in Schwebe. Die Anmeldungen des Jahres 1926 verteilten sich wie folgt: 53 vH inländische Anmelder, 47 vH Ausländer. Im Vorjahre entfielen 49 vH auf inländische Anmelder. Von den erteilten 3000 Patenten entfielen 34 vH auf Inländer. Für 33·4 vH aller 7002 Anmeldungen des Jahres 1926 wurden ausländische Prioritäten in Anspruch genommen. Nach wie vor nimmt die Klasse 21 (Elektrotechnik) mit 1126 Anmeldungen (gegen 1060) und 553 erteilten Patenten (gegen 545) die erste Stelle ein. In dieser Klasse wurden seit 1899 17 021 Anmeldungen überreicht, von denen 9848 zur Erteilung von Patenten geführt haben; hievon sind 2495 noch aufrecht.

Deutschland hat einen kleinen Rückgang in der Zahl der Anmeldungen sowie der erteilten Patente zu verzeichnen[3]). Die Zahl der Anmeldungen betrug 64 384 (gegen 64 910, das ist 0·8 vH weniger als 1925), die Zahl der Patenterteilungen 15 500 (gegen 15 877, das ist 2·4 vH weniger als im Vorjahre). Die Anmeldungsziffer der Klasse 21 (Elektrotechnik) ist jedoch wieder ganz bedeutend von 7443 auf 7743 gestiegen. In dieser Klasse wurden 1754 Patente erteilt. Von den am Jahresschluß in Kraft gebliebenen 64 236 deutschen Patenten entfielen 7391 auf die Klasse 21. Von den Anmeldungen des Jahres 1926 wurden 82·7 vH von inländischen Anmeldern hinterlegt (um 2·2 vH weniger als im Vorjahre). Von den aus dem Auslande stammenden Anmeldungen entfielen unter anderem 2064 auf die Vereinigten Staaten, 1784 auf Frankreich, 1736 auf die Schweiz, 1202 auf England, 654 auf Österreich, 598 auf die Tschechoslowakei. Bemerkenswert ist, daß in den letzten fünf Jahren (1922 bis 1926) zwei Anträge auf Zurücknahme eines Patentes eingelangt sind, hingegen 90 Anträge auf Erteilung einer Zwangslizenz. Zu den Patentanmeldungen kommen 61 356 Gebrauchsmusteranmeldungen (gegenüber 61 778 im Jahre 1925). Die Klasse 21 weist jedoch auch hier wieder eine Zunahme um 542 Anmeldungen, das ist 9 vH auf.

In der Tschechoslowakei war die Zahl der Patentanmeldungen 1926 6608 (gegen 6325 im Vorjahre), darunter 718 Anmeldungen in der Klasse 21 (Elektrotechnik); die Zahl der aufrechten Patente am Ende des Jahres 1926 betrug 11 135. 36 vH der Anmeldungen sind von inländischen Anmeldern eingelangt; die von Ausländern eingereichten Patentanmeldungen verteilen sich auf 48 vH aus Deutschland, 13 vH aus Österreich, 8 vH aus den Vereinigten Staaten, 7 vH aus Frankreich, 6 vH aus England, 4 vH aus der Schweiz usw.

In Großbritannien ist nach dem Berichte des Patentamtes über das Geschäftsjahr 1926 die Zahl der Patentanmeldungen mit 33 080 gegen 33 003 i. J. 1925 fast gleich geblieben. Die Höchstziffer von 36 672 Anmeldungen i. J. 1920 ist nicht wieder erreicht worden. Erteilt wurden 17 333 Patente (17 199 i. Vj.). Für 5834 Anmeldungen wurden die Begünstigungen des Pariser Unionvertrages in Anspruch genommen (5452 i. J. 1925). Von den Anmeldungen stammen über 22 000 aus dem Ver. Königreich, 176 aus Österreich (202 i. J. 1925), 130 aus der Tschechoslowakei (169), 1190 aus Frankreich (1262), 3250 aus Deutschland (2809), 485 aus der Schweiz (450) und 3160 (3171) aus den V. St. A.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 135.

[2]) Vgl. Österr. Pat.-Blatt 1927, Nr. 2.

[3]) Vgl. Blatt f. Patent-, Muster- u. Zeichenwesen, 1927, Nr. 3.

Digitized by Google

In Rußland war die Zahl der Anmeldungen 1924/25 (1. September 1924 bis 30. September 1925) 5450, hingegen 1925/26 8249. Das starke Anwachsen der Anmeldungen ist in der Hauptsache auf das deutsch-russische Abkommen über den gewerblichen Rechtsschutz zurückzuführen. Es wurden im Geschäftsjahre 1924/25 4142 „Anmeldungszeugnisse" (nach Prüfung der Formalerfordernisse) ausgestellt, im Geschäftsjahre 1925/26 5573, hievon entfielen 4538 auf Rußland, 573 auf Deutschland, 112 auf die V. St. A., 81 auf England, 41 auf Österreich. Vor dem Kriege wurden rund 70 vH der russischen Patentanmeldungen von Ausländern hinterlegt, während am abgelaufenen Jahre 82 vH von russischen Anmeldern eingereicht wurden. Dabei ist interessant, daß die Zahl der mit deutscher Priorität eingereichten Anmeldungen 1690 beträgt, so daß der Anteil Deutschlands viel höher ist, als aus der angegebenen Aufstellung erscheint. Auch in Rußland nimmt die Klasse 21 (Elektrotechnik) die erste Stelle ein, und zwar 184 von 1019 erteilten Patenten im Jahre 1925/26. J.

Vereins-Nachrichten.

PROTOKOLL
der
45. ordentlichen Generalversammlung
vom 6. April 1927.

Da zur festgesetzten Stunde — 6 Uhr abends — die zur Beschlußfähigkeit einer Generalversammlung notwendigen 100 Mitglieder noch nicht anwesend sind, wird im Sinne des § 8 der Vereinssatzungen eine halbe Stunde später eine neue Generalversammlung abgehalten; es sind nunmehr 132 Mitglieder anwesend. Der Präsident, Direktor Ing. Beron, eröffnet die Generalversammlung und gibt bekannt, daß die Einberufung und die Anzeige an die Behörde rechtzeitig erfolgt sind: Tagesordnung, Bilanz für 1926 und Voranschlag für 1927 wurden im Heft 12 der Vereinszeitschrift veröffentlicht.

Der Präsident gedenkt nunmehr jener Mitglieder, welche der Verein im abgelaufenen Jahre durch den Tod verloren hat. Es sind dies: Direktor Hans Bonn, Granzensthal, N.-Ö.; Ing. Heinrich Buml, Graz, Stmk.; Konrad Fabianek, Direktor des Elektrizitätswerkes Warnsdorf, Č. S. R.; Ing. Viktor Barth, Wien; Ing. Ernst Doctor, Wien; Ing. Hans Gänge, Wien; Josef Koiner, Betriebsleiter des Elektrizitätswerkes Gr. Herrlitz; Hofrat Prof. Dr. Ernst Lecher, Wien; Franz Mozelt, Betriebselektriker, Wien; Hofrat Ing. Neijdl, Linz, O.-Ö.; Ing. Maximilan Schatz, Wien; Karl Tomandl, Bauleiter, Gleichen, Stmk.; Komm.-Rat Ing. Emil Kwaysser, Wien. Der Verein empfindet besonders schmerzlich den Verlust der Herren Ing. Viktor Barth, Ing. Ernst Doctor, Hofrat Prof. Dr. Ernst Lecher und Kommerzialrat Ing. Emil Kwaysser, welche durch langjährige Mitarbeit im Vereinsausschuß und in den Komitees sich besondere Verdienste um den Verein erworben haben.

Die Anwesenden haben die Gedächtnisrede stehend angehört; die Trauerkundgebung soll in das Protokoll aufgenommen werden.

Zu Prüfern des Protokolles wählt die Generalversammlung die Herren Dir. Ing. Richard Kann und Ing. Fritz Stiehler, sowie zu Stimmzählern die Herren Ing. Robert Lichal und Ing. Herbert Weiß.

Über Beschluß der Generalversammlung werden zuerst die Punkte 4 (Wahl des Präsidenten), Punkt 5 (Wahl von 2 Vizepräsidenten) und Punkt 6 (Wahl von 9 Ausschußmitgliedern, sowie Wahl der Rechnungsprüfer und deren Ersatzmänner) durchgeführt.

Herr Sektionschef Ing. Kunze erstattet als Obmann des Wahlkomitees den Bericht und gibt bekannt, daß nach § 10 *a* der Vereinssatzungen die Mandate folgender Herren des Vereinsausschusses ablaufen:

Das Mandat des Präsidenten Direktor Ing. Beron, die Mandate der Vizepräsidenten Ministerialrat Ing. Luithlen und Direktor Ing. Maerz, sowie die Mandate der Ausschußmitglieder: Prokurist Dr. Denk, Ing. Frisch, Direktor Ing. Jiretz, Sektionschef Ing. Kunze, Ministerialrat Ing. Lorenz, Ziviling. Perl, Prof. Dr. Richtera, Direktor Ing. Sommer, Prof. Dr. Ing. Wist, Direktor Ing. Wrabetz. Außerdem laufen die Mandate der Mitglieder und Ersatzmänner des Revisionskomitees ab.

Das Wahlkomitee schlägt folgende Herren zur Wahl vor: Als Präsident Ing. L. Kallir, Direktor der AEG-Union Elektrizitäts-Ges., als Vizepräsidenten den abtretenden Präsidenten Ing. Beron, Direktor der Städt. Elektrizitätswerke, sowie Dr. techn. Ing. Kann, o. Professor der Technischen Hochschule Wien.

Sektionschef Kunze begründet die Wahlvorschläge für den Präsidenten und die beiden Vizepräsidenten und gibt dann die Wahlvorschläge für den Vereinsausschuß bekannt. Es sind dies die Herren: Ministerialrat Ing. Hermann Bambula, Direktor Ing. Dr. Iwan Döry, Ing. Erwin Frimmel, Baurat Ziviling. Konrad Krenner, Direktor Emil Reich, Direktor Karl Rothweiler, Oberstadtbaurat Ing. Heinrich Schlögl, Rechtskonsulent Dr. Heinrich Schreiber, Direktor Ing. Richard Stradner.

Zu Revisoren schlägt das Wahlkomitee vor die Herren: Direktor Ellenbogen, Direktor M. Kallir, Ing. Schalkhammer; zu Ersatzmännern des Komitees die Herren: Kommerzialrat Ing. Honigmann, Prokurist Ing. Gröschl, Direktor Ing. Pick.

Der Vorsitzende dankt Sektionschef Ing. Kunze für seinen Bericht. Über Antrag erfolgt die Wahl der Rechnungsprüfer und deren Ersatzmänner durch Zuruf, worauf für die Wahlen in die Vereinsleitung die Stimmzettel eingesammelt werden.

Zu Punkt 1 der Tagesordnung (Bericht über die Vereinstätigkeit im Vereinsjahre 1926/27) — der Tätigkeitsbericht wurde im Heft 13 der Zeitschrift veröffentlicht — gibt der Präsident einen kurzen Überblick über die fachliche Tätigkeit des Vereines im abgelaufenen Jahre und hebt im besonderen hervor die Neubearbeitung der „Sicherheitsvorschriften", die Neubearbeitung der „Statistik", die Normungsarbeiten, die Arbeiten des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees des I. E. C. hervor.

Die Generalversammlung genehmigt den Tätigkeitsbericht.

Zu Punkt 2 der Tagesordnung (Bericht über den Gebarungsausweis und über die Bilanz pro 1926, sowie über den Voranschlag 1927) verliest der Geschäftsführer folgenden Bericht des Kassaverwalters:

„Geehrte Generalversammlung! Der im Heft 12 der Vereinszeitschrift vom 20. März d. J. veröffentlichte Bericht über die Gebarung des Jahres 1926 weist einen Vermögenszuwachs von S 1341·34 aus, so daß das Vereinsvermögen Ende 1926 S 14 360·41 beträgt.

Bei den Einnahmen haben die Mitgliedsbeiträge sowie die Zinsen etwas mehr eingebracht als im Voranschlag vorgesehen war. Die Gemeinde Wien hat dem Vereine über Vermittlung der Städt. Elektrizitätswerke Wien eine Subvention von S 1000 bewilligt, welcher Betrag im Voranschlag nicht enthalten war; für diese Widmung möchte ich bei diesem Anlaße der Gemeinde Wien, wie auch den Städt. Elektrizitätswerken den verbindlichsten Dank zum Ausdruck bringen.

Bei den Ausgaben haben die Bürospesen durch unerläßliche Inventaranschaffungen gegenüber dem Voranschlag eine Erhöhung erfahren. Die Ausgaben für Vortragsspesen, wie auch der Gebarungsausfall der Zeitschrift sind geringer als präliminiert war. Eine nicht vorgesehene Ausgabe bildete der Beitrag unseres Vereines an die Internationale Elektrotechnische Kommission.

Der Gebarungsausweis zeigt somit, daß die Erhaltung des Gleichgewichtes im Haushalte unseres Vereines — wenn auch ein kleiner Überschuß erzielt wurde — nur dadurch möglich war, daß einerseits die Einnahmen etwas höher waren als angenommen wor-

Digitized by Google

den war, andererseits durch äußerste Sparsamkeit bei einzelnen Ausgabenposten die Ansätze des Voranschlages unterschritten wurden. Da weitere Ersparnisse nicht mehr möglich, im Gegenteile größere Auslagen dadurch zu erwarten sind, daß die schrittweise weitere Ausgestaltung der Vereinszeitschrift nicht unterbrochen werden darf und dem Vereine auch fortgesetzt neue Aufgaben erwachsen, mußte die Vereinsleitung für eine Erhöhung der Einnahmen Sorge tragen. Es wurde daher einer im Dezember des Vorjahres abgehaltenen außerordentlichen Generalversammlung eine geringe Erhöhung der Mitgliedsbeiträge beantragt und von ihr auch angenommen. Die Erhöhung der Beiträge kann gewiß als bescheiden bezeichnet werden, wenn man bedenkt, daß unsere Vereinszeitschrift — die vor dem Kriege im Jahre rund 1550 Seiten Umfang hatte, im Kriege dann unter die Hälfte dieses Umfanges eingeschränkt werden mußte — im Jahre 1926 den vollen Friedensumfang wieder erreicht hat. Die Kosten für die Herstellung der Zeitschrift — die allen Mitgliedern kostenlos geliefert wird — sind wesentlich höher als vor dem Kriege, während die Mitgliedsbeiträge im Durchschnitt die Vorkriegsbeiträge auch heute noch nicht erreicht haben.

Der Voranschlag für 1927 ist auf Grund der erhöhten Mitgliedsbeiträge erstellt; doch wurden mit Rücksicht auf den bei den derzeitigen wirtschaftlichen Verhältnissen nicht zu vermeidenden Abgang von Mitgliedern die Einnahmen sehr vorsichtig eingeschätzt. Die Vereinsleitung hofft, daß im Jahre 1927 zumindest eine Verringerung des Vereinsvermögens vermieden werden wird.

Ich benütze gerne diese Gelegenheit, um Herrn Sekretär und Geschäftsführer Ing. Marx, Herrn Chefredakteur Ing. Grünhut, sowie allen Beamten des Vereines namens der Vereinsleitung den verbindlichsten Dank für Ihre im Interesse des Vereines aufgewendete intensive und erfolgreiche Tätigkeit auszusprechen."

Sodann verliest zu Punkt 3 der Tagesordnung (Bericht der Revisoren und Beschlußfassung üben den Rechnungsabschluß) Herr Direktor Ing. Pick folgenden Revisionsbericht:

„Wir unterzeichneten Rovisoren haben die Bücher und Rechnungen eingehend geprüft und uns durch vielfache Stichproben von der richtigen Buchführung volle Überzeugung verschafft.

Wir bestätigen auch, daß uns der Nachweis über den per 31. Dezember 1926 vorhanden gewesenen Effektenbestand erbracht wurde.

Wir beantragen daher der Generalversammlung, dem Ausschuß das Absolutorium zu erteilen und dem Herrn Kassaverwalter für seine Bemühungen den wärmsten Damk auszudrücken.

Für das Revisions-Komitee:

Ing. E. Pick e. h. S. Ellenbogen e. h.

E. Gröschl e. h."

Die Generalversammlung genehmigt den Bericht des Kassaverwalters, erteilt dem Ausschuß das Absolutorium und spricht dem Kassaverwalter Direktor Reich den Dank für seine so mühevolle und aufopferungsvolle Tätigkeit im Interesse des Vereines aus.

Zu Punkt 7 der Tagesordnung (Eventuelle Anträge) liegt nichts vor.

Der Präsident gibt nunmehr das Ergebnis der Wahlen bekannt, wonach alle Vorschläge des Wahlkomitees einstimmig angenommen sind.

Der neugewählte Präsident, Direktor Ing. Kallir, gibt auf die Anfrage, ob er die Wahl annimmt, folgende Erklärung ab:

„Sehr geehrte Herren! Ich nehme die auf mich gefallene Wahl zum Präsidenten Ihres Vereines bestens dankend an. Ich betrachte dieselbe nicht nur als ein Zeichen ehrenvollen Vertrauens, das Sie mir schenken, sondern bin mir auch der Pflichten bewußt, die ich hiemit auf mich nehme.

Unser Verein, der ursprünglich bestimmt war, den Zusammenschluß der auf dem Gebiete der Elektrotechnik tätigen Fachleute zu pflegen und ihnen durch Herausgabe einer Zeitschrift und durch die Veranstaltung von Vorträgen die anstrebenswerten Informationen über den Fortschritt der Elektrotechnik zu geben, hat seine Tätigkeit seither wesentlich erweitert. Vor allem bilden die Herausgabe der „Sicherheistvorschriften" und sonstigen die Konstruktion elektrischer Erzeugnisse und den Bau elektrischer Anlagen regelnden Bestimmungen, weiters die Anteilnahme des Vereines an den Arbeiten der Internationalen Elektrotechnischen Kommission und die Herausgabe der „Statistik der Elektrizitätswerke und elektrischen Bahnen" wichtige Aufgaben des Vereines.

Die mühevolle Arbeit, die erforderlich ist, um auf allen diesen Gebieten Ersprießliches zu leisten, wird von den hiefür aufgestellten Komitees geleistet. Ich muß an diese sowohl, als auch an das Büro des Vereines den Appell richten, auch weiterhin sich der vorliegenden Aufgaben anzunehmen, da mir sonst eine erfolgreiche Führung des Vereines unmöglich wäre, wobei ich Sie jedoch versichern möchte, daß ich meinerseits es an nichts fehlen lassen werde, Sie bei all diesen Arbeiten soweit als möglich zu unterstützen.

In dieser Versicherung spreche ich Ihnen wiederholt meinen Dank für die auf mich gefallene Wahl aus." (Großer Beifall.)

Auch die neugewählten Vizepräsidenten Direktor Ing. Beron und Prof. Dr. techn. Kann danken für das zum Ausdruck gebrachte Vertrauen und erklären die Wahl annehmen zu wollen.

Der Präsident beglückwünscht den neugewählten Präsidenten, wie auch den Verein zur Wahl von Herrn Dir. Kallir als Präsidenten; er dankt den abtretenden Vizepräsidenten Ministerialrat Ing. Luithlen und Direktor Ing. Maerz für ihre werktätige Unterstützung während seiner Präsidentschaft, er dankt weiters allen Ausschußmitgliedern, den Mitgliedern und Obmännern aller Komitees und Arbeitsausschüsse für ihre Tätigkeit; er spricht weiters dem Sekretär und Geschäftsführer Ing. Marx, dem Schriftleiter Ing. Grünhut, dem Administrator Kaindl, sowie allen übrigen Angestellten des Vereines den Dank für ihre dem Vereine gewidmeten Dienste aus.

Es meldet sich zum Wort Herr Dr. Ing. Markt, welcher ausführt: „Sehr geehrte Herren! Das Mandat unseres Herrn Präsidenten Direktor Ing. Beron läuft satzungsgemäß mit dem heutigen Tage ab. Ich möchte nicht verabsäumen, Herrn Direktor Ing. Beron für seine hingebungsvolle und verdienstvolle Tätigkeit als Präsident namens des Vereinsausschusses den besten Dank auszusprechen. Wir alle wissen, welch große Opfer es erfordert, sich neben einer mit großer Verantwortlichkeit verbundenen Berufstätigkeit, wie sie Herrn Direktor Ing. Beron obliegt, auch noch den Interessen des Vereines zu widmen und für ihn tätig zu sein. Als besonders bedeutsame Leistungen, die der Verein unter der Präsidentschaft von Direktor Ing. Beron aufzuweisen hat, müssen hervorgehoben werden die Neubearbeitung der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen", die nach vielfacher tiefgründlicher Durcharbeit nunmehr vollendet vorliegen, weiters eine Reihe von „Sondervorschriften" zu diesen Sicherheitsvorschriften, die zum Teil noch in Bearbeitung stehen, endlich die Herausgabe der „Statistik der Elektrizitätswerke und elektrischen Bahnen Österreichs", die nach sechsjähriger Pause in neuer erweiterter Aufmachung wieder erschien. Unter seiner Präsidentschaft hat das „Österr. Komitee der Internationalen Elektrotechnischen Kommission" (I. E. C.) seine Arbeiten wieder in Angriff genommen. Es sind durchwegs Arbeiten, die nicht nur vom engeren Vereinsstandpunkte aus hervorzuheben, sondern die darüber hinausgehend für die ganze Elektrizitätswirtschaft Österreichs von Bedeutung sind und zur Hebung des Ansehens unseres Vereines und der österreichischen Elektrotechnik auch im Ausland gewiß beitragen werden. Wir danken Herrn Präsidenten Beron für sein ausgezeichnetes Wirken und knüpfen daran die Bitte, er möge seinen Rat und seine reichen Erfahrungen auch weiterhin dem Verein zur Verfügung stellen. Ich bitte die geehrte Versammlung auch ihrerseits sich diesem Dank anzuschließen. (Großer Beifall.)

Digitized by Google

Satzungsgemäß scheiden auch die beiden Vizepräsidenten, Herr Ministerialrat Ing. Luithlen und Herr Direktor Ing. Maerz, aus der Vereinsleitung. Wir danken auch den beiden Herren Vizepräsidenten für ihre dem Vereine mit voller Hingabe gewidmete Tätigkeit und bitten auch sie um ihre weitere Unterstützung." (Großer Beifall.)

Der Präsident Direktor Ing. Beron dankt Herrn Prokurist Dr. techn. Ing. Markt, sowie der Versammlung für die liebenswürdige Anerkennung seiner Tätigkeit und schließt die 45. ordentliche Generalversammlung.

Wien, am 6. April 1927.

Der Präsident:
Ing. R. Beron e. h.

Der Sekretär und Geschäftsführer:
Ing. A. Marx e. h.

Die Verifikatoren:
Ing. R. Kann e. h. Ing. F. Stiehler e. h.

Vereinsausschuß für das Jahr 1927/28.

(Auf Grund der Wahlen der 45. ordentlichen Generalversammlung vom 6. April 1927.)

Präsident:

Kallir Ing. Ludwig, Direktor der AEG-Union Elektrizitäts-Ges., Wien.

Vizepräsidenten:

Beron Ing. Rudolf, Direktor-Stellvertreter der Städt. Elektrizitätswerke, Wien.

Kann Dr. techn. August, o. Professor für Elektrotechnik der Technischen Hochschule, Wien.

Kassaverwalter:

Reich Emil, Direktor der Kabelfabrik & Drahtindustrie A.-G., Wien.

Mitglieder:

Bambula Ing. Hermann, Ministerialrat im Bundesministerium für Handel und Verkehr, Wien.

Bonwitt Ing. Wilhelm, Kommerzialrat, Wien.

Brock Ing. Friedrich, Generaldirektor der „Newag", Niederösterr. Elektrizitätswirtschaft A.-G., Wien.

Czeija Dr. rer. pol. und Ing. Rudolf, Ministerialrat im Bundesministerium für Handel und Verkehr, Wien.

Döry Dr. Ing. Iwan, Direktor der AEG-Union Werke A.-G., Wien.

Frimmel Ing. Erwin, Ingenieur der Österr. Brown, Boveri-Werke A.-G., Wien.

Jellinek Ing. Stefan, Oberbaurat im Patentamt, Wien.

Krenner Ing. Konrad, Baurat, beh. aut. Zivilingenieur, Wien.

Kugel Dr. Ing. Moritz, Direktor der Accumulatoren Fabriks A.-G., Wien.

Luithlen Ing. Hugo, Ministerialrat, Direktor-Stellvertreter der Elektrisierungsdirektion in der Generaldirektion der Österr. Bundesbahnen, Wien.

Maerz Ing. Martin, Direktor der Österr. Siemens-Schuckert-Werke, Kabelwerk, Wien.

Mandich Hofrat Ing. Leo, Direktor der "Elin" A.-G. für elektrische Industrie, Wien.

Markt Dr. techn. Ing. Gustav, Prokurist der Österr. Siemens-Schuckert-Werke, Wien.

Pfeuffer Ing. Hans, Baurat der Generaldirektion für das Post-, Telegraphen und Fernsprechwesen, Wien.

Rothweiler Karl, Direktor der „Vertex" Elektrowerke Ges. m. b. H., Atzgersdorf bei Wien.

Schlögl Ing. Heinrich, Oberstadtbaurat, Vorstand der Magistrats-Abteilung 27 a im Stadtbauamt, Wien.

Schlögl Ing. Josef, Direktionsrat der Städt. Elektrizitätswerke, Wien.

Schreiber Dr. Heinrich, Rechtskonsulent, Wien.

Stradner Ing. Richard, Direktor der Vereinigten Telephon- und Telegraphen-Fabriks-A.-G., Czeija Nissl & Co., Wien.

Berichtigung.

Über den heutigen Stand der Physik k'einer Teilchen.. Von Dr. G. Beck. E. u. M. 1927, Heft 17, S. 347.

In der untersten Formel der ersten Spalte, Seite 349, ist K durch π zu ersetzen, so daß diese Formel richtig lautet:

$$m = \frac{4}{3}\,\pi\, a^3\, \sigma.$$

In den Formeln (18) bis (19), Seite 350, ist im Nenner [bezw. in (19) im Zähler] σ durch 6 zu ersetzen, ferner im Zähler von (18) ein g einzufügen, so daß diese Formeln zu lauten haben:

$$v_e = \frac{\varepsilon\,\mathfrak{E} + \frac{4}{3}\,\pi\, a^3\, \sigma g}{6\,\pi\,\mu\, a}\left(1 + A\,\frac{l}{a}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (18),$$

$$\frac{\varepsilon\,\mathfrak{E}^*}{6\,\pi\,\mu\, a} = -\,\alpha_f; \qquad \frac{\varepsilon\,\mathfrak{E}^*\,A}{6\,\pi\,\mu\, a^2} = -\,\beta_f,$$

$$\frac{\varepsilon}{A} = \frac{6\,\pi\,\mu}{\mathfrak{E}^*}\,\frac{\alpha_f^2}{\beta_f} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19).$$

D. S.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	13. VI. 1927	15. VI. 1927	17. VI. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	122¾	123	12.¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	53½-54½	53½-54½	53-54
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	100—105	100—105	95—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 17. Juni 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)		Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:							
Electrolytic		59	15	0	60	0	0
Wire bars		60	0	0	—	—	—
Standard	Kassa . .	53	17	6	53	18	9
	3 Monate .	54	11	3	54	12	9
Zinn:							
Engl. ingots		292	10	0	293	0	0
Standard	Kassa . .	295	10	0	295	12	6
	3 Monate .	286	17	6	287	0	0
Blei:							
Engl. pig common . .		25	10	0	—	—	—
Zink:							
Ordinary brands . .		28	11	3	28	8	9
Remelted		28	15	0	—	—	—
English Swansea . .		29	1	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 3. Juli 1927 | Heft 27

INHALT: Spannungsregelung in Drehstromanlagen. Von Obering. O. Burger Berlin-Siemensstadt. S. 537. / Über die Leistungslinien, der synchronen Wechselstrommaschinen. Von G. Hauffe, Dresden. S. 543.

RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 544. / Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 545. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 546. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 546. / Stromverteilung. S. 547. Leitungen und Leitungsbau. S. 547. / Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 549. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 550. / Elektrische Apparate. S. 551. Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 551. / Akkumulatoren, galvanische Elemente u. Thermoelemente. S. 552. Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie. S. 553. / Baustoffe. S. 553.

CHRONIK. S. 554.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUMG. S. 554.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 555.

Spannungsregelung in Drehstromanlagen.

Von Obering. O. **Burger**, Berlin-Siemensstadt[1]).

Einleitung.

Das Problem der Spannungsregulierung tritt bei allen Starkstromleitungen auf, seien es Übertragungs-, Verteiler- oder Verbraucherleitungen.

Durch die Zunahme der Belastung der Leitungsanlagen sind die Spannungsabfälle groß geworden und erfordern gebieterisch die Verwendung von Regeleinrichtungen, um an den einzelnen Punkten der Anlage die dort erforderliche Spannung zu erzielen. Nicht nur die Leitungen, auch die modernen Hochspannungs-Transformatoren, die bekanntlich der Übertragungsanlage zuzurechnen sind, mit ihren großen Kurzschlußspannungen, sind eine Quelle großer Spannungsabfälle. In Kupplungsleitungen, welche eine Stromlieferung in beiden Richtungen vorzunehmen haben, verdoppelt sich der Regulierbereich und erfordern besonders große Regelapparate.

Wenn eine Anlage neu zu errichten ist, kommt es darauf an, die wirtschaftlich günstigste Spannung mit dem wirtschaftlich günstigsten Leitungsquerschnitt zu wählen.

Die Entwicklung der Formeln zeigte, daß der Leitungsverlust proportional der Streckenlänge wachsen kann. Es muß, wenn man die wirtschaftlich günstigste Spannung wählt, der Leistungsverlust sein:

$$\varepsilon_{vv} = \frac{L}{E} \cdot \sqrt{F},$$

worin F ein Faktor ist, der vom Kupferpreis, Strompreis, Verzinsung und Benutzungskurve abhängt. Einen wirtschaftlichen Spannungsverlust gibt es natürlich nicht — nur der Leistungsverlust ist wirtschaftlich zu erfassen.

Den Spannungsverlust können wir folgendermaßen darstellen:

$$\varepsilon_v = 100 \frac{WR + BS}{E^2} \text{ in vH},$$

worin W Wirklast, B Blindlast, R Resistanz, S Induktanz, E Betriebsspannung bedeutet. Alle Werte gemessen in kW, kV und Kiloohm.

Der Leistungsverlust ist im Gegensatz hierzu:

$$\varepsilon_{vv} = 100 \frac{WR + \frac{B^2}{W} R}{E^2} \text{ in vH}.$$

Wie aus obiger Formel zu ersehen ist, ändert sich der Spannungsverlust quadratisch mit der Spannung, was aber hier bei den folgenden Betrachtungen nicht weiter beachtet zu werden braucht, da wir ja die Regulierung für eine gegebene Übertragungsspannung bestimmen wollen. Die Spannung ist schon aus wirtschaftlichen Gründen festgelegt.

Wenn man für gegebene Verhältnisse von Belastung und Leitungsanlage eine bestimmte Spannung am Ende der Leitung einhalten will, so kann man dies nach vier verschiedenen Systemen erreichen.

1. Die in der Empfangsstation ankommende, meist zu niedrige Spannung wird durch im Zuge der Leitung liegende, also in Serie geschaltete Transformatoren geeigneter Größe auf die beim Verbraucher gewünschte Spannung gebracht.

2. Statt die Spannung durch Zusatztransformatoren zu erhöhen, kann man auch eine Serienmaschine in den Stromkreis einschalten und mit dieser den Spannungsverlust in der Leitung soweit aufheben, wie es für die Einhaltung der Spannung beim Verbraucher notwendig ist.

3. Der Spannungsverlust in der Leitung selbst wird dadurch verändert, daß man die Blindbelastung in der Empfangsstation ändert.

4. Man schaltet in Serie mit der Induktivität der Leitung einen Kondensator und verringert damit die resultierende Reaktanz der Übertragung.

Natürlich kann man die Regulierungseinrichtungen auch von anderen Gesichtspunkten aus teilen, beispielsweise danach, ob sie eine kontinuierliche oder nur sprungweise Regulierung gestatten, oder ob es ruhende oder rotierende Apparate sind. Selbst-

[1]) Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 9. Dezember 1926.

Digitized by Google

verständlich ist eine stetige Regulierung das erstrebenswerte Ziel. Leider sind im allgemeinen derartige Einrichtungen bedeutend teurer als solche mit Regelstufen, so daß man aus ökonomischen Gründen gezwungen wird, sich mit der stufenweisen Schaltung der Regulierung zu begnügen. Abgesehen von dem Vorteil einer kontinuierlichen Regelung für die Genauigkeit der Einstellung hat dieselbe auch den ganz besonderen Vorzug, daß wir keine Stromumschaltapparate brauchen. Bekanntlich ist in der Wechselstromtechnik das unangenehmste Gebiet das der Schaltungen des Wechselstromes. Bei kontinuierlicher Regelung hat man nur vom Strom ständig durchflossene Wicklungen, sei es, daß diese feststehen, oder rotieren. Solche Wicklungen lassen sich sehr betriebssicher herstellen und es sind daher die kontinuierlichen Regelungen von diesem Gesichtspunkte aus vorzuziehen.

Beschreibung der Regelapparate.

Es sei hier zunächst erwähnt, daß wir nur solche Schaltungen behandeln wollen, welche eine Regelung während des Betriebes gestatten.

a) Spannungsregelung mit Spannungs-Zusatz-Apparaten.

Drehtransformatoren sind wohl von allen bisher geschaffenen Regelapparaten die idealsten, um eine gute Regulierung zu erzielen. Sie können sowohl für Handbetrieb, Fernantrieb mit Motor, als auch für automatischen Betrieb eingerichtet werden. Bei Verwendung zweier hintereinander geschalteter Drehtransformatoren ist es möglich, bei parallel geschalteten Leitungen die Wirk- und Blindlastverteilung der parallelen Leitung genau einzustellen. Es ist aber hierfür notwendig, zwei unabhängig zu bedienende Drehtransformatoren zu verwenden. Durch eine von Schrottke angegebene Schaltung ist es möglich, unter Verwendung eines festen Zusatz-Transformators das Spannungsniveau der Regulierreinrichtung so zu heben oder zu senken, daß das positive und negative Regulierbereich des Drehtransformators voll ausgenützt werden kann. Zum Einschalten der Erregung eines Transformators kann man den Anlaßschutzschalter nach Zederbohm verwenden. Drehtransformatoren sind gegenüber anderen Regelapparaten teurer. Doch bedeuten sie in bezug auf das gesamte investierte Kapital einen sehr geringen Prozentsatz. Sie machen sich indirekt durch bessere Regelung bezahlt. Der Drehtransformator hat die vielfach erwünschte Annehmlichkeit, die Induktivität der Leitung zu vergrößern, und zwar — gegenüber Zusatztransformatoren im Mittel etwa das Zehnfache — und damit die Kurzschlußströme herabzusetzen. Die Streuspannung des Drehtransformators beträgt 25 bis 30 vH, eines Zusatztransformators 2·5 bis 3·5 vH. Die Verluste durch Drehtransformatoren sind nicht bedeutend; sie betragen bei 10 vH Regulierung etwa 0·5 vH der Durchgangsleistung. Bei schwach belasteten Anlagen könnten die Eisenverluste eine Rolle spielen. Man muß aber in den Stunden geringer Belastung den Apparat abschalten, was durch den Zederbohm-Schalter ohne weiteres möglich ist.

Es wird vielfach behauptet, daß Drehtransformatoren eine Verschlechterung des Leistungsfaktors bedeuten. Bekanntlich ist dies ein Trugschluß. Es tritt wohl beim Regulieren eine Phasenverschiebung auf, aber für Strom und Spannung zugleich. Die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung bleibt bis auf einen Rest, der durch den Spannungsverlust im Drehtransformator bedingt ist, bestehen. Es ist die Veränderung der Phasenlage nur dann von Bedeutung, wenn noch eine zweite Parallelleitung besteht.

Zusatztransformatoren in Verbindung mit Stufenschaltern sind bereits vor 15 bis 30 Jahren vielfach aufgestellt worden. Man hatte ihre Anwendung zum größten Teil wieder verlassen, einerseits, weil die Anforderungen an die Regulierung seitens der Elektrizitätswerke noch nicht so große waren und andererseits, weil man bereits im Drehtransformator einen vollkommenen Apparat wegen seiner kontinuierlichen Regulierung hatte. Es besteht auch ein gewisses Widerstreben der Transformatorenfabriken, Transformatoren mit einer größeren Anzahl Anzapfungen auszurüsten, weil jede Anzapfung eine Schwächung der elektrischen und mechanischen Festigkeit des Transformators bedeutet. Es sind infolge dessen eine Reihe Schaltungen entstanden, die aus dem Wunsche der Transformatorenwerke hervorgingen, nach Mögkeit nur Zusatztransformatoren zu verwenden, welche keinerlei Anzapfungen besitzen. Um nun den Hauptstromkreis beim Umschalten von einer Stufe auf die andere nicht zu unterbrechen, wurde meistens die Umschaltung auf der Erregerseite der Zusatztransformatoren vorgenommen. Auf diese Weise sind die zu schaltenden Leistungen klein, da es sich nur um die Zusatzleistungen handelt. Auch wenn die Übertragungsspannung zu hoch ist, ist es möglich, auf der Erregerstromseite zu schalten, indem durch besondere Erregertransformatoren die Spannung auf der Erregerseite auf eine solche Spannung herabgesetzt wird, die den Bau geeigneter, nicht zu teurer Apparate gestattet.

Die fünfstufige Schaltung nach Sessinghaus dient in der Hauptsache für kleinere Leistungen. Es muß die Spannung durch einen besonderen Erregertransformator soweit herabgesetzt werden, daß man für die Umschaltzwecke einen Kontrollapparat verwenden kann. Bei der Sessinghaus-Schaltung wird die Erregung des Zusatztransformators durch den Kontroller entweder in Stern- oder in Dreieck geschaltet, und zwar entweder zum Spannungszusetzen oder zum Spannungsabsetzen. Man erhält demnach zwei Plusstufen und zwei Minusstufen und eine Mittelstellung, bei welcher der Zusatztransformator kurzgeschlossen ist. Wie das Diagramm ergibt, sind die Stufen annähernd gleich groß, wenn die Schaltung des Erregertransformators eine Verdrehung des Spannungsvektors von 30° ergibt. Die Sessinghaus-Schaltung soll in der Hauptsache für Handbetriebe verwendet werden. Für automatischen Betrieb ist

Digitized by Google

sie weniger geeignet. Diese Schaltung ist hauptsächlich für kleinere Durchgangsleistungen in Abzweigleitungen oder für die Transformatorenstation eines Ortsnetzes gedacht und auch sehr bequem für nachträglichen Einbau geeignet.

Das Diagramm Abb. 1 ist wohl ohne weiteres verständlich. Da der Erregertransformator Stern-Dreieck-Schaltung hat und die Erregung des Zusatztransformators durch den Kontroller in Dreieck geschaltet ist, heben sich bei richtiger Schaltung beide Verdrehungen des Spannungsvektors

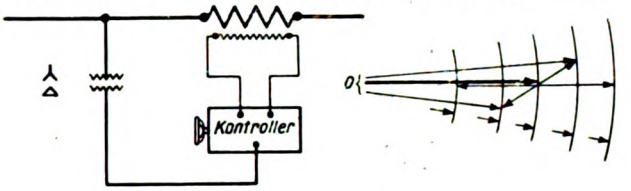


Abb. 1. Sessinghaus-Schaltung.

gegenseitig auf. Die höchste Zu- oder Absatzspannung ist daher in Phase mit der Hauptspannung. Bei Umschaltung der Erregung des Zusatztransformators auf Sternschaltung, bleibt die Zu-

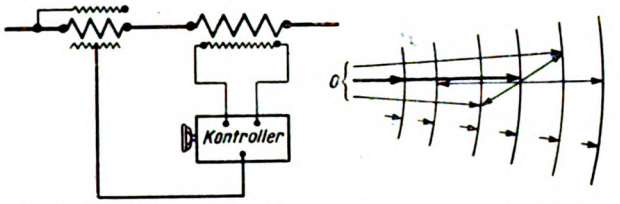


Abb. 1*a*. Sessinghaus-Schaltung mit fester Vorstufe.

satzspannung um die 30°, die der Erregertransformator verursacht hat, gedreht. Abb. 1*a* stellt die Schaltung **nach Sessinghaus** mit fester Vorstufe dar.

Abb. 2 und 3 stellen den Kontroller, bzw. den Einbau eines Sessinghaus-Aggregates dar.

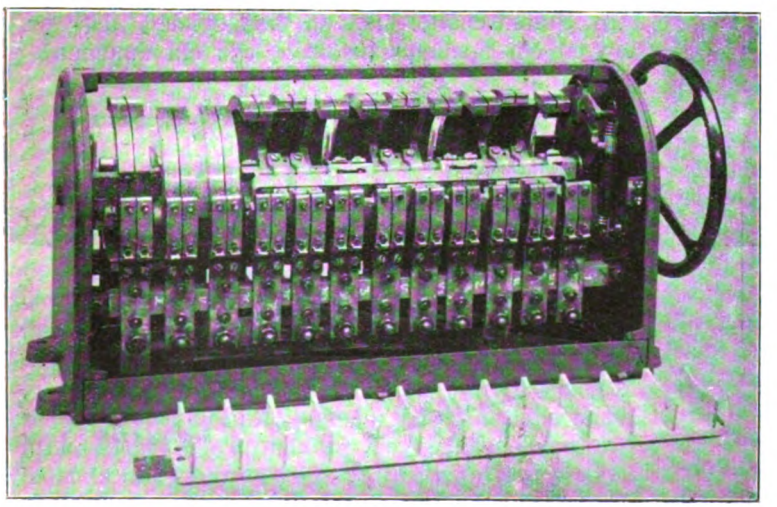


Abb. 2. Kontroller für die Sessinghaus-Schaltung.

Es kommt häufig vor, daß eine Speiseleitung eine auf alle Fälle zu niedrige Spannung an ihrem Ende besitzt. Dann ist es nötig, zunächst einmal in der Empfangsstation eine gewisse Zusatzspannung zu geben, um von dieser aus herauf oder herunter zu regulieren. Man verwendet hierfür bei kleineren Leistungen die Sessinghaus-Schaltung, versieht jedoch den Erregertransformator mit einer

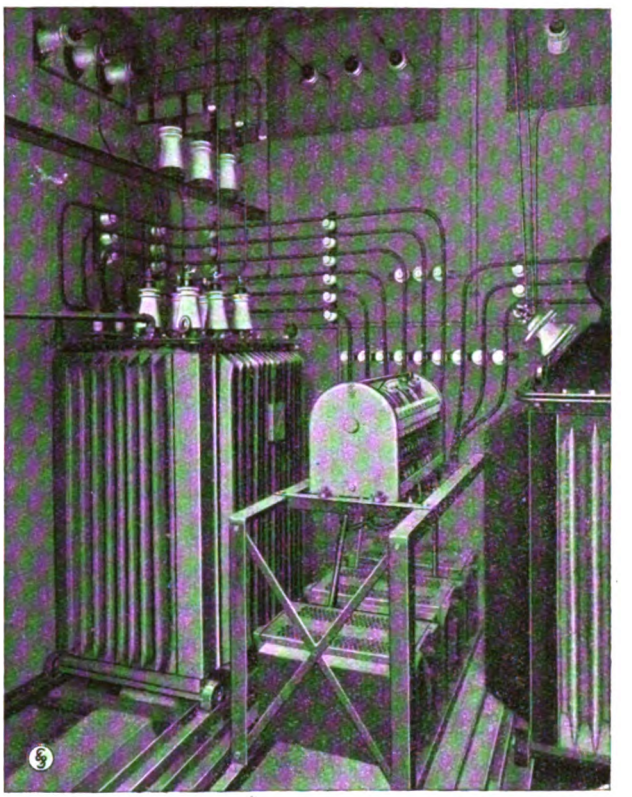


Abb. 3. Ausführungsbeispiel des Einbaues eines Sessinghausaggregates.

Tertiärwicklung, isoliert für die Betriebsspannung. Diese Tertiärwicklung wird in den Hauptstromkreis eingeschaltet und hierdurch die ankommende Spannung um einen gewissen festen Betrag erhöht. Man ist dadurch in die Mitte des Regulierbereiches gelangt, von der aus die Spannung mittels des Kontrollers herauf- oder herabgesetzt werden kann. Auch bei dieser Schaltung muß der Erregertransformator 30° Phasenverschiebung zwischen Primär- und Sekundärspannung ergeben, um gleich große Stufen zu erhalten (Abb. 2 und 3).

Bei der Schaltung nach Reichenbach verwendet man zwei Zusatztransformatoren, deren Zusatzspannungen sich wie 1 : 3 verhalten. Man erhält durch Zu- und Gegenschaltung und Kurzschließen der Erregerwicklung der Zusatztransformatoren vier Plus- und vier Minusstufen, die unter sich gleich groß sind, sowie eine Mittelstellung. Zur Schaltung bedient man sich für kleinere Leistungen eines Kontrollers, mit welchem es möglich ist, nacheinander die neun verschiedenen Spannungsstufen einzustellen. (Abb. 4*a* und *b*).

Digitized by Google

Bei größeren Leistungen verwendet man dieselben zwei Zusatztransformatoren mit den Zusatzspannungen im Verhältnis 1 : 3, entnimmt aber bei Spannungen bis zu 35 kV die Erregung direkt der Hochspannungsleitung.

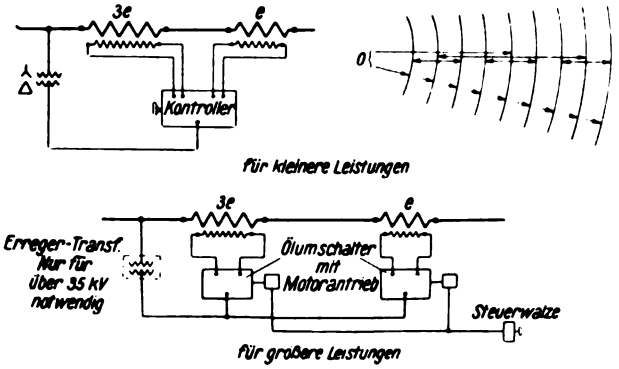


Abb. 4a. Reichenbachschaltung. Einpolige Darstellung.

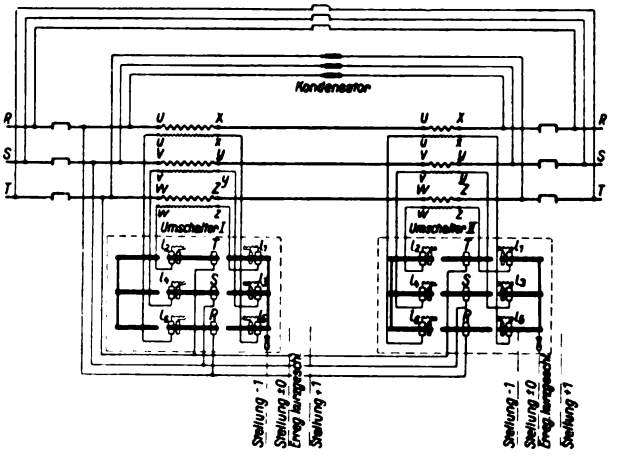


Abb. 4b. Reichenbachschaltung. Dreipolige Darstellung.

Die Umschaltung der Zusatztransformatoren erfolgt in diesem Falle durch Ölumschalter (Abb. 5).

Die beiden Ölschalter können mit motorischem Antrieb versehen und durch eine gemeinsame kleine Steuerwalze gesteuert werden, so daß man nacheinander die neun verschiedenen Stellungen erreichen kann. Die Ölumschalter sind mit Widerständen versehen, um das Überschalten von einer Stufe auf die nächste zu ermöglichen. Besondere Schutzeinrichtungen werden getroffen, die sofort das Stehenbleiben des Schalters in einer Zwischenstellung signalisieren.

Man hat diese Schaltung auch verwendet in Verbindung mit einem Haupttransformator, der primär- und sekundärseitig eine zu hohe Spannung hat, um die Erregung direkt speisen zu können. Man legt dann die Erregung an die Tertiärausgleichswicklung. Dies ergibt eine Phasenverschiebung der Zusatzspannung von 30°, was an sich unbedenklich ist, wenn man nur darauf acht gibt, daß die Zusatzspannung etwa 15 vH größer genommen wird (Abb. 6).

Zu den Schaltungen mit Stufenschaltern übergehend seien vorerst die mit Regelstufen im Hauptstromkreis besprochen.

Wie bereits vorher erwähnt, bauen die SSW schon seit vielen Jahren Zusatztransformatoren in Verbindung mit Stufenschaltern, ähnlich den Zellenschaltern. Bei diesen Schaltungen ist die Erregung des Zusatztransformators fest eingeschaltet. Die

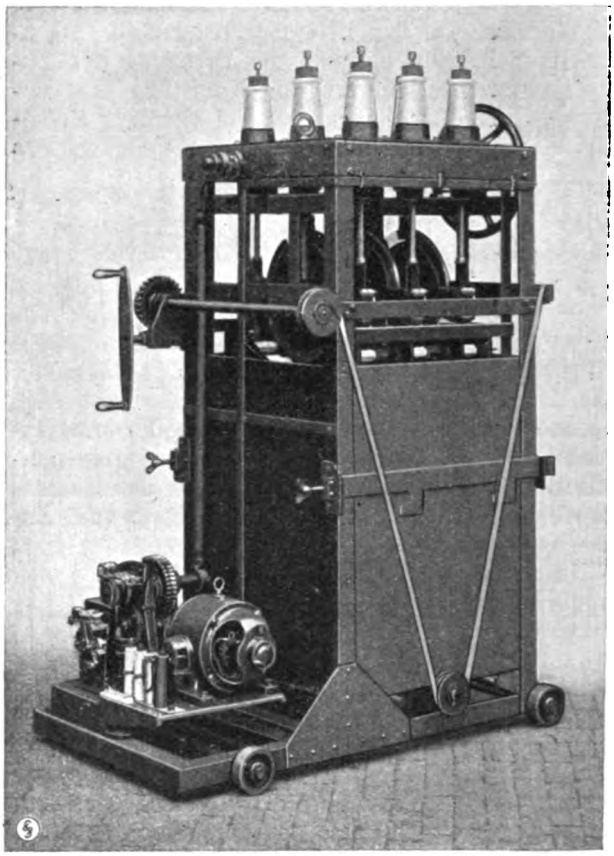


Abb. 5. Ölumschalter für Reichenbachschaltung.

Zusatzwicklung besitzt dagegen Anzapfungen, welche zu einem Stufenschalter geführt werden. Der Stufenschalter ist so ausgebildet, daß er sowohl ein Spannungzusetzen, wie ein Spannungabsetzen ermöglicht. Nach dieser Schaltung befindet sich also die Zusatzwicklung des Transformators und der Stufenschalter direkt im Hochspannungskreis. Die Stufenschalter können sowohl für Hand-

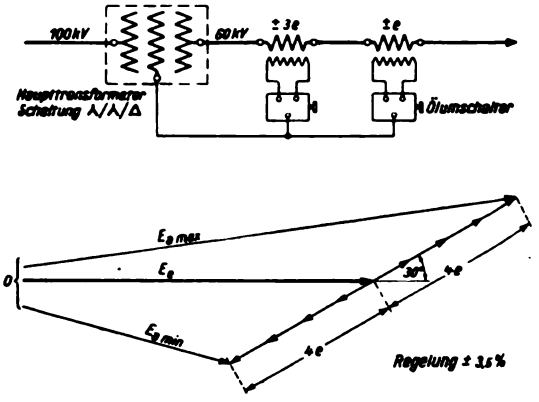


Abb. 6. Reichenbachschaltung mit Erregung von der Tertiärwicklung des Haupttransformators.

Digitized by Google

oder motorischen Betrieb eingerichtet werden und im letzteren Falle auch für automatische Steuerung (Abb. 7 und 8).

Wenn die Betriebsspannung sehr hoch ist, kann es vorteilhaft sein, die Schaltungen im Erregerstromkreise vorzunehmen. In diesem Falle benötigen wir einen Erregertransformator, dessen Sekundärwicklung Anzapfungen besitzt. Von diesen

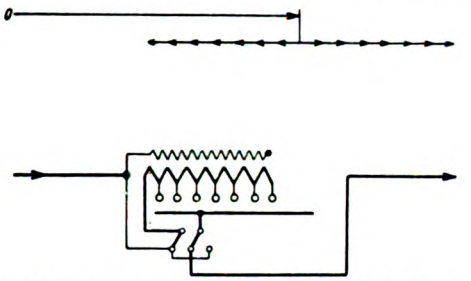


Abb. 7. Spannungsregelung mit Zusatztransformator, Stufenschalter und Umschalter.

Anzapfungen führen Leitungen zu einem Stufenschalter und von hier zur Erregung des Zusatztransformators. Durch die Zwischenschaltung eines Erregertransformators ist die Möglichkeit gegeben, die Erregerspannung und Erregerstromstärke in den gewünschten Grenzen zu halten (Abb. 9).

Es ist auch möglich, durch eine in die Hochspannungsleitung eingeschaltete Serienmaschine, sei sie synchron

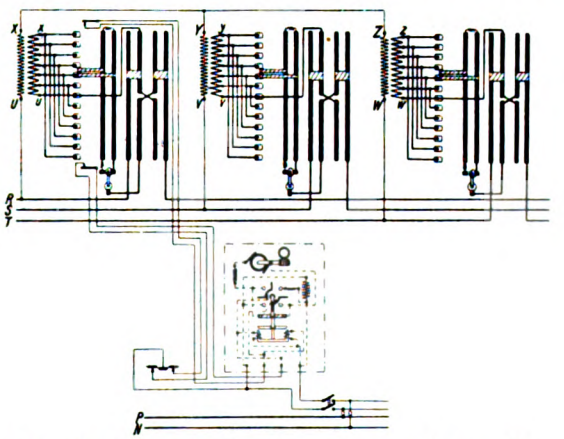


Abb. 8. Automatische Spannungsregelung mit Stufenschalter.

oder asynchron, den Spannungsvektor zu verschieben. Eine derartige Maschine wird man im allgemeinen nicht direkt in den Zug der Leitung schalten, sondern über einen Transformator, um die Maschinenwicklungen für eine betriebssichere Spannung ausführen zu können. Die Maschine muß durch einen Synchronmotor angetrieben werden, um stets in Synchronismus zu bleiben. Wenn eine solche Synchronmaschine leer mitläuft, hebt sie bei geeigneter Erregung den induktiven Spannungsverlust auf, und zwar je nach Größe der Erregung ganz oder teilweise, oder verwandelt auch den induktiven Spannungsabfall in einen Spannungsanstieg. Da der induktive Spannungsabfall eine außerordentlich große Rolle spielt, so ist es möglich, mit einer solchen Maschine allein die Spannung mit größer Annäherung auf den richtigen Wert einzuregulieren. Die noch bestehende Differenz muß durch andere Mittel, beispielsweise durch das Verändern der Maschinenspannung bewirkt werden. Die Serienmaschine wird durch einen im Nebenschluß befindlichen Motor angetrieben. Es ist daher auch möglich, den Ohmschen Spannungsverlust ganz oder teilweise zu kompensieren. Diese Art der Regelung wird, soweit mir bekannt, bisher nicht angewendet.

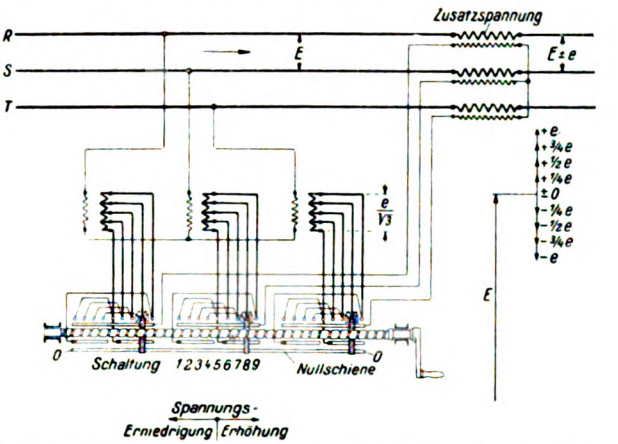


Abb. 9. Spannungsregelung mit Erreger- und Isoliertransformator mit Stufenschalter für Zu- und Gegenschaltung.

b) Spannungsregelung durch Änderung des Blindstromes.

Während bisher bei allen bis jetzt beschriebenen Spannungsregelmöglichkeiten eine Regulierung dadurch erzielt wird, daß ein Spannungsvektor dem Spannungsdiagramm hinzugefügt wird, ist es auch möglich, die Größe des zu übertragenden Blindstromes und damit den durch ihn ver-

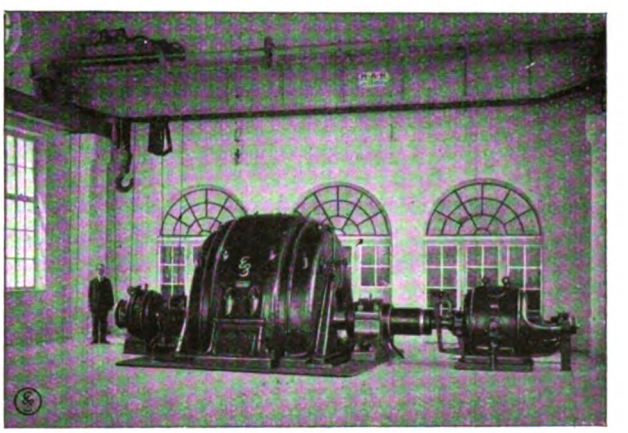


Abb. 10. Synchronphasenschieber-Anlage des Bayernwerkes in Nürnberg, 2 Aggregate von je 8000 BkW.

ursachten Spannungsabfall zu ändern. Es sind verhältnismäßig sehr große Blindleistungen erforderlich, wenn man eine nennenswerte Regulierung erzielen will. Um eine wirksame Regelung mittels Phasenschiebern zu erreichen, muß deren Größe ungefähr 30 bis 100 vH in Blind-kW von den Wirk-kW der Übertragung sein. Da die Ver-

Digitized by Google

luste in den Phasenschiebern in der Größenordnung von 5 vH sind, so entstehen im praktischen Betrieb verhältnismäßig große Energieverluste, wenn man nicht richtig disponiert. Das Anlagekapital für die Errichtung einer Phasenschieberanlage ist nicht unbeträchtlich, so daß man häufig davon Abstand nimmt, derartige Anlagen zu errichten, trotzdem dieselben sehr viele Vorteile bieten würden. Durch die Blindstromregelung wird eine bessere Ausnutzung der Übertragungsanlage möglich, also die jährlich übertragbare Energie vergrößert. Die Regulierung ist eine stetige. Wenn man für einen bestimmten Fall eine genauere Untersuchung anstellt, so wird man vielfach finden, daß bei vernünftiger Beschränkung der Phasenschieberleistung und vor allen Dingen bei richtiger Betriebsdisposition mit einer zeitlichen Beschränkung in der Benutzungsdauer des Phasenschiebers die Verluste nicht übermäßig hohe werden.

Hier geben wir zwei Darstellungen von Phasenschiebern, synchroner und asynchroner Bauart (Abb. 10 und 11).

Der Bau der Kondensatoren ist heute noch nicht soweit, daß man daran denken könnte, Kondensatoren in größerem Umfange für größere Leistungen als Phasenschieber zur Spannungsregulierung zu benutzen. Diese Apparate hätten

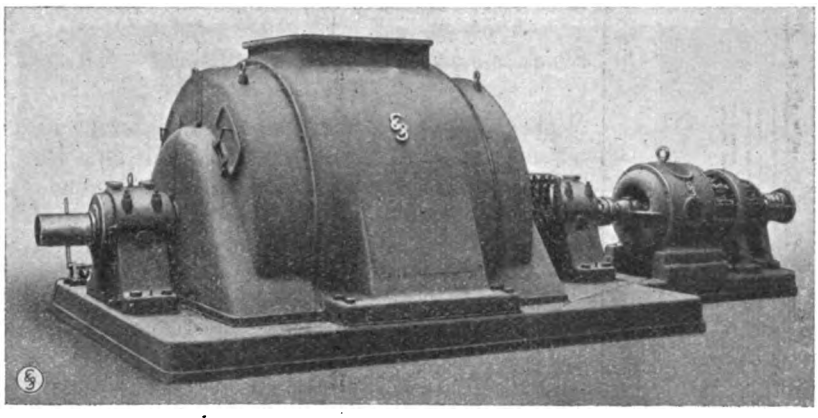


Abb. 11. Asynchrone Phasenschieber mit Erregermaschine, Leistung 10 000 BkW.

allerdings vor rotierenden Maschinen den großen Vorzug geringerer Verluste. Die Zukunft wird ja lehren, ob der Kondensator künftighin eine Rolle spielen wird.

c) Verringerung der Leitungsreaktanz durch Einschaltung eines Kondensators.

Wenn man einen Kondensator in den Zug der Leitung einschaltet, sei es direkt oder über einen Transformator, durch welche es möglich ist, die günstigste Spannung für den Kondensator zu erzielen und ihn von den Gefahren der Hochspannungsleitung zu trennen, so bewirkt man damit, daß die resultierende Reaktanz der Übertragung verkleinert wird und der in der Induktivität der Leitung auftretende Spannungsabfall eine gegen diese um 180° verdrehte Komponente im Kondensator bekommt, durch welche der gesamte Spannungsabfall verändert wird, so wie es in der Abb. 12 dargestellt ist. Versuche im kleinen haben die Überlegungen bestätigt, für größere Anwendungen ist die Sache noch zu teuer. Es ist eine Momentanregulierung, ohne Notwendigkeit der

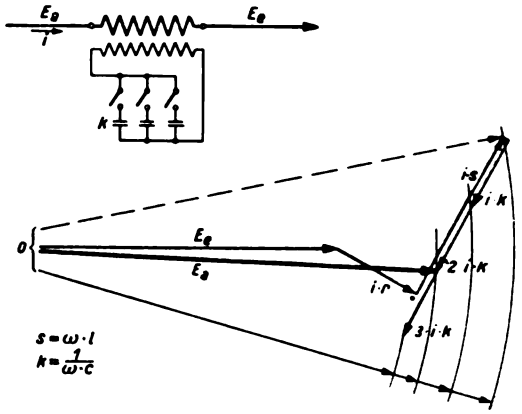


Abb. 12. Kondensatoren zur Kompensierung der Leitungsinduktivität.

Schaltung oder Steuerung, die insbesondere bei schwankender Belastung sehr vorteilhaft sein kann. Nimmt beispielsweise der Strom um einen gewissen Wert zu, so erhöht sich der Spannungsabfall in der Induktivität der Leitung, aber im gleichen Verhältnis wird diese Vermehrung des Spannungsabfalls aufgehoben durch den kapazitiven Spannungsabfall im Kondensator. Natürlich sind Schutzmaßregeln gegen Überspannungen erforderlich.

d) Schlußwort zu den Regeleinrichtungen.

Das ganze Gebiet der Spannungsregelung ist zur Zeit noch im Fluß begriffen. Erst seit einigen Jahren fängt man an, sich eifrig mit der Konstruktion von geeigneten Regulierschaltungen zu befassen. Die Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen und es wird allseitig eifrigst daran gearbeitet, derartige Einrichtungen zu vervollkommnen und nach Möglichkeit billiger zu gestalten.

Einige Worte seien auch über die Regulier geschwindigkeit bei den beschriebenen Spannungsreglern gesprochen. Von den aufgeführten Reguliereinrichtungen hat die Regulierung mit Zusatztransformatoren nach Sessinghaus oder nach Reichenbach wohl die kürzeste Schaltzeit. Drehtransformatoren brauchen mindestens 30 Sekunden, um von einer Stellung in die andere zu gelangen. Bei Stufenschaltern hängt die Regulierzeit von der Anzahl der Stufen ab. Im allgemeinen muß man jedoch auch mit mindestens 30 bis 60 Sekunden Regulierzeit von einer Endstellung zur anderen rechnen. Das überschnelle Regulieren dürfte im allgemeinen durchaus nicht erwünscht sein, im Gegensatz zur Spannungsregelung von Generatoren, bei welchen eine Schnell-

Digitized by Google

regelung wohl am Platze sein kann. Auch bei diesen ist ein übermäßig schnelles Regeln der Spannung trotz bester Schnellregler nicht möglich wegen der großen magnetischen Felder der Generatoren, welche nicht so schnell von einem Wert auf den anderen übergeführt werden können. Das übermäßig schnelle Regeln bringt unangenehme Begleiterscheinungen mit sich, die bei etwas langsamerer Regelung fortfallen. Es dürfte daher die bis jetzt zu erreichende Regelgeschwindigkeit vollauf genügen.

Anwendungsgebiete der verschiedenen Regelarten.

Die Spannungsregelung dient in der Hauptsache für folgende Fälle.

a) Spannungsregelung in Abzweigen.

Die Spannungsregelung in Abzweigen soll nach Möglichkeit am Ende beim Konsumenten erfolgen. Derselbe stellt sich selbst die gewünschte Spannung ein. Am Anfang der Leitung zu regeln, führt leicht zu Mißhelligkeiten.

Bei Überlandnetzen muß man zwei Fälle unterscheiden: Erstens den Anschluß kleinerer und mittlerer Städte. Für diese dürfte eine genaue Spannungsregelung notwendig sein und kommt hierfür im allgemeinen nur der Drehtransformator in Frage. Dagegen erfordern kleinere Ortschaften, Fabriken usw. kein so genaues Einhalten der Spannung. Für diese ist, soweit überhaupt eine Regelung notwendig ist, der geeignetste Apparat ein solcher, nach Sessinghaus oder Reichenbach.

b) Spannungsregelung in Hauptleitungen.

In Hauptleitungen soll man so wenig wie möglich regeln. Es gibt jedoch Fälle, wo dies nicht zu umgehen ist, beispielsweise beim Zusammenschluß mehrerer Überlandnetze geringerer Konsumdichte. Die verbindende Leitung ist verhältnismäßig zu lang und für die Übertragungsleistung zu schwach, es ist aber wirtschaftlich nicht gerechtfertigt, eine neue Leitung größerer Leistungsfähigkeit zu errichten. Es kann dies daran liegen, daß die Verbindungsleitung wohl vorübergehend größere Leistungen zu transportieren hat, daß aber die Benutzungsstundenzahl nur klein ist. In solchen Fällen ist es gerechtfertigt, im Zuge der Leitung in bestimmten Abständen Zusatzumspanner einzubauen, um über die ganze Leitung hin eine möglichst konstante gleichmäßige Spannung zu erhalten. Die Berechnung ergibt in vielen Fällen trotz der Verluste in den Zusatzeinrichtungen geringere Verluste in der Übertragung, als wenn man die Spannung nicht regelt, abgesehen davon, daß man ohne Regelung voraussichtlich einen zu großen Spannungsabfall erhalten würde. In jedem derartigen Falle müssen vorherige Berechnungen angestellt werden, um festzustellen, ob es vorteilhaft ist, in dieser Weise durch Einfügung von Zusatzeinrichtungen die Übertragung zu ermöglichen oder Leitungen mit höherer Betriebsspannung zu errichten.

c) Parallelbetrieb.

Über den Parallelbetrieb sind viele Arbeiten gemacht worden, welche die dabei auftretenden Verhältnisse eingehend studieren. Es handelt sich in dem vorliegenden Falle nur um die elektrischen Verhältnisse einer Regelungseinrichtung. Eine elektrische Regelung des Parallelbetriebes bedeutet im Grunde weiter nichts anderes, als eine Verschiebung der Blindströme. Es soll hier nicht näher auf dieses Gebiet eingegangen werden.

d) Sperrung in einem Leitungsringe derart, daß einem Abnehmer der Strom nur von der gewünschten Seite zufließt.

Es gibt Fälle, in welchen man die Leistung des an einen Ring angeschlossenen Abnehmers nach Möglichkeit von einer Ringhälfte aus zuführen will. Dies kommt beispielsweise vor, wenn die eine Ringhälfte einer fremden Gesellschaft gehört oder daß irgendwelche Verträge vorliegen. Oder es können beispielsweise zwei Kraftwerke vorhanden sein, die beide einem bestimmten Abnehmer Strom liefern. Für diese ist aber die Stromlieferung aus dem Kraftwerke I tariflich günstiger als aus dem Kraftwerk II. Wenn die beiden Kraftwerke noch sonst unter sich durch andere Leitungen verbunden sind, so kann man durch Einschaltung eines Zusatztransformators in den einen Leitungszweig bewirken, daß die Stromverteilung die gewünschte wird. Am besten läßt sich dies erreichen mit einem Doppeldrehtransformator. Auch mit einem Zusatztransformatoren-Aggregat ist eine angenäherte Regelung möglich.

Über die Leistungslinien der synchronen Wechselstrommaschinen.

Von G. **Hauffe**, Dresden.

Für das Verständnis der Wirkungsweise synchroner Wechselstrommaschinen sind die Leistungslinien von großem Wert. Auf sie hat erstmalig Görges[1]) hingewiesen. In der in Frage kommenden Abhandlung, ebenso in dem des weiteren zitierten Buch von Kittler-Petersen[2]) sind in erster Linie die Leistungslinien für konstante Spannung entwickelt. Zweifellos interessieren ebenso die Leistungslinien für konstante Erregung, denn sie geben einen sehr wertvollen Einblick in das Verhalten der Synchronmaschinen, zumal, wenn das Leistungsliniendiagramm durch die Linien gleichen Leistungsfaktors ergänzt wird.

Zur Herleitung dieses Diagramms werde ausgegangen von dem Diagramm der Synchron-

[1]) Görges, ETZ, 1900, S. 188.

[2]) Kittler-Petersen, Enke, Stuttgart 1910, Bd. 3, S. 230.

Digitized by Google

maschine, Abb. 1. Es ist unter Vernachlässigung des Ankerwiderstandes als kombiniertes Diagramm des Generators und Motors entworfen; des weiteren sei angenommen, daß der induktive Widerstand der Maschine konstant bleibe.

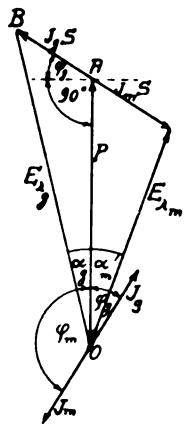


Abb. 1.

Es ist P die Klemmenspannung, I_g der Generatorstrom, den die Maschine etwa mit induktiver Phasenverschiebung φ_g abgibt, bzw. I_m der Motorstrom, den der Motor mit gleicher Phasenverschiebung aufnehmen möge. Um 90 Grad voreilend vor dem Strom liegt der induktive Spannungsabfall IS in der Maschine. Als geometrische Summe von P und IS ergibt sich die Leerlaufs-EMK E_λ. Mit Rücksicht auf die angegebene Vernachlässigung des Ankerwiderstandes tritt bei A der Winkel $90+\varphi$ auf. Der elektrische Vor- bzw. Nacheilwinkel der Leerlaufs-EMK gegenüber der Spannung P ist α.

Zu den Leistungslinien gelangt man durch Anwendung des Sinussatzes auf das Dreieck OAB. Es ist für den Generator unter Weglassung des Index g

$$\frac{E_\lambda}{J.S}=\frac{\sin(90+\varphi)}{\sin\alpha}=\frac{\cos\varphi}{\sin\alpha}.$$

Daraus folgt:

$$E_\lambda\sin\alpha=JS\cos\varphi=\frac{PJ\cos\varphi}{P}S=\frac{N}{P}S.$$

Bei konstanter Leistung und Erregung wird also

$$P\sin\alpha=\frac{NS}{E_\lambda}=\text{const.}$$

Das ist die Gleichung der Leistungslinie. Sie ist die Parallele zur Leerlaufs-EMK E_λ (Bei konstanter Klemmenspannung ist die Leistungslinie parallel zu P.) Bleibt der Leistungsfaktor konstant, so liegt Punkt A auf einem Kreise, der E_λ zur Sehne hat und den Winkel $90+\varphi$ als Peripheriewinkel faßt. Die Kurven gleichen Leistungsfaktors sind also Kreise, deren Zentren auf der Mittelsenkrechten zu E_λ liegen. Ist M deren Fußpunkt in E_λ, so liegen die Kreiszentren M_l für induktive Phasenverschiebung links von M, die Kreiszentren

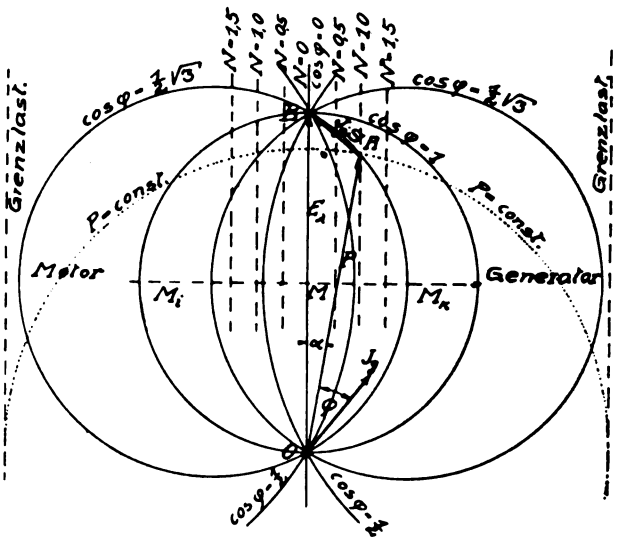


Abb. 2.

M_K für kapazitive Phasenverschiebung rechts von M. Der Kreis für $\cos\varphi=0$ hat sein Zentrum im Unendlichen und fällt als Gerade OB mit E_λ und der Leistungslinie $N=0$ zusammen.

Das Diagramm der Abb. 2 zeigt in anschaulicher Weise, wie bei konstanter Erregung und Klemmenspannung der Phasenwinkel zwischen P und I bei Be- oder Entlastung der Maschine jegliche Größen durchläuft: die Linie $P=\text{const}$ schneidet alle Leistungsfaktorkreise. Ferner stellt die zu E_λ parallele Tangente an den P-Kreis die Grenzlast für die angenommene Erregung dar.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Betriebsergebnisse eines amerikanischen Dampfkraftwerkes. Von C. W. De Forest. Das Columbia-Werk der Columbia Power Co. am Ohio, etwa 30 km von Cincinnati gelegen, das am 1. Jänner 1926 den Betrieb aufgenommen hat, verfügt über zwei Gen. El-Turbosätze von je 45 000 kW. Die zweigehäusigen Turbinen mit den Läufern in Tandemanordnung haben 14 Hochdruck- und 12 Niederdruckstufen. Die Dampfspannung am Anlaßventil ist normal 38·7 at, die Dampftemperatur 385°, doch wurde auch Dampf von 42·2 at und 390° verwendet. Zwischen dem Hochdruck- und Niederdruckteil bei 7·7 at wird der Dampf auf 385° nochmals überhitzt. Von der 18., 22. und 24. Stufe wird Dampf zur Speisewasservorwärmung angezapft. Für jede Turbine sind drei nur der Dampferzeugung dienende Babcock & Wilcoxkessel und ein hauptsächlich für die Zwischenüberhitzung verwendeter Kessel vorhanden. Die ersten drei Kessel haben je 1400 m² Heizfläche, 295 m² Überhitzer-, 680 m² Speisewasservorwärmer- und 920 m² Luftvorwärmerfläche. Der vierte Kessel hat eine Heizfläche von 560 m², eine Überhitzerfläche von 1635 m² für die Zwischenüberhitzung, die Speisewasser- und Luftvorwärmerflächen sind die gleichen wie bei den übrigen Kesseln. Die Feuerräume der Fuller-Kohlenstaubfeuerung mit luftgekühlten Wänden sind je 35·5 m³ groß und haben je neun lotrechte und sechs wagrechte Brenner. Erzeugt wird 13 200 V Drehstrom, der auf 66 kV hinauf transformiert wird. Im Bau sind eine Unterstation und Übertragungsleitung für 132 kV. — Das Werk begann den Betrieb mit dem Niederdruckteil einer Turbine und mit auf 35·2 at und 343° gedrosseltem Dampf. Später wurde auch die zweite Turbine zur Gänze in den Betrieb genommen, jedoch ohne Zwischenüberhitzung, dann wurde die erste Turbine wegen der Arbeiten im Hochdruckteil außer Betrieb genommen und nur die zweite Turbine arbeitete bei höherer Eintrittsspannung (38·7 at) mit Rücksicht auf die steigende Belastung. Sodann kamen beide Turbinen ohne Zwischenüberhitzung in Betrieb und nach mehreren Zwischenstufen mit Rücksicht auf die Arbeiten, die noch an den Maschinen erforderlich waren, begann am 1. Oktober 1926 der Betrieb beider Turbinen mit voller Zwischenüberhitzung. Im Jänner wurden 12·4 Mill. kWh insgesamt erzeugt und hievon 10·5 vH im Kraftwerk selbst verbraucht. Die Erzeugung stieg bis auf 44·9 Mill. kWh im Oktober und 43·7 Mill. im November, der Eigenverbrauch des Werkes sank bis auf 5·49 vH (5·06 vH günstigster Wert, auf einen Tag gerechnet). Verfeuert wurde Kohle von 7300

Digitized by Google

bis 7780 WE Heizwert/kg. Der Wärmeverbrauch je erzeugte kWh betrug im Jänner 4220 WE, im November nur mehr 2955 WE im Mittel (2820 WE bester Wert); je abgegebene kWh (also nach Abzug des Eigenverbrauches des Werkes) sind die Werte für Jänner 4710 WE, für November 3135 (2970) WE und für Dezember sogar nur mehr 3125 WE im Durchschnitt. Der Kohlenverbrauch je abgegebene kWh betrug im Jänner 0·61 kg, im November 0·41 kg (0·40 kleinster Wert). Der Belastungsfaktor des Werkes erreichte zeitweilig 93 vH, im Durchschnitt war er im Februar 85·4 vH, im November 65·4 vH. Die gesamte Wärmeausnutzung ist von 18·1 vH im Jänner auf 27·3 im November (28·4 vH Höchstwert) gestiegen. Die Dampferzeugungskessel ergaben im November einen 24 Stunden-Durchschnittswirkungsgrad von 89·4 vH (92·6 vH Höchstwert), einschließlich Vorwärmer usw. Die Zwischenüberhitzerkessel ergaben 87·2 vH (95 vH Höchstwert). Je t verarbeitete Kohle wurden in den Staubfeuerungen (einschließlich der Mühlen) im November im Durchschnitt nur 20·4 kWh (16 kWh bester Wert) verbraucht. J.

(Power, Bd. 89, Nr. 7, 1927.)

Eine neue Einzylinder-Dampfmaschine für Dampfentnahme von 0 bis 100 vH beschreibt C. Schüller in der „Z. Ö. I. A. V.", Heft 7/8 von 1926. Die von der M. A. G. vorm. Starke & Hoffmann (Hirschberg in Schl.) gebaute Maschine weist zwei übereinander angeordnete Auslaßventile auf. Das obere, also dem Zylinder nähere, wird in üblicher Weise gesteuert, das untere in Abhängigkeit vom Gegendruck derart, daß es allen oder keinen Dampf oder einen Teil in die Kondensatoren übertreten läßt. Ein Rückschlagventil schließt den Raum zwischen den Ventilen von der Gegendruckleitung ab, eine Schleife im Dampfdiagramm kann daher bei kleinen Belastungen nicht auftreten. Der nicht in die Entnahmeleitung abgegebene Dampf kann auch in den Auspuff oder eine zweite Leitung mit kleinerem Gegendruck geführt werden. Ferner können beide Zylinderseiten mit verschiedenen regelbaren Gegendrucken betrieben werden, bei beliebiger Verwendung des Restdampfes. Besonders bei stark schwankender Dampfentnahme ist die neue Maschine am Platze, die in der Bauart einfacher ist, als die beste bisherige Heizkraftmaschine, die Verbundmaschine mit Zwischendampfentnahme, bei der aber vorteilhaft nur bis etwa drei Viertel der Dampfmenge entnommen werden können. Die Vorteile der neuen Maschine gegenüber den anderen noch bekannten Heizkraftmaschinen, der Einzylindergegendruckmaschine (nur bei Abwärmeverbrauch verwendbar, der die Maschinendampfmenge übersteigt) und der Zwillingsmaschine mit einem Kondensationszylinder und einem Gegendruckzylinder oder der Einzylindermaschine mit einer Kondensations- und einer Gegendruckseite (bei häufigen kleinen Dampfentnahmen muß die Maschine viel stärker bemessen werden, auch ist wegen der Veränderlichkeit des Ungleichförmigkeitsgrades ein schwereres Schwungrad erforderlich) liegen auf der Hand. J.

Umbauturbinen mittlerer und großer Leistungen. Dr. E. A. Kraft zeigt an einzelnen Beispielen die mit dem Umbau von Dampfturbinen verbundenen wirtschaftlichen Vorteile,[1]) denen bisher weder in der Industrie noch auch von Seiten der Kraftwerke genügend Beachtung geschenkt wird. In Betracht kommt der Umbau sowohl bei ungeänderten als auch geänderten Dampfverhältnissen. Im allgemeinen äußert er sich außer in Verbesserungen der baulichen Einzelheiten in einer Vergrößerung der Stufenzahl und verringerten Dampfgeschwindigkeiten entsprechend den Erkenntnissen und Erfahrungen der letzten Jahre. Als erstes Beispiel führt Kraft den Ersatz einer 1150 kW Gegendruckturbine für ein Gefälle von 13 atü bei 277° auf 1·85 ata mit einem zweikränzigen Geschwindigkeitsrad durch eine Turbine mit fünf einkränzigen Gleichdruckstufen an, die bei annähernd gleichen Frischdampfverhältnissen aber 5·23 ata Gegendruck normal 1315 kW leistet. Für den Umbau war der hohe Dampfverbrauch der alten Turbine maßgebend, die neue Turbine stellt ein Kompromiß aus den Forderungen niedrigster Anschaffungskosten und höchsten Wirkungsgrades dar. Bemerkenswert ist der Ersatz einer etwa 20 Jahre alten 1000 kW Kondensationsturbine für 11 atü und 275° mit zwei zweikränzigen Geschwindigkeitsstufen durch eine Turbine mit einem zweikränzigen Geschwindigkeitsrad und elf einkränzigen Gleichdruckrädern, die bei 16 atü und 3,5° bei einem Minderdampfverbrauch von 1200 kg/h 1200 kW leistet. Eine etwa 15 Jahre alte 1360 kW Anzapfturbine für 12 atü und 325° (jetzt 350°) und 2·75 atü Anzapfdruck, die 12 000 kg Dampf zunächst in einem zweikränzigen Curtisrad und nach Abgabe von 5000 kg Anzapfdampf den Rest in fünf Gleichdruckstufen verarbeitete, wurde mit Rücksicht auf den gestiegenen Heizdampfbedarf (bis 20 500 kg/h) bei unverändertem Bedarf an elektrischer Energie durch eine Turbine ersetzt, deren Hochdruckteil aus 15 einkränzigen Gleichdruckstufen besteht, wobei die nach der Anzapfung verbleibende geringe Dampfmenge in zwei zweikränzigen Geschwindigkeitsstufen auf den Kondensatordruck entspannt wird. Der Ersatz einer 1600 kW Gegendruckturbine für ein Gefälle von 14 atü bei 390° bis 4·5 atü mit einem einzigen zweikränzigen Geschwindigkeitsrad durch eine mehrstufige Turbine ergab bei Absenkung des Gegendruckes um 0·5 at eine Verminderung des Dampfverbrauches um 30 vH. Bei der Aufstellung der aus zwei Turbodynamos von je 2500 kW bei 3000 U/min bestehenden Kraftanlage einer Papierfabrik wurde nicht genügend auf den Heizdampfbedarf Rücksicht genommen. Die beiden Turbinen wurden daher durch eine zweigehäusige 5000 kW Turbine für Gegendruck- oder Anzapfbetrieb ersetzt, deren beide Teile mit je einem der beiden vorhandenen Generatoren gekuppelt sind. Die Steuerung ist so ausgebildet worden, daß die HD-Turbine allein mit Auspuff oder allein mit Gegendruck und beide Turbinen zusammen als Kondensationsturbine laufen können. Neben diesen Umbauten von Industrie-Turbinen sind noch zwei Fälle von Umbauten in Kraftwerken besprochen. Im Kraftwerk Moabit der Berliner E. W. wurde eine im Jahre 1914 aufgestellte 10 600 kW Turbine mit 1500 U/min für 12 atü und 250° mit acht Gleichdruckstufen durch eine vielstufige kombinierte Turbine ersetzt. Die neue Turbine, die mit dem alten Generator gekuppelt ist, läuft daher trotz ihrer verhältnismäßig kleinen Leistung nur mit 1500 U/min, sie ergibt bei voller Belastung eine Dampfersparnis von 4800 kg/h oder eine Kohlenersparnis von 6000 t im Jahr. Der größte bisher von der AEG in Angriff genommene Umbau ist der Ersatz zweier 15 000 kW, 1500 U/min Turbinen für das Kraftwerk Zschornewitz der Elektrowerke, und zwar von eingehäusigen reinen Gleichdruckturbinen durch zweigehäusige kombinierte Turbinen, die mit den vorhandenen Stromerzeugern gekuppelt sind. Die Baulänge der neuen Turbinen war durch den vorhandenen Platz beschränkt, man konnte daher die Stufenzahl nicht in dem Maße hinaufsetzen, als es aus wärmetechnischen Gründen wünschenswert gewesen wäre. Durch Erhöhung des Kesseldruckes und der Frischdampftemperatur konnte bei gleichbleibendem Dampfverbrauch die Leistung der vollbelasteten Turbine von 15 000 auf 19 000 kW gesteigert werden. J.

(AEG-Mitteilungen, Heft 11, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 216.

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Die Kavitation der Turbinen[1]) wurde durch Prof. Dr. Hybl, Prag, untersucht. Ist H_a der Luftdruck am Aufstellungsorte einer Turbine, c_2 die absolute Laufradaustrittsgeschwindigkeit, h_2 die absolute Pressung, H_s das Sauggefälle am Laufradaustritte, ist c_3 die Saugrohraustrittsgeschwindigkeit, r der Reibungs- und Wirbelverlust im Saugrohr, so besteht die Beziehung

$$h_2 = H_a - H_s - \left(\frac{c_2^2 - c_3^2}{2g} - r\right).$$

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1037; 1926, S. 493.

Digitized by Google

Wird der Klammerausdruck der rechten Gleichungsseite mit ε als Wirkungsgrad des Saugrohres[1]) gleich $\varepsilon \frac{c_2^2}{2g}$ gesetzt, so erhält man

$$h_s = H_a - H_s - \varepsilon \frac{c_2^2}{2g}.$$

Es wird $h_s = 0$ und es tritt sonach Kavitationsgefahr ein, wenn

$$H_{s\,max} = H_a - \varepsilon \frac{c_2^2}{2g}.$$

Mit $H_a = 9{\cdot}6$ m, $\varepsilon = 0{\cdot}7$, ergibt sich hieraus, da c_2 mit der spezifischen Drehzahl der Turbine zusammenhängt, zum Beispiel für 50 m Gefälle für

n_s =	50,	100,	150,	200,	250,	300 U/min
$H_{s\,max}$ =	7·6,	4·9,	2·1,	−0·2,	−2·4,	−4·5 m.

Rogers und Moody hingegen geben hiefür folgende Werte an:

n_s =	50	100,	150,	200,	250,	300 U/min
$H_{s\,max}$ =	8·2,	7·1,	5·2,	2·9,	−0·8,	−5·3 m.

β

(Bull. techn. d. l. Suisse Romande, 53. Jahrg., Nr. 7, 1927.)

Pump-Speicherwerk Hengstey des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes. Am Kleff bei Hengstey a. d. Ruhr wird ein Hochspeicherbecken mit einem Fassungsvermögen von rund 1·3 Mill. m³ von dem Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk errichtet. Im Krafthaus bei Hengstey werden vier Maschinensätze eingebaut, von denen drei je aus Turbine, Pumpe und Motorgenerator bestehen, während der vierte Satz zunächst ohne Pumpe aufgestellt wird. In den Zeiten schwacher Netzbelastung werden die Pumpen mit den Motoren gekuppelt und von ihnen angetrieben, um Wasser aus der Ruhr in den Hochbehälter zu heben; in den Zeiten starker Netzbelastung wird dann das im Hochbehälter befindliche Wasser zum Antrieb der Turbinen und damit zur Stromerzeugung verwendet. Die vier Spiralturbinen mit liegender Welle werden für eine Höchstleistung von je 48 500 PS gebaut und sind damit die stärksten Turbinen Deutschlands. Sie erreichen diese Höchstleistung bei 163 m Gefälle, während sie bei dem Normalgefälle von 155 m noch 45 000 PS leisten. Die Turbinen und die übrige Ausrüstung der Kraftanlage werden von der Maschinenfabrik J. M. Voith in Heidenheim a. Brenz geliefert, die Pumpen in Gemeinschaft mit der Gebrüder Sulzer A.-G., Ludwigshafen und Winterthur. Diese drei Voith-Sulzer-Speicherpumpen werden für eine maximale Förderhöhe von 166 m gebaut, wobei sie sekundlich je 12 m³ Wasser in das Speicherbecken schaffen und dabei eine Antriebsleistung von 32 500 PS verlangen. Die Leistung steigt bis auf 34 000 PS bei einer Förderhöhe von 149 m und einer Wassermenge von 13·6 m³/s. Damit überragen diese Pumpen alle bisherigen Ausführungen und übertreffen sogar noch die für die Pump-Speicheranlage Niederwartha bei Dresden vorgesehenen Pumpen von rund 28 000 PS Förderleistung.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Neuerungen an Einphasen-Bahnmotoren. Bodmer. Der Einphasen-Reihenschlußmotor mit phasenverschobenem Wendepolfeld nach Dr. Behn-Eschenburg wird von der Maschinenfabrik Oerlikon nach wie vor in unveränderter Schaltung ausgeführt, wobei neuere Untersuchungen zu mannigfachen Verbesserungen geführt haben. So werden Haupt- und Wendepolspulen nach einer patentrechtlich geschützten Bauart fertig gewickelt und isoliert in den Blechkörper eingelegt. Die verteilte Kompensationswicklung wird beibehalten, da sie so den besten Schutz gegen Strom- und Spannungsstöße bietet. Sie besteht aus mit Glimmer umpreßten Stäben, welche einzeln eingelegt und verlötet werden. Die Statoren sind in ihrer Wärmekapazität derart reichlich bemessen, daß sie die Motorleistung nur bis zu etwa einem Drittel der Normalgeschwindigkeit begrenzen. Von da ab sind die Rotoren und Kollektoren maßgebend, deren Erwärmungs-Grenzstrom bekanntlich mit steigender Drehzahl abnimmt, während der des Stators hievon unabhängig ist. Die Rotorstäbe sind auf der Kollektorseite nicht abgekröpft. Die Ankernuten sind im Bereich der oberen Lage breiter als unten. Die Stäbe der unteren Lage werden als ein Paket quer im oberen Nutenraum eingeschoben, um 90° gedreht und eingelegt. Die Oberlage besteht aus dickeren und niedrigeren Stäben, so daß die zusätzlichen Kupferverluste klein werden. Die freien Stabenden haben reichlichen Luftzwischenraum. Die Ausgleichsleiter liegen nicht unter der Ankerwicklung, sondern bilden neuerdings einen scheibenförmigen Körper, der mittels eines besonderen Tragringes an den fertigen Anker angeschraubt werden kann. W l.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 69, März 1927.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Entladeverzug von Meß- und Schutzfunkenstrecken. L. Binder, Dresden, bespricht zunächst den Entladeverzug bei Meßfunkenstrecken, der bekanntlich darin besteht, daß bei einer bestimmten Entfernung der kugelförmigen Elektroden und bestimmten Temperatur-, Druck- und Feuchtigkeitsverhältnissen der umgebenden Luft für den Überschlag bei sehr kurzzeitigen Spannungsstößen eine höhere Spannung erforderlich ist als bei Spannungen, die über eine bestimmte Zeit hindurch anliegen. Diese Zeit ist aber, entgegen früheren Annahmen, sehr kurz und zwar kleiner als 10^{-7} Sek. Die Meßfunkenstrecke ist also noch für ziemlich hochperiodige Spannungen oder kurzzeitige Spannungsstöße verwendbar. Durch Bestrahlung mit Radium- oder Röntgenstrahlen kann der Entladeverzug weitgehend herabgesetzt und die Funkenstrecke für kürzeste Spannungsstöße bis herab zu $3.5.10^{-9}$ sec (Zeit, in der das Licht 1 m zurücklegt) geeignet gemacht werden. Bei Schutzfunkenstrecken liegen die Verhältnisse anders: von diesen wird verlangt, daß sie die Spannung an einem Punkte nicht über einen bestimmten Wert ansteigen lassen und dazu ist notwendig, daß auch nach dem Ansprechen ein Ansteigen der Spannung nicht mehr stattfinden, also sofort genügend Strom über die Funkenstrecke abgeführt werden kann, um Spannungsanstieg zu verhüten. Die Funkenstrecke muß also sehr rasch sinkenden Widerstand haben. Dies wird durch Bestrahlung nicht gefördert. Versuche ergaben, daß eine Wanderwelle von 94 kV voller Spannungshöhe beim Überschlag über eine auf verschiedene Spannungen einstellbare Schutz- sogenannte Abschneidefunkenstrecke an einer parallel liegenden Meßfunkenstrecke zu messen gestattet. Bei unbelichteter Schutzfunkenstrecke beträgt die Überspannung gegenüber der Einstellung im praktisch in Betracht kommenden Bereich — 10 kV und darüber — etwa 5 vH, unter 10 kV ist sie dagegen auffallend groß, über 100 vH. Bei belichteter Schutzfunkenstrecke ist die Überspannung bei mittleren Spannungswerten bis zu 6 bis 8 vH, bei niedrigen Spannungen dagegen 0. Liegt der Meßfunkenstrecke ein Ohmscher Widerstand, wie er oft mit Schutzfunkenstrecken in Serie geschaltet wird, allein parallel, so tritt je nach der Größe des Widerstandes eine Spannungsabsenkung ein, die bei Silitwiderständen um etwa 25 vH, bei Schniewindt-Widerständen etwa um 50 vH hinter dem errechneten Wert zurückbleibt. Liegt der Meßfunkenstrecke die Schutzfunkenstrecke mit dem Widerstand in Serie parallel, so ergeben sich Überspannungen im Maximum von etwa 30 bis 40 vH abhängig von der Größe des Widerstandes, wobei bei sehr eng, also auf niedrige Spannung eingestellter Abschneidefunkenstrecke die an der Meßfunkenstrecke auftretende Spannung zunächst von dieser Einstellung unabhängig ist.

Ähnliche Verhältnisse liegen bei Schaltfunkenstrecken vor, wie sie zur Erzeugung von Stoßspannungen verwendet werden und wo die sofortige Bildung einer widerstandslosen Brücke erwünscht wäre. Es werden jedoch die Wellen zuerst gestaut und erst nach einem gewissen Zeitraum geht der Widerstand praktisch auf

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 267; 1925, S. 1037.

Digitized by Google

Null. Dies läßt sich durch Belichtung nicht beheben, da es sich nicht um Ansprechverzug, sondern verzögertes Absinken des Funkenwiderstandes handelt. Anderweitige Untersuchungen, wie die von Pedersen, welche den Entladeverzug als auch durch Belichtung nicht zu beseitigen ansehen, betrachten nicht das Einsetzen der Entladung, sondern das Erreichen der vollen Stromstärke bezw. Verschwinden des Widerstandes der Funkenstrecke. Gn.

(ETZ, Bd. 47, Heft 51, 1926.)

Als Überstromschutz kleinerer Unterstationen von 300 bis 1500 kVA in Höchstspannungsnetzen von 110 kV sollen nach L. R. Gamble Abschmelzsicherungen für 20 A Verwendung finden, die sich jedoch augenblicklich noch im Versuchsstadium befinden. Der Abschmelzdraht ist von einer Micartahülle umgeben und trägt eine Heizspule, die von einem im Zug der Leitung liegenden Stromrelais erst bei Überlast eingeschaltet wird und dann, von einem Teilstrom durchflossen, das Abschmelzen des Sicherungsdrahtes bewirkt. An den Einspannstellen des Drahtes angeordnete Hörner löschen einen beim Abschmelzen entstehenden Lichtbogen sofort. St. Schw.

(Electrical World, Bd. 88, Nr. 26, 1926.)

Stromverteilung.

Die Umspannstation Jeanne-Rose verteilt die durch zwei 120 kV-Leitungen vom Kraftwerk Chancy-Pougny[1]) kommende Energie an die Städte Nevers und Dijon, sowie an die Werke von Schneider & Cie. in Creusot. Sie ist 7 km von dieser Ortschaft auf einem Hügel gelegen, der gewählt wurde, um den häufigen, starken Nebeln jener Gegend auszuweichen. Das Unterwerk enthält zwei Transformatoren 120/45 kV, die auf zwei Doppelsammelschienensysteme geschaltet sind; an die Oberspannung sind vier Fernleitungen angeschlossen, zwei zum Kraftwerk, zwei zu den genannten Städten, an die Unterspannung sechs Fernleitungen für die Versorgung von Le Creusot und einiger umliegender Gegenden. Die ganze Hochspannungsanlage ist als Freiluftstation ausgeführt, die Sammelschinen bestehen aus 70/60 mm Stahlrohr, die Verbindungsleitungen aus solchem von 34/26 mm Durchmesser. Die 121 kV-Ölschalter haben eine Abschaltleistung von 500 000 kVA je Gruppe, das Gewicht eines Pols beträgt 2500 kg zuzüglich 3500 kg Öl. Sämtliche Ölschalter werden durch Höchststromrelais ausgelöst, die in den Leitungen zum Kraftwerk liegenden außerdem durch Rückleistungsrelais, die Transformatorenschalter auch durch Differentialrelais. In die 45 kV-Leitungen sind Überspannungsschutzdrosseln eingebaut. Die Transformatoren haben natürliche Kühlung, jede Gruppe besteht aus drei Einphasen-Einheiten zu 3000 kVA. Sie besitzen eine dritte Wicklung für 5·5 kV zum Anschluß zweier Synchronkondensatoren je 6500 kVA und des Eigenbedarfs. Die beiden Hauptwicklungen sind in Stern, die dritte Wicklung ist in Dreieck geschaltet. Der Nullpunkt der 120 kV-Seite ist direkt geerdet, ohne daß bis jetzt Fernsprechstörungen beobachtet worden wären, die sich auch bei den Kurzschlußversuchen nicht gezeigt haben. Die Transformatoren haben einen Leerlaufstrom von 7·5 vH, 29·4 kW Leerlaufverluste und einen Wirkungsgrad von 98·07 vH. Selbst bei einer Überlastung von 60 vH während 5 bis 6 Stunden konnte keine Schädigung festgestellt werden. Die Anlage ist seit Mai 1925 in Betrieb. A. Fr.

(Engineering, Bd. 123, Heft 3183, Jänner 1927.)

Elektrizitätsverteilungssysteme für Städte. Von J. R. Beard und T. G. N. Haldane. Von der Annahme ausgehend, daß die Elektrizitätsabnahme, insbesondere für Haushaltzwecke, mindestens das doppelte, wahrscheinlich aber das vierfache des heutigen Wertes innerhalb der nächsten zehn Jahre annehmen wird, ist es notwendig, ein Normalsystem auszuarbeiten, das dem bestehenden angepaßt und leicht expansionsfähig ist. Die jetzt vielfach geübte Methode, im Falle der Überlastung stückweise und planlos Erweiterungen durchzuführen, ist für die Zukunft ungeeignet. Die Normalisierung der Stromart und der Spannung beim Kleinabnehmer wird zu wesentlicher Verbilligung der Apparate führen und eine starke Zunahme des Elektrizitätsverbrauches hervorrufen. Es wird Drehstrom 400/230 V mit ausgeführtem Nulleiter vorgeschlagen. Es ist natürlich nicht möglich, ein Standardsystem für alle Verbrauchsdichten anzugeben, da in den englischen Städten zum Beispiel Spitzenleistungen zwischen 150 bis 10 000 kW/km² vorkommen, die City von London weist sogar den Ausnahmswert von 20 000 kW/km² auf. Der Grundsatz jeder städtischen Verteilung soll die Errichtung weniger Hauptunterstationen sein, von denen zahlreiche Verteil- und Umspannwerke gespeist werden. Die von diesen Umspannwerken gespeisten Verbrauchernetze sollen schachbrettförmig über die Stadt verteilt sein und das Umspannwerk möglichst in der Mitte des Versorgungsgebietes haben. Diese einzelnen Verbrauchernetze laufen unterspannungsseitig grundsätzlich voneinander getrennt, doch sollen Vorkehrungen getroffen sein, um im Störungsfall rasch an benachbarte Gebiete anschließen zu können. Auch Trennmesser zur Abtrennung von einzelnen Netzteilen sind vorzusehen; dagegen ist es wegen der hohen Betriebssicherheit der Unterspannungskabel nicht notwendig, Reserveleitungen zu legen. Bei hoher Belastungsdichte ist es empfehlenswert, übermäßige Spannungabfälle durch erhöhte Kupferquerschnitte statt durch Spannungsregler zu bekämpfen. Bei Laststeigerung ist es mehr zu empfehlen, neue Umspannstationen zu errichten als das Kabelnetz allzusehr zu verstärken. Der Nulleiter soll denselben Querschnitt haben als die Phasen. Bei der Hochspannungsverteilung von den Hauptunterstationen weg soll jede wichtige Speisung auf doppeltem Weg geschehen, ebenso jede Hauptunterstation an zwei Kraftwerke angeschlossen sein. Man kann an Kosten dadurch sparen, daß man die Zubringer für den Fall dimensioniert, daß beide im Dauerbetrieb stehen· im Störungsfalle kann man mit einem Strang kurze Zeit mit Überlast bis 33 vH weiterlaufen. Die Umspannstationen können nach zwei grundsätzlich verschiedenen Systemen angeordnet werden. Entweder sie werden an strahlenförmig auslaufende Doppelleitungen angeschlossen und erhalten in diesem Falle an der Oberspannungsseite nur Schalter in den Hauptstationen, oder sie werden an Ringleitungen angeschlossen, die an zwei oder mehr Punkten von der Hauptunterstation durch Einfachleitungen gespeist werden. In diesem Falle erhalten die abgehenden Leitungen in den Hauptstationen Ölschalter, in den Umspannstationen wird im allgemeinen nur ein Ölschalter zwischen den beiden Transformatoren in der durchgehenden Leitung eingebaut, in denjenigen Stationen, die an die Hauptstationen angeschlossen sind, kommt in die ankommende Leitung ein zusätzlicher Ölschalter. Für die Zuleitung zu den Hauptstationen werden 33 000 V vorgeschlagen, als Zwischenspannung je nach den örtlichen Verhältnissen 11 000 oder 3000 V. Es wird noch erwähnt, daß die Kosten beim Umbau eines Gleichstromnetzes unter Umständen sehr hoch sind, doch dürften sich diese durch die Vorteile, die ein Standardsystem bildet, in den meisten Fällen auszahlen. Ci.

(The Electrical Review, Bd. 99, Nr. 2555, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Ungleiche Leiterzüge in benachbarten Spannfeldern machen sich dann unangenehm bemerkbar, wenn die Spannweiten große Unterschiede in der Länge aufweisen und auch die Isolatorenketten beträchtliche Länge gaben, also vornehmlich bei Höchstspannungen. Verschärft wird diese Erscheinung, wenn eine Schneelast in einzelnen Spannfeldern abfällt, in anderen aber liegen bleibt. Ein teilweiser Ausgleich erfolgt stets durch Schiefstellen der Isolatorenketten, der restliche Differenzzug muß vom Mast aufgenommen werden.. Zur Untersuchung der hiebei auftretenden, der Rechnung nur umständlichen zugänglichen Verhältnisse hat die Pennsylvania Power & Light Co. Versuche angestellt, über

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 164.

Digitized by Google

die E. S. Healy und A. J. Wright berichten. Die Versuchsstrecke bestand aus sechs Spannfeldern: 340 — 270 — 336 — 376 — 425 — 273 m; verwendet wurde ein Stahlaluminiumseil von rund 400 mm², welches in allen Fällen mit 2060 kg gespannt wurde. In der ersten Versuchsreihe wurden nun Sandsäckchen alle 6 m am Leiterseil befestigt, so daß damit eine Zusatzlast von rund 4·7 kg/m nachgebildet war; hiebei trat ein Schiefstellen der Isolatorenketten bis zu 9° ein. Wurde die Zusatzlast nur in einem Mittelfeld angebracht oder in zwei benachbarten, so vergrößerte sich dieser Winkel bis zu 41°. Die gemessenen Werte zeigten durchwegs eine rohe Übereinstimmung mit der Rechnung.

Eine zweite Reihe von Versuchen galt der rechnerisch nur schwer zu verfolgenden Frage, inwieweit bei einem plötzlichen Leiterriß eine Überbeanspruchung der benachbarten Maste eintritt[1]). Die Anordnung war die gleiche, das Leiterseil war über die Endmaste hinaus zum Boden geführt und dort an einer Art Auslöseklemme verankert. Die Isolatoren waren durch Ketten ersetzt, die aus einem Eisenstab und zwei hintereinander geschalteten Dynamometern bestanden. Eines davon war ein gewöhnliches Federdynamometer mit einem mitlaufenden Maximumzeiger, das andere ein aus der Waffentechnik übernommenes Instrument, welches dort zur Messung der beim Abfeuern von Schußwaffen entstehenden Druckstöße dient und auf der Messung der Formveränderung eines kleinen kalibrierten Kupferzylinders beruht. Überdies wurden kinematographische Aufnahmen gemacht. Die Versuche ergaben, daß die durch den plötzlichen Riß entstehende, stoßartig wirkende Kraft etwa um die Hälfte größer ist, als der vorher herrschende Seilzug; durch Verwendung von Gleitklemmen konnte diese Beanspruchung zwar etwas herabgesetzt werden, doch wird bezweifelt, ob sich solche Klemmen so herstellen lassen, daß das Seil ohne Beschädigung der Einzeldrähte durchgleiten kann. Eine merkbare Schiefstellung der Isolatorenketten nach dem Bruch trat nur bei den der Bruchstelle benachbarten ersten fünf Masten ein.

Die Versuche fanden im Rahmen der Projektierungsarbeiten für die Wallenpaupack-Siegfried-Leitung statt[2]). Die Folgerungen, die für diesen Zweck aus ihnen gezogen wurden, sind: 1. Auf gleichmäßige Austeilung der Spannweiten ist erhöhte Rücksicht zu nehmen. 2. Für die Ermittlung der Bodenabstände wird Vereisung zweier benachbarter Spannfelder angenommen, während alle übrigen von der Zusatzlast frei sind. 3. Bei Spannweiten von 540 m aufwärts wird die Seilbeanspruchung herabgesetzt. A. Fr.

(Journal A. I. E. E., Bd. 45, Heft 11, 1926.)

Merkblatt über Eislast auf Leitungen. Von der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, E. V. Berlin, wurde auf Grund der planmäßig gesammelten Erfahrungen ein Merkblatt herausgegeben, das nur vorläufige Gültigkeit haben soll, da noch nicht alle Punkte geklärt sind. Man unterscheidet demnach vier Arten von Eislast: Rauhreif, Glatteis, Schnee und Mischungen dieser Arten.[3]) Rauhreif birgt die größten Gefahren, Vorbedingung für sein Auftreten ist: Lufttemperatur unter 0°, Seil höchstens 0°. Ausscheiden von unterkühlten Wassertröpfchen in Form von Nebel, leichter Wind. Sein Aussehen ist gekennzeichnet durch lange, dem Wind entgegenwachsende Spieße und Federn. Fällt der Behang nicht bald ab, so können sich mehrere sehr gefährlich werdende Schichten bilden. Das spezifische Gewicht ist 0·2. Vorbedingung für Glatteis ist: Lufttemperatur unter 0°, mindestens in den höheren Schichten, oder etwas darüber, unterkühlter Regen, leichter Wind oder Windstille. Die auftreffenden Wassertröpfchen gefrieren sofort beim Auftreffen auf feste Gegenstände, es können sich auch hier leicht mehrere Schichten übereinander bilden; das spezifische Gewicht ist mit 0·9 anzunehmen. Schnee ist Kondensation des Wasserdampfes in Form von Eisnadeln, er setzt sich meist nur an schon vorhandenen Behang an. Mischungen, zum Beispiel von Eis und Rauhreif können besonders gefährlich werden. Für Deutschland wurden Gebiete verschieden starker Rauhreifgefährdung abgegrenzt. Innerhalb derselben gibt es rein örtlich bedingte Gefahrenzonen. Als solche können gelten: die dem Wind abgewandten Randgebiete von größeren Wasserflächen, Sümpfen, besonders wenn sie durch leicht erhöhte Lage höhere Windgeschwindigkeiten bedingen; weiters die zur Wasserfläche abfallenden Hänge. Verkrüppelte Bäume zeigen meist schon das Vorhandensein von Orten starker Rauhreifbildung an. Mit steigender Höhe sind insbesondere die in der Höhe der Gewitterwolken liegenden Bergzüge gefährdet. Das Gewicht des Behanges kann wegen der wechselnden Querschnittsformen nur ungenau auf Grund des spezifischen Gewichtes geschätzt werden, besser durch Nachrechnung des Zuges auf Grund des festgestellten Durchhanges oder auf Grund der Angaben eines schon vorher eingebauten Dynamometers zwischen Mast und Abspannkette. Bei der unmittelbaren Wägung darf nur die lotrechte Teilkraft gemessen werden, und zwar kann dies mittels eines, zwischen Mast und Hängekette eingebauten Dynamometers oder mit der eigens für diesen Zweck hergestellten Eislastfederwage der Studiengesellschaft geschehen. Bei Versuchsleitungen läßt sich der abgeschlagene Behang unmittelbar wägen. Die Werkstoffe der Leitungen verhalten sich verschieden, Kupfer dürfte rund 10 vH mehr Behang ansetzen als Aluminium, was durch die verschiedene Wärmekapazität erklärt wird. Der Einfluß des Durchmessers und der Oberflächenbeschaffenheit ist noch nicht völlig geklärt, jedenfalls dürfte in der VDE-Formel ($180\ \sqrt{d}$ als Wurzelexponent 1·5 statt 2 zu setzen sein. Über den Einfluß der Betriebsspannungen liegen nur wenige, widersprechende Meldungen vor.

Für das Eisfreihalten von Freileitungen sind rechnerisch folgende Stromstärken, auf mittlere Witterungsverhältnisse bezogen, erforderlich:

Querschnitt mm²	**16**	**35**	**50**	**70**	**90**	**120**	**150**
Leistungsbedarf in kW je km Drehstromleitung .	**10**	**12**	**17**	**20**	**23**	**26**	**29**
Strombelastung in A für: Cu	**54**	**90**	**116**	**163**	**200**	**245**	**290**
„ „ „ „ Al	**42**	**71**	**91**	**128**	**156**	**190**	**225**

Bei der Berechnung der Freileitung in eislastgefährdeten Gebieten ist zu empfehlen auf das, wenn auch seltene, gleichzeitige Auftreten von leichtem Wind und Eislast wenigstens für Grenzfälle Rücksicht zu nehmen, wie zum Beispiel: oberes Seil vereist, unteres nicht vereist; Ausschnellen des untersten Seiles bei plötzlichem Abfallen der Schneelast oder ungleichmäßiges Gegeneinanderschwingen der in gleicher Höhe liegenden vereisten und unvereisten Leiter. Bei der Leitungsführung ist außer der Berücksichtigung der angeführten Erscheinungen noch folgendes zu beachten: Leitungsführung im Windschatten von Hängen, möglichst wenig quer zur Windrichtung, die Leitungen nicht über die Wipfel der umgebenden Bäume hinausragen lassen. Für den Entwurf ist zu beachten: Verringerung der Mastabstände, Erhöhung der mechanischen Sicherheit durch größeren Sicherheitsgrad bei den statischen Berechnungen und Verwendung höherwertiger Werkstoffe (Bronze, Stahl), Nachrechnung der Seile auf elastische Dehnung, Anordnung der Seile in gleicher Höhe bei genügendem wagrechten Abstand, wobei auf das Gegeneinanderschwingen zu achten ist, Rutschklemmen, schwenkbare Ausleger, Ausheizen der Leitungen[1]).

V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 427, 1927.)

Über die Haltbarkeit von Freileitungsdrähten aus Aluminium. Dr. Hähnel. Auf Grund von Erfahrungen der deutschen Reichspost haben sich Freileitungsdrähte aus einer Legierung von Aluminium und Kupfer nicht bewährt. Beim sogenannten Spreealuminium aus 98 vH Al und 2 vH Cu bestehend, betrug der an den ausgebauten 4 mm starken Drähten festgestellte Gewichts-

[1]) Vgl. Gauster, E. u. M. 1926, S. 277.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 20, S. 406.
[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 286.

[1]) E. u. M. 1926, S. 218.

Digitized by Google

verlust infolge der Einwirkung der Luftsäuren nach dreijähriger Verwendung im Stadtgebiet rund 38 vH, wodurch sich das Reißen so vieler Drähte zwanglos erklärte. Besser bewährte sich eine Legierung mit 0·5 vH Cu, 2·5 vH Zn und 0·3 vH Fe + 0·3 Si als Verunreinigung. Ein aus dieser Legierung hergestellter 4 mm starker Draht konnte im Stadtgebiet 5½ Jahre, auf freiem Felde 10 Jahre belassen werden, wobei nach weiteren 3 Jahren die Festigkeit allerdings auf rund 42 vH zurückgegangen war. Reinaluminium (99·8 vH) mit verzinkten Stahldrähten zusammen verseilt, hat sich gut bewährt, hier zeigten die Stahldrähte stärkere Anfressungen als die Aluminiumdrähte. Aber auch Kupferdrähte verlieren an Gewicht. So zeigten im Stadtgebiet Berlin gerissene 3 mm starke Drähte nach 21 jährigem Gebrauch 47 vH, dagegen solche nach 16 Jahren in reiner Luft nur 4·9 vH Gewichtsabnahme.

V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 428, 1927.)

Beitrag zur Frage der Korrosion bei Bleikabeln durch vagabundierende Ströme. Von O. Haehnel. Vagabundierende Ströme rühren hauptsächlich von schadhaften Kabeln und den Stromrückleitungen der Straßenbahnen her. Telegraphier- und Erdausgleichströme, die der Einwirkung der Sonne zugeschrieben werden, haben keinen Einfluß auf die Kabel. Die Untersuchungen des Verfassers zielten dahin, festzustellen, wann bei einer Anfressung (Korrosion) die Einwirkung fremder Ströme vorliegt, wieweit die Gefährdung durch die Straßenbahnrückströme reicht und wieweit ein Kabelmantel durch eintretende Ströme gefährdet ist. Das Ergebnis der langwierigen Untersuchungen war: 1. Die Festellung von Rohrströmen und aus dem Mantel eines Kabels austretenden Ströme ist bei geringer Stromdichte noch kein Beweis für die Anfressung durch fremde Ströme. Rohrströme bis 100 mA und austretende Ströme bis mehrere mA/dm² können auch als Begleiterscheinungen einer chemischen Zersetzung eines bleiernen Kabelmantels auftreten. 2. Ein sicherer Beweis für die Anfressung durch fremde Ströme ist die chemische Beschaffenheit des Anfressungproduktes. Im Falle der elektrischen Anfressung ist ausschließlich Bleisulfat, Bleichlorid oder Bleinitrat, oft auch Bleisuperoxyd vorhanden. Die bei der chemischen Anfressung anfallenden Zerfallsprodukte enthalten oft ähnliche Verbindungen, die aber wegen ihrer Geringfügigkeit zu keinerlei Trugschlüssen Anlaß geben können. 3. Bei der elektrischen Anfressung wird das Blei nur anodisch angefressen, eine allfällige kathodische Anfressung ist eine sekundäre Erscheinung durch die Einwirkung des an der Stromeintrittsstelle ausgeschiedenen Kalziumhydroxydes. 4. Der schädigende Einfluß der herumirrenden Ströme reicht nur bis höchstens 100 m, welcher Abstand für die Bauführung aus Sicherheitsgründen zu verdoppeln ist. 5. Beim Auftreten elektrischer Ströme infolge chemischer Zersetzung bilden die oxydierten Stellen die Eintritts-, die noch nicht oxydierten die Austrittsstellen. 6. Blei ist in gewöhnlichem Wasser gegen Eisen bei blanker Oberfläche und Ausschluß von Sauerstoff negativ, die Spannung ist 0·1 V, bei Luftzutritt wird es positiv, die Spannung kann auf 0·3 V steigen. V. H.

(Elektrische Nachrichten-Technik, Bd. 4, Heft 2, 1927.)

Der Sukiam-Isolator. Ausgehend von der Ansicht, daß der Isolatorenkitt nur eine beschränkte Lebensdauer hat und die Bindekraft des Kittes mit der Zeit immer mehr erlahmt, was besonders in Schaltanlagen verheerende Folgen haben kann, hat die Firma Neumann in Charlottenburg einen Stützisolator geschaffen, bei dem die Verbindung zwischen Porzellan und Armatur vollkommen schraub- und kittlos ist. Der Isolator besteht nur aus Porzellan und den mit Sondermaschinen aufgepreßten Metallkappen. Die Sicherheit gegen Verdrehung wird durch Sicken in den Kappen und entsprechenden Aussparungen im Porzellan gewährleistet. Die Festigkeit ist eine hohe, zum Beispiel bei Stützisolatoren, Serie II und V (in Klammer): Überschlagsspannung 53 (98) kV, Zugfestigkeit 1400 (2400) kg, Biegungsfestigkeit 650 (750) kg, bezw. 9750 (22 500) cm/kg, Verdrehungsfestigkeit 97 (160) kg, bezw. 4500 (8000) cm/kg. Die Bruchstellen lagen bei den Versuchen stets im Porzellan, weshalb der Haltbarkeit der Kappen eine unbegrenzte Dauer zuzusprechen ist. Die hohe Festigkeit gegen Verdrehung sichert dem Isolator auch einen wichtigen Platz im Apparatebau, zum Beispiel gewährleistet er bei Trennschaltern ein unbedingt sicheres Eingreifen der Trennmesser in die Kontakte.

V. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 9, 1927.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Kranhubwerksschaltungen für Drehstrom-Reihenschluß-Kollektormotoren. Für Kranbetriebe finden bisweilen Drehstrom-Kollektormotoren Verwendung. Zur Verbesserung der Kommutierung wird meist ein Transformator zwischengeschaltet, der die dem Läufer zugeführte Spannung entsprechend herabsetzt. Das Anlassen und Steuern des Motors erfolgt durch Bürstenverschiebung entgegen dem gewünschten Drehsinn. Zur Erzielung einer guten Kommutierung ist es zweckmäßig, das Ständerdrehfeld im gleichen Sinne wie den Rotor umlaufen zu lassen. Daher erfordert das Umkehren der Drehrichtung außer einer entsprechenden Versetzung der Bürsten ein Umschalten des Ständeranschlusses. Diese Umschaltung erfolgt durch ein Schützenschaltwerk, die Verschiebung der Bürsten durch ein Gestänge vom Führerstande aus. Ist letzterer nicht ortsfest, wird das Übertragungsmittel allerdings umständlich. Der Drehstromkollektormotor in Reihenschaltung hat ähnliche Regelkurven (Drehzahl in Abhängigkeit vom Drehmoment bei gleichbleibender Bürstenstellung) wie der Gleichstromreihenschlußmotor. Das Anzugsmoment steigt bis auf den fünffachen Wert des normalen Drehmomentes.

Obering. L. Weiler beschreibt zwei prinzipielle Hubwerkschaltungen für Drehstrom-Kollektormotoren. 1. Die Gegenstromschaltung. Beim Heben wird der Stator normal an das Netz gelegt, und zwar so, daß der Drehsinn des Ständerfeldes mit der Läuferdrehrichtung übereinstimmt. Die Drehzahlregelung erfolgt durch Bürstenverschiebung. Zum Senken werden zwei Ständeranschlüsse vertauscht. Das Drehmoment wirkt im Hubsinn und wird durch Bürstenverschiebung so weit geschwächt, daß die Last den Rotor gerade noch durchzieht. Trägt man die Drehmomente in Abhängigkeit von der Bürstenverschiebung auf, so ersieht man, daß es von 0 bis 160° Verschiebungswinkel ansteigt, um bei 180° wieder Null zu werden. Der Kranbetrieb erfordert aber beim Senken schwerer Lasten sofort beim Einschalten (das heißt, kleinen Verschiebungswinkeln) ein großes Gegenmoment, das für kleine Lasten verringert werden, bzw. bei leerem Haken im Senksinne wirken muß. Es müßten beim Senken die Bürsten aus der Nullstellung sofort auf etwa 160° verschoben werden. Dies ist aus mechanischen Gründen schwierig, läßt sich jedoch durch eine elektrische kreisförmige Umschaltung der Bürsten ersetzen, was einer Verschiebung um 120° entspricht. Die weitere Bürstenverschiebung verringert das Gegendrehmoment bis auf 0 und darüber hinaus auf Werte im Senksinne. Die Drehzahlregelung beim Heben ist gleich der des Gleichstrom-Hauptstrommotors, beim Senken ähnlich der des Asynchronmotors mit Schleifringläufer, bei Gegenstromschaltung. Die Regelkurven beim Senken verlaufen jedoch ziemlich steil, sodaß bei großen Lasten die Gefahr des zu raschen Senkens besteht. Eine Rückgewinnung der von der durchziehenden Last erzeugten Energie ist nicht oder nur in ganz geringem Maße möglich.

2. Die Hubwerksschaltung mit Reihenschluß-Asynchroncharakteristik beim Senken.

a) Mit einem Bürstensatz und Läuferwiderständen. Stehen die Bürsten in der Ausschaltestellung, so fallen die magnetischen Achsen von Stator und Rotor zu-

Digitized by Google

sammen, es entwickelt sich daher kein Drehmoment. Verbindet man die Bürsten über Ohmsche Widerstände, so entsteht ein Drehmoment, das durch die Größe des Widerstandes gegeben ist. Werden nunmehr die Bürsten verschoben, erhält man ein zusätzliches Drehmoment je nach der Verschiebung im gleichen oder entgegengesetzten Sinne. Hiedurch ist es möglich, für jede Last, jede beliebige Geschwindigkeit zu erreichen.

b) Schaltung mit doppeltem Bürstensatz und Läuferwiderständen. Der Kollektor erhält zwei Bürstensätze, von denen einer feststeht und einer verschiebbar ist, sowie einen Zwischentransformator. Zum Heben wird der bewegliche Bürstensatz entgegen dem Motorhubsinn verschoben. Ständerdrehfeld und Läuferdrehrichtung stimmen überein. Beim Senken werden zwischen je einer festen und beweglichen, jedoch nicht phasengleichen Bürste Ohmsche Widerstände eingeschaltet, sowie die Bürstenanschlüsse kreisförmig vertauscht, wodurch sofort das Senken großer Lasten mit kleinster Senkgeschwindigkeit möglich ist.

Die vorstehend unter 2. beschriebenen Schaltungen ergeben flachere Regelkurven als die einfachen Gegenstromschaltungen. Sie gestatten daher verschieden große Lasten bei gleicher Bürstenverschiebung mit nahezu gleicher Geschwindigkeit zu senken. Die Höchstdrehzahl ist durch die Wahl der Läuferwiderstände begrenzbar. Beim Senken durchziehender Lasten nimmt der Motor, Leistung vom Netz auf, und zwar bei der kleinsten und größten Senkgeschwindigkeit, während bei annähernd synchroner Drehzahl Energierückgabe erfolgt. Ell.

(Siemenszeitschrift, Heft 10, Oktober 1926.)

Elektrischer Antrieb und selbsttätige Steuerung von Pumpen für die Wasserversorgungsanlage von Montevideo. Infolge des starken Anwachsens der Bevölkerung der Stadt Montevideo reichte, wie A. Honeysett mitteilt, der im Rohrnetz der Wasserversorgungsanlage verfügbare Druck nicht mehr aus. Man entschloß sich daher zu einer Drucksteigerung, indem man dieser Maßnahme den Vorzug gegenüber einer Erweiterung der Anlage durch Auslegen neuer Hauptrohrleitungen gab. Zu diesem Zweck wurde ein selbsttätiges, in Abhängigkeit vom Rohrdruck gesteuertes Pumpensystem in Verwendung genommen, und zwar erhält jeder Hauptrohrstrang ein nach dem Prinzip des Venturi-Messers wirkendes Druckrelais, dessen Differenzdruck eine in einer U-förmig gebogenen Röhre befindliche Quecksilbersäule bewegt und mit deren Hilfe die Schalterbetätigung besorgt. Der Pumpenmotor wird also bei steigendem oder fallendem Wasserdruck an- bzw. abgeschaltet. Eine Geschwindigkeitsregelung erfolgt dadurch, daß diese U-förmige Röhre aus abwechselnd leitenden und isolierten Teilen besteht, sodaß durch die Bewegung des Quecksilbers der mit seinen Anzapfungen an diese leitenden Stellen angeschlossene Feldwiderstand der Gleichstrommaschine stufenweise kurzgeschlossen wird. Zum Antrieb gelangten für die ersten drei Sätze 100 PS-Gleichstrommotoren, welche bei einer Maximalgeschwindigkeit von 750 U/min gestatten, eine Wassermenge von 10 m³/min auf eine Höhe von 30 m zu fördern. Eine Abänderung auf 45 m Druckhöhe ist vorgesehen. Jeder Motor ist durch einen eigenen Generator gespeist, durch dessen Feldänderung die Drehzahlregelung vollzogen wird. Der Antrieb erfolgt durch einen 440 V-Drehstrom-Asynchronmotor, der über Transformatoren an das 6000 V-Netz angeschlossen ist. Jeder Generator besitzt seine eigene Erregermaschine. Ein weiterer zur Aufstellung gelangter Satz für 18 m³/min und eine Druckhöhe von 45 m wird von einem 300 PS-Motor mit Feldregelung für einen Drehzahlbereich von 290 bis 800 U/min angetrieben. Die Speisung erfolgt über Quecksilberdampfgleichrichter der Glaszylindertype in vier Einheiten zu 150 A. Der günstigere Gesamtwirkungsgrad des letzteren Aggregates war wesentlich, da dadurch die Auslegung eines geringer dimensionierten Zuführungskabels zulässig wurde. St. Schw.

(Inst. Civ. Eng. Proc. 221, 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Lokomotivschaltung mit Ausgleichstransformator. Dr. Ing. L. Monath gibt eine ausführliche Beschreibung und theoretische Berechnung der Stufenschaltung, wie sie von SSW und AEG für die Personenzugs-Lokomotive 2BB2 und die Güterzugs-Lokomotive C + C der Deutschen Reichsbahn ausgeführt wurde. Der Zweck der Schaltung ist, möglichst große Stufenzahl bei kleiner Zahl von Schützen; ihr Wesen besteht darin, daß die beiden Motorgruppen ihren Strom über je eine Wicklung eines Ausgleichstransformators erhalten, deren feste Anschlußpunkte am Haupttransformator um die Spannung Δe auseinander liegen. Die Anzapfungen für die Schützen liegen um das Spannungsintervall $2\Delta e$ auseinander. Die Motorgruppen liegen an verschiedenen Spannungen und nehmen daher auch verschiedene Ströme auf. Die der Gruppe mit größerer Spannung zugeteilte Wicklung des Ausgleichstransformators wirkt somit als Primärwicklung, wobei die geometrische Differenz der Motorströme als Magnetisierungsstrom wirkt, und überträgt den Leistungs- und Spannungsüberschuß auf den Stromkreis der anderen Gruppe. Damit nun die Unterschiede der Motorgruppen-Ströme und Zugkräfte klein sind, ist es erforderlich, daß die Motorcharakteristiken genau gleich sind, und die Bürsten genau in der neutralen Zone stehen. Diese Unterschiede sind bei größeren Geschwindigkeiten gering und nehmen unterhalb von 30 vH der Höchstgeschwindigkeit rasch zu. Wl.

(Elektrische Bahnen, Bd. 2, Heft 8, August 1926.)

Die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Bahnbetriebes im Vergleich zum Dampfbetrieb. J. Bertschmann veröffentlicht auf Grund der Ergebnisse bei der Rhätischen Bahn vom Jahr 1925. Vergleichszahlen aus aus denen der wirtschaftliche Erfolg der Elektrisierung hervorgeht. Die Rhätische Bahn[1]) betreibt ein Netz von 277 km, das in der Zeit von 1913 bis 1922 elektrisiert wurde. Versorgt wird dieses Netz aus drei privaten Elektrizitätswerken, welche derart günstig liegen, daß die Bahn keine Übertragungsleitungen errichten mußte. Vorhanden sind 25 elektrische und 7 Dampflokomotiven, welche jedoch nur für Verschub, Fahrleitungs-Unterhalt, Schneeräumung und als Reserve dienen. Das Personal besteht aus 70 Lokomotivführern, 32 Schlossern und Putzern (auch für die Fahrleitung) und 71 Schlossern und Handlangern. Es wurden 1925 1 533 076 elektrische und 70 826 Dampflokomotiv-km gefahren, wobei die größte Monatsleistung 8869 km betrug. Im Durchschnitt standen 80·8 vH der Lokomotiven im Fahrdienst, 8 vH in Depotrevision und Reparatur, 5 vH in der Hauptwerkstätte zu Revision und Reparatur und 6·2 vH in Reserve. Am 24. Dezember waren alle Lokomotiven im Fahrdienst. Bezieht man die im Ganzen gefahrenen 1 603 904 Lokomotiv-km auf Dampfbetrieb, so muß diese Zahl um 20 vH erhöht werden, wenn man den Fortfall von Vorspann berücksichtigt, der bei den 1200 PS C — C-Lokomotiven[2]) entbehrlich ist. Die günstigste Ausnutzung der Dampflokomotive war 35 442 km, so daß der Betrieb von 1925 49 Dampflokomotiven erfordert hätte. Die Hauptrevisionen werden alle drei Jahre, das heißt nach rund 180 000 km, vorgenommen, während diese bei Dampflokomotiven nach 80 bis 85 000 km nötig war. Die C — C-Lokomotiven laufen sogar bis 240 000 km. Es sind somit jetzt im Jahr 9 elektrische und 1 Dampflokomotiv-Revision gegenüber 21 bei reinem Dampfbetrieb erforderlich, welche je Maschine bei Dampflokomotiven teurer ist. Diesen Verhältnissen entspricht in der Hauptwerkstätte eine Ersparnis von 52 vH des Lokomotiv-Unterhaltpersonals. Die größere Reinlichkeit des Betriebes ergab überdies 15 vH Ersparnis, das sind 5 Mann, beim Wagenpersonal. Insgesamt werden 48 vH des Werkstättenpersonals erspart.

Der Fahrdienst wird außer auf den Steilrampen einmännig besorgt. Die 38 Führer I. Klasse stehen nur im Fahrdienst mit rund 35 000 km, die 32 Führer

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 392.
[2]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 737.

Digitized by Google

II. Klasse leisten 25 000 km und machen Dienst als Reserve, Beimann oder Ablösung. In ihrer Reservezeit werden sie zu allen Arbeiten herangezogen. Die Personalersparnis beträgt hier 43·5 vH. In den Depots werden vom Wagenreinigungspersonal 46 vH erspart. Bei der Oberbau-Erhaltung heben sich die längere Lebensdauer der Schienen in den Tunnels mit der stärkeren Abnutzung in den Bogen infolge erhöhten Achsdruckes ziemlich auf.

Der durchschnittliche Kohlenverbrauch war 11·8 kg/Lokomotiv-km, entsprechend 20 815 t zuzüglich 150 000 m³ Wasser. An elektrischer Energie wurden 7646 kWh/Lokomotiv-km oder 58·8 Wh/Brutto/km verbraucht. 1 kWh ersetzt rund 1·7 kg Kohle. Der Ölverbrauch sank von 0·036 kg auf 0·0202 kg/Lokomotiv-km entsprechend 47 vH des Gesamtverbrauches. Der Unterhalt der Fahrleitung erfordert 6 Mann, die vorstehend schon eingerechnet sind. Der Materialverbrauch einschließlich des Ersatzes hölzerner Maste durch eiserne hebt sich etwa mit dem Mehrverbrauch bei den zahlreichen Revisionen der Dampflokomotiven auf. Der Verkehr des Jahres 1925 ergibt beim elektrischen und gleichwertigen Dampfbetrieb folgende Personalbestände, bezogen auf Lokomotiv-km, Jahr und Mann:

	Elektrisch		Dampf	
Lokomotivpersonal (70 Führer bezw. Heizer)	23 000 km	8 h	13 000 km	8 h
Depot (Unterhalt u. Betrieb)	50 000 „	9 „	26 000 „	9 „
Hauptwerkstätte (Lok.-Unterhalt)	53 500 „	9 „	25 500 „	9 „
„ (Wagen-Unterhalt)	46 000 „	9 „	40 000 „	9 „
„ (Zusammen)	22 500 „	9 „	14 700 „	9 „

Die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit ist wegen der starken Steigungen und Bogen nur gering (von 33 km/h mittlere Reisegeschwindigkeit der Schnellzüge auf 35 km/h). Der Entfall der Rauchplage ist bei der tunnelreichen Strecke von größter Bedeutung. Trotzdem der Preis der Kohlen von 240 Frcs. auf 55·60 Frcs. für 1925 gesunken ist, bewährt sich der elektrische Betrieb auch in wirtschaftlicher Beziehung. Wl.

(ETZ, Bd. 48, Heft 1, 1927.)

Elektrische Apparate.

Die Entwicklung der Ozontechnik in den letzten Jahren. Dipl. Ing. W. Wilke berichtet hierüber unter Hervorhebung der bedeutenden konstruktiven Fortschritte bei den Ozonapparaten, gekennzeichnet durch den Übergang von der stehenden zur liegenden Bauart, die dazu geführt hat, daß die früher umständlichen und zeitraubenden, zahlreiches Personal in Anspruch nehmenden Reinigungsarbeiten zum größten Teil in Wegfall kamen. Außer den großen Apparaten mit röhrenförmigen, wassergekühlten Ozonerzeugern entstand eine kleine Type mit luftgekühltem Plattenozonapparat für 500, 2000 und 7500 m³ Luft stündlich. Zur Vermeidung von Überschlägen kommt statt der Brausen eine 15 bis 20 cm hohe Ölschicht, durch die das Wasser in Tropfen durchtritt, zur Anwendung. Statt hochgespannten Wechselstroms von 50 Per/s werden jetzt Wechselströme von 500 bis 10 000 Per/s angewendet, wobei die erzeugte Ozonmenge mit der gleichen Anlage bei ungefähr gleichbleibendem auf die erzeugte Gewichtseinheit entfallenden Leistungsverbrauch von 50 bis zu 500 Per/s von 14 auf 70, von da bis 10 000 Per/s bis auf 600 Einheiten wächst.[1]) Wichtig ist, daß die zur Ozonerzeugung verwendete Luft trocken ist, was früher nicht bekannt war, aber eine Verbesserung des Ergebnisses auf etwa das Vierfache ergibt. Die Trocknung durch chemische Mittel ist ungeeignet sondern durch Kühlung auf — 30 bis — 40° C erreichbar, was eine besondere Kühlanlage erfordert, die einen Energieverbrauch von 10 bis 15 vH von dem der Ozonanlage bedingt. Der von den Ozonapparaten aufgenommene Strom ist voreilend, cos $\varphi = 0{\cdot}5$ bis 0·7, und kann durch Drosselspulen kompensiert werden, bei 10 000 Per/s kann man Resonanztransformatoren anwenden. Durch Einbau eines abgestimmten Kreises wurde auch die Leistung der kleinen Tisch-Ozonventilatoren unter Herabsetzung des Verkaufspreises wesentlich gesteigert. In der Trinkwassersterilisation ist die Anwendung des Ozons bedeutend zurückgegangen und durch Chlor ersetzt worden. Dagegen hat die Verbreitung für Lüftungszwecke bei Kühlräumen und in stark besetzten Arbeits und Versammlungsräumen zugenommen. Konzentrationen von 0·1 bis 0·5 mg im m³ Luft sind zweckmäßig und der erforderliche Energiebedarf ist etwa 100 W für 1000 m³. Zur Kürzung des Trocknungsvorganges von Autolackierungen findet ozonhaltige Luft in starker Konzentration ebenfalls häufig Anwendung, ebenso zum Bleichen von Wäsche, die dabei gegenüber anderen Verfahren weniger angegriffen wird. Ein neues Anwendungsgebiet ist auch das der künstlichen Alterung von alkoholhältigen Substanzen, die unter normaler Sauerstoffeinwirkung in Luft ein Vielfaches der Zeit beansprucht; hier kommen sehr kleine Energiemengen in Frage. Dazu kommen noch eine Reihe anderer Anwendungsmöglichkeiten in der Chemie, besonders bei der Synthese organischer Stoffe. Mit allen Umformerverlusten und denen für den Transport der Luft ist mit einem Energiebedarf von 25 bis 35 kWh für ein kg Ozon zu rechnen, bei hohen Periodenzahlen genügen unter Umständen auch weniger. Der Preis für 1 kg Ozon stellt sich derzeit auf etwa 4 Mk., bei Herstellung aus Sauerstoff dagegen, wenn die Kosten für diesen selbst nicht, alle übrigen jedoch eingerechnet sind, auf 2·35 Mk. Gn.

(Siemens-Zeitschrift, Bd. 7, Heft 1, Jänner 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 11, S. 208.

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Neue Wege beim Bau großer Fernämter (Fernamt Mannheim). Von Ministerialrat R. A. Kruckow. Die nach neuen Grundsätzen durchgeführte Einrichtung des vor kurzem in Betrieb genommenen Fernamtes in Mannheim war neben ihrem eigentlichen Betriebszwecke auch bestimmt, praktische Erfahrungen für das neu geplante Fernamt in Berlin, das vorerst für 2000 Fernleitungen eingerichtet wird, zu sammeln. Hiebei sollen weitgehende Neuerungen im Fernbetrieb angewendet werden, die vollständig neuartige Anordnungen und Schaltungen bedingen. Es hatte sich bei eingehender Untersuchung ergeben, daß die bisher üblichen Vielfachschaltungen der Ortsverbindungs- und Fernleitungen in sämtlichen Arbeitsplätzen des Fernsprechamtes unwirtschaftlich und mit erheblichen Verlusten an Sprechverständigung verbunden sind und daß sich die Einschaltung von Wählern, der Übergang von Fernleitungsschränken zu Tischen mit Verzichtleistung auf Stöpsel und Schnüre vorteilhaft und wirtschaftlich erweisen müßten. Es erschien empfehlenswert, diese neuen Grundsätze bei einem nicht allzu großen neuen Fernamte praktisch zu erproben, bevor das neue große Berliner Amt hienach eingerichtet würde. Das Netz in Mannheim-Ludwigshafen, das etwa 24 000 Sprechstellen zählt, wurde im Vorjahr auf Selbstanschlußbetrieb umgeschaltet; hiedurch war der Umbau des Fernamtes, in das 261 Fernleitungen einmünden, notwendig geworden. Die grundlegende Neuerung in Mannhem besteht darin, daß jeder Teilnehmer des Ortsnetzes von der Fernbeamtin entweder unmittelbar oder über Fernvermittlungsplätze mittels der Wählernummernscheibe, die sich auf ihrem Arbeitsplatze befindet, erreicht werden kann. Jede so hergestellte Verbindung läßt sich am Arbeitsplatze ohne Stöpsel und Schnüre an jede Fernleitung des Arbeitsplatzes anschalten. Das Vielfachfeld der Fernleitungen wird aufgelassen, für die letzteren wurden Durchgangsschränke eingebaut, die ebenfalls mit der Nummernscheibe erreicht werden können. Auf diese Weise wurde es möglich, die Fernleitungen auf dem kürzesten Wege durch das Amt zu führen und so stärkere Verluste an Lautstärke zu vermeiden. An die Stelle der Fernschränke treten weit einfacher ausgerüstete Tische, was zu einer übersichtlicheren und praktischen Einrichtung der Fernsäle führt. Die Arbeitstische wurden so eingerichtet, daß Kabel, Rohrpostrohre

Digitized by Google

usw. in die Tische verlegt werden, nicht mehr in Kanäle im Fußboden. Die Schrankform wurde nur für die Sammel- und Nachtplätze beibehalten, die mit Anrufklinken und Abfragestöpseln eingerichtet sind. Doch wickelt sich der Betrieb auch hier ganz ähnlich wie an den Tischen ab; für die Verbindungen sind ebenfalls Nummernscheiben und Kupplungstasten vorhanden. Auf einem normalen Arbeitsplatz kann jede der vier dort eingeführten Fernleitungen durch Tastendruck mit jeder der sechs dort eingeschalteten Vermittlungsleitungen verbunden werden. Bei reinem Selbstanschlußbetriebe kann die Fernbeamtin den verlangten Ortsteilnehmer unmittelbar herbeiholen oder ihn andernfalls über einen Fernvermittlungsschrank verlangen. Der Arbeitsplatz ist mit Anruf-, Schluß- und Besetztlampen, Abfrage-, Ruf- und Trennschlüsseln, sowie einem Zeitmesser ausgestattet. Soll eine Durchgangsverbindung hergestellt werden, so wird mittels der Wählerscheibe mit Benützung einer anderen Kennziffer eine freie Verbindungsschnur an einem Durchgangsplatze gewählt, wo im Falle des Freiseins die Verbindung mit der gewünschten Fernleitung erfolgt. Ist diese besetzt, so erfolgt eine Vorbereitungsschaltung der Fernleitung. Die Beförderung der Gesprächszettel geschieht durch Rohrpostsender. Für den Durchgangsverkehr sind in Mannheim zwei Vielfachumschalter mit je drei Arbeitsplätzen aufgestellt worden. Das Meldeamt besteht aus 16 Meldeplätzen, deren Verkehr mit der Rohrpostverteilerstelle und Auskunft durch eine Bandpost vermittelt wird.

Mit diesen neuen technischen Einrichtungen ist eine sehr wirtschaftliche Ansetzung des Personals an die Erfordernisse des jeweiligen Betriebes möglich. Bei den Durchgangsschränken genügt eine Beamtin für eine Stundenleistung von 130 Verbindungen. In der Hauptverkehrsstunde kann der einzelne Arbeitsplatz am Fernvermittlungsschrank mit 300 Verbindungen belastet werden. In Mannheim wurden Fernvermittlungsschränke beibehalten, da die Verbindungen über diese im Durchschnitt rascher zu erzielen sind, als nur über Wähler. Am Vermittlungsschranke hat die Beamtin bloß den Stöpsel der Schnur, auf der der Anruf vom Fernamt eingelangt ist, in die Teilnehmerklinke zu stecken. Als besonders vorteilhaft wird in Mannheim die Einrichtung der Durchgangsplätze und die Einführung der vorbereitenden Schaltungen an diesen empfunden. Hiebei wird die frei werdende Fernleitung selbst angeschaltet, so daß sie nicht mehrmals vom Fernplatze verlangt werden muß. Der Mehraufwand an Personal an den Durchgangsplätzen wird durch den Entfall von Leerlaufarbeit an Fernplätzen reichlich aufgewogen. Der Verkehr wickelt sich bei der neuen Betriebsweise viel rascher ab als wie beim alten System. Die vorbereitenden Mitteilungen werden nicht mehr in besonderen Dienstleitungen, sondern in den Vermittlungsleitungen selbst ausgetauscht. Die Vermittlung des Gesprächsverlangens erfordert nur 5 sec. Fernplätze für den ankommenden Endverkehr können mit 5 bis 7, allenfalls mit 8 Leitungen besetzt werden. Sonst werden drei Fernleitungen auf den Platz geschaltet, wenn sie sehr wichtig sind, nur zwei. Der Verlust an Dämpfung bei der Verbindung zweier Leitungen beim Durchgang durch das ganze Amt beträgt nur $b = 0{\cdot}1$. Die Anlagekosten sind bei Ämtern von der Größe des Mannheimer Amtes etwas höher als bei normalen Schrankfernämtern, die eigentlichen Betriebskosten sind günstiger geworden. Bei Fernämtern mit mehr als 170 Arbeitsplätzen ist die neue Einrichtung schon billiger als bei der alten Anordnung mit Vielfachfeld. In Berlin wird daher diese Einrichtung zur Verwendung kommen. Now.

(Telegr.- u. Fernspr.-Techn., 15. Jahrg., Heft 10, 1926.)

Akkumulatoren, galvanische Elemente und Thermoelemente.

Thermokraft von metallischen Aggregaten behandelt Georg Masing. Bisher wurde hauptsächlich die Thermokraft von Legierungen untersucht, die Mischkristalle bilden. Bei einfachen mechanischen Gemengen hat nur Rudolphi[1]) an einigen Metallpaaren lineare Abhängigkeit von der Konzentration beobachtet. Seither zeigten sich jedoch insbesondere bei Wismut-Tellurlegierungen noch ungeklärte Abweichungen von dieser Linearität. Man hat ferner einen gewissen Zusammenhang zwischen Wärmeleitvermögen und Thermokraft zu finden geglaubt, ist aber dabei auf so viele Ausnahmen gestoßen, daß ein engerer Parallelismus nicht behauptet werden kann. Kadmium hat zum Beispiel geringeres Wärmeleitvermögen und höhere Thermokraft als Zink. Durch Zusatz von Zink zum Kadmium, wobei stets nur ein mechanisches Gemenge entsteht, wird jedoch im Gegensatz zum erwarteten Parallelismus das Wärmeleitungsvermögen gesteigert und die Thermokraft verringert. Der Verfasser sucht nun diese Unregelmäßigkeiten durch teilweise Parallel- und Hintereinanderschaltung der Gemengteile in der Bahn des Thermostromes zu erklären, wobei er von der Voraussetzung eines so geringen Temperaturintervalles zwischen den Lötstellen ausgeht, daß die Thermokraft als der Temperaturdifferenz proportional und sowohl das elektrische als auch das thermische Leitvermögen als konstant angesehen werden kann. 1. Der Thermokreis besteht aus der Parallelschaltung zweier Metalle B und C zwischen denselben Lötstellen und einem dritten Metalle A. In den Leiter A sei ein Meßinstrument von so großem Widerstande eingeschaltet, daß das vom Thermostrome in A verursachte Spannungsgefälle im übrigen Thermokreise verschwindet. Dagegen bilden B und C mitsammen ein kurzgeschlossenes Thermoelement, in dem ein Strom J kreist. Bezeichnen e_{AB}, e_{AC} und $e_{BC} = e_{AB} - e_{AC}$ die Thermo-EMKe der drei in Betracht kommenden Elementkombinationen bei derselben Temperaturdifferenz; ferner w_B, w_C, λ_B, λ_C, q_B, q_C die Widerstände, Leitfähigkeiten und Querschnitte der Metalle B und C, so erhält man für die Thermo-EMK e'_L der Schaltung

$$e'_L = (e_{AB} \cdot q_B \cdot \lambda_B + e_{AC} \cdot q_C \cdot \lambda_C)/(\lambda_B \cdot q_B + \lambda_C \cdot q_C) \quad (1)$$

Dieses Ergebnis ändert sich nicht, wenn die Metalle B und A auch an Stellen leitend miteinander verbunden sind, die zwischen den gemeinsamen Lötstellen liegen, weil die Thermokraft zwischen den beiden Metallen an der Zwischenstelle gleich der durch den Strom J verursachten Potentialdifferenz ist, also an Strom- und Spannungsverhältnissen nichts ändert. 2. Der Thermokreis besteht aus drei in Reihe geschalteten Metallen A, B und C; in A ist wieder das Instrument mit hohem Widerstande eingeschaltet; die konstant gehaltene Temperaturdifferenz liegt zwischen den Lötstellen AB und AC und die Temperatur der Lötstelle BC wird durch das Wärmeleitvermögen l_B und l_C der Metalle B und C bestimmt. Berücksichtigt man die Proportionalität zwischen dem thermischen und dem elektrischen Leitvermögen nach Wiedemann-Franz, so kann man l_B und l_C durch λ_B und λ_C ersetzen und erhält für die resultierende EMK e''_L:

$$e''_L = (e_{AB} \cdot \lambda_C \cdot q_B + e_{AC} \cdot \lambda_B \cdot q_C)/(\lambda_C \cdot q_B + \lambda_B \cdot q_C) \quad (2)$$

Setzt man $q_B + q_C = 1$ und differenziert die beiden Gleichungen nach q_B, so erkennt man, daß die Kurven, welche die Thermo-EMK als Ordinaten über der Größe q_B als Abszisse darstellen, in beiden Fällen entgegensetzte Krümmungen aufweisen. Beide stellen Grenzfälle der Thermokraft eines reinen mechanischen Gemenges dar und die wirklich beobachtete Thermokraft muß zwischen ihnen liegen. Sie muß ferner in jedem Falle zwischen den Thermokräften der beiden Komponenten liegen; sollte eins von beiden in einen besonderen Falle nicht zutreffen, so ist zu vermuten, daß kein einfaches mechanisches Gemenge vorliegt. Die Gleichungen (1) und (2) bleiben unverändert, wenn man als Sitz der Thermokräfte nicht die Berührungsstellen der Metalle, sondern das in ihnen auftretende Wärmegefälle annimmt. Den möglichen Spielraum für die Thermo-EMK des Gemenges findet man einfach, indem man $e''_L - e'_L$ für verschiedene Werte von q_B innerhalb der Grenzen $0 < q_B < 1$ unter Bedingung $q_B + q_C = 1$ berechnet, wobei unter q_B der B-Gehalt des Gemenges in Bruchteilen seines Gesamtvolumens zu verstehen ist. R. H.

(Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. V, Heft 2, August 1926.)

[1]) Z. f. anorg. Chemie, Bd. 67, S. 65, 1910.

Digitized by Google

Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Untersuchungsmethoden für die Beurteilung der wärmetechnischen Eigenschaften von elektrisch beheizten Warmwasserspeichern. Schmidt, Dessau, weist darauf hin, daß der Wirkungsgrad, bestimmt aus der ersten Anheizung, ein ganz anderer ist, als der, den die zweite Anheizung ergibt, auch spielen Endtemperatur, Außentemperatur, Wasserverbrauch und dergleichen eine ausschlaggebende Rolle. Eine prägnantere Kennzeichnung als die Nutzeffektziffern gibt die Zahl für die stündlichen Wärmeverluste des Speichers. Man kann diese so ermitteln, daß man den Speicher auf eine gewisse Temperatur aufheizt und dann die Stromzufuhr so regelt, daß die Temperatur des Wassers konstant bleibt. Hiebei muß die Raumtemperatur möglichst konstant gehalten werden und ein Vergleich ist auch nur dann möglich, wenn bei verschiedenen Typen die gleiche Außentemperatur zugrunde gelegt ist. Diese Methode ist also auch nicht eindeutig, solange nicht eine Norm für die Betriebsbedingungen allgemein aufgestellt ist. Für die Wirtschaftlichkeit der Elektrospeicher ist vor allem die Ermittlung der Wärmeverluste von Bedeutung, die auftreten, wenn der geheizte, isolierte Apparat sich längere Zeit selbst überlassen bleibt. Die Messung der Temperatur ist hiebei aber schwierig, da diese an den verschiedenen Stellen des Speichers eine verschiedene ist, erfolgt also am besten durch Widerstands-Thermometer, die in Form einer Spirale über die ganze Höhe des Speichers gleichmäßig verteilt sind. Dadurch wird eine Genauigkeit auf 0·5 Grad erreicht. Man erhält hiedurch einwandfrei die zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit verschiedener Speicher dienende Abkühlungskurve als Funktion der Zeit, die bei konstanter Raumtemperatur der logarithmischen Kurve

$$dt = dt_{max}^{-\frac{\tau}{T}}$$

entspricht (dt Temperatur zur Zeit τ, dt_{max} Höchsttemperatur zu Versuchsbeginn, τ verflossene Zeit und T Zeitkonstante.) T ist durch die an jedem beliebigen Punkt gezeichnete, bekanntlich gleichbleibende Subtangente gegeben. Aus der Zeitkonstante läßt sich nun leicht für jede Außentemperatur und jede Abkühlungszeit die Temperatur des Speichers feststellen. Es wird daher vorgeschlagen, als Charakteristikum für die wärmetechnischen Eigenschaften eines elektrischen Warmwasserspeichers dessen Zeitkonstante anzugeben. Ci.

(Elektrizitätswirtschaft, Nr. 420, November 1926.)

Baustoffe.

Das Aluminium und seine Legierungen. Mit diesem Gegenstand hat sich die Herbstversammlung in Lüttich des „Institute of Metals" eingehend beschäftigt. Aus den im „Engineering", Bd. 102, Nr. 3165 enthaltenen Aufsätzen sei hier das Wesentlichste mitgeteilt.

Dr. W. Rosenhain, Teddington, berichtete unter anderem, daß es erst in den letzten Jahren gelungen ist, hoch raffiniertes Aluminium von 99·95 vH Reinheitsgrad herzustellen, das eine außerordentliche Duktilität besitzt. Über die Vergütung und genauen Untersuchungen wichtiger mechanischer Eigenschaften von Al-Legierungen berichtet J. D. Grogan. Zur Untersuchung wurde verwendet hochwertiges Aluminium mit einem durchschnittlichen Gehalt von 0·17 Si und 0·23 Fe, sowie reines Silizium. Die Vergütung der gegossenen Stäbe erfolgte durch Natrium oder Salze. Die Gußformtemperatur betrug 200 bis 250° C. Die Wirkung der Vergütung besteht in der Ausbildung einer feineren Struktur und infolgedessen besserer mechanischer Eigenschaften. Geringe Mengen von im Silizium enthaltenen Ca brachten schon eine Vergütung hervor. Legierungen mit 14 vH Si oder weniger werden gut vergütet, mit höherem Si-Gehalt schwankt der Vergütungsgrad. Bei der Vergütung mit Na reicht eine Menge von 0·05 vH Na aus, um eine völlige Vergütung von Legierungen mit weniger als 12 vH Si zu erhalten. Legierungen mit höherem Si-Gehalt müssen 0·1 bis 2 vH Na erhalten. Die mikroskopische Untersuchung zeigte jedoch, daß die Dichte der vergüteten Produkte ungleichmäßig und oft zu gering war; auch zeigten sich Hohlräume. Die Vergütung nach dem Salzverfahren erfolgt mit einer Mischung von 2 G. T. Na F + 1 G. T. Na Cl. Der Zusatz dieser Mischung erfolgt auf die Oberfläche des auf 900° C erhitzten Metalles durch Bestreuen, in einer Schichtdicke von 0·25 bis 0·5 Zoll. Die Salzkruste wird dann abgeschöpft und das Metall vergossen. Ein Vergleich der nach den beiden Methoden vergüteten Proben zeigt, daß das Salzverfahren dem Na-Verfahren wesentlich überlegen ist. Die Produkte des Salzverfahrens waren gut vergütet, es zeigte sich kein polymeres Si, das Material war zum Unterschied von der Na-Vergütung durchwegs dicht und homogen. Auch die Festigkeitsprüfung und Dehnung zeigte in den erhaltenen Werten die Überlegenheit der Salzvergütungsmethode. Schließlich wurden noch zwei ternäre Legierungen, und zwar Al-Si-Zn und Al-Si-Mg nach der Salzmethode vergütet. Die Struktur der erstgenannten Legierung war nicht so fein, wie die der binären; durch den Zn-Zusatz stieg die Zugfestigkeit, aber die Dehnung (Duktilität) nahm sehr ab. Bei der ternären Legierung mit Magnesium, die in der gleichen Weise vergütet wurde, zeigte sich, daß Mg die Dehnung (Duktilität) vernichtete und die Festigkeit nicht verbesserte.

Über das wichtig gewordene Silumin und seine Struktur berichtete B. Otani (Japan). Von Bedeutung scheint gegenüber Grogan die Feststellung zu sein, daß bei Zusatz von Kalzium- oder Chromfluorid keine Vergütung eintritt und daher das Fluor keine vergütende Wirkung ausüben kann. Das aus den Fluoriden entstehende Natrium dagegen wirkt als Vergütungsmittel und als Flußmittel für das Al_2O_3. Otani fand weiters, daß auch Ätznatron als Vergütungsmittel verwendet werden kann, während Alkalikarbonate wirkungslos sind; ferner, daß der Einfluß eines teilweise löslichen Elementes auf die Struktur von großer Bedeutung zu sein scheint. Durch bloße Regulierung der Abkühlungsgeschwindigkeit kann man vergütbare Strukturen nicht erhalten. Wichtig ist die Temperatur der Gußform; wird deren Temperatur erhöht, so wird der innere Teil der Gußstücke feiner. Auch die Abkühlungsgeschwindigkeit während des Erstarrens beeinflußt das Gefüge. Schnelles Abkühlen verhindert das Wachsen großer Kristalle und ergibt eine sehr feine Struktur. Die Widerstandstemperaturkurve zeigt bei vergüteten und unvergüteten Legierungen keine wesentlichen Unterschiede. Es ist daher anzunehmen, daß in den vergüteten Legierungen keine Phasenänderung in den Silizium- und Aluminiumkristallen stattgefunden hat. Wg.

Miramant, eine hochwertige Schneidmetallegierung. Die hochwertigen legierten Stähle für Schneidzwecke sind in ihrer Wirksamkeit durch die bei 600° Arbeitswärme auftretende Umwandlung ihres Gefüges beschränkt, während die von Ellwood Haynes herausgebrachten Stellit-Legierungen[1]) ihre Grenze bei 900° erst erreichen. Die auftretende Arbeitswärme ist aber häufig beträchtlich höher. Im Röchlingschen eisenfreien Schneidmetall Miramant wurde ein Stoff gefunden, dessen Schmelzpunkt bei 2100° liegt und der unterhalb von 1500° noch keine Umwandlung zeigt. Seine Härte liegt zwischen der des Korunds und des Diamanten, und besteht noch beim Schmelzen des Eisens. Das Metall ist eine Legierung schwer schmelzbarer Metalle, in denen ein Anteil beständiger Karbide enthalten ist. Der durch die große Härte bedingte Verlust an Zähigkeit ist beim Arbeiten noch nicht nachteilig. Abgesehen davon, daß die bisher in Hinsicht auf die Arbeitswärme zu beachtenden Regeln entfallen, können auch zähe Metalle, wie die zum Teil wirtschaftlich unbearbeitbaren Manganhartstähle, Chromnickelstähle usw. bearbeitet werden. Das Gebiet des neuen Schneidmetalls ist durch wirtschaftliche Erwägungen und durch die besonderen Bearbeitungsvorschriften für dieses Metall gegen das der gebräuchlichen Hochleistungsstähle abgegrenzt. V. H.

(VDI, Bd. 71, Heft 4, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 99.

Digitized by Google

Chronik.

Die Hauptversammlung des Österreichischen Vereines Deutscher Ingenieure. Die diesjährige Hauptversammlung begann am 10. Juni in Anwesenheit des Bundespräsidenten Dr. Hainisch, des zweiten Vorsitzenden des V. D. I, Geheimrat Prof. Dr.-Ing. de Thierry und Oskar v. Millers im Wiener Planetarium mit einem Vortrage von Prof. Dr. Ing. W. Bauersfeld (Jena) über das Zeiss'sche Planetarium. Der Vortragende zeigte, wie der Gedanke O. v. Millers, für das Deutsche Museum in München eine anschauliche Darstellung der Bewegung der Himmelskörper zu schaffen, nach 4½ jähriger mühevoller Tätigkeit in die Wirklichkeit umgesetzt wurde und wie es dann in weiteren 1½ Jahren gelang, die heute in einer Reihe deutscher Städte und auch in Wien aufgestellten Planetarien zu bauen. Anschließend an eine Erläuterung der baulichen Einzelheiten des Planetariums wurde dann auch das Wiener Planetarium selbst im Betrieb vorgeführt.

Bei der am gleichen Tage im Industriehause abgehaltenen eigentlichen Hauptversammlung überreichte zunächst Geheimrat de Thierry dem Nestor der österreichischen Techniker, Präsident des technischen Versuchsamtes Dr. Ing. Wilhelm Exner, die Urkunde als Ehrenmitglied des V. D. I., welche seltene Auszeichnung ihm auf der letzten Hauptversammlung des V. D. I. einstimmig verliehen wurde. Präsident Exner erklärte in seiner Dankesrede, daß durch diese Auszeichnung nicht nur er persönlich, sondern der ganze österreichische Ingenieurstand eine hohe Ehrung erfahren habe. Nach Erledigung der geschäftlichen Angelegenheiten hielt Prof. Dr. Ing. R. Plank (Karlsruhe) einen überaus interessanten Vortrag über die wissenschaftlichen Grundlagen der Kälteerzeugung und Kälteverwendung. Auf Grund einer Anregung des Vortragenden wurde dann noch beschlossen, die Vorarbeiten zu einem Zusammenschluß der an der Kälteerzeugung interessierten österreichischen Ingenieure dem wärmetechnischen Ausschusse des Vereines zu übertragen.

Den offiziellen Abschluß der Hauptversammlung bildete am 11. Juni die Besichtigung des technischen Museums, wo die Erschienenen vom Präsidenten des Kuratoriums Arthur Krupp, und im Namen der österreichischen Regierung vom Handelsminister Dr. Schürff begrüßt wurden. Der Vorsitzende des Vereines, Baurat Ing. Bretschneider, begrüßte noch besonders Präsident Dr. Exner, den geistigen Vater des Museums und Oskar v. Miller, der die Bedeutung des technischen Museums für das Eindringen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in weite Kreise hervorhob. Nach Vorträgen des Museumsdirektors Hofrat Erhard über Entstehung und Aufbau des Museums und des Generalpostdirektors Hoheisel über die Geschichte des Postmuseums wurde das Museum, insbesondere auch die vor der Eröffnung stehende funktechnische Abteilung desselben unter Führung des Sekt.-Rates Ing. Pfeuffer besichtigt.

Briefe an die Schriftleitung.

Kritische Bemerkungen zur Erwärmungsgleichung unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit von Wärmeabgabe und spezifischem Widerstand, so wie der Inhomogenität des Körpers. Von Prof. Dipl. Ing. Heinrich Ott, Karlsruhe. E. u. M. 1927, Heft 16, Seite 317.

Auf Seite 319 sagt der Verfasser: „der durch die Temperaturabhängigkeit der Wärmeabgabe bedingte langsamere Temperaturanstieg am Anfang der Erwärmungslinie wird ..... kompensiert .....“. Tatsächlich hat die Temperaturabhängigkeit der Wärmeabgabe keinen langsameren, sondern einen rascheren Temperaturanstieg am Anfang der Erwärmungskurve zur Folge, wie ich in meinem Aufsatz „Ermittlung genauer Erwärmungs- und Abkühlungskurven“ gezeigt habe und nachstehend kurz beweisen will, wobei ich von der Gleichung ausgehe, die Herr Prof. Ing. Ott auf Seite 318, rechts unten, anführt:

$$Q(1+\alpha\tau)\,dt = c\,G\,d\tau + F_0\,\mu\,\tau\,dt.$$

Da es sich darum handelt, den Einfluß der Veränderlichkeit der Kühlziffer μ zu untersuchen, soll die Veränderlichkeit des spezifischem Widerstandes ausgeschaltet werden. Es wird also $\alpha = 0$ gesetzt und die Gleichung lautet nun:

$$Q\,.\,dt = c\,.\,G\,d\tau + F_0\,\mu\,\tau\,dt$$

oder

$$(Q - F_0\,.\,\mu\,\tau)\,dt = c\,.\,G\,d\tau,$$

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{Q - F_0\,.\,\mu\,.\,\tau}{c\,.\,G}.$$

Am Anfang der Erwärmungslinie ist bekanntlich die Kühlziffer μ kleiner als der konstante Wert, der für die Exponentialkurve vorausgesetzt wird. Nach vorstehender Gleichung entspricht aber einer kleineren Kühlziffer μ ein größerer Wert von $\frac{d\tau}{dt}$, also ein rascherer Temperaturanstieg.

Zu den Rechnungen über den Einfluß der Temperaturabhängigkeit der Wärmeabgabe, die Herr Prof. Ott in seinem Aufsatz bringt, bemerke ich, daß man den Begriff der Zeitkonstanten mit größter Vorsicht verwenden sollte, sobald man den Boden der klassischen Erwärmungstheorie verläßt. Das Arbeiten mit einer variablen Zeitkonstanten — ein Widerspruch in sich — führt häufig, so auch im vorliegenden Fall, zu Irrtümern.

Schließlich möchte ich darauf hinweisen, daß bei den meisten technischen Widerständen keine Inhomogenität und keine merkliche Temperaturabhängigkeit des spezifischen Widerstandes vorliegt. Größere Widerstände haben frei gespannte Widerstandsleiter aus Materialien mit sehr kleinen Temperaturkoeffizienten des spezifischen Widerstandes, wie Konstantan, Nickelin und dergleichen. Es bewirkt also bei Widerständen die Temperaturabhängigkeit der Kühlziffer eine starke, durch nichts kompensierte Abweichung des Erwärmungsverlaufes von der Exponentiallinie.

Wien, am 6. Mai 1927. *Dr. Gramisch.*

Im Heft Nr. 18, Jahrgang 1923, der Zeitschrift „Elektrotechnický Obzor“ (Vereinsorgan des „Elektrotechnický Svaz Československý“, Prag) veröffentlichte ich den Aufsatz „Beitrag zur Erwärmungstheorie elektrischer Maschinen“, in welchem ich das von Herrn Prof. Dipl. Ing. H. Ott aufgeworfene Problem eingehend behandelte und die folgenden Gleichungen für die Erwärmung eines Wärme erzeugenden Körpers, welcher mit einem anderen Körper umhüllt ist, abgeleitet habe:

$$\vartheta = \sum_{1}^{n} \vartheta_n \left(1 - e^{-t/T_n}\right).$$

Dieser Ausdruck stimmt mit den Ergebnissen des Herrn Prof. Ott überein. Meine Schreibweise unterscheidet sich von derjenigen des Herrn Prof. Ott nur insofern, als ich mit $\vartheta_1, \vartheta_2 \ldots \vartheta_n$ die Enderwärmungen der partiellen Erwärmungsvorgänge (aus welchen sich der resultierende Erwärmungsvorgang zusammensetzt) bezeichnet habe.

Dieser Aufsatz ist der Aufmerksamkeit des Herrn Prof. Ott wahrscheinlich entgangen. Jedoch hat sich mit dem in Frage stehenden Problem später auch Prof. V. Karapetoff befaßt („Parameters of Heating Curves of Electrical Machinery“, Journal of the A. I. E. E. 1926, January). In der Diskussion (Juliheft 1926) machte ich diesen Autor auf meinen früher veröffentlichten Aufsatz aufmerksam.

Zum Schluß meiner vorhergehenden Ausführungen erlaube ich mir zu bemerken, daß ich die Ansicht des Herrn Prof. Ott teile, daß es mit Rücksicht auf einfache Resultate für die bei elektrischen Maschinen in Betracht kommenden Temperaturbereiche ohne weiteres möglich ist, sowohl die erzeugte Wärme, als auch die Wärmeabgabekoeffizienten als Konstanten anzusehen.

In Übereinstimmung mit Herrn Prof. Ott halte ich es jedoch nicht für angängig, ein System von inhomogenen Körpern, welche sich gegenseitig die Wärme übergeben, wie es bei einer elektrischen Maschine der Fall ist, durch einen einzigen homogenen zu ersetzen, um den Erwärmungsvorgang durch eine einfache Exponentialfunktion darstellen zu können. Dies

Digitized by Google

könnte in einigen Fällen (wie zum Beispiel bei Bestimmung der kurzzeitigen Überlastbarkeit der elektrischen Maschinen) zu groben Fehlern Anlaß geben.

Prag, 2. Mai 1927. *Dr. Ing. F. Fabinger.*

Erwiderung:

Die Bemerkungen des Herrn Dr. Gramisch sind für mich kein Beweis für die Unrichtigkeit der von mir für den Normalfall praktischer Erwärmungskurven aufgestellten Folgerungen, ich glaube sie im Gegenteil als einen Beweis dafür ansehen zu müssen, wie vorsichtig man mit jeder Abweichung von der klassischen Form der Erwärmungsgleichung sein muß. Die von mir entwickelte Näherungsrechnung erhebt natürlich keinen Anspruch auf große Genauigkeit; immerhin gibt sie auf einfachem Wege ein Bild über die Größenordnung der untersuchten Einflüsse. Nichtangängig erscheint mir, in dem Ausdrucke:

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{Q - F_0 \mu \tau}{c.G}$$

(für den Wert t) τ unabhängig von der Kühlziffer μ anzunehmen; τ ist vielmehr etwa umgekehrt proportional μ. Danach ist die Folgerung, daß dem Beginn der Erwärmungskurve infolge der Inkonstanz von μ ein rascherer Temperaturanstieg entspricht, unbegründet. Dagegen ist selbstverständlich, wie ich in meinem Aufsatz deutlich erwähnte, der Temperaturanstieg über die ganze Erwärmungskurve rascher unter Berücksichtigung der Inkonstanz der Kühlziffer, so daß ich hierin mit Herrn Dr. Gramisch völlig übereinstimme. Wenn Herr Dr. Gramisch, ebenso wie ich, bei praktischen Erwärmungskurven zu Beginn einen rascheren Temperaturanstieg wie gegen Ende festgestellt hat, so ist dies, wie aus meinen „kritischen Bemerkungen" hervorgeht, auf die Inhomogenität des Körpers zurückzuführen bezw. auf den inneren Temperaturabfall in homogenen Körpern, wie ich in einer späteren Arbeit noch zeigen werde.

Im Übrigen teile ich die Ansicht des Herrn Dr. Gramisch, daß bei freigespannten hochbelasteten Widerständen und Übertemperaturen in der Größenordnung von 300° die Abweichungen von der Exponentialform, wie auch aus meinen Darlegungen hervorgeht, fühlbar werden können; für allgemeine Erwärmungsrechnungen werden meine Darlegungen dagegen nicht bestritten werden können.

Mit den Ausführungen des Herrn Dr. Fabinger bin ich restlos einverstanden; von allen Erweiterungsversuchen der klassischen Erwärmungsgleichung halte ich ebenfalls allein die Berücksichtigung der Inhomogenität der Körper für berechtigt und namentlich bei Transformatoren für unbedingt erforderlich. Ich glaube auch kaum, daß meine „kritischen Bemerkungen . . ." in dieser Hinsicht falsch verstanden worden sind, umso weniger, als ich teilweise meine eigenen Arbeiten in dieser Richtung erwähnt habe. Immerhin dürfte für den Normalfall praktischer Erwärmungsrechnungen sich der Einfluß der in meinem Aufsatz erwähnten drei Sondereinflüsse soweit kompensieren, daß hier eine Berücksichtigung auch der Inhomogenität sich völlig erübrigt.

Karlsruhe, 14. Mai 1927. *Heinrich Ott.*

Wirtschaftliche Nachrichten.

Österreichisches Institut für Konjunkturforschung. Die Wichtigkeit einer richtigen Beurteilung der künftigen Marktgestaltung für die erfolgreiche Führung wirtschaftlicher Unternehmungen ist besonders in den Vereinigten Staaten schon seit langem erkannt worden und hat dort zur Errichtung von großen Instituten geführt, die sich mit der statistischen Untersuchung des Konjunkturverlaufes befassen. Der Erfolg der amerikanischen Institute hat in den letzten Jahren auch in verschiedenen europäischen Staaten zur Schaffung ähnlicher Forschungsstellen geführt, in anderen Staaten sind sie in Vorbereitung und auch der Völkerbund hat ein Komitee zum Studium der Konjunkturforschungsmethoden eingesetzt.

In Österreich wurde zu Ende des vorigen Jahres von den Handels- und Arbeiterkammern, der Nationalbank, den Bundesbahnen, dem Bankenverband, den Hauptverbänden der Industrie und der Kaufmannschaft, der Wiener Börsenkammer und der Kammer der Produktenbörse ein Verein zur Errichtung und Erhaltung des österreichischen Institutes für Konjunkturforschung gegründet. In dem Kuratorium zur Leitung des Institutes führen der Präsident der Nationalbank Dr. Reisch, der Präsident des Bundesamtes für Statistik W. Breisky und Prof. Dr. Mises den Vorsitz. Das Institut hat nun nach kaum halbjähriger Tätigkeit bereits in einem sehr vornehm ausgestatteten 40 Seiten starken Hefte seinen einleitenden Bericht herausgegeben, der in drei Teile — die Methoden der Konjunkturforschung und ihre Anwendung auf Österreich, die gegenwärtige Wirtschaftslage Österreichs, die Konjunkturentwicklung im Ausland — zerfällt. Bezüglich Österreich glaubt das Institut aus seinen Arbeiten die Schlußfolgerung ziehen zu dürfen, daß der Niedergang der österreichischen Wirtschaft in den letzten Jahren nicht nur einen Teil des notwendigen Anpassungsprozesses an die geänderten Verhältnisse bildet, der die Wirtschaft schließlich dauernd auf einem viel tieferen Niveau zurücklassen wird, sondern daß er wenigstens zum Teil eine der regelmäßig wiederkehrenden Depressionen darstellt, die insbesondere nach einer Periode starker Preissteigerung stets eintreten. Auch kann die Vermutung ausgesprochen werden, daß der Tiefpunkt der zyklischen Depression schon im Spätsommer des vorigen Jahres überschritten wurde, die Tendenz der wirtschaftlichen Entwicklung seither nach aufwärts gerichtet ist und die innere Lage der österreichischen Wirtschaft einer weiteren anhaltenden Besserung keine Hindernisse in den Weg stellen dürfte.

Von nun an sollen allmonatlich Übersichten über die wirtschaftliche Lage des In- und Auslandes folgen, die für alle Kreise der Wirtschaft von Wichtigkeit sein werden. Wünschenswert wäre es, wenn das Institut eine möglichst weitgehende Unterstützung seitens der Industrie und des Handels durch Mitteilungen über die Erzeugung und den Warenverkehr fände, andererseits sollte aber das Institut seine Tätigkeit, nach Maßgabe seiner vorläufig noch beschränkten Mittel, auf möglichst viele Gebiete der Wirtschaft erstrecken, so unter anderem auch auf die Erfassung des Verbrauches an elektrischer Energie, da doch heute der Kohlenverbrauch allein nicht mehr ein ganz zutreffendes Bild über die Beschäftigung der Industrie gibt. J.

„Elin" Aktiengesellschaft für elektrotechnische Industrie in Wien. (Aus dem Geschäftsbericht für das Jahr 1926.) Die Betriebsstätten waren in steigendem Maße beschäftigt. Namentlich auf dem bereits im vorjährigen Berichte erwähnten Gebiete der elektrischen Gleichstrom-Lichtbogenschweißung, System Rosenberg, wurden Erfolge erzielt[1]). Das durch Patente geschützte Verfahren zur Herstellung von Hartbandagen für Transformatorenwicklungen hat sich in mehrjähriger Erprobung ausgezeichnet bewährt. Die Hochspannungsabteilung war hinreichend beschäftigt. So wurde die Erweiterung des Unterwerkes Flirsch durchgeführt. Ferner wurden an Aufträgen erhalten: Die Erweiterung des Unterwerkes Zirl, eine Hochspannungs-Fernleitung Zirl-Hochzirl, die Transformatoren für die Unterwerke Kitzbühel und Saalfelden, der Bau der 55 kW-Übertragungsleitung Brixlegg-Schwaz und auf Grund der günstigen Erfahrungen der Gemeinde Wien mit dem im Vorjahr für das Kraftwerk Ebenfurth gelieferten Entkopplungstransformator eine gleiche Einrichtung für das Umspannwerk Wien-Nord[2]) für die 110 kW-Doppelleitung Partenstein—Wien, respektive Opponitz—Wien, außerdem Spezial-Einanker-Umformer für sämtliche acht Unterstationen Wiens, 3 Stück Dreiwicklungs-Transformatoren je 8000 kVA für das Werk Pernegg, 2 Stück Drehstrom-Zweiphasen-Transformatoren je 7500 kW von der Stadtgemeinde Innsbruck für das Umspannwerk Bismarckplatz zum Anschluß an die Tiwag, der elektrische Teil der Dampfzentrale mit Ausnahme der Turbogeneratoren für die Stadt Philippopel, der elektrische Teil der Zentrale, einschließlich Primär- und Sekundärnetz sowie Transformatorenstationen für die Stadt Jannina und Maschinen und Schaltanlagen für

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 154.

[2]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 699; 1925, S. 61, 509.

Digitized by Google

griechische Elektrizitätswerke. Der Antrieb für die Personenseilschwebebahn auf die Raxalpe ist im Berichtsjahr in Betrieb gekommen und bewährt sich auf das beste[1]), eine gleiche Einrichtung für die Personenseilschwebebahn auf den Kranabethsattel wurde in Auftrag genommen. Die Bahnabteilung war mit der Ausführung der 14 Stück Vollbahn-Lokomotiven für die Mittenwald- und die Salzkammergutbahn, sowie mit den Arbeiten an den 8 von der A. G. der Wiener Lokalbahnen bestellten Motorwagen beschäftigt. Die Ausrüstung der Vollbahnstrecke Terfens—Weer—Jenbach wurde im Jahre 1926 fertiggestellt. An neuen Aufträgen sind die elektrische Streckenausrüstung für die Strecke Kitzbühel—St. Johann, 20 Stück Vielfachsteuerungs-Ausrüstungen für Stadtbahnwagen für Wien[2]) und kleinere Aufträge für die Grazer Straßenbahn und für die Montafonerbahn zu erwähnen.

Auch die Verkaufsorganisationen in der Provinz waren hinreichend beschäftigt, obwohl die Investitionstätigkeit der Industrie noch immer sehr zu wünschen übrig läßt. Von Aufträgen sind zu erwähnen: Der Bau einer Wasserkraftzentrale für 2400 kVA samt Leitungsnetzen im Unterinntal, eine Transformatoren- und Schaltanlage für 1600 kVA sowie Freileitungsnetze und Umspannstationen für das Frassgrabenwerk der Gemeinde Wolfsberg in Kärnten.

Die fortschreitende Entwicklung des Auslandsgeschäftes hat auch im abgelaufenen Geschäftsjahr angehalten. Das rumänische Geschäft, welches von der „Elin" Societate **Anonimă Română** pentru Industria **Electrică**, Bukarest, geführt wird, hat sich auch im abgelaufenen Geschäftsjahr wieder recht befriedigend vergrößert. In Polen zeigt die allgemeine Lage und Tätigkeit der polnischen Tochtergesellschaft, der „Elin" Spolka akcyjna dla przemysłu Elektrycznego, Krakow, jedoch etwa seit Mitte vorigen Jahres eine ständige Besserung. Auch in Ungarn vergrößert sich der Kreis der ständigen Abnehmer der Firma und besondere Fortschritte hat die Betätigung der „Elin" in Bulgarien und Griechenland gemacht. In Jugoslawien war die Absatzmöglichkeit infolge geringer Investitionstätigkeit noch immer beschränkt. Durch Liquidation der Tochtergesellschaft in Maribor bezw. Vereinigung dieses Büros mit der „Elin" Jugoslavensko društvo za električnu industriju d. d., Zagreb, wurde eine wesentliche Verbilligung der Regien erzielt. In Italien vertritt die Interessen der „Elin" nunmehr die in der Mitte des vorigen Jahres mit einem Kapital von Lire 500 000 gegründete „Elin" Società per l'Industria Elettrica, Milano. In der Tschechoslowakei hat sich namentlich das laufende Geschäft entwickelt. Die Umwandlung der Filiale in Brüx in eine selbständige nostrifizierte Akiengesellschaft ist nunmehr gesichert. Der Absatz nach Belgien und Frankreich war auch weiter infolge der valutarischen Krise dieser Länder und der hohen Zölle ungünstig beeinflußt. Dagegen hat das spanische Geschäft wieder einen Aufschwung zu verzeichnen und sowohl in England als in Deutschland, namentlich in Süddeutschland, ist der Absatz der „Elin" weiter in ständigem Fortschritt begriffen. Aus Rußland gingen in der zweiten Hälfte des Jahres größere Bestellungen auf Motoren für den Industriebedarf und elektrische Schweißaggregate für die russischen Staatsbahnen ein, die zum Teil erst im neuen Geschäftsjahr geliefert werden, in welchem auch seither Aufträge zu verzeichnen sind. Vom außereuropäischen Geschäft wäre besonders die Übernahme der Lieferung einer elektrischen Zentrale und der elektrischen Ausrüstung für Pumpenstationen in Ägypten zu erwähnen, sowie der zunehmende Umsatz in Mittel- und Südamerika.

Das Erträgnis des Elektrizitätswerkes in Mixnitz war befriedigend. Mit der Steweag wurde ein Stromlieferungsübereinkommen abgeschlossen und die notwendige Anschlußanlage wurde fertiggestellt. Das Elektrizitätswerk in Wadowice erhöhte seinen Stromabsatz und hatte ein befriedigendes Ergebnis. Das Elektrizitätswerk Ragusa wurde konzessionsgemäß am 31. Dezember 1926 der Stadt übergeben.

Über die Konzerngesellschaften ist folgendes zu berichten: Die „Elin" Nederlandsche Maatschappij voor electrische Industrie, Amsterdam, konnte für 1925 wie im Vorjahr 5 vH ausschütten. Die „Kontakt" A.-G., Spezialfabrik elektrischer Starkstromapparate war gut beschäftigt und hat im Verkauf von Hochspannungs- und Bahnapparaten Erfolge erzielt. Für das Geschäftsjahr 1926 werden 6 vH gegen 5 vH vom Goldnominale von S 20 i. Vj. zur Ausschüttung gelangen. Die Maschinen- und Metallwerke vorm. A. F. Bechmann, Inzersdorf, waren mit der Erzeugung von Dynamodrähten und Kupferseilen beschäftigt. Die Möllersdorfer Eisengießerei Ges. m. b. H. war mit Aufträgen voll versehen. Vor allem wurde der Bedarf der Weizer Fabrik zur Gänze gedeckt. Es gelang aber auch, den Kreis der sonstigen Kunden zu erweitern. Auch das Geschäftsergebnis der Telephon-Automaten-Gesellschaft m. b. H. war mit Rücksicht auf die Vermehrung der Zahl der Stationen günstig. Die Beteiligungen an der Grazer Tramway-Gesellschaft, der A.-G. der Wiener Lokalbahnen und der Compagnie Hellénique d'Electricité d'Athènes sind unverändert geblieben.

Der mit Ende des Geschäftsjahres vorhandene Auftragsstand und die im Zuge befindlichen Geschäfte sichern auch für das laufende Geschäftsjahr eine hinreichende Beschäftigung der Fabriken. Aus dem Reingewinn von 646 973·77 S wird eine Dividende von 10 vH auf das A.-K. von 5 625 000 S verteilt. Im Rechnungsabschlusse auf den 31. Dezember 1926 sind bewertet: Elektrizitätswerke mit rund 152 000 S, die Fabrik in Weiz (Grundstücke, Gebäude, Maschinen und Kraftanlage usw.) mit rund 2·6 Mill. S, die Gießerei Möllersdorf mit rund 300 000 S, das Metallwerk Inzersdorf mit 422 000 S, Materialvorräte, Halb- und Fertigerzeugnisse mit 3·75 Mill. S und im Bau befindliche Anlagen mit rund 900 000 S.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 562.
[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 756.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	20. VI. 1927	22. VI. 1927	24. VI. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	122¾	122	122

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	53-54	53-54	53-54
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	95—100	100—105	100—105

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 24. Juni 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	59	15	0	60	5	0
Wire bars	60	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	53	17	6	53	18	9
Standard 3 Monate .	54	8	9	54	10	0
Zinn:						
Engl. ingots	294	10	0	295	0	0
Standard Kassa . .	297	15	0	297	17	6
Standard 3 Monate .	285	0	0	285	2	6
Blei:						
Engl. pig common . .	25	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	28	5	0	28	11	3
Remelted	28	15	0	—	—	—
English Swansea . .	28	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 10. Juli 1927 | Heft 28

INHALT: *Fortschritte in der Vollbahnelektrisierung in Österreich und seinen Nachbarstaaten. Von Sektionschef Ing. Paul Dittes, Wien. S. 557.*

Fortschritte in der Vollbahnelektrisierung in Österreich und seinen Nachbarstaaten.

Von Sektionschef Ing. Paul **Dittes**, Direktor für die Elektrisierung in der Generaldirektion der Österr. Bundesbahnen[1]).

Wenn ich heute, so wie in den vergangenen Jahren,[2]) berichten möchte über die Fortschritte in der Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen, so geschieht dies unter dem Eindrucke der erfreulichen Tatsache, daß wir im letzten Jahre in der Durchführung unseres Werkes namhafte Fortschritte erzielt haben, und daß wir besonders auf der Streckengruppe westlich von Innsbruck das uns gesteckte Ziel insoferne erreicht haben, als nunmehr die elektrische Traktion von Innsbruck bis in den schweizerischen Grenzbahnhof Buchs (St. Gallen) und bis an den Bodensee nach Bregenz, der schönen Hauptstadt Vorarlbergs, reicht.

Damit ist die erste Etappe der Einführung der elektrischen Zugförderung, die die Salzkammergutlinie Stainach-Irdning—Attnang-Puchheim (107 km) und die Strecken westlich von Innsbruck (213 km) mit einer Gesamtlänge von 320 km umfaßte, zum Abschluß gelangt.

Aber auch östlich von Innsbruck, in der Richtung nach Salzburg, sind die Arbeiten sowohl beim Ausbau der Wasserkraftwerke, als auch der Energieübertragungs- und Verteilungsanlagen im Jahre 1926 wesentlich fortgeschritten und am 16. März d. J. wurde die elektrische Zugförderung auf der 60 km langen Strecke Innsbruck Hauptbahnhof—Wörgl aufgenommen, und damit die erste zweigleisige Hauptbahnstrecke Österreichs dem elektrischen Betriebe übergeben. Dadurch erscheint nun die 254 km lange Strecke Wörgl—Innsbruck—Bregenz, bzw. die 236 km lange Strecke Wörgl—Innsbruck—Buchs elektrisch betrieben. Anfangs Juni soll sich dann die Aufnahme des elektrischen Betriebes auf der 14 km langen Strecke Kufstein—Wörgl anschließen.

[1]) Erweiterte Wiedergabe eines Vortrages, gehalten im Österr. Ingenieur- und Architekten-Verein am 15. März und im Elektrotechnischen Verein in Wien am 23. März 1927.

[2]) Siehe u. a. „Die Elektrisierung der Österr. Bundesbahnen; Rückblick und Ausblick". Von Sektionschef Ing. Paul Dittes, Direktor für die Elektrisierung in der Generaldirektion der Österr. Bundesbahnen. E. u. M. 1926, Heft 20.

Wie bei uns, so ist auch auf jenen ausländischen Eisenbahnnetzen, an die sich unsere schon elektrisierten oder in Elektrisierung begriffenen Strecken anschließen, also auf den italienischen Staatsbahnen, den schweizerischen Bundesbahnen und der deutschen Reichsbahn, die Einführung der elektrischen Zugförderung im abgelaufenen Jahre namhaft fortgeschritten. Ich möchte daher zunächst den Stand der elektrischen Zugförderung in den eben genannten Gebieten kurz kennzeichnen, um sodann etwas näher auf die Elektrisierungsarbeiten der Österreichischen Bundesbahnen einzugehen.

Das erste Land Europas, das den elektrischen Betrieb auf Hauptbahnen in ausgedehnterem Maße zur Anwendung brachte, war Italien. Schon 1902 wurde der elektrische Betrieb auf der Valtellina-Bahn eröffnet, 1911 die elektrische Traktion auf der Giovilinie nördlich von Genua aufgenommen und heute können wir zwei größere Gruppen elektrisierter Bahnen unterscheiden: die lombardische Gruppe mit einer Betriebslänge von rund 220 km und die ligurisch-piemontesische Gruppe mit einer Streckenlänge von rund 750 km. Zusammen stehen derzeit rund 970 km im elektrischen Betriebe, im Bau sind 390 km. Seit Kurzem wird im Rahmen der ligurisch-piemontesischen Gruppe unter anderem die rund 460 km lange Strecke von Modane an der französischen Grenze über Turin, Genua und Pisa bis nach Livorno durchgehends elektrisch betrieben. Die weiteren, auf den überaus guten bisherigen Erfahrungen begründeten Elektrisierungspläne der italienischen Staatsbahnen betreffen unter anderem die Strecke Mailand—Voghera, durch welche die früher genannten zwei Gruppen elektrisierter Bahnen verbunden werden, dann die Strecke Mailand—Chiasso und Bozen—Brenner, auf welch letzterer Linie die Arbeiten schon aufgenommen worden sind.

Die Energieversorgung der elektrisierten Bahnen basiert in Italien zu weitaus überwiegendem Teile auf der Ausnützung der reichen Wasser-

Digitized by Google

kräfte des Südabhanges der Alpen, dann aber auch des Appenins und der Abruzzen. Nur in geringem Maße werden Dampfkraftwerke herangezogen. Auf diese Weise wird es Italien — ebenso wie der Schweiz — gelingen, sich immer mehr und mehr vom Kohlenbezuge aus dem Auslande unabhängig zu machen. Die durch die Einführung der elektrischen Zugförderung erzielte Kohlenersparnis konnte schon im Jahre 1925 mit 326 000 t hochwertiger ausländischer Steinkohle beziffert werden, und ist seither noch bedeutend angestiegen.

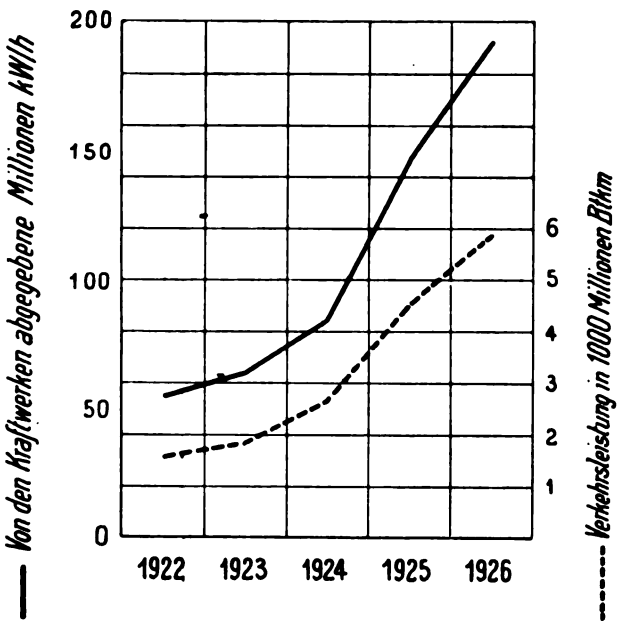


Abb. 1. Verkehrsleistung und Energieverbrauch der elektrisch betriebenen Strecken der Deutschen Reichsbahn.

Die italienischen Staatsbahnen sind bisher im allgemeinen dem von ihnen seit Beginn der Einführung der elektrischen Zugförderung bevorzugten Stromsystem, Drehstrom niedriger Frequenz ($16^2/_3$ Per/s) mit einer Fahrleitungsspannung von 3600 V, treu geblieben. Insbesonders bezieht sich dies auf die vorerwähnten zwei Gruppen elektrisierter Eisenbahnlinien in der Lombardei und in Ligurien. Daneben unternehmen aber die italienischen Staatsbahnen auch Versuche mit anderen Stromsystemen, so mit Drehstrom normaler (Industrie-)Frequenz bei einer Fahrdrahtspannung von 10 000 V auf der 172 km langen Strecke Rom —Sulmona und mit Gleichstrom hoher Spannung (3000 V) auf der Strecke Benevento—Foggia (102 km). Diese Versuche sind aber bisher nicht zum Abschlusse gelangt und kann daher nicht beurteilt werden, ob und inwieweit sie auf die Wahl des Stromsystems bei der weiteren Fortsetzung der Elektrisierung der italienischen Staatsbahnen von Einfluß sein werden.

Vor Kurzem ist in Neapel ein besonderes Elektrisierungsbureau errichtet worden, das sich mit der Umstellung des Betriebes auf mehreren Strecken des Südens, hauptsächlich auf der direkten Strecke Rom—Neapel befaßt, deren Inbetriebnahme auf nächsten Oktober festgesetzt ist. Der elektrische Betrieb soll es ermöglichen, diese Strecke in $2^1/_2$ Stunden zurückzulegen an Stelle der heute notwendigen Minimalzeit von 4 Stunden 15 Minuten.

In der Schweiz schreitet die Einführung der elektrischen Zugförderung auf allen Hauptlinien plangemäß fort. Das im Jahre 1922 aufgestellte Programm für die beschleunigte Elektrisierung hatte bekanntlich Strecken mit einer Länge von 1566 km umfaßt; im Jahre 1925 wurde noch die 18 km lange Strecke Sargans—Buchs einbezogen, und Ende 1926 kam unter dem Eindrucke des schweren Rauchgasunfalles im Rickentunnel,

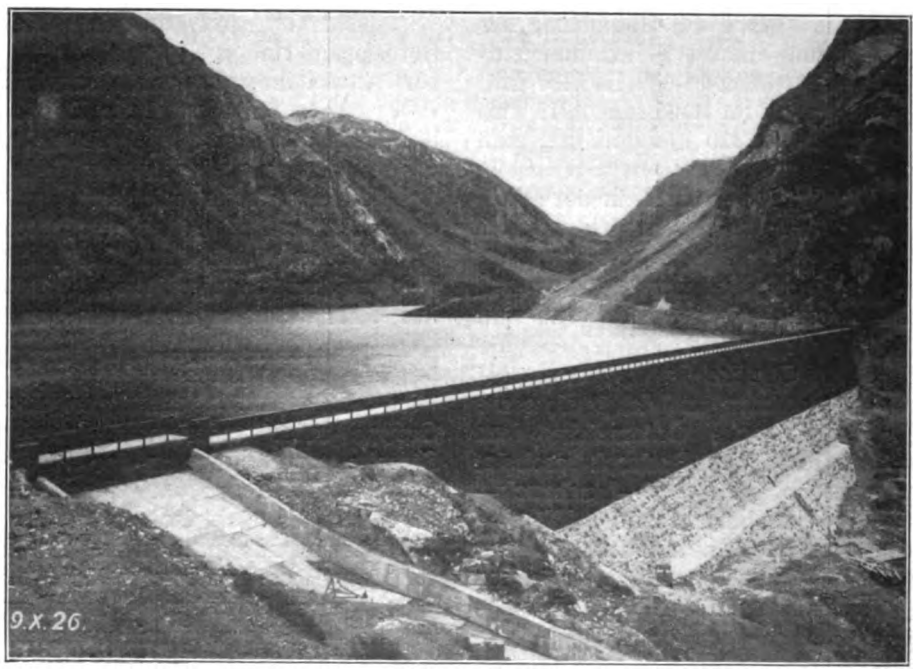


Abb. 2. Spullerseewerk: Südliche Sperrmauer mit Überaich gegen die Ravensburgerhütte gesehen.

Digitized by Google

der bekanntlich neun Eisenbahnbediensteten das Leben kostete, auch noch die 27 km lange Strecke Rapperswil—Wattwil mit dem 8·6 km langen oben erwähnten Tunnel dazu, sodaß Ende 1926 das Elektrisierungsprogramm der Schweizerischen Bundesbahnen insgesamt 1611 km umfaßte. Die Durchführung dieses Programmes soll Ende 1928 abgeschlossen sein. Damit werden 75 vH der Verkehrsleistung der Schweizerischen Bundesbahnen auf den elektrischen Betrieb entfallen und die Energieversorgung des Bahnbetriebes — im weitestgehenden Maße unabhängig vom Bezug ausländischer Steinkohle — auf die im Lande stets ausreichend vorhandenen Wasserkräfte abgestellt sein. Heute schon werden rund 1000 km Streckenlänge der Schweizerischen Bundesbahnen elektrisch betrieben. Noch Ende dieses Jahres wird die ganze rund 400 km lange Strecke von der österreichischen Grenze bis nach Genf im elektrischen Betrieb stehen; dann wird, da mittlerweile auch unsere Strecke Kufstein — Innsbruck — Buchs durchwegs elektrisch befahren sein wird, eine mit der selben Stromart elektrisch betriebene Eisenbahnstrecke von 650 km Länge Österreich und die Schweiz durchziehen.

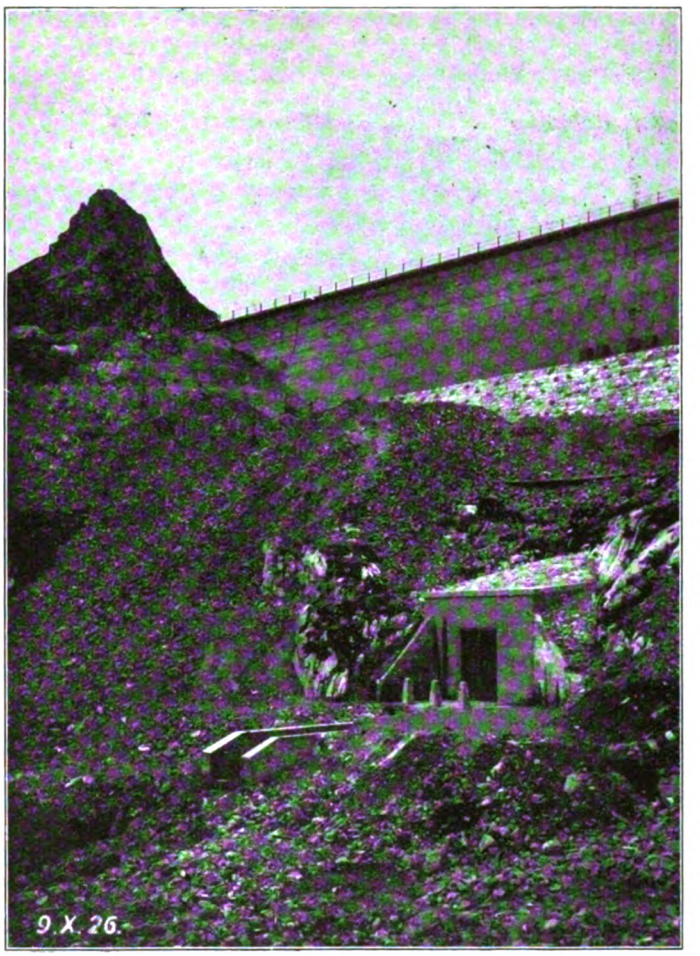


Abb. 3. Spullerseewerk: Südliche Sperrmauer; im Vordergrunde Schieberkammer des Grundablasses. Links Spitze des Blattnitzer Joches.

Die Energieversorgung der elektrisierten Strecken der Schweizerischen Bundesbahnen erfolgt durch zwei Gruppen von Wasserkraftwerken, die bisher nicht miteinander verbunden gewesen sind: die Gotthardwerke Ritom und Amsteg und die Wal-

Abb. 4. Spullerseewerk: Nördliche Sperrmauer von der Luftseite aus; links die Überreste der Aufbereitungsanlagen usw. Jenseits des Sees die Südsperre, im Hintergrund das Massiv des „Kalten Berges". See auf 1825 m ü. d. M. voll angestaut.

Digitized by Google

liser Werke Barberine und Vernayaz, von denen aus mittels 60 000 V-Übertragungsleitungen je eine Gruppe von Unterwerken gespeist wird. Seit Beginn dieses Jahres sind nun diese beiden Kraftwerksgruppen durch eine 214 km lange 132 000 V-Leitung über Kerzers und Rupperswil miteinander verbunden. Damit ist eine bemerkenswerte Etappe in der Elektrisierung der Schweizerischen Bundesbahnen vollendet; das ganze Netz bildet nunmehr ein Speisegebiet, was für die Ausnützung der Bahnkraftwerke von größtem Werte ist.

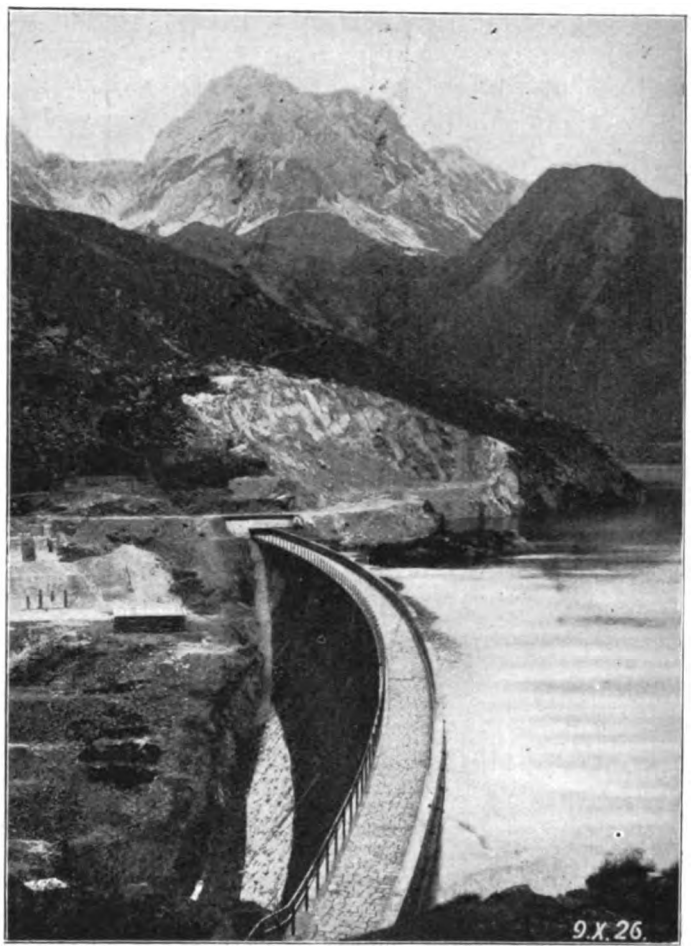


Abb. 5. Spullerseewerk: Nördliche Sperrmauer in der Längsachse gegen Osten gesehen; mit ehemaligem Steinbruch. Im Hintergrunde die Roggalspitze.

Bei der Deutschen Reichsbahn ist bekanntlich der elektrische Betrieb auf Fernbahnen derzeit auf vier von einander getrennten größeren Streckenkomplexen eingerichtet, und zwar:

a) auf den schlesischen Gebirgsbahnen	261·3 km
b) auf den Bahnen im mitteldeutschen Braunkohlengebiet	179·0 „
c) auf den von München ausstrahlenden bayrischen Linien der Reichsbahn	440·3 „
d) auf der Wiesentalbahn und der Wehratalbahn in Baden	48·5 „
Dazu kommen noch die Nebenbahn Klingenthal—Georgenthal und die Hafenbahn Altona mit zusammen	6·5 „
sodaß die gesamte Streckenlänge der gegenwärtig für den elektrischen Betrieb eingerichteten Fernbahnen beträgt.[3])	935·6 km

Für uns von besonderem Interesse sind die Strecken in Bayern. Dort wird binnen Kurzem die Strecke von München bis nach Regensburg durchgängig elektrisch betrieben sein und im Juni dieses Jahres dürfte auch der elektrische Betrieb auf der Strecke München—Rosenheim—Kufstein zum Anschluß an die bis dahin ebenfalls elektrisierte Strecke Kufstein—Innsbruck aufgenommen werden. Ab Mitte 1927 wird es daher möglich sein, von Regensburg über München — Rosenheim — Kufstein nach Innsbruck auf einer Länge von 310 km elektrisch zu fahren. Die Elektrisierung der Strecke Rosenheim—Salzburg ist ebenfalls im Gange; da auch noch in Traunstein ein Unterwerk errichtet werden muß, werden diese Arbeiten wahrscheinlich erst gegen Ende 1928 zum Abschluß gelangen.

Die weiteren Pläne der Deutschen Reichsbahngesellschaft gehen dahin, die Strecke Salzburg—Rosenheim—München—Augsburg—Ulm—Stuttgart—Karlsruhe—Kehl künftighin ganz für den elektrischen Betrieb einzurichten.

Anfangs 1927 betrug die Gesamtlänge der elektrisch betriebenen und im elektrischen Ausbau begriffenen Strecken 1352 km.

Kennzeichnend für die Zunahme der elektrischen Zugförderung in Deutschland in den letzten Jahren ist die Steigerung der Energieabgabe der elektrischen Kraftwerke (Abb. 1) und der elektrisch geleisteten Bruttotonnenkilometer.

Bemerkenswert ist, daß die Deutsche Reichsbahngesellschaft vor Kurzem auch darangegangen ist, ein schon 25 Jahre altes Projekt, die Einführung der elektrischen Zugförderung auf der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortebahn mit einer gesamten Streckenlänge von 157 km der Verwirklichung zuzuführen. Mit den Bauarbeiten wurde bereits im August 1926 begonnen und seither sind unter anderem auch 345 Trieb- und 324 Beiwagen, der elektrische Teil für 44 Gleichrichteranlagen usw. in Bestellung gegeben worden. Die Frage der Energieversorgung der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortebahn hat sowohl in den unmittelbar beteiligten Kreisen, als auch in der Öffentlichkeit zu einem lebhaften Meinungsaustausch geführt. Die Deutsche Reichsbahngesellschaft hatte sich ursprünglich — vielleicht auch aus taktischen Gründen — mit der Absicht getragen, für die Energieversorgung ein bahneigenes Kraftwerk zu errichten, während die privaten Stromlieferungs-

[3]) Siehe W. Wechmann: Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft im Jahre 1926; „Elektrische Bahnen", Heft 1 von 1927.

Digitized by Google

unternehmungen mit Nachdruck darauf hinwiesen, daß die Energiebelieferung der Stadtbahn mit größerer Sicherheit und mit mindestens der gleichen Wirtschaftlichkeit aus den zum Teil schon bestehenden, zum Teil in Errichtung befindlichen Berliner Großkraftwerken erfolgen könne. Schließlich kam es zwischen der Deutschen Reichsbahngesellschaft und den Elektrowerken A.-G., sowie den Berliner Städtischen Elektrizitätswerken zu einer Vereinbarung, wonach die Energieversorgung aus den der ersteren Gesellschaft gehörigen Braunkohlenkraftwerken Zschornewitz, Trattendorf und Lauta und aus den Berliner Steinkohlenkraftwerken der „BEWAG" in Rummelsburg, Charlottenburg und Moabit erfolgen wird.

Wie aus dem eben Ausgeführten hervorgeht, macht die elektrische Zugförderung allerwärts bedeutende Fortschritte, ein Beweis für die sich immer mehr durchsetzende Erkenntnis der großen betrieblichen Vorzüge der elektrischen Traktion, die die Umwandlung von Dampfbahnen auf elektrischen Betrieb manchmal sogar dann rechtfertigen, wenn eine unmittelbare und sofortige finanzielle Wirtschaftlichkeit gegenüber dem bestehenden Dampflokomotivbetrieb streng ziffernmäßig nicht nachgewiesen werden kann.

Wenn ich nun dazu übergehe, den gegenwärtigen Stand der Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen zu besprechen, so sind — wie schon eingangs erwähnt — die Arbeiten westlich von Innsbruck nunmehr zum Abschlusse gelangt, da die Einführung der elektrischen Traktion auf den nur wenige Kilometer langen Strecken Bregenz—Lindau und Bregenz—St. Margrethen dem Zeitpunkte vorbehalten bleibt, in dem die Deutsche bzw. die Schweizerische Eisenbahnverwaltung mit der elektrischen Zugförderung nach Lindau, bzw. nach St. Margrethen gelangen wird.

Beim Spullerseewerk, das bekanntlich schon seit Beginn des Jahres 1925 Strom abgibt — wobei allerdings zu Beginn der Betriebsaufnahme die Staumauern erst bis auf Kote 1809 m ü. d. M. aufgeführt waren — war das Jahr 1926 dem Abschlusse der Bauarbeiten gewidmet. Es handelte sich insbesondere noch um die Vollendungsarbeiten an den Ende 1925 auf die volle Kronenhöhe (1826·315 m ü. d. M.) aufbetonierten Sperrmauern, um die Herstellung des Überfallgerinnes bei der südlichen Sperre, die Zementinjektionen bei den wasserseitigen Schächten der Sperrmauern, die wasserdichte Abdeckung und die Pflasterung der Mauerkronen usw., sowie um die zum Teil sehr umständlichen und schwierigen Räumungsarbeiten der ausgedehnten Baustellen, um die Abtragung und den Abtransport der gesamten Bauinstallationen und des Bauinventars (Schrägaufzug Danöfen—Grafenspitze, Seilbahn Danöfen—Spullers, Bremsberg Danöfen—Krafthaus, elektrische Beleuchtungs- und Kraftübertragungsanlagen, Druckluft- und Wasserleitungen, Baumaschinen usw.).

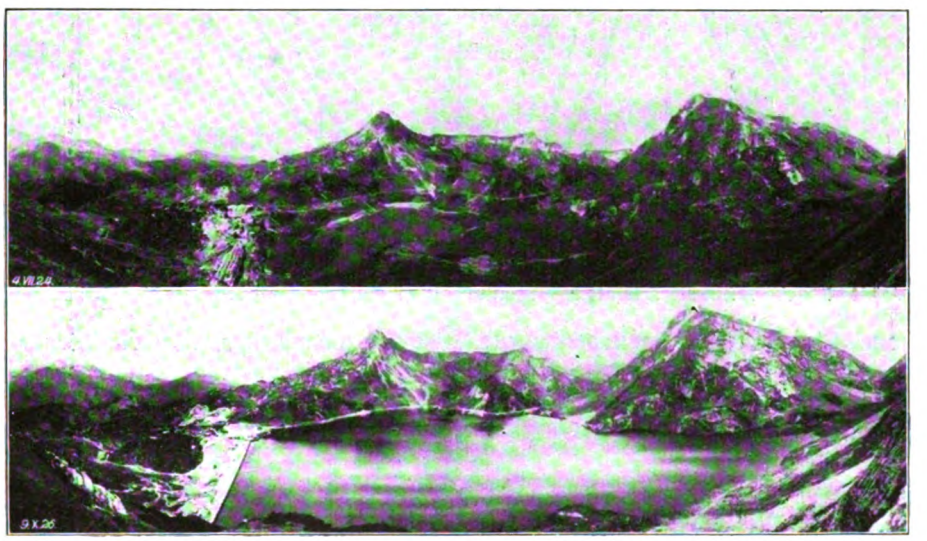


Abb. 6. Spullerseewerk: Oben Panoramaaufnahme des Spullersees vom 4. Juli 1924, abgesenkte Seehöhe rund 1784 m ü. d. M.; darunter Panoramaaufnahme vom gleichen Standpunkte aus nach Vollanstauung des Sees, Wasserspiegel 1825·00 m ü. d. M.

Am 23. Juni 1926 war das Speicherbecken bis zum Überaich auf der Meereshöhe von 1825 m gefüllt; am 11. August 1926 wurden Überaich und Leerlauf zum ersten Male überflutet.

Die Abb. 2 bis 6 zeigen die fertiggestellten Sperrmauern usw.

Kennzeichnend für die Größe und die Schwierigkeiten dieses nunmehr abgeschlossenen Kraftwerksbaues, für den Anstieg, den Höhepunkt und das Abflauen der Bautätigkeit, sind die Leistungen des Schrägaufzuges, der Seilbahn und des Bremsberges während der verflossenen Jahre (Abb. 7). Der Schrägaufzug Danöfen—Grafenspitze hat während der ganzen Bauzeit 310 000 Personen befördert; außerdem hat dieser Schrägaufzug, dann die Seilbahn Danöfen—Spullers und der Bremsberg Danöfen—Krafthaus, während der Bauzeit Lasten mit einem Gesamtgewichte von 131 000 t befördert.

Digitized by Google

Der Schrägaufzug von Danöfen auf die Grafenspitze kam im Jahre 1921 in Betrieb und blieb mit Ausnahme der ersten drei Wintermonate des Jahres 1926 bis 2. August 1926 in Tätigkeit. An diesem Tage begann die Abtragung des Schrägaufzuges, die am 15. Oktober beendet wurde. Die Schwebeseilbahn Danöfen—Spullers war von November 1921 bis 18. Oktober 1926 in Betrieb. Am folgenden Tage wurde mit der Abtragung begonnen, die Beendigung dieser Arbeiten erfolgte Ende November. Der Bremsberg von der Station Danöfen zum Krafthaus wurde im März 1921 in Betrieb gesetzt und im Oktober 1925 abgetragen.

Es sei hier daran erinnert, daß der Bau des Spullerseewerkes Ende 1919 unter den ungünstigsten Verhältnissen begonnen wurde und daß es der aufopferndsten Tätigkeit aller Beteiligten bedurfte, um die immer von neuem auftauchenden Schwierigkeiten technischer, wirtschaftlicher und finanzieller Natur — die auch die Baudauer stark verlängerten — zu überwinden. Es darf auch nicht vergessen werden, daß das Spullerseewerk die erste ausgesprochene Hochgebirgs-Wasserkraftanlage Österreichs mit einem auf 1800 m Höhe gelegenen Speicher darstellt, und daß bei seiner Erbauung eine Reihe neuer und schwieriger Probleme bau-

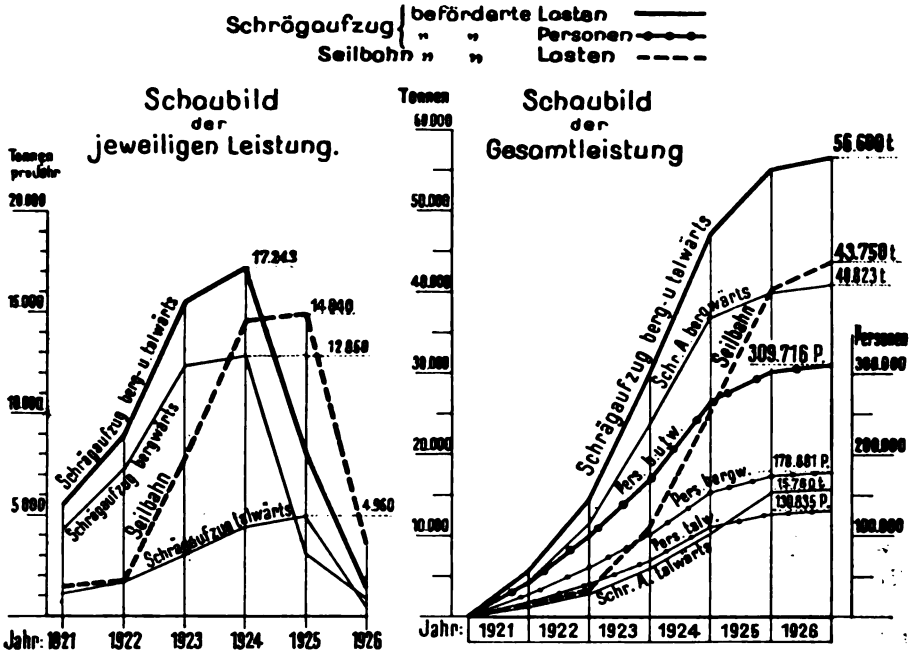


Abb. 7. Spullerseewerk: Transportleistung des Schrägaufzuges Danöfen—Grafenspitze und der Seilbahn Danöfen — Spullers während der Baujahre 1921 — 1926.

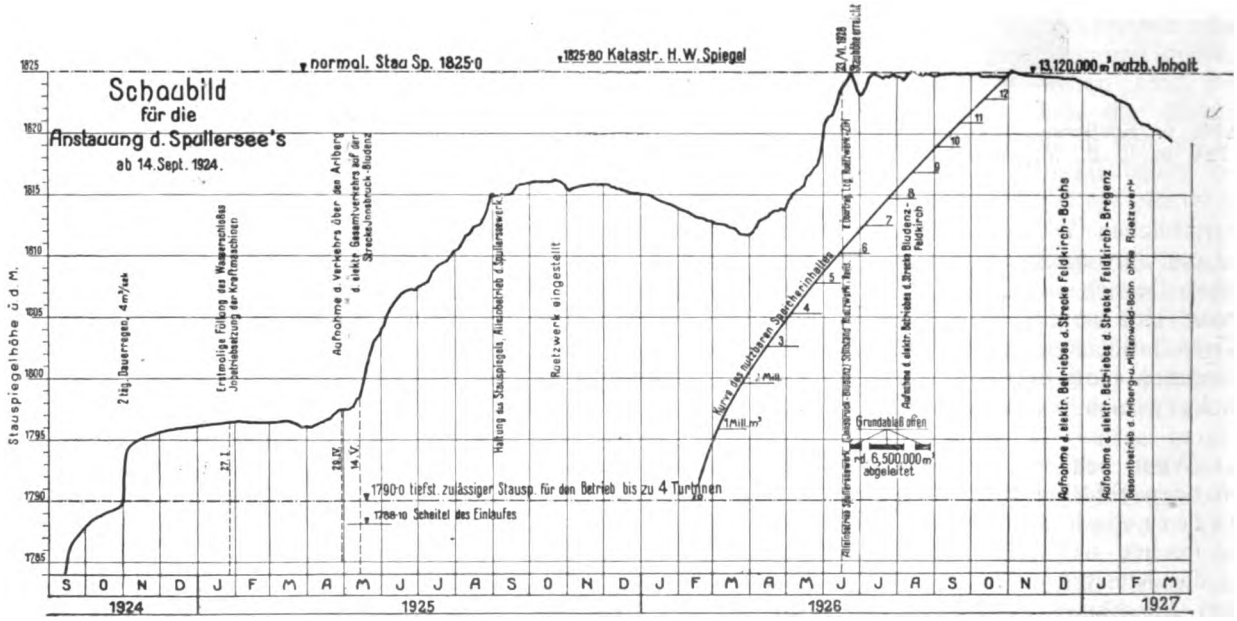


Abb. 8. Spullerseewerk: Schaubild für die Anstauung des Speicherbeckens ab 14. September 1924 bis 15. März 1927.

Digitized by Google

licher, maschinen- und elektrotechnischer Natur zu lösen waren.

Die bisherigen Ergebnisse des Betriebes des Spullerseewerkes haben voll befriedigt; insbesondere haben auch die zur Verfügung stehenden Wassermengen den Vorausberechnungen voll entsprochen, sodaß sich die — allerdings nur von Fernerstehenden — hin und wieder gehegten Befürchtungen wegen Wassermangel als vollständig unbegründet erwiesen haben. Die Abb. 8 zeigt den Verlauf der Wasserstände, bzw. des Speicherinhaltes des Spullerseestaubeckens von Beginn seiner Füllung bis Mitte März 1927.

Als wichtige Zeitmarken für die Elektrisierung der Strecken westlich von Innsbruck seien noch angeführt: 3. September 1926 Inbetriebnahme des Unterwerkes Feldkirch (ÖSSW, Wien, als Generalunternehmer, Bauunternehmung Ernst Uhlemann für den baulichen Teil); 16. Dezember 1926 der Strecke Feldkirch—Buchs (elektrische Ausrüstung durch Österr. Bergmann E.-G.); 17. Februar 1927: Aufnahme des elektrischen Betriebes auf der Strecke Feldkirch—Bregenz (elektrische Ausrüstung durch die ÖSSW).

Die vom Spullerseewerk zum Unterwerk Feldkirch führende 55 kV-Übertragungsleitung endigt bekanntlich im Unterwerk Feldkirch mittels eines 2·5 km langen, im Bahnkörper verlegten Kabels, da die Ausführung als Freileitung bis zum Unterwerk Feldkirch auf wesentliche örtliche Schwierigkeiten gestoßen wäre. Es ist somit hier die Möglichkeit der Erprobung eines Kabels für 55 000 V gegeben. Dieses Kabel ist mit Papierisolation und mit einer zwischen Isolation und Bleimantel eingelegten Aluminiumfolie ausgestattet, erhielt aber außer einer den Bleimantel umgebenden Papier-Jute-Asphalt-Schichte keinen Schutz gegen äußere mechanische Einwirkungen. Die Verlegung des Kabels erfolgte mit großer Sorgfalt in eigenen Betontrögen. Es hat seit seiner Mitte Juli 1926 erfolgten Inbetriebnahme vollkommene Betriebssicherheit erwiesen. Immerhin sind die Kosten im Vergleich zu einer Freileitung so hohe, daß wir zunächst wohl nur in ganz besonderen Fällen, also vielleicht bei der Überquerung der Hohen Tauern durch die vom Mallnitzwerk nach Schwarzach-St. Veit zu führende Übertragungsleitung, an eine weitergehende Verwendung solcher Kabel werden denken können.

Die Abb. 9 bis 12 geben einige Objekte der 55 kV-Übertragungsleitung Bludenz — Feldkirch wieder.

Das von den Österr. Siemens-Schuckertwerken (Hauptlieferer) und der Bauunternehmung Ernst Uhlemann (Subunternehmer für den baulichen Teil) ausgeführte Unterwerk Feldkirch, ist das erste Halbfreiluftunterwerk der Österr. Bundesbahnen. Die Transformatoren und die 55 kV-Schaltanlage sind im Freien aufgestellt, die 15 kV-Schaltanlage, die Hilfs- und Nebeneinrichtungen sind in einem Gebäude untergebracht. (Siehe Abb. 13 und 14.) Die günstigen Betriebserfahrungen entsprechen voll und ganz den Erwartungen.

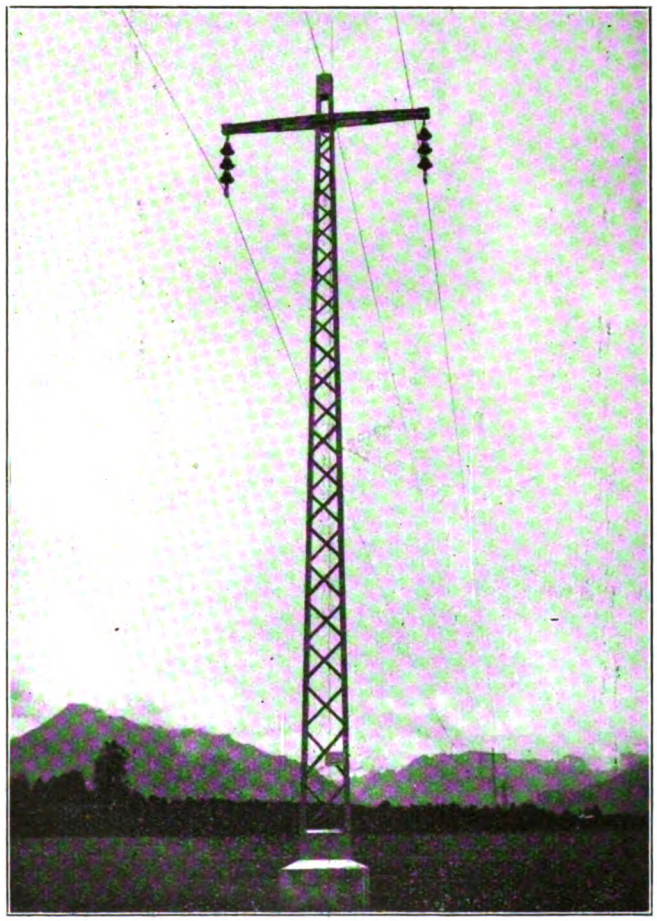


Abb. 9. Tragmast der 55 kV-Übertragungsleitung Nüziders — Feldkirch (ÖBEG).

Hinsichtlich der auf den Strecken westlich von Bludenz zur Anwendung gelangten Fahrleitungsbauart kann ich auf meine Ausführungen im Vorjahre hinweisen (siehe E. u. M., Heft 20, vom Jahre 1926) und möchte heute nur feststellen, daß diese, durch einfache Isolation mittels sogenannter Knüppel-(Motor-)Isolatoren, drehbare Ausleger und vergleichsweise geringe Entfernung der Stützpunkte (60 m in der Geraden) charakterisierte Fahrleitung sich bisher vollkommen bewährt hat, sodaß sie, als nunmehr von allen in Betracht kommenden österreichischen Elektrizitätsfirmen ausgeführte „Einheitsfahrleitung", auch bei den Strecken östlich von Innsbruck zur Anwendung gelangt.

Die einfache Isolation hat sich im allgemeinen vollkommen bewährt. Nur in solchen Bahnhöfen, in denen beim sukzessiven Fortschreiten der Elektrisierung, neben dem elektrischen Betrieb auch noch Dampflokomotivbetrieb in ausgedehnterem Maße besteht (wie es zum Beispiel vorübergehend in Feldkirch oder Innsbruck-Hauptbahnhof der Fall war), ergaben sich Schwierigkeiten, da bei gewissen, der Verrußung besonders stark ausge-

Digitized by Google

setzten Isolatoren Überschläge eintraten. Diesem Übelstande konnte jedoch durch Einbau von Sonderisolatoren mit zwei Schirmen oder durch die Verdoppelung der Isolatoren vollkommen gesteuert werden.

In der Gründung der Fahrleitungsmaste ergaben sich in gewissen Abschnitten der Strecken Feldkirch—Buchs und Feldkirch—Bregenz Schwierigkeiten, wobei in einzelnen Fällen zu Pfahlgründungen unter Verwendung von Lärchenholzpiloten gegriffen werden mußte (Abb. 15 bis 19).

Was die Frage der Anbringung von Schienenverbindern an den Fahrschienenstößen betrifft, so haben wir bei den in der letzten Zeit ausgeführten Streckenausrüstungen, und zwar schon bei den Strecken westlich von Bludenz von der Anbringung solcher Schienenverbinder gänzlich abgesehen, ohne daß sich daraus irgendwelche Unzukömmlichkeiiten ergeben hätten. Bei Straßenkreuzungen jedoch werden durchwegs Längs- und Querverbinder, in den Bahnhöfen Querverbinder angeordnet.

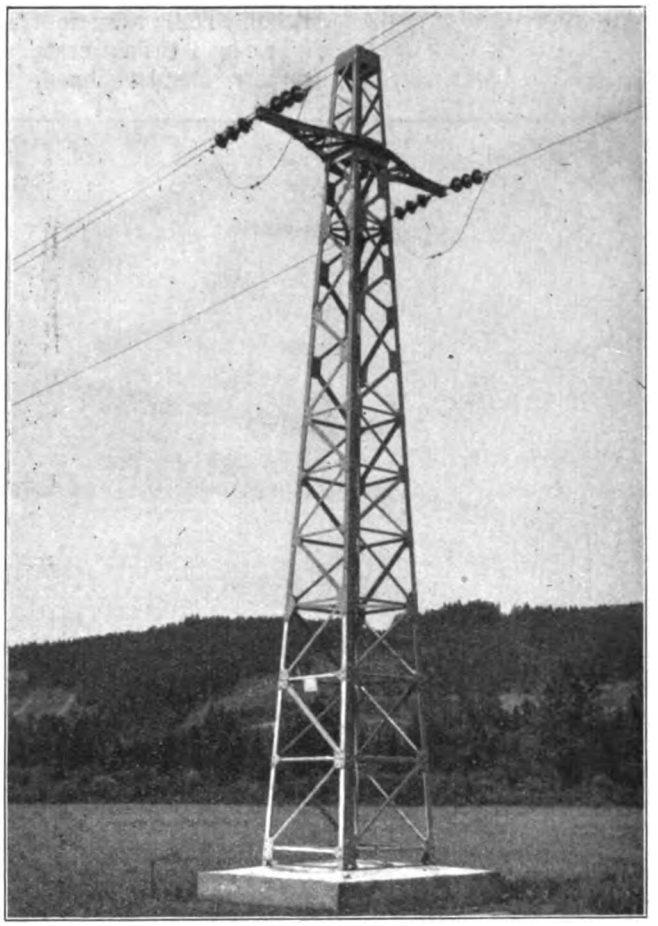


Abb. 10. Abspannmast der 55 kV-Übertragungsleitung Nüziders — Feldkirch (ÖBEG).

Die Einführung der elektrischen Zugförderung auf den Strecken Salzburg—Wörgl, Kufstein—Wörgl — Innsbruck — Brenner war, wie ich im vorigen Jahre des Näheren ausgeführt habe, im Juni des Jahres 1925 durch die Freigabe des erforderlichen Betrages aus den Resten der Völkerbundkredite sichergestellt worden. Die vorgenannten Strecken sind bekanntlich aus mannigfachen Gründen besonders geeignet, dem elektrischen Betriebe zugeführt zu werden. Sie schließen in Innsbruck an die schon elektrisch betriebene Arlbergbahn an, durch welchen Zusammenschluß zu einem großen Netze die Vorteile des elektrischen Betriebes in verstärktem Maße zur Geltung kommen werden. Durch das Hinzukommen der Linien östlich und südlich von Innsbruck wird auch die unter Aufwendung beträchtlicher Mittel errichtete Zugförderungs- und Werkstättenanlage in Innsbruck-Westbahnhof in Hinkunft eine noch wesentlich bessere und daher wirtschaftlichere Ausnützung erfahren, als bisher.

Die oben genannten Strecken (siehe auch die Übersichtskarte Abb. 20) weisen eine Betriebslänge von insgesamt 303 km auf. Sie sind mit Ausnahme der 14 km langen eingleisigen Linie Kufstein—Wörgl durchwegs zweigleisig. Sie sind zum großen Teil ausgesprochene Gebirgsbahnen mit großen Neigungen und weisen insgesamt 28 Tunnel auf mit einer Gesamtlänge von 5·26 km.

Die Energieversorgung der genannten Strecken gründet sich auf zwei bahneigene Kraftwerke (Stubach- und Mallnitzwerk) und auf ein bahnfremdes Kraftwerk (das Achenseewerk). Diese Werke arbeiten künftighin in ein 55 kV-Übertragungsleitungsnetz, wodurch nicht nur eine gute Wasser- und Energiewirtschaft ermöglicht, sondern auch eine weitgehende Reserve geschaffen wird. Dazu kommt noch, daß es durch die Herstellung einer 55 kV-Leitung zwischen dem Unterwerk Hall und dem Ruetzwerk möglich sein wird, die westliche Kraftwerksgruppe (Ruetz- und Spullerseewerk) mit der östlichen (Achensee-, Stubach- und Mallnitzwerk) zu kuppeln. Für die Energieversorgung des gesamten Streckenkomplexes westlich von Salzburg (Salzburg — Wörgl, Kufstein — Wörgl — Innsbruck — Brenner, Innsbruck — Feldkirch—Buchs und Feldkirch — Bregenz) werden also fünf Kraftwerke zur Verfügung stehen, deren Leistungsfähigkeit aus nachstehender Tabelle ersichtlich ist.

Kraftwerk	Derzeitiger Ausbau		Künftiger Ausbau	
	Anzahl der aufgestellten Maschinensätze	Leistung in PS	Anzahl der aufgestellten Maschinensätze	Leistung in PS
Spullerseewerk	3	24 000	6	48 000
Ruetzwerk	3	16 000	3	16 000
Achenseewerk*)	3	24 000	4	32 000
Stubachwerk	4	32 000	6	48 000
Mallnitzwerk	2	10 000	4	20 000
Zusammen	15	106 000	23	164 000

*) Bahnteil.

Digitized by Google

Die aus diesen fünf Werken zur Verfügung stehende Energiemenge beträgt für das wasserwirtschaftliche Regeljahr rund 157 Mill. kWh und für das ungünstigste Jahr rund 138 Mill. kWh. Hiebei ist für das Achenseewerk zunächst nur mit 25 Mill. kWh und ohne die Einbeziehung des Weißsees beim Stubachwerk und des Stappitzsees beim Mallnitzwerk gerechnet.

Die Verkehrleistung der Strecken westlich von Salzburg im Jahre 1926 von 2140 Mill. Gesamtlasttonnenkilometer hätte einem Gesamtarbeitsbedarf von rund 116 Mill. kWh ab Kraftwerken entsprochen. Der Energiebedarf ist also bis auf weiteres reichlich gedeckt, zumal der Vertrag der Österr. Bundesbahnen mit der „Tiwag" ein sukzessives Ansteigen des Strombezuges aus dem Achenseewerk um 3·5 vH jährlich bis zu 40 Mill. kWh pro Jahr vorsieht, und die mit vergleichsweise geringen Kosten mögliche spätere Einbeziehung von Weißsee (Stubach) und Stappitzsee (Mallnitz) weitere 7 bis 8 Mill. kWh bringt.

Bezüglich näherer Angaben über die Leistungen und über die baulichen Anlageverhältnisse von Stubach-, Mallnitz- und Achenseewerk muß ich auf meine Ausführungen vom Vorjahre verweisen (E. u. M., Heft 20, aus 1926) und will mich im Nachstehenden unter Hinweis auf die Abb. 21 bis 30 auf die Kennzeichnung des gegenwärtigen Bauzustandes beschränken.

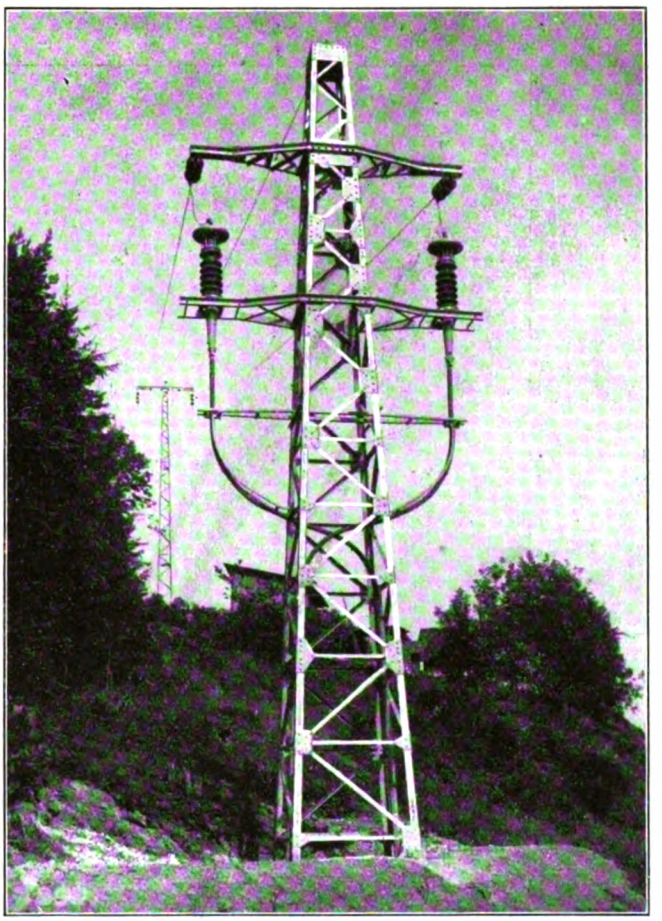


Abb. 11. Endmast der 55 kV-Übertragungsleitung Spullerseewerk — Feldkirch in der Felsenau zwischen Feldkirch und Frastanz. — Übergang der Freileitung (ÖBEG) in das bis zum Unterwerk Feldkirch verlegte Kabel (ÖSSW).

Der Bau des Stubachwerkes ist seit dem Sommer 1926 gut fortgeschritten. Die Autostraße zwischen der Schneiderau und dem Enzingerboden (Abb. 25 bis 27) war anfangs August 1926 so weit fertig, daß die für den Bau erforderlichen Transporte seither von Uttendorf über die Schneiderau bis zum Enzingerboden mit Lastautos und Lastautozügen bewerkstelligt werden können.

Die für die Transporte vom Enzingerboden zum Tauernmoosboden bestimmte Seilbahn (A. Bleichert & Co) ist seit September 1926 fertig und im Betrieb. (Siehe Abb. 28 bis 30.)

Vom Fundamentaushub für die Sperrmauer auf dem Tauernmoosboden wurden bisher rund 2000 m³ geleistet.

Sperre	Neigung		
	Wasserseitig	Luftseitig	Insgesamt H : B
Barberine	1 : 0·050	1 : 0·800	1 : 0·850
Wäggital	1 : 0·033	1 : 0·783	1 : 0·816
Schwarzenbach.	1 : 0·031	1 : 0·712	1 : 0·743
Spullersee	1 : 0·100	1 : 0·760	1 : 0·860
Stubach	1 : 0·050	1 : 0·700	1 : 0·750

Das Querprofil der Sperrmauer des Stubachwerkes ist aus Abb. 23 zu ersehen, die gleichzeitig einen Vergleich mit dem beim Speicherbecken des Spullerseekraftwerkes gewählten Sperrmauerprofil ermöglicht. Die obige Tabelle gibt ferner eine Gegenüberstellung der Querschnittsausmaße und des „Schlankheitsgrades" verschiedener in den letzten Jahren ausgeführter Talsperren.

Aus Abb. 24 ist die Situierung des Grundablasses samt Querschnitt durch letzteren zu entnehmen. Der Grundablaß erhält als Absperrorgane 1 Schieber und 1 Drosselklappe von je 1000 mm l. W., von besonders kräftiger Bauart mit Gehäusen aus Stahlguß. Diese Absperrorgane werden von J. M. Voith in St. Pölten geliefert.

Am Vortrieb des zur Aufnahme der Druckrohrleitung bestimmten 1760 m langen Schrägstollens wird an vier Stellen gearbeitet. Außer dem unteren Stollenende erschließen noch drei Fensterstollen Angriffsstellen für den Vortrieb. (Siehe Abb. 22.) Um diese Fensterstollen, die im übrigen verlorene Arbeit bedeuten, möglichst kurz zu halten, wurde das Längenprofil des Stollens der Bergoberfläche angepaßt und daher im vertikalen Sinn mehrfach gebrochen. Seine Neigung beträgt oben 152‰, nimmt im mittleren Teil auf 312‰ zu und erreicht im untersten Stück 470‰. In den Stollenknicken liegen Festpunkte. Vom tiefsten Festpunkte führt die Rohrleitung durch einen kurzen Horizontalstollen auf den Enzingerboden hinaus zum Kraft-

Digitized by Google

haus. Die Stollenfenster 1, 2 und 3 mit den Längen von 177, 237 und 110 m wurden im Sommer 1926 durchgeschlagen. Der Stand des Vortriebes im Hauptstollen am 10. März 1927 war folgender:

Vortrieb von Fenster	Länge des Stollenabschn. insgesamt m	bis 10. 3. 27 durchörtert m	bis 10. 3. 27 durchörtert vH der Gesamtlänge	Mittl. Tagesfortschritt m	Voraussichtl. Durchschlag 1927	Belegschaft Schichten tägl.
1	529·60	269	50·8	2·61	Anfang Juli	13×3
2	549·737	298	54·2	2·92	Mitte Juni	14×3
3	527·737	424	80·4	2·88	Ende April	15×3
Portal	157·566	59	37·4	2·00	„ „	12×3
Zus.	1 764·640	1050	59·5	—	—	—

An jedem Orte arbeiten zwei Ingersoll-Spannsäulen-Bohrmaschinen. Die Schutterung besorgen in den Stollen 2 und 3 Bremsberge, im Stollen 1 wegen der geringen Neigung eine elektrische Winde. Um das zeitraubende Umsetzen der Seilrollen möglichst selten vornehmen zu müssen, geht der Vortrieb jeweils bis über 50 m über die Bremsberge hinaus, und mechanisch angetriebene Kratzer schieben das Hauwerk von der Brust bis zur Verladestelle am Bremsberg.

Der Stollen liegt zur Gänze im Granitgneis der Tauernzentralzone, einem ehemaligen Granit, der infolge starker Durchbewegung Gneistracht annahm und in den eigentlichen Bewegungszonen in feinblätterigen Serezitschiefer verwandelt wurde.

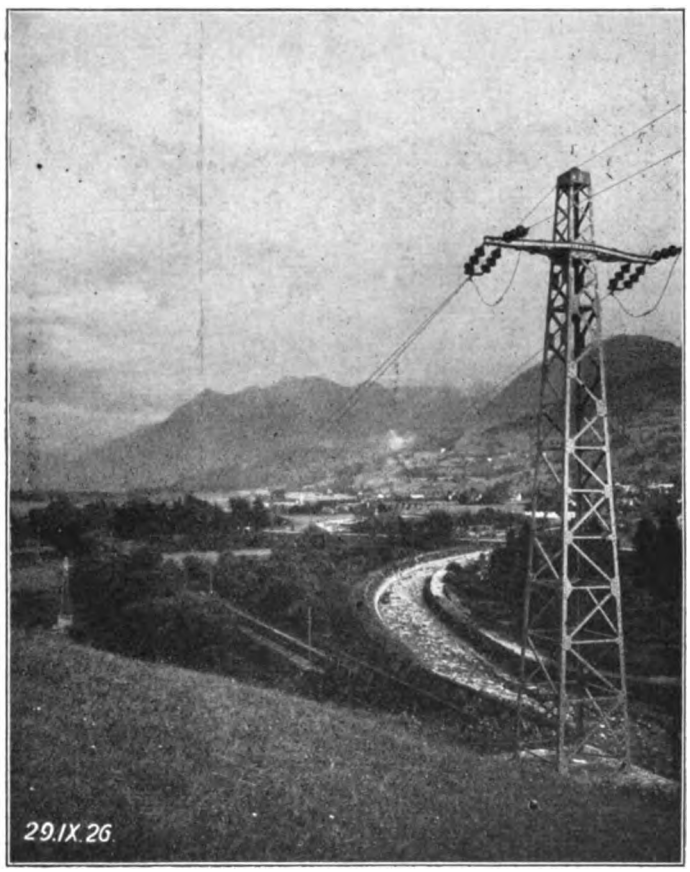


Abb. 12. 55 kV-Übertragungsleitung Spullerseewerk—Feldkirch, Teilstrecke unweit Frastanz.

Der Einlauf in den Hauptstollen liegt mit seiner Schwelle 21 m unter dem höchsten Stauspiegel des künftigen Tauernmoossees. Von der mit einem Grobrechen versehenen Einlauftrompete führt ein kurzer Druckstollen zum Einlaufschacht, unter dem das Stollenrohr in zwei Rohre von je 1200 mm Durchmesser gegabelt ist. Durch diese Gabelung wird neben erhöhter Sicherheit auch der Zweck erreicht, Abmessungen und Gewichte der Absperrvorrichtungen in mäßigen Grenzen zu halten. Für jeden Rohrast sind zwei Drosselklappen von je 1250 mm l. W., deren Lieferung der Wiener Armaturen- und Maschinenbau A.-G., vorm. Teudloff & Dittrich, übertragen wurde, vorgesehen. Je eine Drosselklappe der beiden Rohrzweige ist für Selbstschluß bei einer Wassergeschwindigkeit von 4·8 m/sec. (einstellbar auch auf 9·6 m/sec.) eingerichtet und mit einer magnet-elektrischen Fernschlußeinrichtung versehen, sodaß es möglich ist, die Rohrleitung auch vom Maschinenhause aus abzusperren.

Ein 30 m hoher und 3·2 m weiter Schacht wird das Gestänge für die Drosselklappen und die Aussteigtreppe aus dem Schrägstollen aufnehmen.

Hinter dem Einlaufschacht werden die beiden Druckrohre wieder in ein Druckrohr von 1800 mm l. W. zusammengeführt, das von nun an im Stollen frei verlegt ist. Es setzt sich aus Rohrschüssen von 8·00 bis 6·50 m Länge zusammen, die im oberen Stollenteil genietete, im unteren wassergasgeschweißte Längsnähte besitzen.

Der Rohrdurchmesser nimmt von 1800 mm l. W. bis auf 1200 mm l. W. beim Krafthaus ab. Die Wandstärke erreicht im untersten Teil 46 mm. Eine Stiege an der rechten Rohrseite wird den Zugang vom Krafthaus zum Tauernmoosboden zu jeder Jahreszeit und bei jeder Witterung ermöglichen. Der nahezu kreisrunde Stollenquerschnitt paßt sich dem wechselnden Rohrdurchmesser an und hat im Mittel eine l. W. von 2·8 m.

Beim Krafthaus wurde ein Teil des Aushubes für den Hochbau, für die Stichkanäle und den Unterwasserkanal, sowie die Entwässerung des sehr nassen Geländes durchgeführt.

Die Lieferung der Druckrohrleitung ist der Lokomotivfabrik Krauß & Co. in Linz a. D. übertragen, die den oberen Teil bis zum Festpunkt II (Wandstärken bis 16·5 mm) in ihrem eigenen Werke als genietete Rohrleitung aus Flußeisenblechen erzeugt, während die unterhalb Festpunkt II liegende Druckrohrleitung von den Mannesmannrohrwerken in Düsseldorf hergestellt und vom Deutschen Schweißverband geliefert wird. Die größte Wandstärke der Rohrleitung an ihrem unteren Ende ist 46 mm. Das Gesamtgewicht der Druckrohrleitung einschließlich der Verteilleitung

Digitized by Google

beim Krafthaus wird rund 2300 t betragen. Diese Gewichtsangabe zeigt schon, welche Vorkehrungen getroffen werden müssen, um die Schwierigkeiten des Transportes und der Montage dieser Druckrohrleitung soweit als möglich zu verringern. Die Lieferung der vier Hauptturbinen des Stubachwerkes mit einer Leistung von je 8000 PS bei einem Nutzgefälle von 500 m und bei 500 U/min. ist der Maschinenfabrik J. M. Voith in St. Pölten, die Lieferung des gesamten elektrischen Teiles den Österr. Siemens-Schuckert-Werken übertragen. Vorläufig gelangen im Maschinenhaus vier Maschinensätze, bestehend aus je einer Hochdruck-freistrahl-Turbine obiger Leistung und einem Einphasenwechselstrom-Erzeuger von 7500 kVA bei cos φ = 1·0 bis 0·8 zur Aufstellung. Die bei den Österr. Siemens-Schuckert-Werken in Ausführung begriffenen vier Generatoren weisen eine Dauerleistung von 4000 kVA bei cos φ = 0·7 bis 1 auf und können daran anschließend mit 5500 kVA durch 30 Minuten oder 7500 kVA durch 6 Minuten, beides bei cos φ = 0·8 bis 1 beansprucht werden. Die Umdrehungszahl beträgt 500 in der Minute, die Spannung 6300 V ± 5 vH.

Die vier Haupttransformatoren stimmen in ihrer Leistung mit den Generatoren überein, das Übersetzungsverhältnis beträgt 6000/50 000 bis 6600/55 000 V, die Nennleistung im Sinne der R. E. T. 5000 kVA bei 6300/52 500 V.

Im Hinblick darauf, daß sich das Becken des Grünsees nicht als vollständig wasserdicht erwies und um den Baubetrieb des Stubachkraftwerkes dauernd und ungestört mit den nötigen Energiemengen versorgen zu können, wurde am Enzingerboden eine zweite Hilfskraftanlage errichtet, die nunmehr das ganze Gefälle zwischen Grünsee und Enzingerboden in einer Höhe von rund 240 m ausnützen kann. Das im Jahre 1920 errichtete Hilfskraftwerk am sogenannten Tapperl, das nur ein Gefälle von 123 m unterhalb des Grünsees ausgenützt hat, bleibt bis auf weiteres als wertvolle Reserve bestehen. Die Druckrohrleitung vom Hilfskraftwerk am „Tapperl" bis zum neuen Hilfskraftwerk am Enzingerboden wurde von der Lokomotivfabrik Krauß & Co. in Linz geliefert und montiert.

Der an die Grünseerohrleitung angeschlossene (derzeit im Hilfskraftwerk am Enzingerboden aufgestellte) Hilfsmaschinensatz besteht aus einer Turbine für 750 PS bei 240 m Gefälle 750 U/min, unmittelbar gekuppelt mit einem Drehstromgenerator für 775 kVA bei cos φ = 0·75 und einer Spannung von 5000 bis 5500 V.

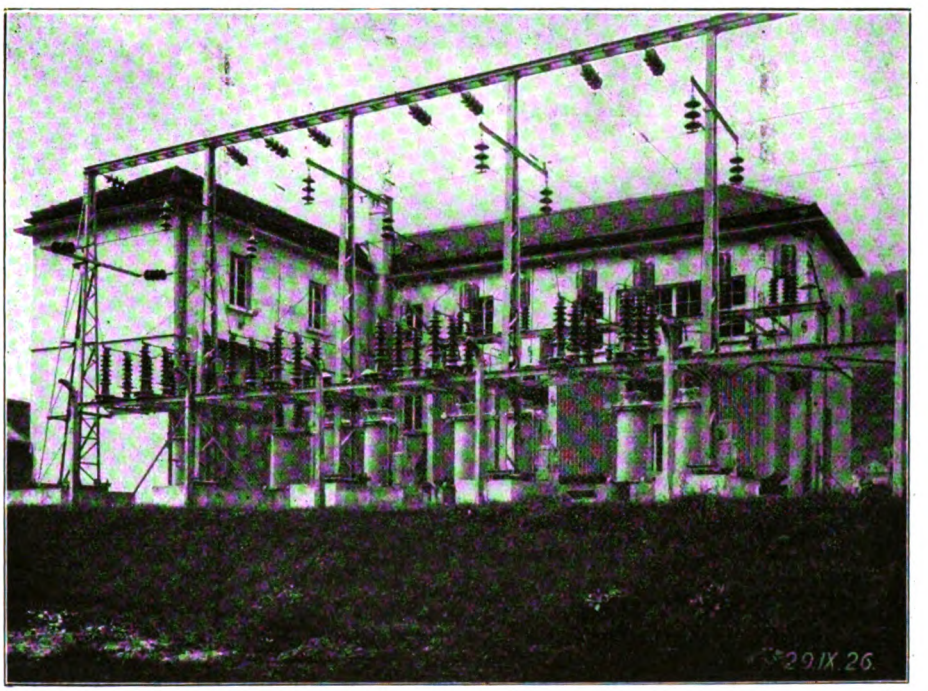


Abb. 13. Unterwerk Feldkirch: Gesamtansicht. Im Vordergrunde die 55 kV-Freiluftanlage, dahinter das Gebäude mit der 15 kV-Anlage, Hilfs- und Nebenbetrieben, Werkstätte usw. (ÖSSW).

Der Maschinensatz wird später — ergänzt durch eine Gleichstrommaschine von 185 kW bei 220 V und eine Ladezusatzmaschine von 12·1 kW — ins Hauptkraftwerk übertragen werden. Im Hauptkraftwerk wird noch ein zweiter Hilfsmaschinensatz, mit Anschluß an die Hauptdruckrohrleitung zur Aufstellung gelangen. (1 Turbine für 325 PS, 500 m Gefälle und 750 U/min, unmittelbar gekuppelt mit einer Gleichstrommaschine samt Zusatzmaschine wie bei Hilfsmaschinensatz 1).

Die 350 PS-Turbine des Hilfskraftwerkes am Enzingerboden wurde von der Maschinenfabrik Andritz, der dazugehörige Drehstromerzeuger samt Schaltanlage usw. von den Österr. Brown-Boveri-Werken geliefert. Die Durchführung aller Bauarbeiten beim Stubachwerke — mit Ausnahme der bisher noch nicht vergebenen Herstellungen der Hochbauten für das Maschinen- und Schalthaus — ist der Bauunternehmung Brüder Redlich & Berger in Wien übertragen.

Digitized by Google

Der bauliche Teil des Mallnitzwerkes, das die 320 m hohe Gefällsstufe des Mallnitzbaches zwischen Lassach und der Möll beim Markte Obervellach ausnützt (siehe E. u. M., Heft 20 von 1926), ist bekanntlich schon sehr weit fortgeschritten; Wasserfassung, Oberwasserführung und Wasserschloß sind seit geraumer Zeit vollendet. (Siehe Abb. 31 und 32.) Seit Mitte v. J. sind auch die für die Ausführung des Unterbaues der Druckrohrleitung und ihrer Montage, sowie die zur Herstellung des vom Wasserschloß zu Tal führenden Überlaufgerinnes nötigen Bauinstallationen ausgeführt. Zwischen den Krafthausbaustellen und dem Wasserschloß ist der beim Spullerseewerk rückgewonnene Schrägaufzug unter entsprechender Anpassung an die gegebenen Verhältnisse aufgestellt und Anfang Dezember 1926 in Betrieb genommen worden. Zwischen Bahnhof Obervellach und Wasserschloß wird ein Bremsberg hergestellt, nach dessen Fertigstellung für die Bauzwecke eine kombinierte Förderanlage vom genannten Bahnhof bis zum Wasserschloß und hinunter bis zum Kraftwerksbau zur Verfügung stehen wird. Die Aushubarbeiten zur Rohrbahn für die Druckrohrleitung, für die Energievernichtungsanlage und den Unterwassergraben sind weit vorgeschritten, die Wohngebäude für das künftige Betriebspersonal im Rohbau fertiggestellt.

Die baulichen Herstellungen des Mallnitzwerkes — mit Ausnahme des noch nicht vergebenen Maschinen- und Schalthauses — sind der Bauunternehmung für das Mallnitzwerk Mayreder, Krauß & Co., F. Holenia & Co. übertragen.

Im Mallnitzwerk gelangen vorläufig zwei Hauptmaschinensätze zur Aufstellung, bestehend aus je einer Turbine für 5000 PS (Maschinenfabrik J. M. Voith, St. Pölten) und einem Einphasenwechselstromgenerator mit einer Leistung von 4800 kVA bei cos $\varphi = 0{\cdot}65$ bis 1 und einer Spannung von 6000 V. Die Umdrehungszahl der Hauptmaschinensätze beträgt 500 in der Minute, das von den Turbinen ausgenützte Gefälle 320 m. Die zwei Haupttransformatoren besitzen eine Dauerleistung von 4800 kVA und eine Nennleistung im Sinne der R. E. T. von 5300 kVA. Als Hilfsmaschinensatz gelangt zunächst eine Turbine für 160 PS bei 320 m Gefälle (Leobersdorfer Maschinenfabriks A.-G.), unmittelbar gekuppelt mit einer Gleichstrommaschine von 90 kW, 220 V bei 960 U/min und mit einer Zusatzmaschine von 12 kW, 0 bis 115 V, zur Aufstellung. Als Reserve für den Hilfsmaschinensatz dient ein Umformersatz, bestehend aus einem Einphasenwechselstrommotor für 220 V, $16^2/_3$ Per/s.

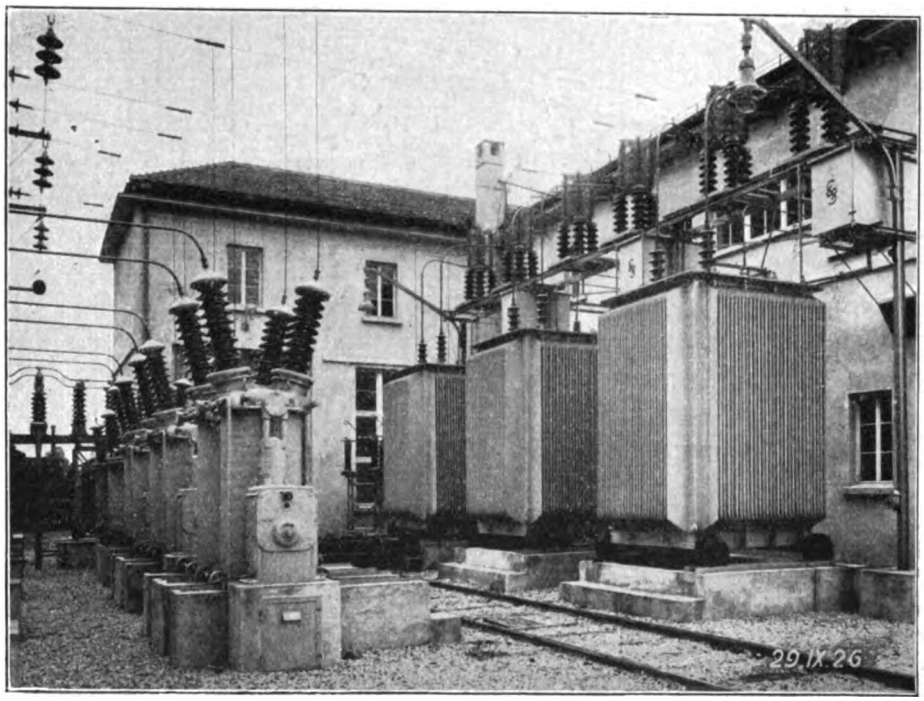


Abb. 14. Unterwerk Feldkirch: Transformatoren und 55 kV-Ölschalter (ÖSSW).

unmittelbar gekuppelt mit einer Gleichstrommaschine und einer Zusatzmaschine wie bei dem vorerwähnten Hilfsmaschinensatz. Die betriebsfertige Herstellung des gesamten elektrischen Teiles des Mallnitzkraftwerkes (Generatoren, Transformatoren, Schaltanlagen usw.) ist der A.E.G.-Union E.-G., Wien, übertragen.

Die Lieferung und Montierung der Turbinen-Druckrohrleitung des Mallnitzwerkes wurde der Lokomotivfabrik Krauß & Co. in Linz übertragen, die den oberen Teil (bis zum Festpunkte IV) in ihrem eigenen Werk als genietete Leitung aus Flußeisenblechen herstellt, den unteren Teil (zwischen den Festpunkten IV und VI) aber als wassergasgeschweißte Rohrleitung beim Eisenwerk Witkowitz bestellt hat. Der Durchmesser der Rohrleitung beträgt am oberen Ende 1200 mm l. W. und nimmt nach abwärts in einzelnen Abschnitten bis zu 1100 mm l. W. ab. Die Wandstärke in der obersten

Digitized by Google

Zone beträgt 10 mm, in der untersten Zone 25 mm. Am oberen Ende der insgesamt 720 m langen Rohrleitung, unmittelbar nach ihrem Austritt aus dem Wasserschloß werden in sie zwei Drosselklappen von je 1200 mm l. W. eingebaut, von denen die eine mit Selbstschlußvorrichtung für den Fall eines Rohrbruches versehen ist und auch vom Maschinenhause aus mittels magnet-elektrischer Steuerung betätigt werden kann.

Die Drosselklappen werden von der Maschinenfabrik J. M. Voith in St. Pölten geliefert.

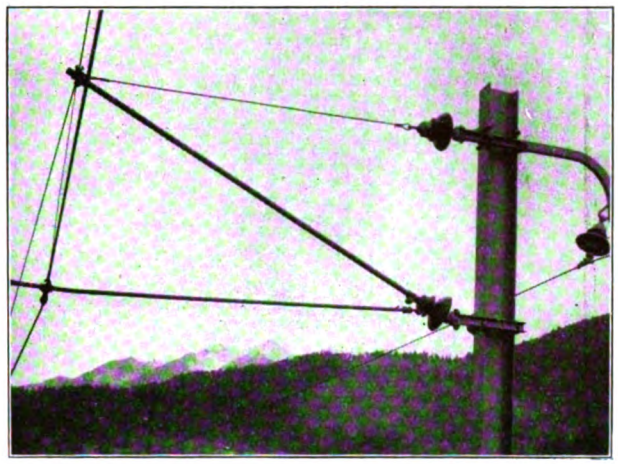


Abb. 15. Oberteil eines I-Mastes mit drehbarem Ausleger für die Fahrleitung und gebogener Traverse mit Verstärkungsleitung auf der Strecke Feldkirch—Bludenz (ÖBEG).

Das Achenseewerk[4]) der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. (Tiwag) wird bekanntlich den Bundesbahnen elektrische Energie bis zu einem Höchstausmaße von 40 Mill. kWh jährlich liefern. Zunächst gelangen im Achenseewerk neben den für die allgemeine Licht- und Kraftversorgung bestimmten Drehstromerzeugern drei Einphasenwechselstrom-Generatoren mit einer Leistung von je 8000 PS zur Aufstellung. Nach dem zwischen den Österr. Bundesbahnen und der Tiwag abgeschlossenen Stromlieferungsvertrag soll die Energieversorgung aus dem Achenseewerk Ende 1927 beginnen. Es ist erfreulicherweise festzustellen, daß dank der überaus umsichtigen und zielbewußten Leitung des Baues des Achenseekraftwerkes der vereinbarte Stromlieferungstermin aller Voraussicht nach eingehalten werden wird.

Der Bau des Achenseewerkes, einer der bedeutendsten und schönsten Wasserkraftanlagen Österreichs, war im großen und ganzen durch die natürlichen Verhältnisse begünstigt; es haben keine außergewöhnlichen und unvorhergesehenen Schwierigkeiten verzögernd und verteuernd auf den Bau eingewirkt. Außer dem technischen Gelingen ist nunmehr auch die Wirtschaftlichkeit der Anlage vollkommen sichergestellt, da vor kurzem eine endgültige Vereinbarung zwischen der „Tiwag" und der Bayernwerk A.-G. zustande gekommen ist, nach welcher die letztere 85 Mill. kWh jährlich aus dem Achenseewerk beziehen wird. Damit sind gegenwärtig schon 133 Mill. kWh aus dem Achenseewerk verbindlich verkauft. Im Hinblick auf den Abschluß mit dem Bayernwerk sah sich die „Tiwag" veranlaßt, unverzüglich an den Vollausbau des Werkes zu schreiten, der mittlerweile schon in Angriff genommen wurde.

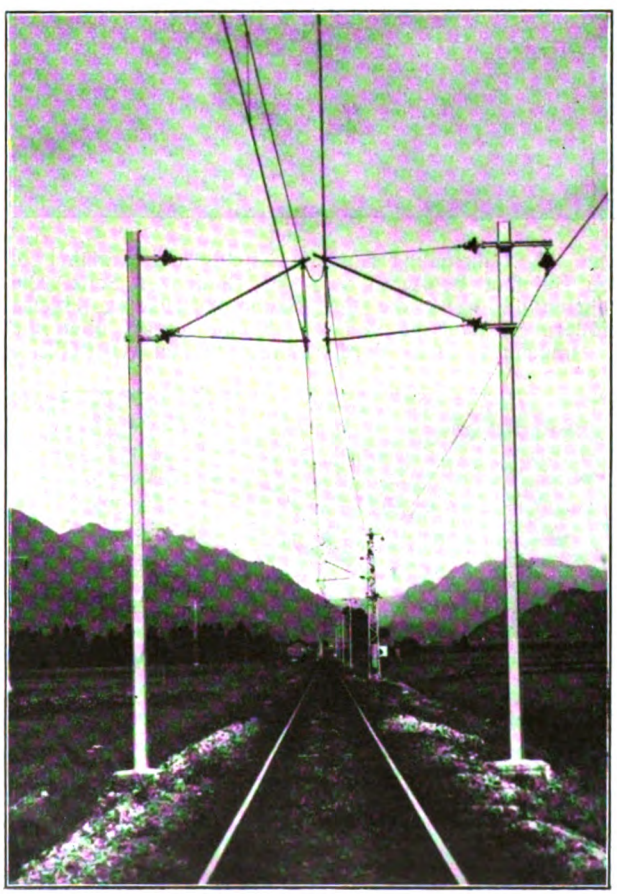


Abb. 16. Fahrleitung Bludenz — Feldkirch. Selbsttätige Nachspannung des Fahrdrahtes. Das Bild zeigt die normale Fahrleitungs-Systemhöhe von 1·3 m für die freie Strecke (vgl. Abb. 17) (ÖBEG).

Die Führung der 55 kV-Übertragungsleitungen ist aus Abb. 33 ersichtlich. Östlich von Innsbruck ist die Führung der Leitung von Kitzbühel über den Paß Thurn und über Uttendorf zum Stubachwerk und vom Mallnitzwerk nach Schwarzach-St. Veit bemerkenswert. Bei der Übertragungsleitung zwischen Kitzbühel und dem Stubachwerk hat es sich aus verschiedenen Gründen, besonders aber zwecks möglichst weitgehender Verkürzung der Leitungslängen als zweckmäßig erwiesen, von dem ursprünglichen Projekt der Führung dieser Leitung über das Unterwerk Saalfelden abzusehen, also auf den Vorteil der Speisung auch dieses Unterwerkes von zwei Seiten zu verzichten und dieses Unterwerk durch eine nächst Bruck-Fusch abzweigende Stichleitung an die das Stubachwerk mit dem Mallnitzwerk verbindende Übertragungsleitung anzuschließen.

[4]) Siehe E. u. M., Heft 20, 1926.

Digitized by Google

Die Frage, ob die Übertragungsleitung vom Mallnitzwerk durchwegs — also auch über den Kamm der Hohen Tauern — als Freileitung geführt, oder ob zwischen Mallnitz und Böckstein ein 55 000 V-Kabel durch den Tauerntunnel gelegt werden soll, ist noch offen.

Die Übertragungsleitung zwischen dem Ruetzwerk und dem Unterwerke Hall i. T. steht bereits seit Ende März 1927 in Betrieb, die Leitung Hall—Wörgl, Wörgl — Kitzbühel und Ruetzwerk—Matrei, ist im Bau.

An der Ausführung der Übertragungsleitungen sind als Hauptlieferer die Österr. Brown-Boveri-Werke A.-G. (Ruetzwerk—Hall i. T. 13·8 km), die AEG-Union E.-G. (Schwaz—Hall i. T. 17·6 km), die „Elin" A.-G. für elektrische Industrie (Brixlegg—Schwaz 17·1 km und Kitzbühel—Wörgl 28·1 km) sowie die Österr. Bergmann Elektrizitätsgesellschaft (Wörgl—Brixlegg 16·1 km und Ruetzwerk—Matrei 10·0 km) beteiligt.

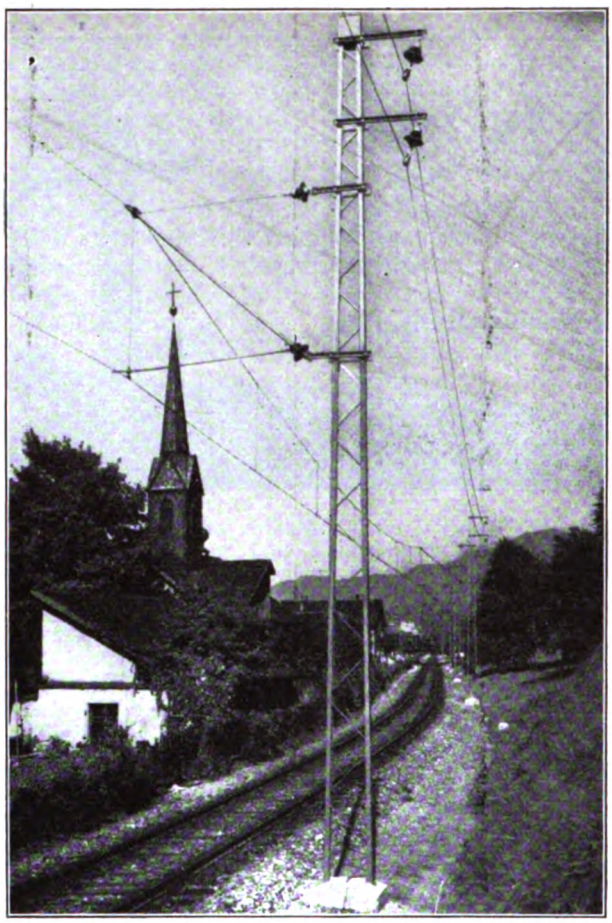


Abb. 17. Fahrleitung Bludenz — Feldkirch. Einfahrt in den Bahnhof Feldkirch von der Bludenzer Seite. Die Fahrleitung weist die der Bahnhofausrüstung eigene, größere Systemhöhe von 2·1 m auf. Rechts oben die Umgehungs- und Verstärkungsleitungen (ÖBEG).

Was die an die 55 kV-Übertragungsleitungen angeschlossenen Unterwerke betrifft, so haben wir uns, auf Grund der beim Unterwerk Feldkirch gemachten Erfahrungen dazu entschlossen, auch alle Unterwerke der Ostgruppe (Matrei, Hall i. T., Wörgl, Kitzbühel, Saalfelden, Schwarzach-St. Veit und Golling-Abtenau) als Halbfreiluft-Unterwerke auszuführen.

Das Unterwerk Hall (Österr. Siemens-Schuckert-Werke und Bauunternehmung Ernst Uhlemann) ist betriebsfähig fertiggestellt, das Unterwerk Wörgl (baulicher Teil: Ing. Ferdinand Mayer, Wörgl; Transformatoren: Österr. Siemens-Schuckert-Werke; Schaltanlage: Sprecher, Schuh & Cie., Linz) wird im Mai d. J. in Betrieb gesetzt werden. Bei den Unterwerken Kitzbühel (baulicher Teil: Guido & Gustav Gröger, F. Wawrowetz, Wien; Transformatoren: „Elin" A.-G. für elektrische Industrie, Wien; Schaltanlage: Sprecher, Schuh & Cie., Linz) und Matrei

Abb. 18. Fahrleitungsanlage Bahnhof Feldkirch mit Querseilaufhängung.

Digitized by Google

(baulicher Teil: Bauunternehmung Ing. Spritzer in Innsbruck und Wien; Transformatoren: Österr. Siemens-Schuckert-Werke; Schaltanlage: Sprecher, Schuh & Cie., Linz) ist die Herstellung der Bauarbeiten bereits weit vorgeschritten, die Inbetriebnahme beider Unterwerke ist für Ende dieses Jahres in Aussicht genommen. Für das Unterwerk Saalfelden sind die Transformatoren an die „Elin" A.-G. für elektrische Industrie, die Schaltanlage ebenfalls an Sprecher, Schuh & Cie. vergeben, die Ausschreibung des baulichen Teiles steht unmittelbar bevor. Die in den Unterwerken für Zwecke der Beleuchtung, Fernsteuerung usw. zur Aufstellung gelangenden Akkumulatorenbatterien werden durchwegs von der Akkumulatoren-Fabriks-A.-G., die zugehörigen Einphasen-Gleichstrom-Ladeumformer — mit Ausnahme von Hall (SSW) — von der „Elin" A.-G. für elektrische Industrie geliefert.

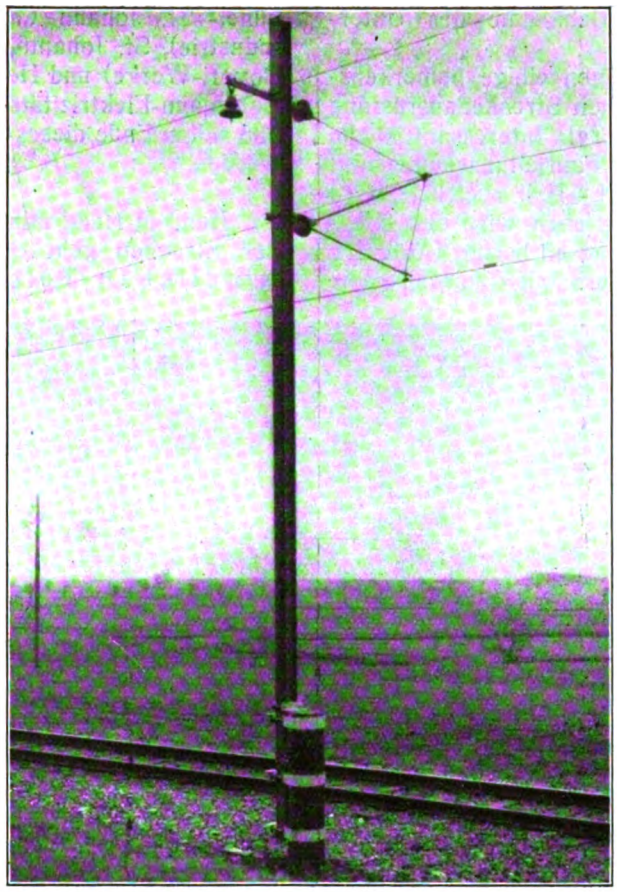


Abb. 19. Fahrleitung auf der Strecke Feldkirch — Buchs im Moorgebiet zwischen Nendeln und Schaan-Vaduz. I-Mast mit drehbarem Ausleger an Lärchenpilote angeschellt.

Was die Fahrleitungsanlagen anbelangt, so sind an ihrer Ausführung die oben bei den Übertragungsleitungen genannten elektrotechnischen Firmen nebst einer Reihe von Unterlieferern beteiligt. Die Ausrüstung der Strecke Innsbruck — Wörgl ist fertiggestellt, so daß am 23. Februar l. J. die elektrische Traktion auf der Strecke Innsbruck—Hall i. T. und Mitte März auf der Strecke Hall—Wörgl aufgenommen werden konnte.

Die Strecke Wörgl—Kufstein ist ebenfalls fertiggestellt. Wegen der durch den Umbau der Gleisanlagen des Bahnhofes Kufstein bedingten Verzögerung in der elektrischen Ausrüstung dieses Bahnhofes kann aber die Aufnahme des elektrischen Betriebes

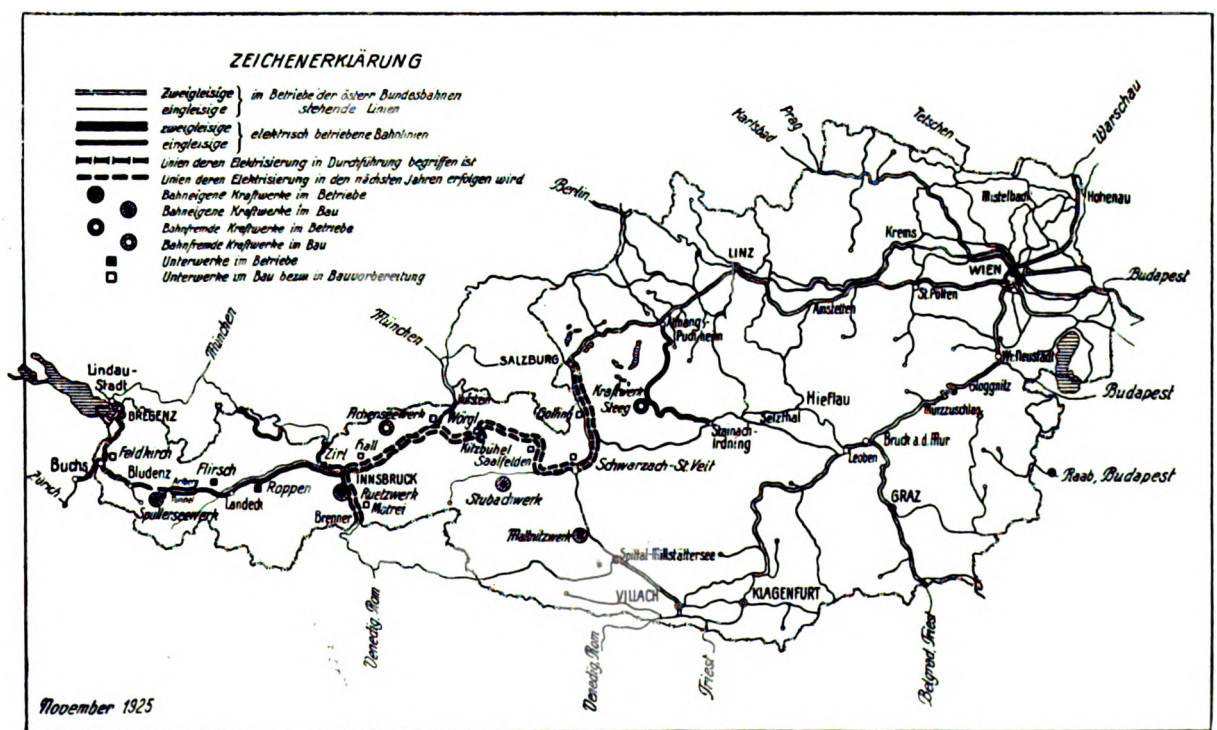


Abb. 20. Übersichtskarte des österr. Eisenbahnnetzes.

Digitized by Google

Wörgl—Kufstein voraussichtlich erst anfangs Juni, gleichzeitig mit der Inbetriebnahme des Unterwerkes Wörgl erfolgen.

Die Abb. 34 bis 37 zeigen einige bemerkenswerte Punkte der elektrischen Streckenausrüstung zwischen Innsbruck und Wörgl. Interessant ist die Kreuzung unserer 15 000 V Fahrleitungsanlage mit der Lokalbahnlinie Innsbruck—Hall, welch letztere mit 1000 V Gleichstrom betrieben wird und ebenfalls eine Fahrleitung mit Tragseil besitzt (Abb. 35). In die Fahrleitung der Bundesbahnen wurden keine Streckentrenner eingebaut, sondern es wurden — nach einer bei den Schweizer Bundesbahnen ausgeführten und uns entgegenkommender Weise bekanntgegebenen Bauart — die Fahrdrähte hochgezogen und Hilfsfahrleitungen angeordnet, mit denen sich der Lokalbahnfahrdraht kreuzt. Diese Kreuzung wird durch einen Dreifach-Umschalter wahlweise an 15 000 V Wechselstrom bzw. 1000 V Gleichstrom gelegt. Der Umschalter ist mit dem in der Trasse der Lokalbahn angebrachten Bahnschranken und mit den Deckungssignalen der Bundesbahnen in geeignete Abhängigkeit gebracht, so daß eine Fehlschaltung ausgeschlossen ist.

Für den höchst unwahrscheinlichen Fall des Überganges von 15 000 V auf die Lokalbahnfahrleitung ist durch Anordnung eines entsprechend eingestellten Hörnerableiters Vorsorge getroffen. Die durch das Vorhandensein eines Tragseiles auch bei der Fahrleitung der Lokalbahn gegenüber dem Schweizer Muster erschwerte und durch die Abhängigkeit mit Schranken und Signalen komplizierte Konstruktion der Kreuzung wurde von der AEG-Union E.-G. ausgearbeitet.

In den Bahnhöfen wird jetzt durchwegs die Bauart mit Querseilaufhängung angewendet, wobei die jetzige Regelausführung Doppeltragseile vorsieht.

Die Fahrleitungsanlagen auf den Strecken Innsbruck—Brenner (A.E.G.-Union E.-G.), Wörgl—Kitzbühel (Österr. Siemens-Schuckert-Werke), Kitzbühel—St. Johann („Elin", A.-G. für elektrische Industrie), St. Johann—Hochfilzen (Österr. Brown-Boveri-Werke) und Hochfilzen—Saalfelden (Österr. Bergmann-Elektrizitäts-Gesellschaft) stehen im Bau und sollen Ende dieses Jahres in Betrieb genommen werden.

Hand in Hand mit der elektrischen Ausrüstung der Strecken geht die Umgestaltung der bundlichen Telegraphen- und Telephonanlagen, sowie die Verkabelung der bahneigenen Fernmeldeleitungen. Im Rahmen des Elektrisierungsprogrammes der Österr. Bundesbahnen wurde in den letzten Jahren ein geschlossenes bahneigenes Fernsprechkabelnetz von Kufstein bzw. Söll-Leukental, über Innsbruck und die Arlberglinie nach Bregenz bis zur Reichsgrenze bei Lindau und bis Buchs geschaffen.

Abb. 21. Stubachwerk, Übersichtslageplan.

Die Durchführung der Kabelverlegungs- und Bauarbeiten wurde, wie in den vorhergehenden Jahren auch im Jahre 1926 der Siemens & Halske A.-G. in Wien übertragen. Die Lieferung der Kabel erfolgte durch die Siemens & Halske A.-G. die Felten & Guilleaume A.-G. und die Kabel- und Drahtindustrie A.-G. Die Siemenswerke lieferten auch die zur Pupinisierung erforderlichen Pupinspulen und führten die übernommenen Bauarbeiten terminmäßig durch. Vom Mai bis zum Dezember 1926 wurden insgesamt rund 170 km Bahnkabel verlegt. Die Kabelverlegung erfolgte auf dem Bahnkörper, neben den Gleisen.

Die Pupinkabel sind Fernsprechkabel mit papierluftraumisolierten Adern; sie enthalten Kupferleiter von 0·8 bis 1·5 mm Durchmesser in paariger Verseilung. Über dem Bleimantel ist eine Eisenbandbewehrung aufgebracht. Die zum Fernsprechen über größere Entfernungen bestimmten Adernpaare sind mit Pupinspulen mit neuzeitlichen Massekernen ausgerüstet worden; sie sind in

Digitized by Google

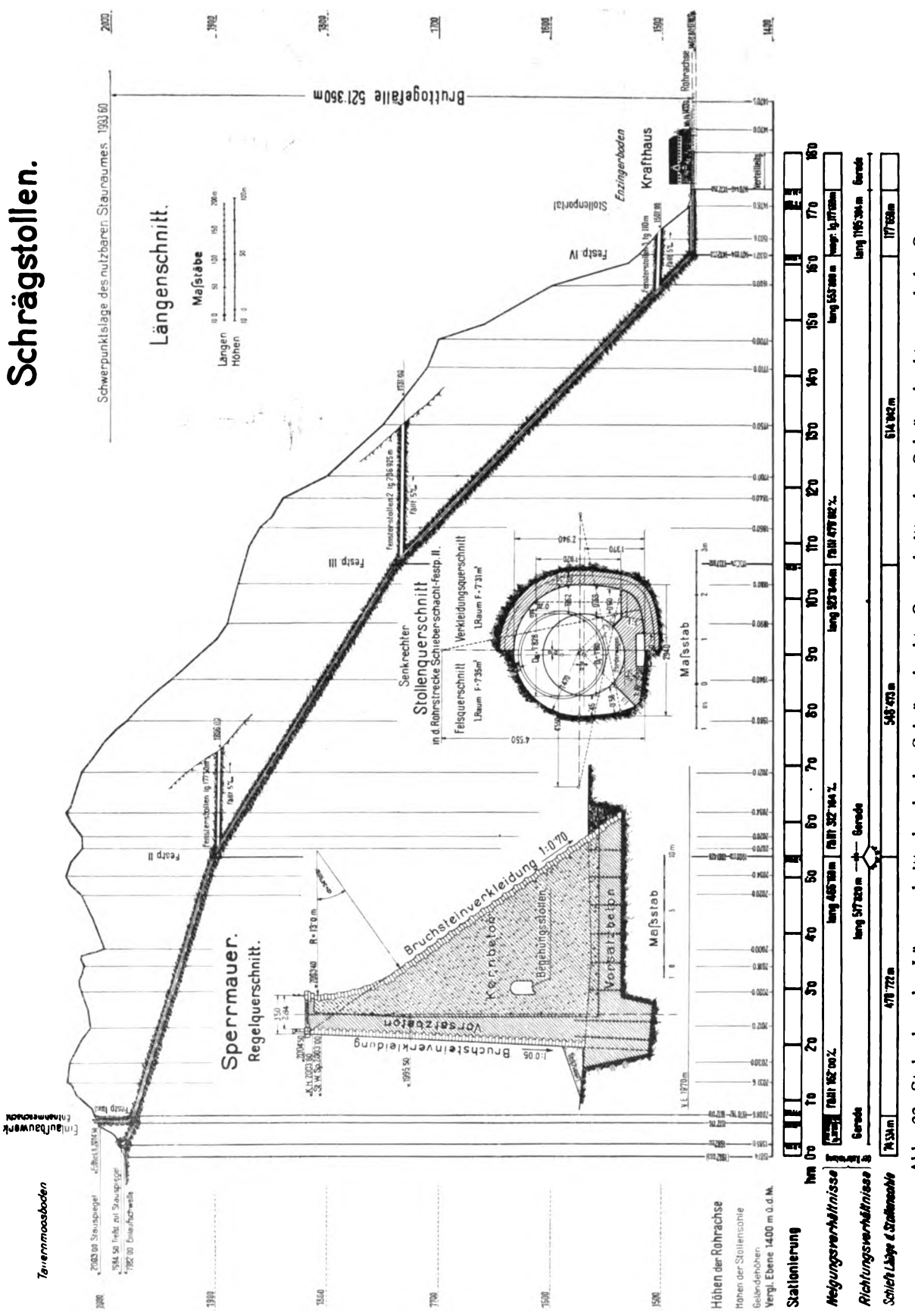


Abb. 22. Stubachwerk: Längenschnitt durch den Schrägschacht, Querschnitte des Schrägschachtes und der Sperrmauer.

Digitized by Google

Pupinspulenkasten eingebaut, die in Abständen von je 2 km in das Kabel eingespleißt wurden. Die bei den Abnahmemessungen zwischen den Stationen Kufstein und Bregenz (270 km Sprechweite) auf einem 1·5 mm starken pupinisierten Sprechkreis durchgeführten Sprechversuche ergaben eine ausgezeichnete Sprechverständigung. Die Abnahmemessungen zeigten, daß das Dämpfungsmaß der fertiggebauten Strecke noch erheblich unter dem im Angebot der Firma angegebenen Garantiewert liegt.

Infolge dieser durch die Einführung der elektrischen Zugförderung ausgelösten Umgestaltung der bahneigenen Schwachstromanlagen verfügen nunmehr die Betriebsdienststellen auf den Strecken in Vorarlberg und auf den Linien von Innsbruck bis Söll-Leukental, bzw. Kufstein, schon seit Monaten über eine allen Anforderungen entsprechende moderne Fernmeldeanlage, was sich für die Abwicklung des gesamten Eisenbahnbetriebes überaus vorteilhaft auswirkt.

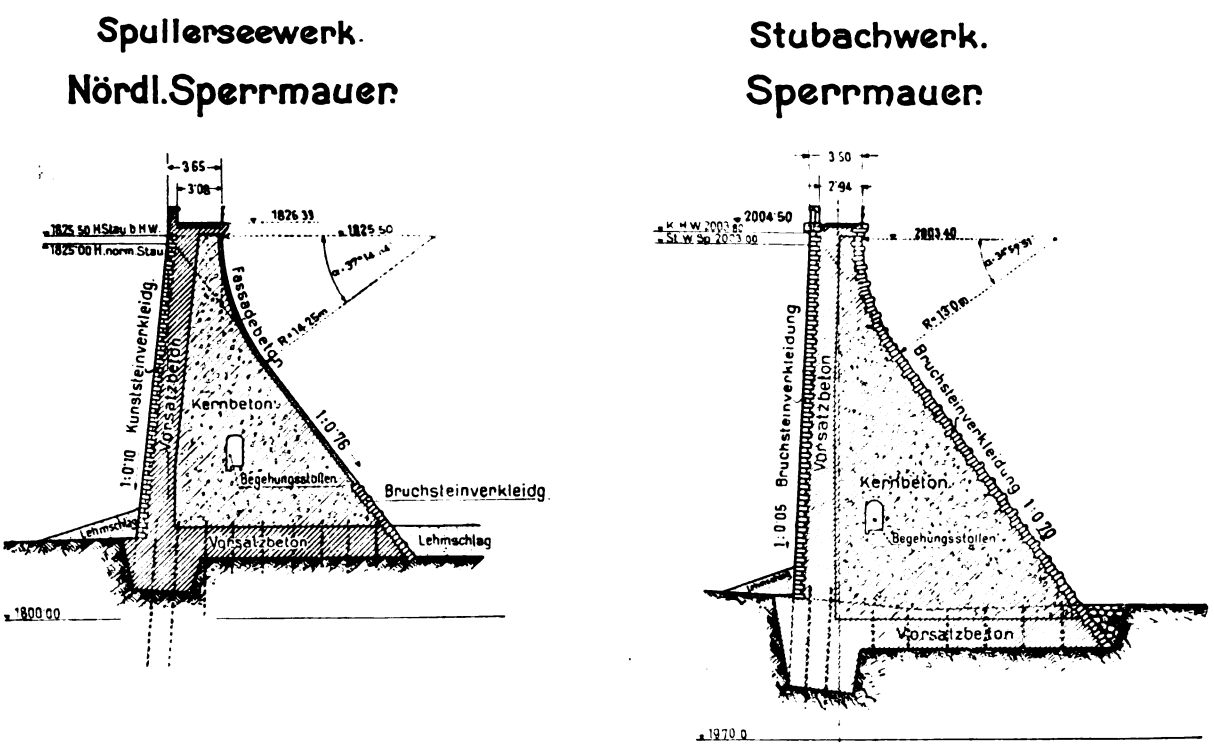


Abb. 23. Gegenüberstellung der Querschnitte der Sperrmauern beim Spullerseewerk und beim Stubachwerk.

Bevor ich nun über die wichtigsten Vorkommnisse des letzten Jahres bezüglich Bestellung, Bau und Ablieferung unserer elektrischen Lokomotiven berichte, möchte ich kurz auf die von mir auch voriges Jahr gestreifte Frage des Antriebes elektrischer Lokomotiven im allgemeinen zurückkommen. Auch im abgelaufenen Jahre hat — besonders bei Schnell- und Personenzugslokomotiven — der Einzelachsantrieb neue wesentliche Fortschritte erzielt.

Die Schweizerischen Bundesbahnen sind schon Ende 1925, gestützt auf mehrjährige Erfahrungen, mit verschiedenen Arten des Antriebes bei elektrischen Schnell- und Personenzugslokomotiven mit drei Treibachsen (Einzelachsantrieb System Buchli, Einzelachsantrieb System Westinghouse-Sécheron, Stangenantrieb mit zwei Motoren) dazu gelangt, für ihre Bedürfnisse der $2\,C_n\,1$-Schnellzugslokomotive mit dem Buchli-Einzelachsantrieb nach der Bauart Brown-Boveri den Vorzug zu geben. Dieser Antrieb ist

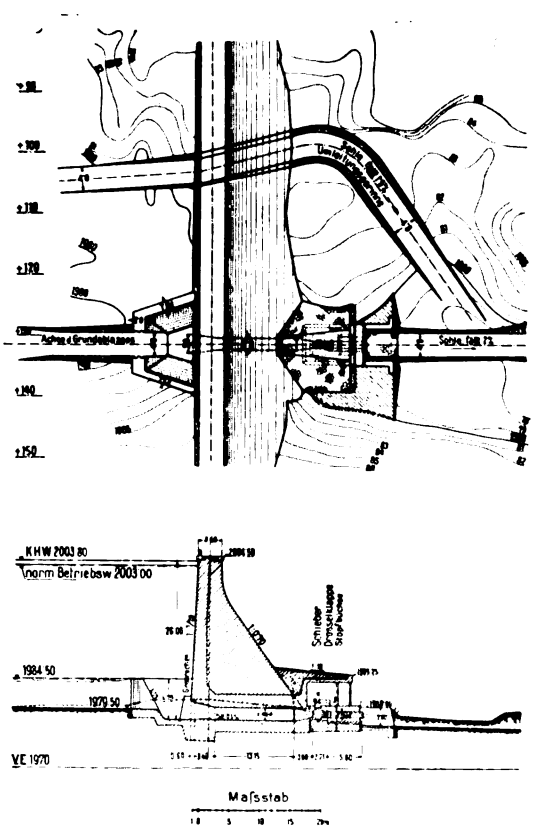


Abb. 24. Stubachwerk: Lageplan des Grundablasses; Schnitt durch Sperrmauer mit Grundablaß.

Digitized by Google

Abb. 25. Stubachwerk: Stubachbrücke im Zuge der neuen Autostraße Schneiderau — Enzingerboden.

ferner bei den schweren Schnellzugslokomotiven der SBB mit der Achsfolge $2\,D_0\,1$ (siehe Abb. 38) zur Anwendung gelangt.[5]) Die SBB haben damit die erstrebenswerte Vereinheitlichung des Antriebes elektrischer Schnellzugslokomotiven erreicht.

Im abgelaufenen Jahre sind auch die zwei von der Berner Alpenbahngesellschaft Bern—Lötschberg—Simplon anfangs 1925 bei der A. G. Sécheron in Genf bestellten zwei Einphasenwechselstromlokomotiven mit der Achsfolge $1\,C_0 + C_0\,1$ zur Ablieferung gelangt (siehe Abb. 39). Diese Lokomotiven[6]) besitzen Einzelachsantrieb der Bauart Sécheron (Abb. 40) und weisen eine Stundenleistung am Radumfange von 4500 PS bei einer Geschwindigkeit von 50 km in der Stunde auf; die Dauerleistung am Radumfang beträgt 3700 PS bei 50 km in der Stunde, die Höchstgeschwindigkeit 75 km in der Stunde. Dem Vernehmen nach bewähren sich diese Lokomotiven, die ein Gewicht von nur 31·5 kg pro PS Stundenleistung aufweisen, im schweren Dienste auf der Lötschbergbahn auf das Beste.

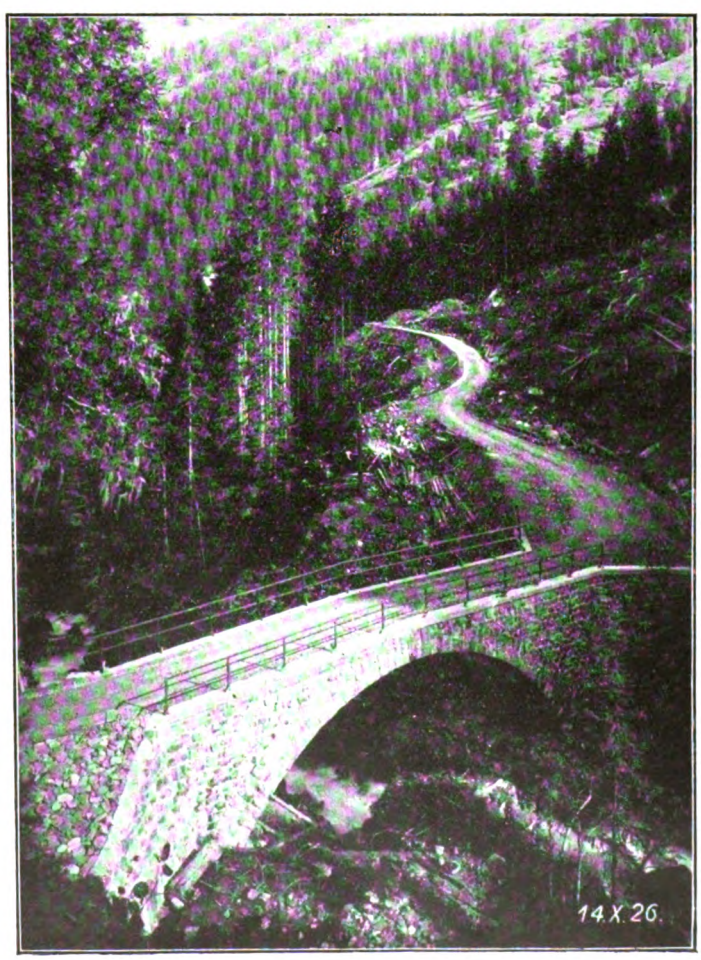


Abb. 26. Stubachwerk: Niederwinkelbrücke der neuen Autostraße zum Enzingerboden.

[5]) Diese Lokomotiven entwickeln bei einem Dienstgewicht von 116 t einstündig eine Zugkraft von 11 600 kg bei 68 km/h, dauernd eine solche von 10 300 kg bei 70 km/h, gemessen am Radumfang, was einer Leistung von 2930 PS, bezw. 2670 PS am Radumfange entspricht. Die höchste Anfahrzugkraft beträgt etwa 19 000 kg, die Höchstgeschwindigkeit 100 km/h. Das Lokomotivgewicht pro PS Stunden- bezw. Dauerleistung errechnet sich zu 39·6 bezw. 43·5 kg.

[6]) Siehe E. u. M. 1925, Heft 21, S. 389 ff.

Digitized by Google

Abb. 27. Stubachwerk: Kehren oberhalb des sogenannten Wiegenböndels im Zuge der neuen Autostraße Schneiderau — Enzingerboden.

Abb. 28. Stubachwerk: Seilbahn Enzingerboden—Tauernmoosboden mit Blick auf den Enzingerboden (Talstation der Seilbahn, Blockhaus usw.)

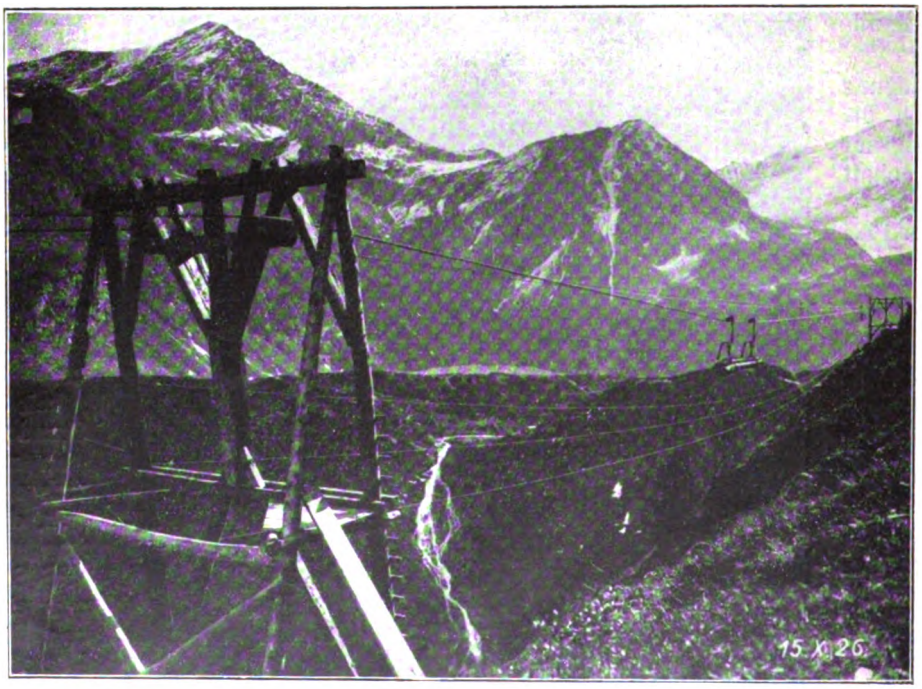


Abb. 29. Stubachwerk: Seilbahn Enzingerboden — Tauernmoosboden, oberste Partie; Steilabfall des Tauernmoosbaches.

Digitized by Google

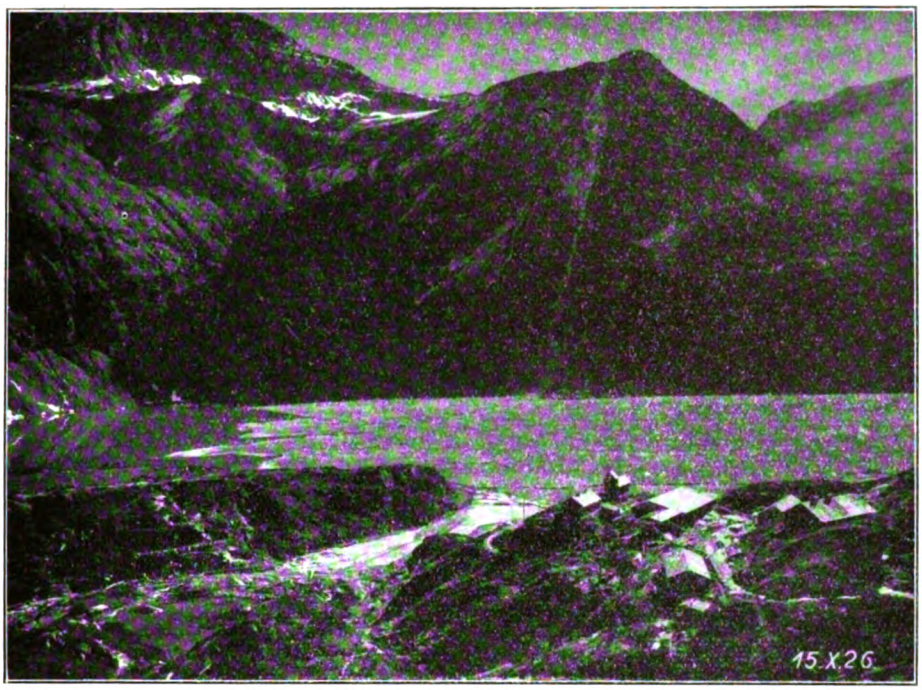


Abb. 30. Stubachwerk, Teilansicht des Tauernmoosbodens (2000 m ü. d. M.) mit der Oberstation der Seilbahn usw.; links die Sperrenstelle.

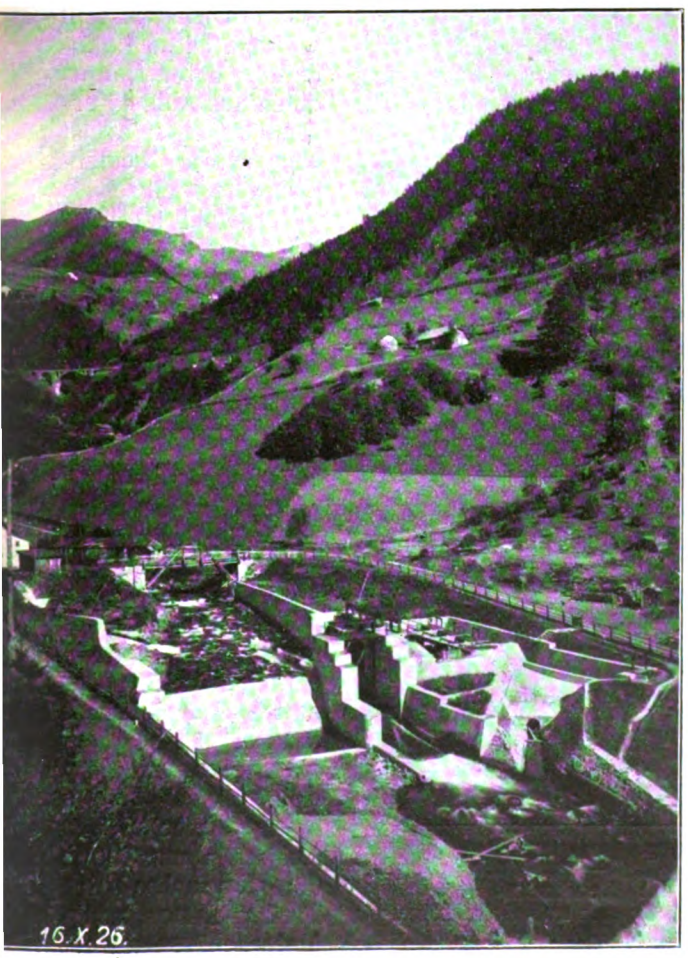


Abb. 31. Mallnitzwerk: Wehr- und Entnahmeanlage gegen die Tauernbahn (Dössenviadukt) gesehen.

Abb. 32. Mallnitzwerk: Wehr- und Entnahmeanlage mit Entsandungseinrichtung Bauart Büchi.

Digitized by Google

Auch bei der Deutschen Reichsbahngesellschaft macht die Anwendung des Einzelachsantriebes bei elektrischen Lokomotiven Fortschritte. Mitte 1926 ist die erste der bei Brown-Boveri & Cie. A.-G., Mannheim, bestellten 10 Stück Schnellzugslokomotiven mit Brown-Boveri-Einzelachsantrieb (Abb. 41), deren mechanischer Teil von der Lokomotivfabrik Krauß & Co., München, hergestellt worden ist, zur Ablieferung gelangt. Die übrigen sollen bis Mai 1927 ausgeliefert sein. Diese Lokomotivbauart, die den an sie gestellten Anforderungen voll entsprochen hat,[7]) ist zunächst für den Schnellzugsdienst auf den Strecken München—Regensburg, München—Rosenheim und Rosenheim—Kufstein bestimmt.

Es verdient vermerkt zu werden, daß der Brown-Boveri-Einzelachsantrieb bis Jänner 1927 schon bei insgesamt 156 Lokomotiven mit einer Gesamtleistung von 368 000 PS, zum Teil für Höchstgeschwindigkeiten von 130 km in der Stunde, zur Verwendung gelangt ist.

Auch eine von der AEG für die Deutsche Reichsbahngesellschaft gebaute 2 D_0 1-Schnellzugslokomotive[8]) mit Einzelachsantrieb ist vor kurzem in Dienst gestellt worden. Diese Lokomotive, deren Hauptdaten aus Abb. 42 ersichtlich sind, weist eine Reihe bemerkenswerter Einzelheiten sowohl hinsichtlich des mechanischen Teiles im allgemeinen als insbesondere des Einzelachsantriebes (modifizierte Bauart Westinghouse Abb. 43) und des elektrischen Teiles auf und bewährt sich — soweit die bisherige kurze Betriebszeit ein Urteil ermöglicht — ebenfalls sehr gut. Jede Achse wird durch einen Doppelmotor angetrieben, der mittels Zahnradübersetzung 1 : 4·26 auf ein großes auf einer Hohlwelle sitzendes Zahnrad arbeitet; die Hohlwelle umschließt die Kernachse des Treibradsatzes, ist im Motorgehäuse unver-

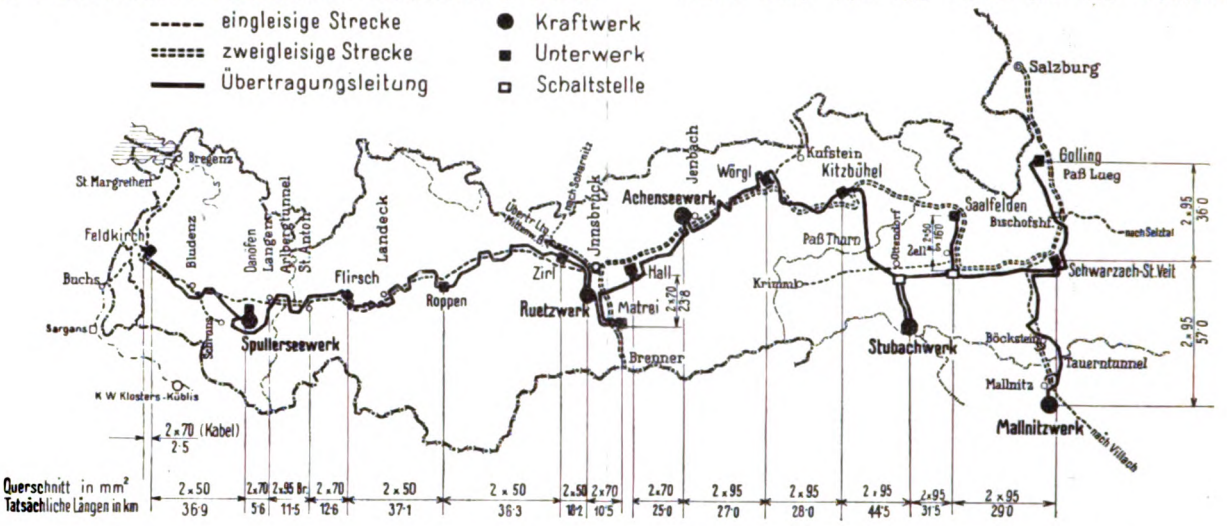


Abb. 33. Übersichtskarte der Kraftwerke, Unterwerke und 55 kV-Übertragungsleitungen für den elektrischen Betrieb der ÖBB-Strecken westlich von Salzburg.

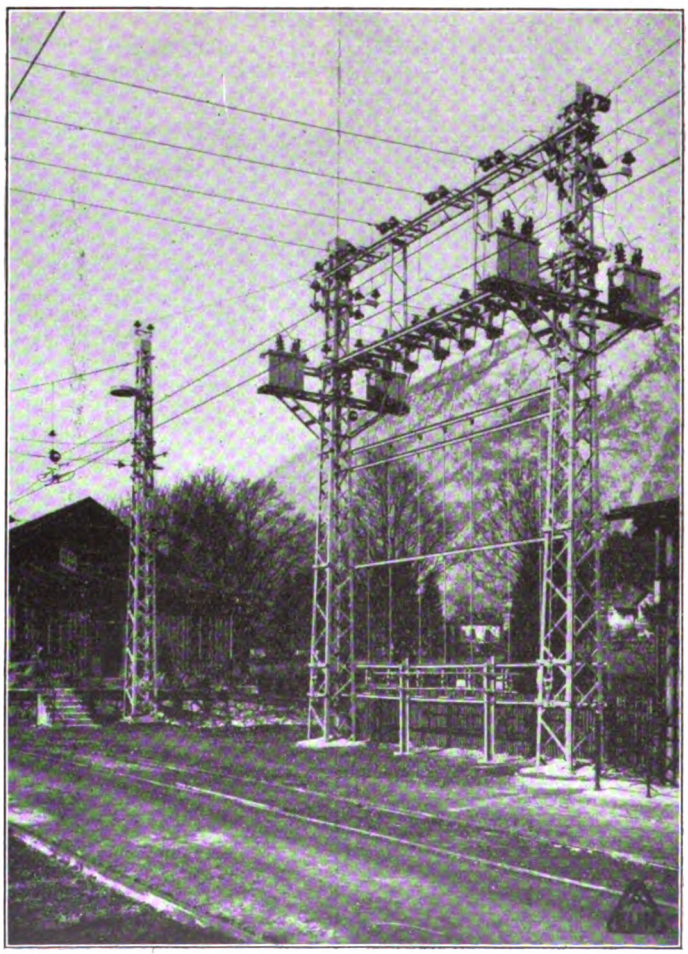


Abb. 34. Fahrleitungsanlage Wörgl — Innsbruck, Bahnhof Jenbach; Schaltgerüst mit Bendmann-Überspannungsschutz, links ein Streckentrenner und Schaltzeiger für Ladegleis (Elin A.-G.).

[7]) Siehe Wichert und Michel: „Die 1 D_0 1-Lokomotiven der Deutschen Reichsbahngesellschaft"; Elektrische Bahnen, Märzheft 1927.

[8]) Näheres hierüber siehe W. Kleinow: „Elektrische Schnellzugslokomotive mit Einzelachsantrieb"; Elektrische Bahnen, Februarheft 1927.

Digitized by Google

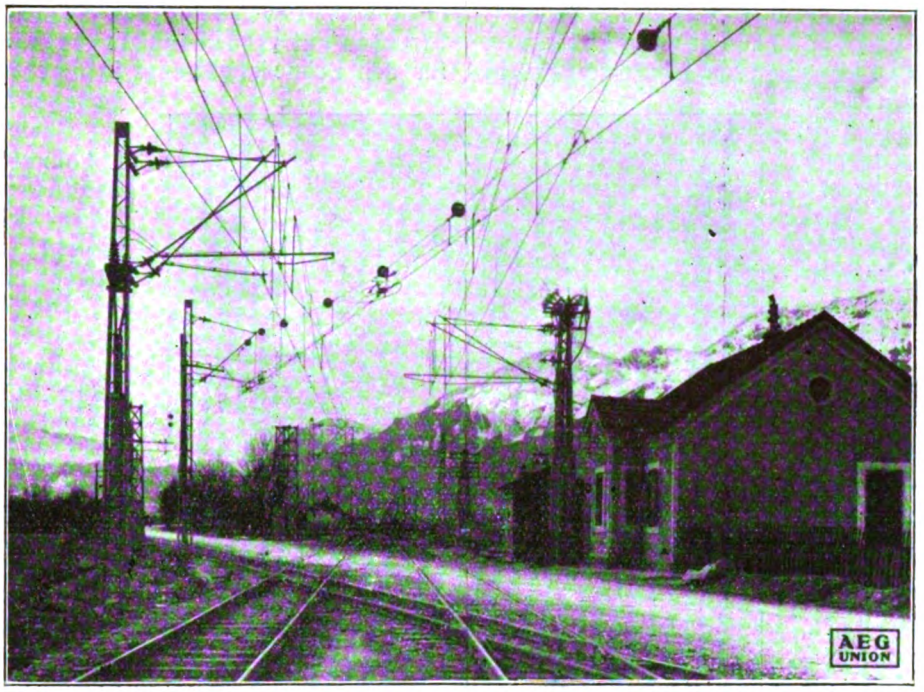


Abb. 35. Fahrleitungsanlage Wörgl — Innsbruck: Kreuzung der 15 000 V Einphasenwechselstrom-Fahrleitung der ÖBB mit der 1000 V-Gleichstromfahrleitung der Lokalbahn Innsbruck — Hall i. T. (AEG-Union E. G.)

schiebbar in Gleitlagern gelagert und endet auf der dem Zahnrade abgewendeten Seite in einem Kupplungsflansch. Sowohl am großen Zahnrad als auch am Kupplungsflansch sind je sechs Ausleger für die Aufnahme der Federn angeschraubt, welche das Drehmoment von der Hohlwelle unmittelbar auf die Räder übertragen. Jeder Ausleger nimmt in einem zweiteiligen Gehäuse zwei Federtöpfe auf, in denen die Arbeitsfeder eingebettet liegt. Die Töpfe finden ihr Widerlager an gehärteten an den Radspeichern angebrachten auswechselbaren Druckstücken. Das Gesamtgewicht der Lokomotive beträgt rund 120 t, die nach den verschärften Erwärmungsvorschriften der Deutschen Reichsbahn bei 60 vH der Höchstgeschwindigkeit festgestellte Dauerleistung 2440 PS. Daraus ergibt sich pro Dauer-PS ein Gewichtsaufwand von nicht ganz 50 kg.

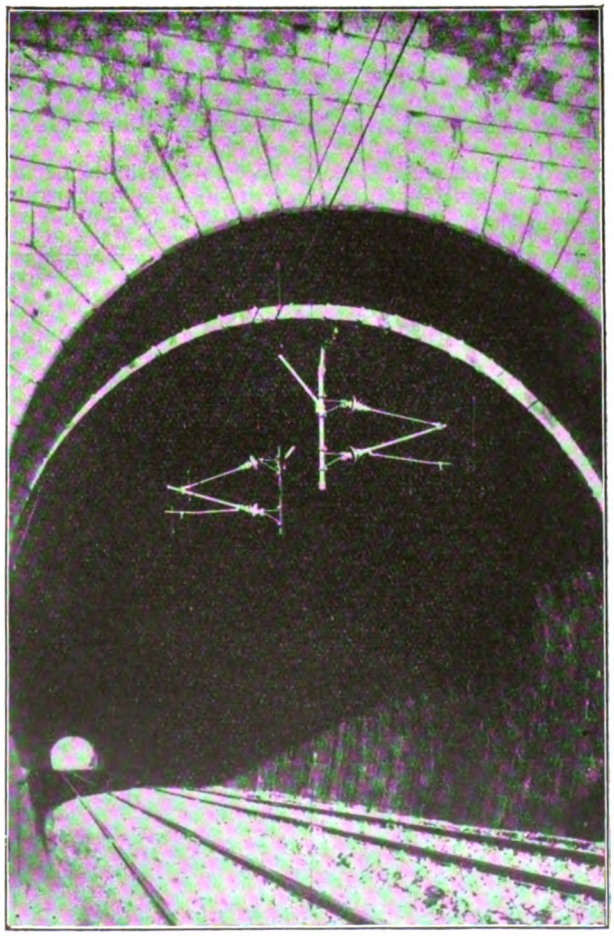


Abb. 36. Streckenausrüstung Wörgl — Innsbruck: Rattenbergtunnel (ÖSSW).

Was nun die bei den Österr. Bundesbahnen auf den in den letzten Jahren elektrisierten Strecken gegenwärtig schon im Betriebe stehenden und die noch im Bau befindlichen elektrischen Lokomotiven betrifft, sei auf die Tabelle Seite 25 verwiesen. Die Zahl der anfangs März 1927 bestellt gewesenen Lokomotiven beträgt 124, die der bereits in Betrieb stehenden 72.[9])

Die Vergebung der für den elektrischen Betrieb auf den Strecken westlich von Salzburg noch erforderlichen Lokomotiven wird in Kürze erfolgen.

Von den seit Jahresfrist zur Ablieferung gelangten Lokomotiven

[9]) Hievon machen vier, und zwar zwei Lokomotiven der Reihe 1070, und zwei der Reihe 1080 vorübergehend Dienst auf der Mittenwaldbahn.

Digitized by Google

sind die von den Österr. Siemens-Schuckert-Werken, Wien, und der Lokomotivfabrik Krauß & Co., Linz, gebauten Lokomotiven der Reihe 1080.100 (Abb. 44) wegen ihrer Ausrüstung mit elektrischer Widerstandsbremsung bemerkenswert. Gegenüber ihrer Vorläuferin, der Reihe 1080, weisen diese Lokomotiven bei nur wenig — um 4·65 vH — erhöhtem Dienstgewicht eine um 15 vH, bzw. 28 vH erhöhte Stunden-, bzw. Dauerleistung auf.

Auch bei der Lokomotivreihe 1100.100 (Abb. 45) gebaut von den Österr. Brown-Boveri-Werken mit der Wiener Lokomotivfabriks A.-G., sind gegenüber der Lokomotivreihe 1100, aus der sie unter Verwertung der Betriebserfahrungen entwickelt wurde, bei nur um 2·2 vH höherem Gewicht um 10 vH größere Leistungen festzustellen. Die Lokomotiven der Reihe 1100.100 weisen außerdem eine Höchstgeschwindigkeit von 75 km in der Stunde auf, was sie — wenn auch vorzugsweise für den Schnellzugsdienst auf Strecken mit großen Steigungen bestimmt — auch für den Schnellzugsdienst in Flachstrecken besser geeignet macht.

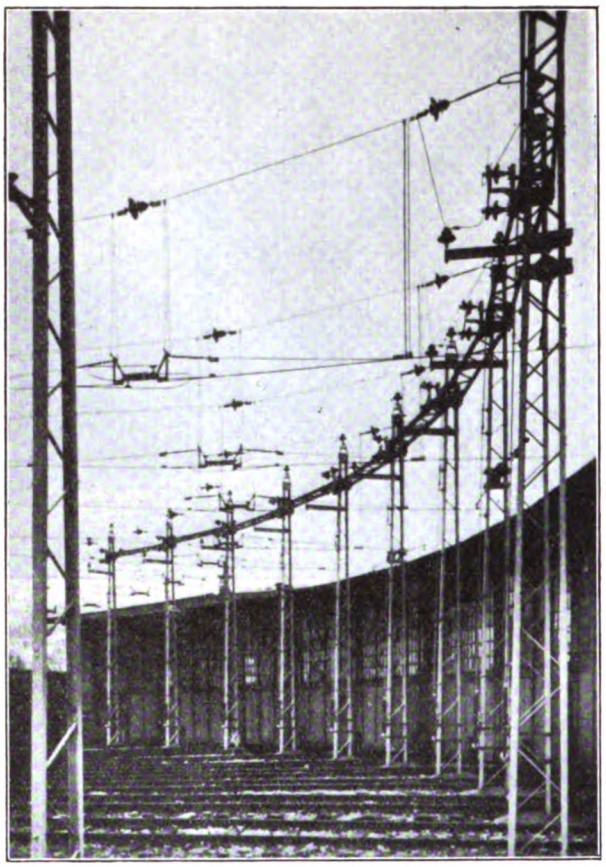


Abb. 37. Streckenausrüstung Wörgl — Innsbruck: Fahrleitungsanordnung mit Schaltern für die Lokomotivschuppengleise im Bahnhof Wörgl (ÖSSW).

Beide vorgenannten Lokomotivbauarten — 1080.100 und 1100.100 — haben den an sie gestellten Anforderungen bestens entsprochen.

Die in der Tabelle unter lfd. Zl. 5 angeführten Lokomotiven der Reihe 1070 sind deshalb besonders bemerkenswert, weil sie die ersten auf den österreichischen Bundesbahnen in Dienst gestellten elektrischen Lokomotiven für schweren Verschubdienst sind und hinsichtlich Treibgewicht, eingebauter Leistung und Baustoffwirtschaft gegenüber den elektrischen Verschublokomotiven anderer europäischer Eisenbahnverwaltungen — in letzterer Beziehung in hohem Maße auch gegenüber amerikanischen Verschublokomotiven — einen Fortschritt darstellen. Diese von der AEG-Union E.-G., mit

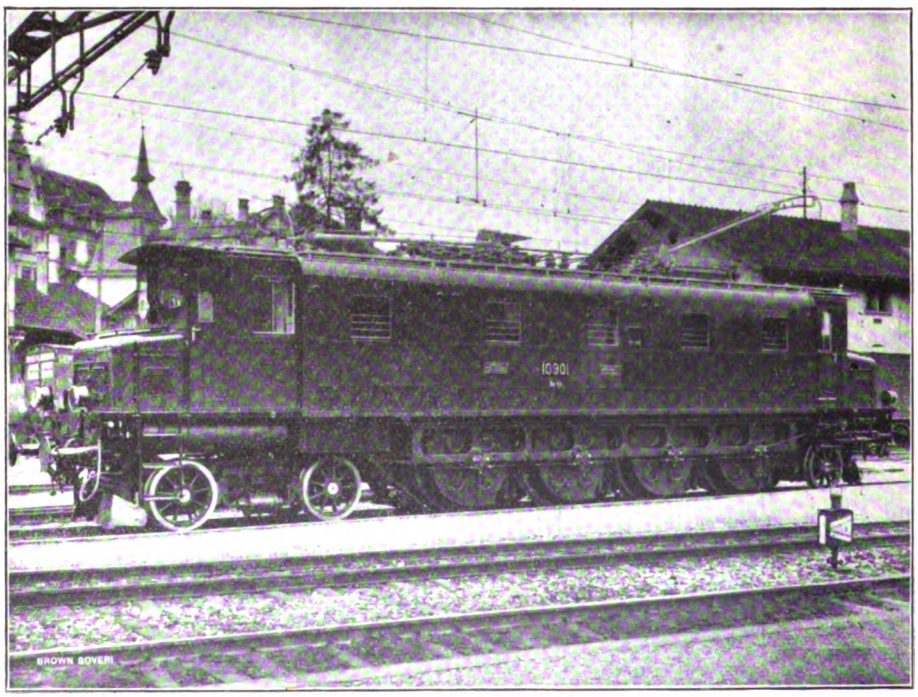


Abb. 38. 2 D_0 1-Schnellzugslokomotive der Schweizerischen Bundesbahnen mit Buchli-Einzelachsantrieb nach Bauart Brown Boveri.

Digitized by Google

Angaben über die am 15. III. 1927 im Betriebe und im Bau gestandenen elektrischen Lokomotiven.

Laufende Zahl	1	1 a	2	3	3 a	4	5	6	7	8	9	10	11
Achsfolge	1 C + C 1	1 C + C 1	1 C 1	E	E	1 D_0 1	D	1 D 1	E	$B_0 + B_0$	E	1 D_0 1	D
Reihenbezeichnung	1100	1100.100	1029	1080	1080.100	1570	1070	1470	1180	1170	1280	1670	1070.100
Zahl der bestellten Lokomotiven	7	9	20	20	10	4	5	1	1	10	17	15	5
Zahl der abgelieferten Lokomotiven	7	6	20	20	9	4	5	1	—	—	—	—	—
Dienstgewicht in t	115	117·6	72·8	75	78·5	91·4	54·8	90·2	73·5	61·2	80·35	96	55·4
Reibungsgewicht in t	87·3	89	44·5	75	78·5	63·4	54·8	62·2	73·5	61·2	80·35	66	55·4
Zugsgattung	S. u. P.	S. u. P.	S. P.	G	G		Verschub	S. P.	G	P. S.	G	S	Verschub
Größtes Wagenzuggewicht in t - Steigung v T	320 — 31·4	330 — 31·4	400 — 10	810 — 10	900 — 10	550 — 10	600 — 7·5	550 — 10	1000 — 10	740 — 10	900 — 10	660 — 10	700 — 7·5
Geschwindigkeit (km/h)	45	50	45	30	32·5	50	24	51	34	35	36	64	26
Größte Geschwindigkeit	70	75	70, 80[1])	50	50	85	40	100	67	60	55	100	40
Stundenleistung in PS	2400	2650	1365	1450	1670	2230	720	2000	2000	1360	1800	3000	950
bei einer Geschwindigkeit von . . km/h	50	54	42	42	36	51	24	50	33	35	36·6	67·5	25·9
Dauerleistung in PS	2000	2200	1000	1000	1280	1700	578	—	—	1100	1470	2400	775
bei einer Geschwindigkeit von . . km/h	50	54	42	42	42	59	27 b. 40			40	41·7	76	29·4
Dauerleistung des Transformators in kVA	1730	2050	840	1150	1650	1550	540	Einanker-Umformer auf zwei, drei und vier Phasenstrom		1100	1260	2000	690
Zahl der Motoren	2 × 2	2 × 2	1 × 2	3	3	4 × 1	1	2	2	4 × 1	1 × 2	4 × 2	1
Bauart der Motoren	Reihenschluß mit Widerstandsverbindern	Reihenschluß						Drehstrommotoren umschaltbar auf 2, 3 u. 4 Phasen u. 12, 8 u. 6 Pole		Reihenschluß			
Triebraddurchm. in mm[2])	1350	1350	1740	1350	1350	1350	1140	1614	1070	1300	1140	1350	1140
Laufraddurchm. in mm[2])	870	870	1034	—	—	1034	—	1034	—	—	—	1034	—
Gesamtradstand in mm	17 700	17 700	9890	7750	7750	11 000	5000	10 130	6500	7000	6500	11 000	5000
Fester Radstand in mm	5520	5520	5670	4750	4750	8800 (geführte Länge)	3700	5070	3600	4800 (geführte Länge)	3800	8800 (geführte Länge)	3700
Länge über Puffer in mm	20 350	20 350	12 810	12 750	12 750	14 000	9800	13 190	10 800	10 300	12 500	14 000	10 500
Hauptlieferer der Lokomotiven	Österr. Brown Boveri-Werke		A. E. G.-Union El. Ges.	Österr. Siemens-Schuckert Werke			A. E. G.-Union El. Ges.	Wr. Lokomotivfabriks-A. G.		„Elin" A. G. f. elektr. Industrie	A. E. G. Union El. Ges.	Ö. S. S. W.	A. E. G. Union El. Ges.
Lieferer des elektr. Teiles	„		„	„			„	Ganz'sche El. A. G. Budapest		„	„	„	„
Lieferer des mechan. Teiles	Wr. Lokomotiv-Fabriks-A.-G.		Lok.-Fabrik d. St. E. G.	Lok.-Fabrik Krauss & Co. Linz	Lokomotiv-Fabrik Krauss & Co., Linz		Wr. Lokomotivfabriks A. G.			Lok.-Fabrik Wr. Neustadt	Lok.-Fabr. d. St. E. G. u. Wr. Lok. Fabr. A. G.	Lok.-Fabr. Krauss & Co. Linz	Wiener Lok.-Fabr.-A. G.

[1]) Zweierlei Übersetzungen. — [2]) Bei 70 mm Radreifenstärke.

Digitized by Google

der Wiener Lokomotivfabriks-A.-G. gebauten Lokomotiven haben den an sie im schweren Verschubdienste gestellten eigenartigen Anforderungen (häufige Anfahrten auch mit schweren Zügen, Ziehen bzw. Drücken schwerer Züge mit sehr kleinen Geschwindigkeiten, rasches Abstoßen einzelner oder mehrerer Wagen usw.) voll und ganz entsprochen und haben sich auch bei ihrer aushilfsweisen Verwendung im Streckendienst auf der Mittenwaldbahn bestens bewährt (siehe Abb. 46 bis 48). Die mit den Verschublokomotiven Reihe 1070 und ihren Motoren gemachten Erfahrungen haben es ermöglicht, die neu bestellten fünf Verschublokomotiven Reihe 1070.100 (lfd. Zl. 11 der Tabelle) bei nur wenig erhöhtem Gewicht mit einer noch um 30 vH vergrößerten PS-Leistung auszustatten und das auf einer Steigung von 7·5 vT zulässige größte Wagenzugsgewicht von 600 auf 700 t zu erhöhen. Die Verschublokomotiven Reihe 1070.100 werden nun mit denselben Motoren ausgerüstet, die — als Doppelmotoren — bei den Güterzugslokomotiven Reihe 1280 (lfd. Z. 9 der Tabelle) zur Verwendung gelangen.

Diese Güterzugslokomotiven (lfd. Zl. 9 der Lok.-Tabelle) Abb. 49 und 50 sind im Bau schon weit fortgeschritten. Die aus den Abbildungen ersichtliche Anordnung der Motoren oberhalb des Rahmens und ohne die bei Güterzugslokomotiven in solchen Fällen bisher verwendete tiefliegende Blindwelle ergibt den kurzen Radstand der Maschine (3850 mm fest, 6550 mm total), wie er bisher nur an Drehstromlokomotiven erzielt wurde.

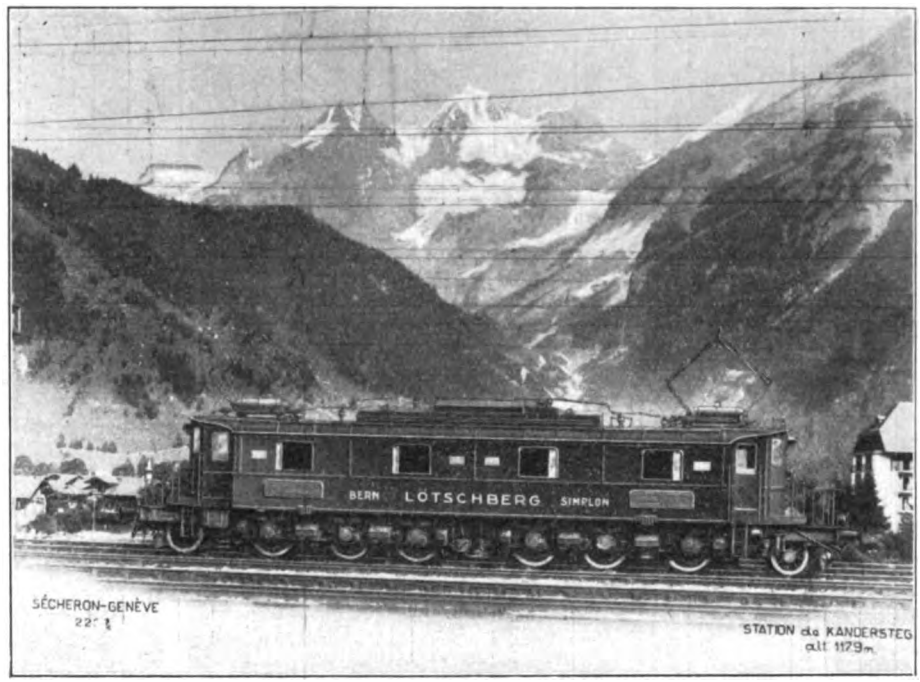


Abb. 39. 4500 PS Einphasenlokomotive 1 C_0 + C_0 1 der Berner Alpenbahngesellschaft Bern-Lötschberg-Simplon im Bahnhof Kandersteg (A. G. Sécheron, Genf).

Gesamtlänge über Puffer	20 260 mm	Stundenleistung am Radumfang bei 50 km/Std.	4500 PS
Treibraddurchmesser	1 350 „	Dauerleistung „ „ „ 50 „	3700 „
Laufraddurchmesser	960 „	Höchstgeschwindigkeit	75 km/Std.
Zahnradübersetzung	1 : 5·866	Dienstgewicht	142 t
		Reibungsgewicht	114·6 t

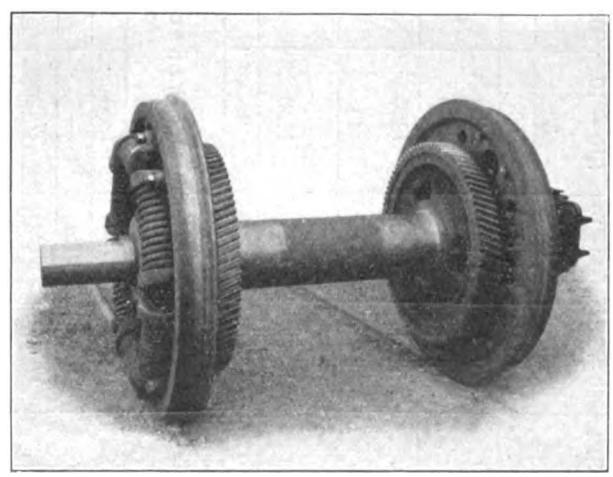


Abb. 40. Treibachse der Lokomotive Abb. 39 mit Einzelachsantrieb System Sécheron.

Die Erfahrungen mit den von den Österr. Siemens-Schuckert-Werken, Wien, mit der Lokomotivfabrik Krauß & Co., Linz, gebauten Schnellzugslokomotiven mit der Achsfolge 1 D_0 1, Reihe 1570 (lfd. Zl. 4 der Tabelle, Abb. 51), die im Sommer und Herbst im Schnellzugsdienste westlich von Innsbruck im Dienste standen, haben zu einer an sich vergleichsweise geringfügigen konstruktiven Änderung der Gelenkkupplung[10]) geführt, welche er-

[10]) Siehe E. u. M., Heft 20, 1926.

Digitized by Google

warten läßt, daß diese Bauart nunmehr allen Anforderungen vollkommen gewachsen sein wird. Die sonstigen Betriebsergebnisse sowohl hinsichtlich der vertikalachsigen Motoren mit Kegelradübersetzung als auch bezüglich des übrigen elektrischen und mechanischen Teiles, ruhigen Laufes auch bei hohen

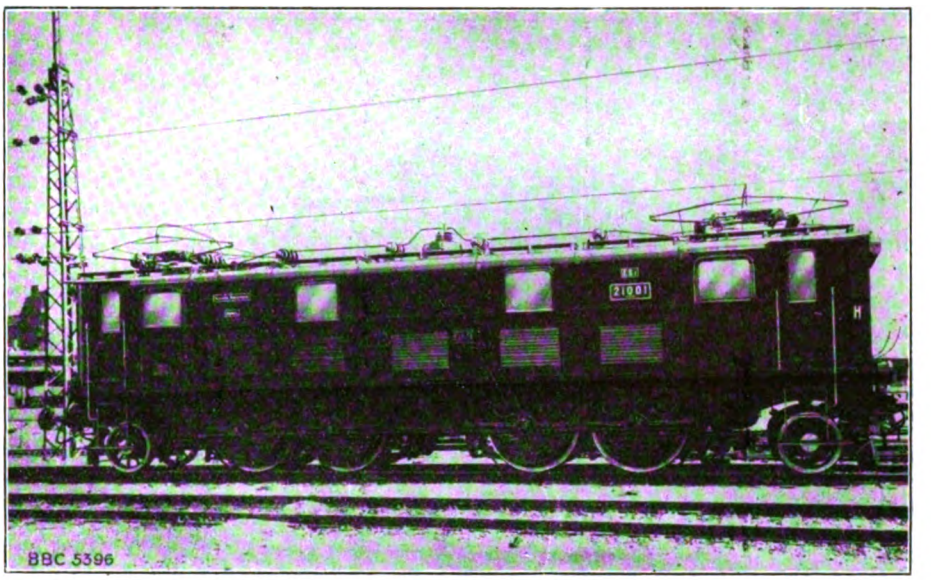


Abb. 41. 1 D_0 1-Schnellzugslokomotive der Deutschen Reichsbahn mit Einzelachsantrieb BBC.

Hauptdaten:

Länge über Puffer	16 250 mm	Zahnradübersetzung	1 : 2·63
Treibraddurchmesser	1 640 „	Höchstgeschwindigkeit	110 km/Std.
Laufraddurchmesser	1 000 „	Stundenleistung	2400 PS
Treibachsdruck	20 t	Dauerleistung	2000 „
Laufachsdruck	15 „	Bei Probefahrt erreichte Höchstleistung	4000 „
Gesamtgewicht	110 „	„ „ „ Höchstgeschwindigkeit	118 km/Std.
Reibungsgewicht	80 „		

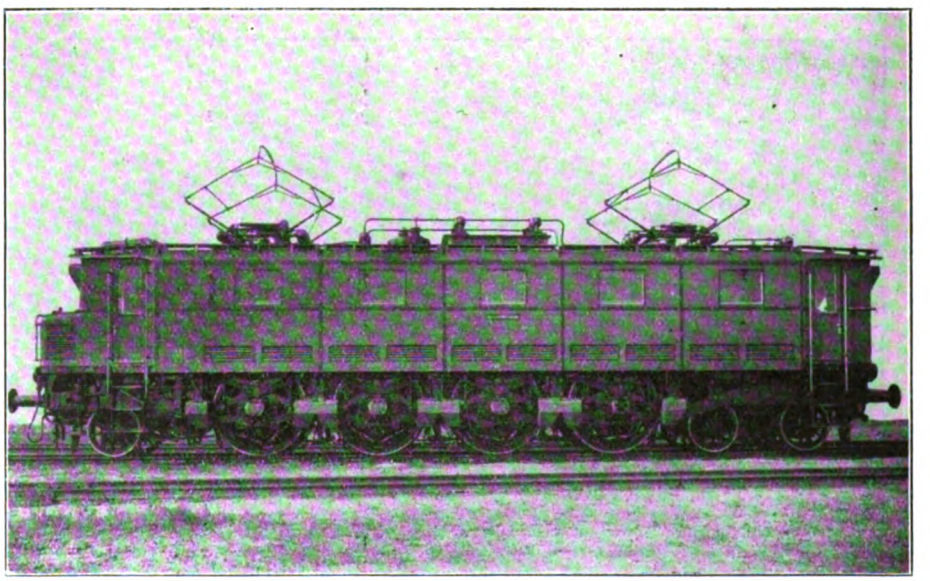


Abb. 42. Schnellzugslokomotive 2 D_0 1 der Deutschen Reichsbahngesellschaft mit Einzelachsantrieb der AEG.

Hauptdaten:

Länge über Puffer	16 500 mm	Höchstgeschwindigkeit	110 km/Std.
Treibraddurchmesser	1 750 „	Dauerleistung bei 75 bis 100 vH der Höchstgeschwindigkeit	2600 PS
Laufraddurchmesser	1 000 „	Stundenleistung bei 75 bis 100 vH der Höchstgeschwindigkeit	3700 „
Treibachsdruck	19 t		
Laufachsdruck	15·3 t		
Dienstgewicht	122 t		

Digitized by Google

Geschwindigkeiten usw., haben so befriedigt, daß Gesamtanordnung und wichtigste Einzelheiten dem Entwurfe einer Schnellzugslokomotive für noch größere Leistungen und Geschwindigkeiten zugrunde gelegt werden konnten. Diese, in erster Linie für die durchgehenden D-Züge Salzburg—Buchs bestimmten Lokomotiven, Reihe 1670, mit einer Achsfolge 1 D_0 1 (lfd. Zl. 10 der Lok.-Tabelle) erhalten je vier vertikalachsige Doppelmotoren. Bei einem Dienstgewicht von 96 t (hievon 66 t Treibgewicht) wird die Stundenleistung 3000 PS bei 67·5 km Sundengeschwindigkeit, die Dauerleistung 2400 PS bei 76 km Stundengeschwindigkeit, die Höchstgeschwindigkeit aber 100 km in der Stunde betragen. Das auf 1 PS Stunden- bzw. Dauerleistung entfallende Lokomotivgewicht beträgt also 32 bzw. 40 kg; die hiedurch gekennzeichnete außerordentlich günstige Baustoffwirtschaft verdient — auch im Vergleiche zu der auf Seite 19 erwähnten neuen 1 C_0 + C_0 1-Lötschberg-Lokomotive und der auf Seite *22* angeführten 2 D_0 1-Schnellzugslokomotive der Deutschen Reichsbahn — besondere Beachtung.

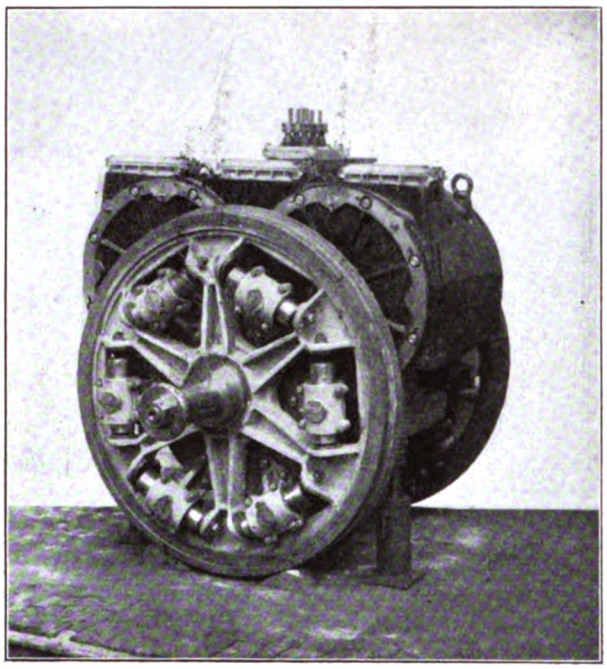


Abb. 43. Doppelmotor mit Treibradsatz der 2 D_0 1-Schnellzugslokomotive der Deutschen Reichsbahngesellschaft. Einzelachsantrieb Bauart AEG (Federtopfantrieb).

Wenn ich zum Schlusse die bisherigen Betriebserfahrungen kurz streifen möchte, so kann ich zunächst feststellen, daß die auf der Salzkammergutlinie Stainach-Irdning — Attnang-Puchheim und auf den Strecken westlich von Innsbruck geschaffenen Anlagen und Einrichtungen den an sie gestellten, oft sehr schweren Anforderungen im allgemeinen voll und ganz entsprochen haben. Daß beim Übergang vom Dampfbetrieb zur elektrischen Traktion hie und da Einführungsschwierigkeiten sachlicher und persönlicher Natur, auch gewisse „Kinderkrankheiten" einzelner Teile des großen Werkes zu überwinden waren, darf niemand wunder nehmen, der imstande ist, Umfang und Vielgestaltigkeit des Problems der Elektrisierung unserer Vollbahnen, des Ausbaues großer Wasserkraftanlagen, der Übertragung und der Nutzbarmachung bedeutender Energiemengen auf große Entfernungen usw., nur halbwegs zu überblicken.

Die durch die fortschreitende Inbetriebnahme elektrisierter Strecken bedingte Zunahme des mit elektrischen Zügen bewirkten Verkehres auf den österreichischen Bundesbahnen ist aus Abb. 52 ersichtlich.

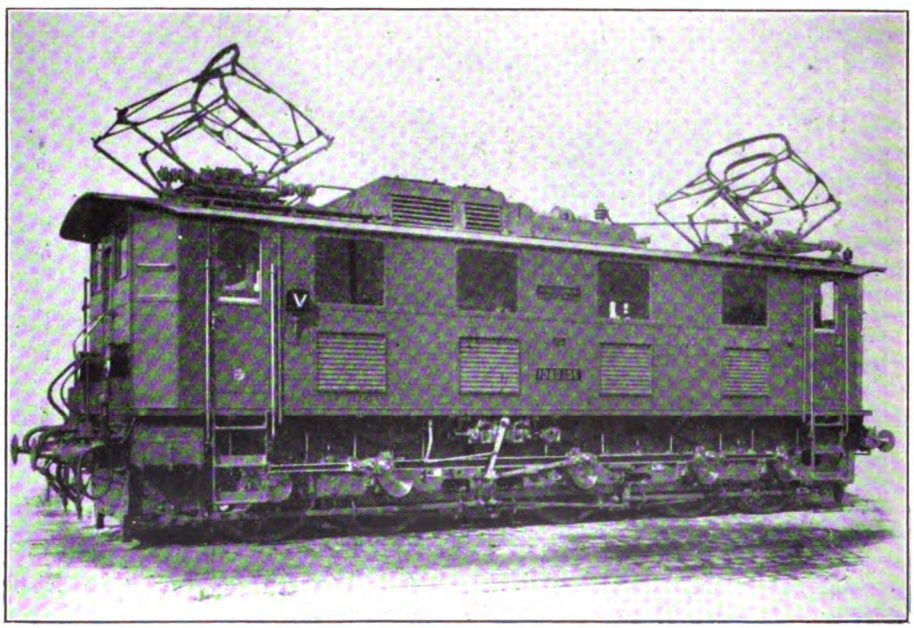


Abb. 44. E-Güterzugslokomotive der ÖBB, Reihe 1080.100 (Österr. Siemens-Schuckert-Werke, Wien, und Lokomotivfabrik Krauss & Co., Linz).

Digitized by Google

Die Stromabgabe aus dem Spullersee- und Ruetzwerk hat im Jahre 1926 rund 32 Mill. kWh,

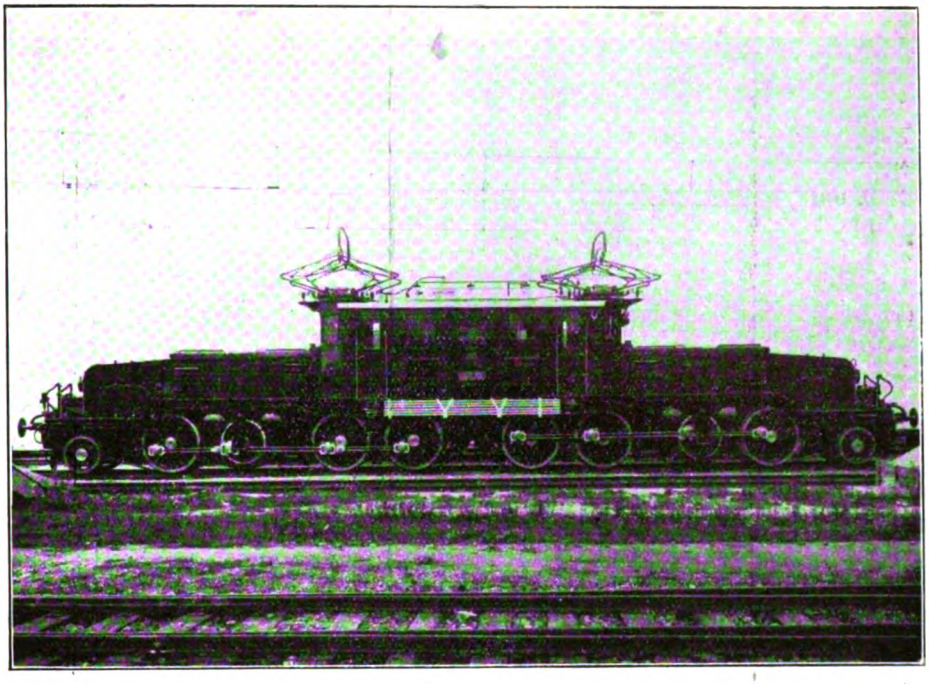


Abb. 45. 1 C + C 1-Gebirgsschnellzugslokomotive der ÖBB, Reihe 1100.100 für eine Stundenleistung von 2650 PS und eine Höchstgeschwindigkeit von 75 km in der Stunde (Österr. Brown-Boveri-Werke und Wiener Lokomotivfabriks-A.-G.).

die aus dem Kraftwerke Steeg für die Salzkammergutlinie rund 6 Mill. kWh, betragen. Dies ergibt zusammen 38 Mill. kWh, denen eine Kohlenersparnis von rund 125 000 t Normalkohle gegenübersteht, was bei einem Preise von S 23·50 für die Tonne Normalkohle ab Grenze rund 3 Mill. Schilling entspricht.

Was die Belastungsverhältnisse der beiden für den Betrieb der Strecken westlich von Innsbruck dienenden Kraftwerke, des Spullerseewerkes und des Ruetzwerkes, betrifft, so hat im Jahre 1926 die mittlere Belastung beider Werke zusammen 3675 kW, die gleichzeitig aufgetretene Höchstbelastung aber 14 000 kW betragen. Daraus ergibt sich ein Verhältnis

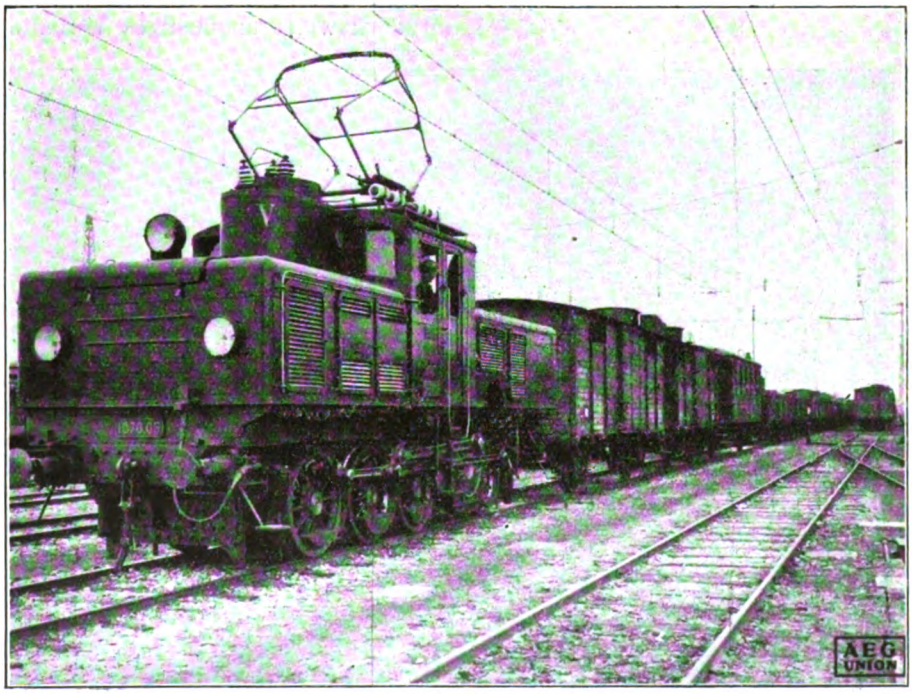


Abb. 46. D-Verschublokomotive der ÖBB, Reihe 1070 (AEG-Union E. G. und Wiener Lokomotivfabriks-A.-G.) im Verschubdienst im Bahnhofe Attnang-Puchheim.

Digitized by Google

von Höchstbelastung zu Jahresdurchschnittsbelastung von 3·8. Hingegen hat das Verhältnis der Höchstbelastung zur Jahresdurchschnittsbelastung in den einzelnen Unterwerken Zirl, Roppen, Flirsch und Danöfen betragen: 9·8, 8·2, 12·4 und 8·9.

werk Steeg 6 159 300 kWh. Das entspricht einer Jahresdurchschnittsleistung von 700 kW. Die überhaupt vorgekommene Spitzenleistung war 5600 kW, sodaß sich ein Verhältnis von Jahresdurchschnittsleistung zu Spitzenleistung von 1 : 8 ergibt, ein vergleichsweise ungünstiges Verhältnis, bedingt durch die relativ geringe durchschnittliche Verkehrsleistung und die zeitweise, besonders im Sommer, auftretenden großen Verkehrsspitzen.

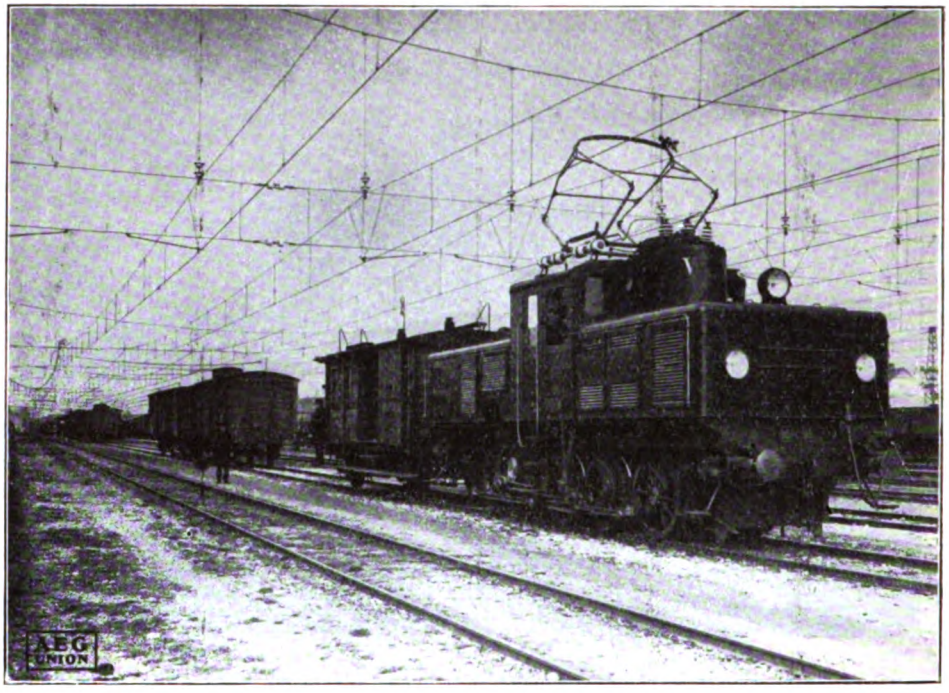


Abb. 47. D-Verschublokomotive der ÖBB, Reihe 1070 (AEG-Union E. G. und Wiener Lokomotivfabriks-A.-G.) im Verschubdienst im Bahnhofe Attnang-Puchheim.

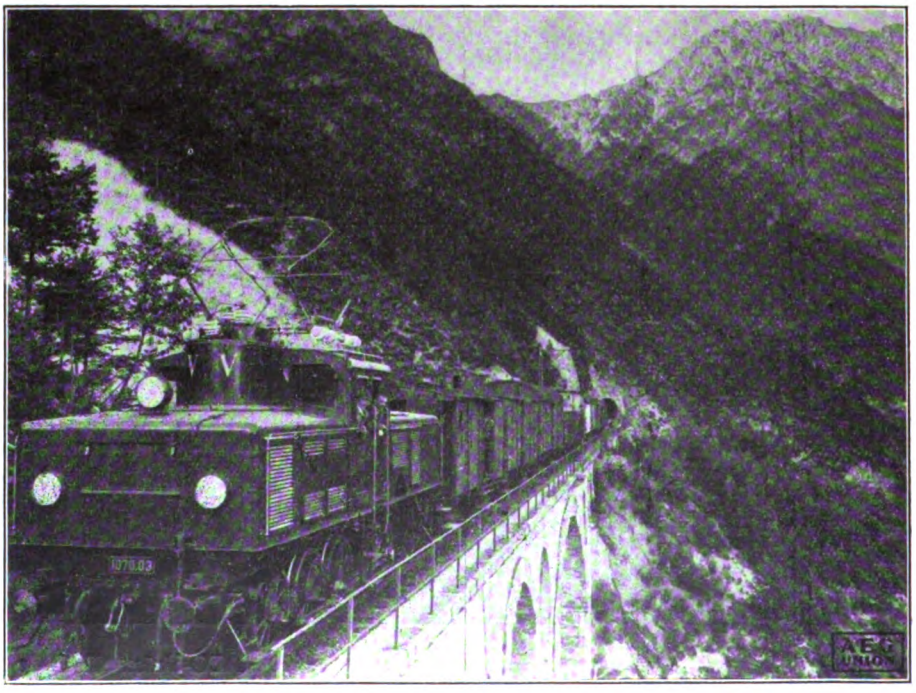


Abb. 48. D-Verschublokomotive der ÖBB, Reihe 1070 im Güterzugdienst auf der Mittenwaldbahn.

Auf der 107 km langen Salzkammergutlinie Steinach-Irdning—Attnang-Puchheim war im Jahre 1926 der Verbrauch an elektrischer Arbeit ab Kraft-

Digitized by Google

Auf den elektrisch betriebenen Strecken westlich von Innsbruck hat im abgelaufenen Jahre die Gesamtzahl der Betriebsstörungen in den Kraft- und Unterwerken, Übertragungsleitungen und Fahrdrahtanlagen 86 betragen (Kraft- und Unterwerke 9, Übertragungsleitungen 7, Fahrleitungsanlagen 70). Von diesen Betriebsstörungen war jedoch die weitaus größere Zahl geringfügiger Natur. 32 Störungen, das sind 37 vH. übten auf den Eisenbahnverkehr überhaupt keine Störung aus, 20 (23 vH) beeinflußten den Verkehr bis zu zehn Minuten auf Stationsabstand; 15 (17 vH) bis zu 30 Minuten auf Stationsabstand. Sechs Betriebsstörungen (7 vH) wirkten sich auf den Verkehr bis zu 60 Minuten auf Abstand von zwei Stationen aus, 10 (12 vH) bis zu 150 Minuten und zwei Störungen beeinflußten die ganze Strecke bis zu zehn Minuten. (Ein außerordentliches Ereignis — Lawine und schwerer, durch einen Orkan verursachter Steinschlag nächst Hintergasse, — störte den Verkehr fast einen Tag.)

Ähnlich wie auf der Arlberglinie — sogar noch günstiger — lagen die Verhältnisse auf der Salzkammergutlinie. Auch dort hat ein Großteil (79 vH) der Leitungsstörungen überhaupt keine Behinderung des Zugsverkehres bewirkt. Vermerkt sei, daß sowohl auf der Arlberg- als auch auf der Salzkammergutlinie eine Anzahl von Isolatorüber- und Durchschlägen durch Tiere (Vögel, Fledermäuse, Katzen) verursacht wurden.

Die Zahl der Kurzschlüsse, die auf Unachtsamkeit des Zugförderungs- und Verkehrspersonales zurückzuführen ist, wird mit fortschreitender Betriebserfahrung geringer werden.

Die Kilometerleistungen der elektrischen Lokomotiven im Jahre 1926 waren im Vergleich mit den Leistungen der früher in Verwendung gestandenen Dampflokomotiven sehr hoch, der mittlere Reparaturstand der elektrischen Lokomotiven in Prozenten günstiger als der der Dampflokomotiven (siehe Abb. 53). (Der Anstieg der Ausbesserungsprozente der elektrischen Lokomotiven gegen Ende 1926 ist darauf zurückzuführen, daß sämtliche Lokomotiven einer neuen Type zu einer Änderung am mechanischen Teil abgestellt werden mußten, was nach den Bestimmungen der ÖBB als Reparaturstand zählt.)

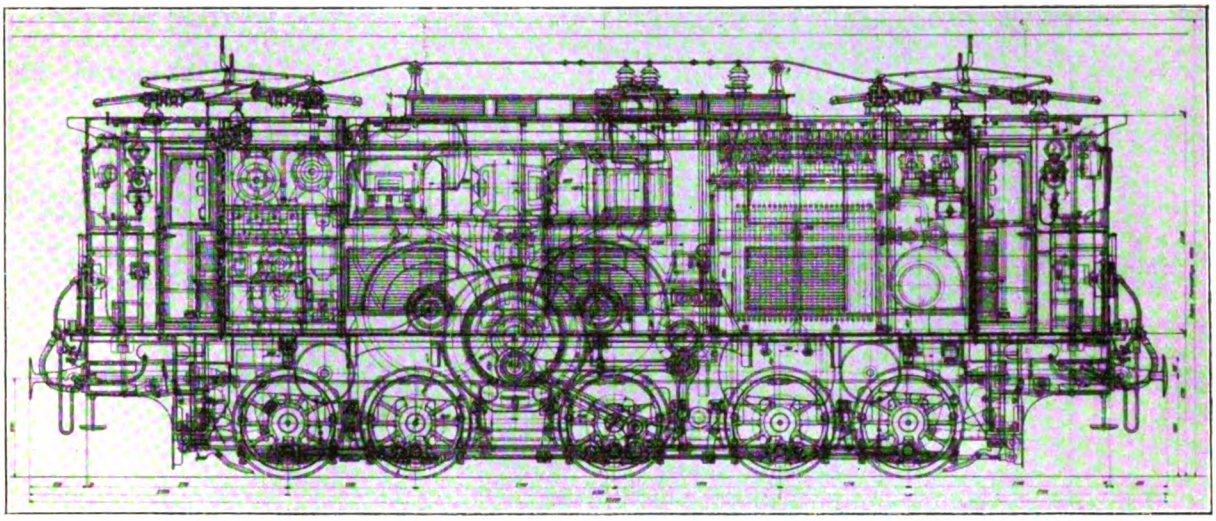


Abb. 49. Schwere E-Güterzugslokomotive der ÖBB, Reihe 1280 (AEG-Union E. G., Lokomotivfabrik der St. E. G. und Wiener Lokomotivfabriks-A.-G.).

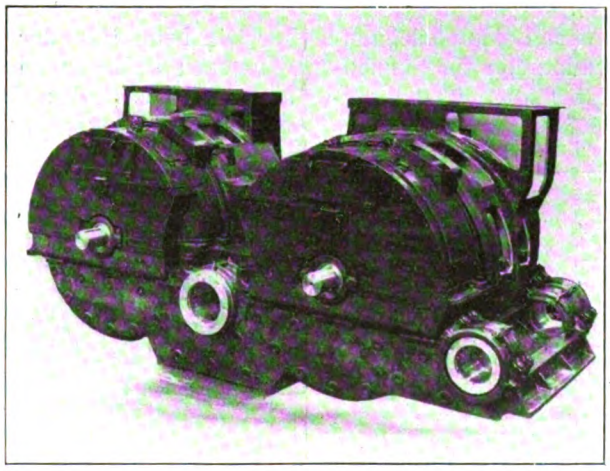


Abb. 50. Doppelmotor der E-Güterzugslokomotive Abb. 49.

Über die Erhaltungskosten der elektrischen Lokomotiven läßt sich heute im Hinblick auf die bisher noch kurze Dauer des elektrischen Betriebes natürlich noch kein abschließendes Urteil fällen. Im Jahre 1926 waren die gesamten Erhaltungskosten der elektrischen Lokomotiven pro Lokomotivkilometer ganz bedeutend geringer als die der Dampflokomotiven, wozu allerdings der Umstand beigetragen haben mag, daß es sich ja um neue Lokomotiven handelt und daß zur Behebung von Haftmängeln, bzw. sogenannten „Kinderkrankheiten" die Lieferfirmen zu ihren Lasten heranzuziehen waren. Nach den bisherigen Erfahrungen ist aber mit Bestimmtheit anzunehmen, daß auch im stationären Zustand die Erhaltungskosten der

Digitized by Google

elektrischen Lokomotiven pro Lokomotivkilometer wesentlich unter denen der Dampflokomotiven liegen werden.

Beim gegenwärtigen Umfang des elektrischen Betriebes werden dienstplanmäßige Monatsleistungen bis zu 12 500 Lokomotivkilometer im Schnell- und Personenzugsdienst und bis über 7000 Lokomotivkilometer im Güterzugsdienst gefahren.

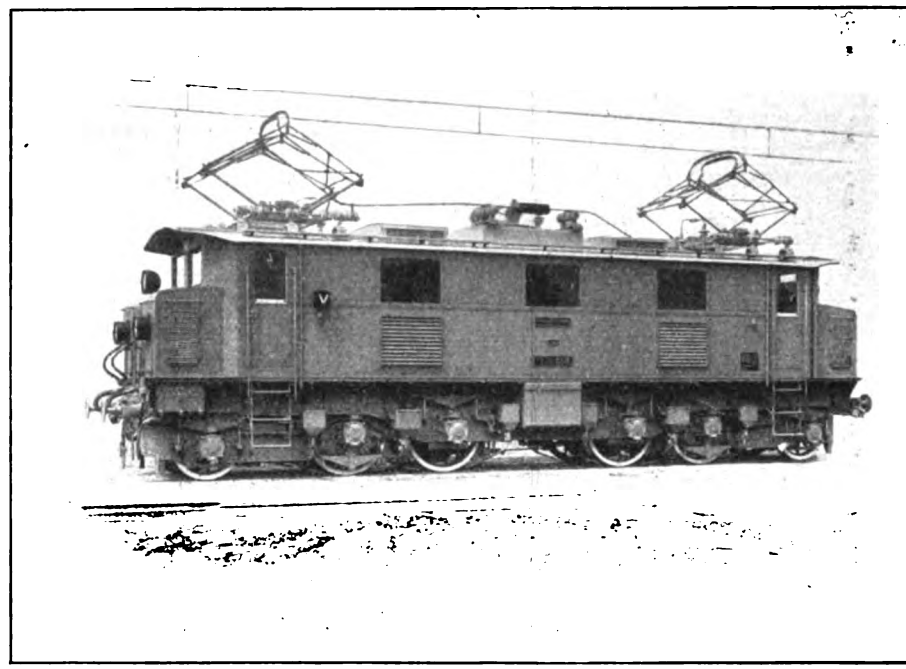


Abb. 51. 1 D_0 1-Schnellzugslokomotive der ÖBB, Reihe 1570 mit Einzelachsantrieb und vertikalachsigen Motoren. Stundenleistung 2230 PS, Höchstgeschwindigkeit 85 km/h. (ÖSSW und Lokomotivfabrik Krauss & Co., Linz).

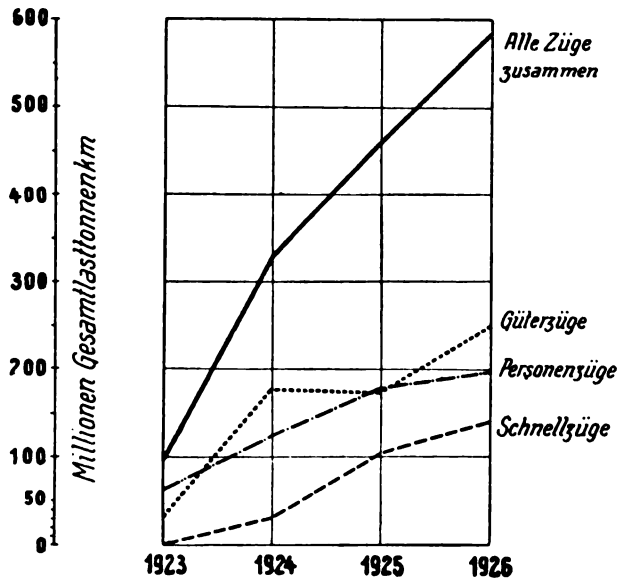


Abb. 52. In den Jahren 1923 bis 1926 auf den Strecken der ÖBB elektrisch geleistete Gesamtlasttonnenkilometer.

Wie sehr sich die elektrische Zugförderung bereits eingelebt hat, und wie weit es gelungen ist, über die ersten Einführungsschwierigkeiten der elektrischen Traktion hinwegzukommen, geht u. a. auch daraus hervor, daß auf 100 vH der Zahl der Störungen pro Lokomotive und Jahr im Jahre 1924 nur mehr 81·2 vH im Jahre 1925 und 45·6 vH im Jahre 1926 entfallen sind.

Die beim Bau der Elektrisierungsanlagen gewonnenen Erfahrungen und die bisherigen Ergebnisse der elektrischen Zugförderung berechtigen zu der sicheren Erwartung, daß die Durchführung der

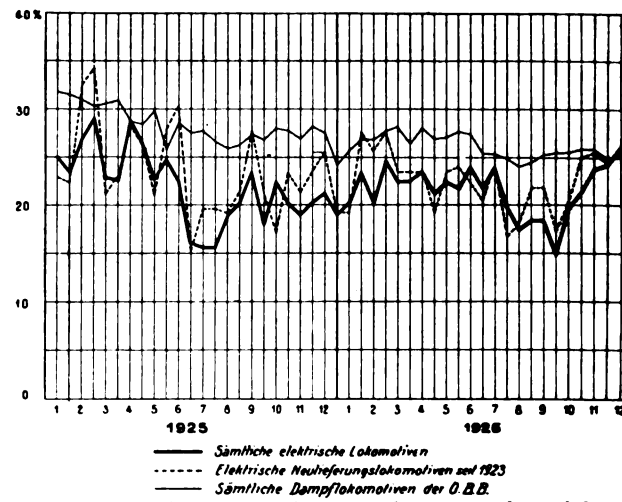


Abb. 53. Mittlere Außerdiensthundertsätze der elektrischen Lokomotiven der ÖBB.

jetzt noch im Gange befindlichen Arbeiten nicht nur einen vollen technischen und betrieblichen Erfolg bringen werde, sondern daß auch die Wirtschaftlichkeit der Elektrisierung gesichert ist, sobald es gelungen sein wird, alle in dem elektrischen Betriebe großer zusammenhängender Strecken gelegenen betriebsökonomischen Möglichkeiten voll und ganz auszunützen.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 17. Juli 1927 | Heft 29

INHALT: *Fortschritte und Neuerungen im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen. Von F. Niethammer, Prag. S. 589. / Die Hescho-Meßstange zum Nachprüfen von Ketten-Isolatoren während des Betriebes. Von Dipl.-Ing. I. Wallich, Hermsdorf i. Thür. S. 597.*

RUNDSCHAU: Elektrische Meßkunde. S. 598. / Stromverteilung. S. 599. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 600. Elektrische Apparate. S. 602. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 602. / Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie. S. 603. / Baustoffe. S. 603.

PATENTBERICHT. S. 604.

CHRONIK. S. 605.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 607.

Fortschritte und Neuerungen im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen.

Von F. **Niethammer**, Prag[1]).

Berechnen, konstruieren, fabrizieren, kalkulieren und verkaufen halte ich für die Grundpfeiler unserer technischen Ingenieurtätigkeit, wenn auch heute in der Industrie etwas einseitig die Betriebsprobleme in den Vordergrund geschoben werden, als da sind: Normalisierung, Typisierung, Rationalisierung, Fließarbeit am Bande, die nervenanstrengende Aufmerksamkeit verlangt, scharfe Auslese der Angestellten durch Psychotechnik und Psychoanalyse und schließlich Syndizierung und Konzentration der Betriebe sowie horizontaler und vertikaler Zusammenschluß der Werke zu himmelhohen Gebilden, deren gründliche Führung und Leitung fast übermenschliche Eigenschaften erheischt. Das sind alles Hilfsmittel und Hilfswerkzeuge des großen und tüchtigen Wirtschaftsingenieurs; es darf aber die Organisation die Tüchtigen und den lebendigen Organismus nicht erschlagen, die Bürokratie kann die leitenden Persönlichkeiten nicht ersetzen. Angewandte Wissenschaft, große technische Erfindungen und Neuerungen bringen uns, ebenso wie persönliche Tüchtigkeit, wirklich vorwärts, nicht die Normung der Papierformate.

A. Elektrizitäts-Erzeugung.

Die dynamoelektrische Maschine, die mechanische, kalorisch oder hydraulisch erzeugte Energie in Elektrizität umwandelt und sich auf den zwei Maxwellschen Gleichungen aufbaut, beherrscht heute mehr denn je das Feld.

Die Reibungselektrizität eines mit 21 m/sec laufenden Riemens einer 60 kW-Maschine belief sich auf 8000 V 2 mA, womit man eine Glühkathodenröhre betreiben kann. So hofft man auch immer wieder die atmosphärische Elektrizität praktisch zu verwerten. Wenn auch in der Atmosphäre Spannungen bis etwa 1 Mill. Volt erzielt werden können, so ist andererseits der Energieinhalt der ganzen Erdatmosphäre: $CE^2/2$ nur etwa 5000 kWh. Auch die von der Erde auswärts strömende Elektrizität beläuft sich nur auf zirka $0{\cdot}5 \cdot 10^{-6}$ Ampere pro km², was selbst bei 1 Mill. Volt nur 0·5 W/km² gibt. Professor Plausen (Hamburg) gibt allerdings pro km² eine Leistung von zirka 200 PS als mit dem Fesselballon gewinnbar an.

Die statische, wetterempfindliche Influenz-Elektrisiermaschine wird vereinzelt als Gleichstromquelle in der Hochspannungs- und Röntgen-Technik verwendet. Das galvanische Element verliert selbst als Stromquelle für Telegraphie und Telephonie, sowie für Klingeln und Tableaux täglich an Boden und wird durch Maschinen und Transformatoren verdrängt. Das Primärelement, in dem wir unmittelbar die Energie der Kohle und ähnlicher preiswerter Brennstoffe durch kalte Verbrennung in Elektrizität umsetzen könnten, läßt immer noch auf sich warten. Ebensowenig gibt es wirtschaftliche Thermoelemente zur direkten Umsetzung der Brennstoffwärme in Elektrizität.

Im Bau von Akkumulatoren sind einzelne Fortschritte zu verzeichnen, wenn auch der billige, leichte und haltbare Akkumulator immer noch nicht erfunden ist.[2]) In England und Amerika werden die positiven Platten aus einer Reihe geschlitzter Hartgummizylinder aufgebaut, die mit der PbO_2-Masse gefüllt sind und in der Achse einen gut leitenden Blei-Antimon-Kern besitzen. Diese sogenannten „iron clad exide batteries" sind recht haltbar. Außer dem robusten, aber teuren Eisen-Nickel-Akkumulator mit schlechtem Wirkungsgrade kommt neuerdings der Blei-Zink-Akkumulator in Aufschwung, für Grubenlampen ein Aluminium-Cadmium-Akkumulator. Einen Vergleich gibt nachstehende Tabelle:

[1]) Vortragszyklus für Elektroingenieure aus der Praxis, Mitte Februar 1927.

[2]) Ein spanischer Jesuit will diesen leichten Akkumulator erfunden haben, der die elektrische Schienen- und Straßentraktion ungeheuer entwickeln würde.

Digitized by Google

	Blei-Akkumulator Planté (Großoberflächenplatten)	Faure (Pastenplatten)	Eisen-Nickel	Zink-Blei
			Akkumulator	
Zahl der Entladezyklen Plus	1000 ÷ 1500	200	2500	700
Zahl der Entladezyklen Minus	2000 ÷ 3000	400		
Energie-Wirkungsgrad, vH	70	70	45	25
kWh/t (gespeicherte Energie je Tonne) .	8	30	16	55

Wenn auch auf der einen Seite infolge der immer allgemeineren Verwendung von Drehstrom die Akkumulatoren zurückgedrängt werden, so haben sich viele neue Anwendungsgebiete erschlossen: Betätigungsbatterien in Schaltanlagen. Batterien in Telephonämtern, für Traktionszwecke, für Automobile zum Zünden, Leuchten und Anlassen, beim Rundfunk, als Grubenlampe und zur Notbeleuchtung.

Heute sind in der Erzeugung elektrischer Maschinen und Apparate über eine Million Menschen unmittelbar beschäftigt und der Jahresumsatz beträgt 12 bis 15 Milliarden Goldmark. Davon entfallen auf den Export etwa 10 vH, zu gleichen Teilen auf Deutschland, England und die Vereinigten Staaten.

B. Die Gleichstrommaschine.

Sie tritt als Generator und Motor seit Jahren in den Hintergrund, da immer mehr Drehstrom erzeugt und verteilt wird, wenn auch Gleichstrom die edelste und regelbarste Stromart bleibt. Gleichstrom kommt nur noch für Motortriebe mit weitgehender Geschwindigkeitsregelung, für manche Hebezeuge sowie Straßen- und Vollbahnen, bei Betrieben mit Akkumulatoren, für elektrolytische Zwecke (Erzeugung von Kupfer, Aluminium, Chlor, Wasserstoff usw.) und schließlich für die Versorgung des Innern großer Städte in Frage. Aber auch in all diesen Fällen hat der Umformer vielfach den Gleichstromgenerator ersetzt. Immerhin sind besonders in direkter Kupplung mit Wasserturbinen mächtige Gleichstromgeneratoren für Elektrolyse gebaut worden, zum Beispiel Einheiten mit 20 000 A × 140 V, ferner im Innwerk[3]) Töging acht SSW-Einheiten mit 15 000 A × 425 V bei $n = 150$, ferner vier vertikalachsige BBC-Generatoren 4300 kW, 170 bis 350 V, $n = 500$, sowie Walzenzugsmotoren mit Dauerleistungen bis etwa 6500 kW und Stoßleistungen bis 23 000 kW bei $n = 50$ bis 150; man benützt Doppelkommutatoren und Spannungen bis ± 1200 und ± 1500 V bei einer Polzahl von $2p = 20$ bis 24. Die zugehörige Steuerdynamo leistet bei $n = 600$ zum Beispiel 10 000 A bei ± 700 V.

Die Verwendung von Wendepolen und Querspulen (Kompensationswicklungen) hat die Ausführung schwieriger, raschlaufender Gleichstrommaschinen mit weitgehender Regelung der Spannung und Drehzahl selbst bei ziemlich hohen Spannungen möglich gemacht.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 529.

Die Begrenzung der ausführbaren Leistung P in kW oder allgemeiner in kVA bei gegebener Drehzahl n in U/min liegt ganz allgemein gesprochen heute nicht mehr in der Erwärmung, nicht in der Kommutation, nicht in der Gefahr des Rundfeuers oder anderer elektrischer Eigenschaften, sondern schließlich in den zulässigen Materialbeanspruchungen des Rotors und Kommutators, sodaß eigentlich die Grenzleistungen von der Entwicklung der Hüttentechnik und derjenigen der Bau- und Isolationsmaterialien abhängen. Allerdings werden diese Grenzen für die Gleichstrommaschinen schon bei wesentlich kleineren Leistungswerten gezogen als bei Maschinen ohne Kommutator, also bei der Synchron- und Asynchronmaschine.[4]) Es läßt sich leicht zeigen, daß bei der Gleichstrommaschine sowohl das Verhältnis $P : n$ wie $P \times n$ festgelegt sind, und zwar letzteres vor allem durch die Vermeidung von Rundfeuer am Kommutator nämlich:

$$P : n = C . D^2 . l \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

oder genauer

$$P : n = k . (D^2 . l)^{1/3}$$

mit

$$C = \frac{1}{6} \cdot \frac{B}{\tau} A . \mathfrak{H} . 10^{-8}$$

und

$$\alpha = \frac{B}{\tau} = \text{Polbogen : Teilung},$$

A Amperestäbe pro cm Umfang,
$\mathfrak{H}$ Polrandinduktion,
D Ankerdurchmesser in m und
l achsiale Blechpaketlänge in m;
$k = C : (D^2 l)^{1/3}$.

I. Döry[5]) setzt:

1 *a)* $P : n = C' D^2 (l + l_k)$ mit l_k = Kollektorlänge und C' = Drehschub sowie $\mathfrak{H} . l = \Phi : B = \Phi : a\tau$ = Feldbelag pro cm Umfang. Ferner ist

$$P . n = \frac{3 . A . e_d v}{\frac{p}{a} \lambda_s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Da meist $\frac{p}{a} = 1$ (Schleifenwicklung) und die Windungen λ_s pro Segment $= 1$ sind, so wird

$$P . n = 3 A . e_d . v \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2a)$$

oder

$$v = \frac{P . n}{3 . A . e_d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2b),$$

wobei e_d die mittlere Lamellenspannung in V und v die Ankerumfangsgeschwindigkeit in m/sec ist.

Man kann auch mit $n . p/60 = f$ (Frequenz) für die Leistung pro Polpaar schreiben:

$$\frac{P}{p} = \frac{A . e_d . v}{20 f} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2c).$$

Bei Maschinen mit Querspulen kann man mit e_d auf 20 bis 25 V, sonst soll man möglichst nur auf 12 bis 16 V gehen. Außerdem setzt man maximal $A = 700$ und $v = 70$ bis 80 m/sec. Da die

[4]) Vgl. a. E. u. M. 1927, Heft 19, S. 389.
[5]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 61 ff.

Digitized by Google

Nuten mit Holz- oder Fiberkeilen abgeschlossen werden, kann man mit v nicht viel höher gehen. Vorteilhaft ist es, bei hohen Werten von v die Nuten halb zu schließen und die Stäbe von der Seite einzuschieben. Mit den obigen Höchstwerten kommt man auf:

$P.n = 3.10^6$ bis alleräußerst 4.10^6 oder mit $f = 50$ auf

$\frac{P}{p}$ = zirka 1000 kW pro Polpaar. Also bei

$n =$	4000	2000	1000	500	200	100	U/min.
auf $P_{max} =$	1000	2000	4000	8000	20000	40000	kW

Meist wird man nur $e_d = 10$ bis 14 V, $A = 300$ bis 500 und $v = 50$ m/sek setzen, sodaß $P.n \lessgtr 1{\cdot}5.10^6$ wird, das heißt $^3/_8$ der Tabellenwerte.

Die Höhe der erzeugbaren Spannung E wird ebenfalls durch die Lamellenspannung e_d begrenzt: es ist

$$E \lessgtr \frac{v_k . e_d}{2 \tau_k f} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

mit τ_k = Lamellenteilung in m, v_k = Kommutatorumfangsgeschwindigkeit in m/sek und $f = \frac{n.p}{60}$ die Ummagnetisierungsfrequenz.

Bei $f = 50$, $e_d = 15$, $\tau_k = 0{\cdot}005$, $v_k = 30$ m/sek wird $E \leqq 900$ V.

Je kleiner man f, das heißt, je kleiner man die Drehzahl bei gegebener Polzahl $2p$ macht, desto größer ist die ausführbare Gleichspannung E. Für $2p = 2$ gilt:

$f =$	50	25	10	5
$n =$	3000	1500	600	300 U/min.
$E =$	900	1800	4500	9000 V

Für Radioanlagen werden heute solche Hochspannungs-Gleichstrommaschinen bis etwa $E = 10\,000$ V und darüber gebaut, wobei auch Ringanker und besondere Erregermaschinen verwendet werden. Thury in Genf hat bekanntlich seinerzeit eine Innenpolmaschine mit rotierendem Feld und rotierenden Bürsten für 25 000 V Gleichspannung gebaut, wobei zwischen die Segmente Löschkondensatoren gelegt waren. Für Vollbahnmotoren kommen vorläufig höchstens Spannungen von 1500 bis 2000 V je Motor in Frage, zwei Motoren werden in Reihe geschaltet (total 3000 bis 4000 V). Sie erhalten außer Wendepolen manchmal auch Querspulen.

Aus mechanischen Rücksichten muß man unter Umständen mit e_d wesentlich über 20 V (bis 50 V) gehen, dann werden die Bürsten ganz in Isolationsplatten eingehüllt, um wenigstens direkte Überschläge von Pol zu Pol zu vermeiden. Die Bürstenhalter müssen zudem tangentiell ganz kurz gemacht werden, das heißt, man preßt die lose Kohlenbürste direkt mit radialen Spiralfedern auf den Kommutator. Bei ebenen Scheibenkommutatoren kann man mit e_d eher auf 50 V gehen, wie eine Ausführung der Skodawerke zeigt.

Einen wichtigen Fortschritt bedeutet der Ersatz der harten schneidenden und kratzenden Kohlenbürsten auf hartem bündigem Glimmer durch elektrographitische, nicht schneidende (not abrasive), harte Kohle auf genutetem Kommutator, mit der man nahe an 10 A/cm² Belastung gehen kann. Für die Ringsdorff-Edelkohle mit dem spezifischen Gewichte 1·76, einem Widerstandskoeffizienten von 5000 $\mu\Omega$/cm längs und 7000 $\mu\Omega$/cm quer sowie Skläroskop-Härte = 50 bis 55 gelten folgende Werte:

Stromdichte	$j =$ 4	6	8	10	15	20	A/cm²
Spannungsabfall an beiden Bürsten (±)	$e_k =$ 1·6	2·1	2·4	2·7	3·2	3·6	V
	$v_k =$ 4	8	12	16	20	32	m/sek
Reibungskoeffizient	$\mu =$ 0·27	0·23	0·19	0·15	0·12	0·05	

Zur Vermeidung von Funkenüberschlägen von Pol zu Pol findet man Maschinen mit zwei getrennten Kommutatoren: auf dem einen schleifen nur positive, auf dem anderen nur negative Bürsten. Die scheibenförmige Schleiffläche an Stelle des Zylindermantels hat keine erheblichen Vorteile und dürfte sich nicht einbürgern, dabei schleifen die Bürsten auf einer Ebene senkrecht zur Achse; allerdings ist die Gefahr des Abschleuderns der Bürsten sehr verringert.

Bekanntlich läßt man die Reaktanzspannung e_x einer Gleichstrommaschine auch bei Verwendung von Wendepolen nicht ins Ungemessene wachsen, da nie eine vollständige Aufhebung von e_x durch die Wendespannung e_w über den ganzen Wendeprozeß möglich ist. Man legt zum Beispiel einen Grenzwert $e_x = 10$, höchstens 25 V fest. Nun gilt mit Z_k = Leiter pro Lamelle (meist 2)

$$e_x = \zeta . l . v . A . Z_k . 10^{-4}$$

mit ζ = ca. 5. Setzt man diesen Wert in die Leistungsgleichung $P = \frac{E.I}{1000}$ in kW ein, so erhält man nach einigen Umformungen (alles in m)

$$P = 2.10^{-2} \mathfrak{H} . e_x . D$$

oder

$$D \geqq \frac{50 P}{\mathfrak{H} . e_x} \geqq 5 . P . 10^{-4} \quad \ldots\ldots (4).$$

Aus (1) bis (4) folgt:

$$P = \frac{1}{20} \frac{B}{\tau} \frac{1}{\zeta Z_k} A . \mathfrak{H} . e_d . e_x . D^2 =$$

$$= \text{zirka } 3{\cdot}5\, A\, \mathfrak{H}\, e_d\, e_x\, D^2 . 10^{-3} \quad \ldots (4a).$$

Die mechanische Begrenzung folgt aus (1) mit $\frac{\pi . D}{60} . n = v$

$$P.n = \frac{6}{\pi^2} . \frac{B}{\tau} . \mathfrak{H} . A . l . v^2 . 10^{-3} \quad \ldots (5)$$

oder

$$\frac{P}{p} = \frac{1}{10 \pi^2 f} . \frac{B}{\tau} . \mathfrak{H} . A . l . v^2 . 10^{-3} \text{ in kW/Polpaar} \quad (5a).$$

Mit $\frac{B}{\tau} = 0{\cdot}7$, $\mathfrak{H} = 8000$, $A = 500$, $l = 1$ m, $v = 80$ m/sek wird

$P.n = 11.10^6$ sowie $\frac{P}{p} = 4000$ kW je Polpaar mit $f = 50$.

Digitized by Google

Infolge der Begrenzung durch die Gleichung (2) wird die mechanische Begrenzung durch Gleichung (5) praktisch nie erreicht.

Die einfache Schleifenwicklung mit Ausgleichsringen, die an jede Nut oder wenigstens an jede zweite Nut angeschlossen sind, hat sich allgemein durchgesetzt. Bei kleineren Maschinen findet man auch reine Reihenschaltung und Reihenparallelschaltung mit $p/a =$ einer ganzen Zahl, am besten $p/a = 2$, wobei aber auch Ausgleichsringe zu empfehlen sind. Die mehrfache Schleifenwicklung hat sich nicht bewährt, man verwendet besser bei großen Stromstärken zwei Kommutatoren. Die energische Wickelkopfkühlung findet man auch bei Gleichstrom mit Erfolg angewendet, wobei die Wärme aus dem Innern durch die kräftig gekühlten Wickelköpfe herausgeholt wird.

Lötstellen bereiten bei Gleichstrommaschinen oft Schwierigkeiten, bei Reihenparallelwicklungen erzeugen die verschiedenen Widerstände der Lötstellen ungleiche Zweigwiderstände und damit ungleiche Ströme, die den Betrieb unmöglich machen können. Neuerdings werden deshalb die Verbindungsstellen geschweißt.

Bei den Radiogleichstrommaschinen ist es von Wichtigkeit, möglichst glatten, nicht gewellten Gleichstrom zu bekommen, da diese Wellen zu Resonanz und anderen Störungen führen. Die von der endlichen Teilung des Kommutators herrührenden Schwingungen haben eine Frequenz

$$f_k = v_k : \tau_k; \text{ zum Beispiel } = 3000 : 0{\cdot}5 = 6000 \text{ Per/s}.$$

Die Nutoberschwingungen haben bei N Nuten am Umfang eine Frequenz

$$f_n = N . n : 60; \text{ zum Beispiel } = 80 . 15\,000 : 60 = 2000 \text{ Per/s}.$$

Durch Schrägstellung der Nuten um eine Nutteilung und Verwendung eines großen Luftspaltes, sowie ganz geschlossener Nuten mildert man diese Nutschwingungen. Das Verhältnis Lamellenzahl K zu Nutzahl N sollte nicht größer als 1 bis 2 sein; die sogenannte Treppenwicklung ist auch empfehlenswert. Durch Vorschalten von eisenlosen Drosselspulen vor die Maschine kann man die Oberwellen verflachen.

Für die Berechnung der Kupfer- und Eisenverluste möchte ich noch auf zwei bequeme Ausdrücke hinweisen, nämlich mit $\varrho =$ Widerstandskoeffizient sind die Kupferverluste pro $\text{cm}^3 = \varrho j^2 = 0{\cdot}02 j^2$ und die Eisenverluste pro cm^3 Eisen $= \gamma \left(\frac{\mathfrak{B}}{1000}\right)^2 . p_{10} . 10^{-3} = 0{\cdot}02 \left(\frac{\mathfrak{B}}{1000}\right)^2$ bis $0{\cdot}04 \left(\frac{\mathfrak{B}}{1000}\right)^2$. $j =$ Stromdichte in A/mm^2, $\gamma =$ spezifisches Gewicht, $p_{10} =$ Verlustziffer in W/kg bei $\mathfrak{B} = 10000$.

Eine strittige Frage bei Gleichstrommaschinen scheint mir die Berücksichtigung der Stromverdrängung bei tiefen Nuten und hohen Stäben. In der Literatur wird meist angenommen, daß durch die Leiter des Gleichstromankers ein symmetrischer trapezförmiger Wechselstrom fließt, dessen Basis $= \tau$ (Polteilung) und dessen obere Seite $= (\tau - b)$ ist, wenn b die richtig auf den Ankerumfang reduzierte Bürstenbreite ist; als Frequenz wird $f = np : 60$ angenommen. Ich halte es für richtiger, einmal den Widerstand R_a der Wicklung ohne die kurzgeschlossenen Leiter, also für $Z' = (Z - 2p . \beta . Z_k)$ Leiter, zu berechnen ($\beta =$ überdeckte Segmente, $Z_k =$ kurzgeschlossene Leiter pro Spule) und dann den Widerstand R_c der $(2p . \beta . Z_k)$ kurzgeschlossenen Leiter, die ja eigene Stromkreise bilden. Beim letzteren Widerstand R_c ist die Stromverdrängung mit einer Frequenz $f_c = v_k : 2 b_k$ zu berechnen. Die gesamten Ankerkupferverluste sind dann

$$P_k = I^2 . \frac{U . Z}{a^2 s} + I_k^2 . \frac{U \beta Z_k}{s} . 2p . \zeta,$$

wobei eben ζ das Verhältnis von Wechselstrom- zu Gleichstrom-Widerstand der Ankerleiter bei der Frequenz f_c ist, $I_k =$ effektiver Kurzschlußstrom, etwa $\frac{I : \sqrt{2}}{2a}$, $s =$ Leiterquerschnitt in mm^2, $U =$ Leiterlänge in m, $2a =$ Zahl der parallelen Zweige, meist $= 2p$.

Kleine Gleichstromgeneratoren von 0·3 bis 4 kW Leistung baut man neuerdings mit Wasserturbinen ohne Geschwindigkeitsregler zusammen, sodaß die Drehzahl n bei Vollast mit abnehmender Belastung stetig bis auf etwa 1·8 n ansteigt. Durch die Verbindung einer Nebenschluß- und einer gleichsinnigen Hauptstrom-Erregerwicklung kann man bei allen Drehzahlen konstante Klemmenspannung erzielen. Damit der Fluß auch rasch folgt, ist das Feldgestell geblättert (Bauart Voith-Petersen sowie Maschinenfabrik Eßlingen).

Für die Speisung von Lichtbogen-Schweiß-Apparaten werden ebenfalls gemischt erregte Gleichstrommaschinen gebaut, wobei die Erregerwicklungen gegeneinander geschaltet sind, um kleinen Kurzschlußstrom zu erzielen, ferner Querfelddynamos nach Rosenberg.

Als Spannungsteiler für Dreileiternetze werden heute fast nur zwei- oder dreiphasige Einspulen-Transformatoren verwendet, an deren Sternpunkt der Nulleiter angeschlossen. Ist der Spannungsteiler nicht in allen Phasen symmetrisch zum Beispiel bei drei Kernen in einer Ebene, so kommen Wechselströme von der Frequenz $f = \frac{n . p}{60}$, die oft kleiner ist als 25, ins Netz und verursachen flimmerndes Licht, was durch geeignete Änderung der Spannungsteiler zu beheben ist. Am besten werden zwei oder drei einzelne Einspulen-Transformatoren verwendet.

Der Gleichstrom-Nebenschlußmotor könnte in vielen Fällen die teuere Regulier- und Steuerdynamo in Leonardschaltung ersetzen, wenn man ihn als Reguliermotor außer mit Wendepolen noch mit Querspulen ausrüstet, sodaß Regelbereiche bis 1 zu 10 möglich sind.

Gleichstrommotoren hoher Drehzahl benötigt man für Turbogebläse zum Beispiel 600 kW, 220 V, $n = 2400$, extrem niedrige für die direkte Kupplung

Digitized by Google

mit den Scheiben von Aufzügen und Fördermaschinen zum Beispiel einen zehnpoligen Motor für einen amerikanischen Aufzug mit 25 PS bei $n = 75$ und 440 V (Ateliers de Sécheron bei Genf). Bei Motorgeneratoren geht man bei 2000 kW und 250 bis 1000 V schon auf 600 bis 1000 U/min.

Wie aus dem vorangehenden hervorgeht, setzt der Kommutator der Leistungsfähigkeit der Gleichstrommaschine in verschiedener Hinsicht enge Grenzen, sodaß der Fachmann immer wieder nach der homopolaren oder unipolaren Gleichstrommaschine ohne Kommutator frägt. Die größte Unipolarmaschine hat der Chefelektriker Lamme der Westinghouse Company vor über 15 Jahren gebaut, und zwar für 2000 kW, 264 V, 1200 U/min. Die Maschine mit zweimal acht Schleifringen, deren Umfangsgeschwindigkeit 67 m/sec betrug und die alle den vollen Strom von 7700 A an Kupferblatt-Bürsten abgaben, war einige Zeit im praktischen Betrieb, konnte sich aber im Dauerbetriebe nicht halten, sodaß vorläufig diese Konstruktion zu begraben ist.

C. Transformatoren.

Den größten Einzeltransformator stellen heute immer noch die im Kriege für das Goldenberg-Kraftwerk von der AEG gelieferten 60000 kVA-Dreiphasen-Dreikern-Transformatoren[6]) für 110000 V dar, die infolge des Ersatzes der Aluminium-Wicklungen durch Kupfer auf 75000 kVA gebracht wurden. In den Vereinigten Staaten sind Transformatorensätze für dieselbe und etwas größere Leistung im Betrieb, sie bestehen aber aus drei Einphasentransformatoren mit ein Drittel der Leistung und ihr Nullpunkt ist geerdet, wobei nur ein Einphasentransformator in Reserve zu halten ist und auch noch V-Schaltung von zweien möglich ist. Zu den größten amerikanischen Transformatorsätzen gehören: $3 \times 28866 = 86600$ kVA 220000 V Stern, 66000 V Stern, 11000 V Dreieck mit total 3×90 t Gewicht, wovon 3×36 t Öl, ferner ein Satz $4 \times 33333 = 100000$ kVA (einer als Reserve) der Westinghouse Co. für Kalifornien. Die Isolationsbeanspruchung der in Deutschland verwendeten 220000 V Transformatoren ohne geerdeten Nullpunkt ist natürlich $\sqrt{3}$ mal größer als die der amerikanischen mit geerdetem Nullpunkt, erstere könnte man bei geerdetem Nullpunkt mit 380000 V arbeiten lassen. Bei geerdetem Nullpunkt nimmt man das isolierte Ende in der Mitte Kernhöhe ab und bringt auch Mitte Kernhöhe die Anzapfungen an, weil dann die geerdeten Enden gegen die Joche kommen.

Der Dreiphasentransformator mit drei Kernen in einer Ebene ist magnetisch unsymmetrisch[7]) und gibt ebenso wie allgemein die offene V-Schaltung zu einphasigen Luftkraftflüssen Veranlassung, deren Summe nicht Null ist, was bei drei Einzeltransformatoren nicht der Fall ist. Deswegen werden heute die dreiphasigen Großtransformatoren oft mit fünf Schenkeln ausgerüstet, um Symmetrie zu erzielen. Man umschlingt wohl auch alle drei Kerne durch eine kräftige Kurzschlußwindung, um diese einphasigen Flüsse und auch die höheren Harmonischen wegzudämpfen.

Die hohen Eiseninduktionen $\mathfrak{B} = 12000$ bis 15000 führen zu starken dritten, fünften und siebenten Harmonischen im Erregerstrom I_e und, da die Sekundärspannung $e_{II} = \mathfrak{M}\, d\, i_e/d\, t$ ist, auch in der Sekundärspannung, was bekanntlich Resonanzerscheinungen mit der Eigenfrequenz des Netzes hervorrufen kann. Eine der Transformatorenwicklungen sollte deshalb und mit Rücksicht auf ungleiche Phasenbelastungen in Dreieck geschaltet sein. Dazu kann auch eine Tertiärwicklung verwendet werden, an die etwa ein Synchronkondensator zur Phasenverbesserung angeschlossen wird. Einen interessanten Dreiwicklungstransformator hat jüngst BBC für 11000 kVA, $f = 15$ Per/s (einphasig) bei den Schweizerischen Bundesbahnen in Betrieb genommen. Der Transformator hat zwei bewickelte Hauptkerne und links einen weiteren unbewickelten Hilfskern. Auf dem einen Hauptkern liegt eine Wicklung für 132000, auf dem anderen eine für 66000 V, auf beiden mehrfach parallelgeschaltet eine solche für 15000 V, wobei aber auch die beiden Höchstspannungsnetze miteinander arbeiten können.[8])

Um kleine Kurzschlußströme und weiche Netze zu bekommen, baut man heute alle Primärtransformatoren in den Kraftwerken mit großer Streureaktanz und läßt die Kurzschlußspannung auf 10 bis 15 vH der Hauptspannung steigen. Die zu Einankerumformern gehörigen Transformatoren erhalten zur Ermöglichung selbsttätiger Konstanthaltung der Gleichspannung noch höhere Kurzschlußspannungen, nämlich 15 bis 30 vH, was mit einer oder höchstens zwei Scheibenspulen pro Kern je primär und sekundär erzielt wird. Es gibt aber auch Fälle, wo die Kurzschlußspannung sehr klein sein muß, zum Beispiel bei Transformatoren von Gleichrichtern für Senderöhren.

Der Kerntransformator mit kreuzförmigem oder abgerundetem quadratischem Eisenquerschnitt und mit kreisrunden Spulen verdrängt immer mehr den Manteltransformator, der den Vorteil der kurzschlußsicheren Wicklungsanordnung hat. Die beim Kerntransformator meist verwendeten Röhren- oder Zylinderspulen werden zur Aufnahme der Stromkräfte achsial kräftig, aber federnd zusammengepreßt. Bei den großen SSW-Transformatoren kann die Nachstellung dieser Schrauben von außerhalb des Öldeckels erfolgen. Die Schrauben der Skoda-Transformatoren werden durch eine Feder selbsttätig nachgezogen. Bei der eigentlichen druckfesten Abstützung wird die Wicklung in viele möglichst steife Spulen unterteilt, die zwischen die Spulen gelegten Scheiben werden durch Isolationszylinder distanziert, die über die zusammenpressenden Bolzen geschoben werden, so daß sich die einzelnen Spulen nicht bewegen können. BBC präpariert die Spulen so

[6]) Die SSW haben eine gleich große Manteltype gebaut.

[7]) Vgl. a. M. Vidmar, E. u. M. 1927, S. 81 ff.

[8]) ETZ 1926, Heft 40.

Digitized by Google

hart und fest, daß solche Abstützungen überflüssig werden. Die Westinghouse Co. baut bei kleinen Typen um die fertige Wicklung das Kern- und Manteleisen herum, wobei vier Manteljoche angewendet werden.

Soweit als möglich sollen Öltransformatoren ölgefüllt versandt werden, da sie nur in der Fabrik gut getrocknet, evakuiert und dann unter Druck mit gut gereinigtem Öl gefüllt werden können. Man macht neuerdings die Kühltaschen abschraubbar, sodaß auch diese ölgefüllt versandt werden können. Bei der Evakuierung ganzer Transformatoren haben die Ölkessel hohe Außendrücke auszuhalten.

Reine Lufttransformatoren sind fast ganz aufgegeben. Bei Spannungen unter 6000 V ermöglicht bei in der Fabrik verteilter Aufstellung der Transformatoren die Verwendung von Lufttransformatoren eine Herabsetzung der Feuerversicherungsprämie. Auch für Prüftransformatoren von mehreren Hunderttausenden Volt baut die Firma Haefely in Basel häufig reine Lufttransformatoren.[9]) Brown Boveri und Co. A.-G. legen bei ihren beiden Prüftransformatoren für je 750000 V gerade nur die Hochspannungswicklung in einen Ölkasten, der übrige Transformator bleibt in Luft; es werden so mit zwei Transformatoren 1·5 Mill. V erzielt.[10])

Da die Beschaffung von künstlichen Kühlmitteln, selbst von Wasser oft Schwierigkeiten bereitet, gehen die amerikanischen Firmen ebenso wie BBC, ASEA mit den natürlich gekühlten Öltransformatoren bis auf 15000, ja 25000 kVA bei 50 und 60 Per/s, wobei wohl mächtige Kühltaschen oder angebaute Rohrsysteme notwendig werden. Noch größere Leistungen lassen sich erzielen, wenn man über den Öltransformator und seine Taschen in gut geführter Weise durch einen Ventilator Luft blasen läßt, das sind luftgekühlte Öltransformatoren,[11]) die in Amerika bis 3×33333 kVA gebaut werden. Die Öltaschen lassen sich auch vom Öltransformator getrennt aufstellen und energisch mit Luft kühlen, was schließlich zum luftgekühlten Ölkühler[12]) zum Beispiel System Ljungström führt, durch den das Öl mittels Pumpe vom Transformator aus getrieben wird. Man kann also sagen: der selbst- und luftgekühlte Öltransformator beherrscht das Feld vollkommen. Das gekühlte Öl kann man durch geeignete Öffnungen in die Kühlkanäle der Wicklungen und der Eisenpakete, besonders im oberen Joch drücken, wobei die Eisenkanäle senkrecht zur Blechfläche, nicht parallel dazu geführt werden sollen, wie ich das zuerst angegeben habe.[13]) Auch sonst ist für eine energische Ölzirkulation durch Eisen und Kupfer zu sorgen.

Der im natürlichen Luftzug arbeitende Ölkühler ist jüngst von der Maschinenfabrik Oerlikon untersucht worden, das Temperaturgefälle Öl-Metall zu Metall-Luft ist 1 : 3 und für die Übertemperatur ϑ zwischen Öl und Außenluft bei P Watt Verlusten, v = Liter Öl/min, F_K = Kühleroberfläche hat sich ergeben:

$$\vartheta^{1\cdot5} = \frac{42500\,P}{F_K\,(v+3{\cdot}22)^{0\cdot372}} \text{ in Watt/cm}^2.$$

Der Ölkonservator, den man zweckmäßig im Luftraum mit einem Lufttrockner ($CaCl_2$) verbindet, ist heute allgemein. In Fällen der Zirkulationsaußenkühlung des Öles kann er wegbleiben. Die Westinghouse Co. schließt den Transformator oben mit Stickstoff ab, der fortwährend nacherzeugt wird.[14]) Namhafte Firmen bauen neuerdings ohne Ölkonservator.

Die Temperatur in der obersten Ölschicht ist laufend mit Widerstands-Kontakt-Thermometer zu messen, bei zu hoher Übertemperatur soll ein Signal ertönen. In Amerika bringt man auch an den Masttransformatoren große Temperaturzeiger an. Von größter Bedeutung ist eine energische Luftkühlung der Transformatorkammern.

Eine Begrenzung der Leistungsfähigkeit in kVA ist zur Zeit für Transformatoren nicht vorhanden, da mechanische Schwierigkeiten sich leicht überwinden lassen und die Erwärmung, wenn man bei den größten Typen zur Wasserkühlung greift, auch die Leistung nicht begrenzen kann. Es läßt sich leicht zeigen, daß für die Leistung Π eines Transformator mit m Kernen gilt:

$$\Pi = \frac{\pi}{\sqrt{2}} f.A.\mathfrak{B}.(m.H.S)\,10^{-11} = C.m.H.S \quad (6)$$

oder genauer in kVA

$$\Pi = k(mHS)^{4/3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6a)$$

mit A = AW pro cm Höhe (primär und sekundär bzw. alle AW pro Kern), $\mathfrak{B}$ = Kerninduktion, H = Kernhöhe, S = Kernquerschnitt alles in cm, mHS = Eisenvolumen. Es gilt auch, wenn man den Leerstrom $I_0 = \beta I$ setzt (mit β = zirka 0·1)

$$\Pi = \frac{2{\cdot}5}{\mu\beta} f\mathfrak{B}^2(mHS)\,10^{-11} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7),$$

wenn μ die Eisenpermeabilität bei Berücksichtigung der Luftspalte ist.

Aus (7) folgt auch für den Kraftfluß Φ im Kern

$$(10^{-6}\Phi) = \alpha\sqrt{\frac{\Pi}{mf}} \text{ oder } (10^{-6}\Phi) = \alpha'\left(\frac{\Pi}{mf}\right)^{4/8}$$

mit $\alpha = 2$ bis 4. Grenzwerte sind A = 500 bis 800, $\mathfrak{B}$ = 12000 bis 14000.

Die einzige Begrenzung nach oben liegt in der Transportfähigkeit, wenn man die Großtransformatoren nicht im Kraftwerk zusammenbauen will.

Folgende Beziehungen sind noch praktisch wertvoll:

$$H = c\sqrt[4]{S} = \gamma\sqrt[4]{\frac{\Pi}{mf}}$$

[9]) Vgl. W. Hess, E. u. M. 1926, S. 641 ff.
[10]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 75.
[11]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 70.
[12]) Vgl. a. E. u. M. 1926, TWN, S. 23, mit weiterem Schriftnachweis.
[13]) E. u. M. 1911, S. 126, Abb. C bis F.
[14]) Vgl. a. E. u. M. 1924, S. 641.

Digitized by Google

mit $\gamma = 300$ bei der Manteltype, $\gamma = 600$ bei der Kerntype.

$$S = \gamma' \sqrt{\frac{II}{mf}}.$$

Bei großen Transformatoren wird auch der Eisenquerschnitt S groß und es zeigt sich an den Stoßfugen und Bolzen die schlimme Erscheinung des Eisenbrandes,[15]) da die im Eisen induzierte Spannung längs des äußeren Eisenumfanges $e = \pi \sqrt{2} \cdot f (10^{-6} \Phi) 10^{-2}$ wohl 100 V erreichen kann. Sorgfältige Isolation der Bolzen, Verzapfung der Bleche an Stelle der Stöße und isolierte Unterteilung des ganzen aktiven Eisengestelles in mehrere Teile vermindern diese Gefahr, weiter empfiehlt es sich, die Eisenpakete an verschiedenen Stellen direkt oder über Widerstände zu erden.

Die langen Kerne mit großem H sind durch Endplatten kräftig zu versteifen. Die langen Bolzen neigen zu Vibrationen, es kann die Eigenschwingungszahl mit einer Harmonischen des Wechselstromes zu Resonanz führen. Bei Stoßfugen kann die höhere Erwärmung des Mittelkernes zum Abheben des Joches von den äußeren Kernen führen, weshalb die Blechverzapfung unbedingt vorzuziehen ist. Die großen Ölkessel sind, namentlich wenn sie nicht zylindrisch sind, mit starken Versteifungen zu versehen. Das Ölgewicht G_0 setzt man etwa:

$$G_0 = c \sqrt{II} \text{ mit } c = 15 \text{ bis } 60.$$

Vorsicht ist am Platze, um Wirbelströme im Ölkessel durch Streufelder zu vermeiden.

Zur Vermeidung der Stromverdrängung werden starke Kupferleiter unterteilt und Mitte Kernhöhe verdrillt. Die Leiterhöhe a, die unterteilt werden muß, steht immer senkrecht zu den Streulinien, also bei Röhrenspulen senkrecht zur Eisenkernachse, bei Scheibenspulen parallel dazu.

Beim Einschalten wirkt ein Transformator zunächst als eine Reihe Kondensatoren je von der Windungskapazität C_w, zwischen denen Erdkapazitäten C_e abzweigen. Das hat zur Folge, daß an der ersten Windung zunächst eine Spannung auftritt, die ein Vielfaches von $E : z$, ja nahezu E sein kann (z = Windungszahl). Diese erste Windungsspannung wird also umso kleiner, je größer die Windungskapazität gegen die Erdkapazität ist, weshalb man auf den Wicklungsanfang als erste Windung einen kräftigen Metallring[16]) legt, dessen große Kapazität auch die Stirn von Wanderwellen abschleift. Bei hoher Spannung wird dieser Ring gut abgerundet und auch sonst vermeidet man alle scharfen Kanten und damit alle hohen elektrischen Feldstärken, die zum Durchschlag führen könnten.

Die Windungsinduktivität L_w bildet mit der Windungskapazität C_w eine Eigenschwingungszahl $f_e = \frac{1}{4} \frac{1}{L_w C_w}$, die bei kleinen Transformatoren bis auf $f_e = 600$ herabsinken kann und bei großen Transformatoren auf 20 000 ansteigt. Sie ist bei offener Sekundärwicklung viel kleiner als bei kurzgeschlossener. Es besteht oft Gefahr der Resonanz zwischen dieser Eigenschwingungszahl f_e und einer Oberwelle zum Beispiel einer Nutharmonischen der Generatorspannung, und zwar kommen sowohl Generator-Harmonische des Stators wie des Rotors bei Turbogeneratoren in Betracht.

In der Herstellung der Transformatorenbleche werden ständig Fortschritte gemacht. Meist setzt man Silicium und Aluminium zu und neuerdings hat man durch Zusatz von Nickel sowohl die Permeabilität erhöht, als auch die Eisenverluste wesentlich erniedrigt auf unter 1 W/kg. Dies ist auch bei Einkristall-Eisen der Fall, was besonders für Stromwandler wichtig ist, weil man damit den Fehlwinkel bedeutend herabdrücken kann. Für Pupin-Spulen wird ein Masse-Kern aus unter 14 000 atü gepreßtem Eisenpulver verwendet. Einkristall-Kupfer soll 15 vH kleineren Widerstandskoeffizienten haben als gewöhnliches Kupfer.

Als Durchführung verwendet man bei Spannungen von 100 000 V aufwärts ölgefüllte Porzellanhülsen oder für Innenräume solche aus getränkten und heißgepreßten Hartpapierprodukten, wobei häufig Metalleinlagen zum Beispiel 30 Staniolzylinder bei 130 000 V vorgesehen werden (Kondensatordurchführung).

Die Messung des Fehlwinkels von Strom- und Spannungswandlern, ebenso wie des Fehlers des Übersetzungsverhältnisses geschieht heute meist mit dem Wechselstromkompensationsapparat, mit der Schering-Brücke,[17]) wobei der Fehlwinkel durch einen Kondensator kompensiert wird. Den genauesten Einblick in die Meßwandler bekommt man durch Ermittlung aller Größen zur Aufzeichnung des Transformatordiagrammes, was allerdings umständlich ist. Aber aus dem praktischen Betriebe heraus sind verschiedentliche Bedenken gegen die Resultate an der Schering-Brücke laut geworden. Die Weston Co. hat Meßmethoden für Meßwandler angegeben, wobei gegen einen Eich- oder Normalwandler abgeglichen wird. Eine andere Methode ist die von Silsbee der Leedsand Northrup Company in Philadelphia.

Stromwandler werden häufig in Durchführungsisolatoren eingebaut, wobei die Firma Koch und Sterzel, Dresden, die Wickelräume mit graphitiertem Quarzsand ausfüllt, bei hohen Spannungen kommt nur Öl- oder Massefüllung in Frage.

Bei Hochfrequenz-Transformatoren für Frequenzen $f = 10\,000$ bis 100 000 Per/s muß Fluß- und Stromverdrängung genau berücksichtigt werden; mit den Blechstärken geht man auf 0·03 bis 0·05 mm, mit der Kupferdrahtstärke der Litze auf 0·1 und 0·05 mm herunter, die Eiseninduktion erreicht Werte bis 600 und die Stromdichte etwa 2 A/mm².

[15]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 809, 844.

[16]) Zuerst von mir angegeben in meinem Amerika-Bericht; E. u. M. 1913, S. 32, Abb. 19.

[17]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 518; vgl. a. E. u. M. 1926, S. 495.

Digitized by Google

Mit den größer werdenden Netzen wird eine Spannungsregelung der einzelnen Belastungsbezirke immer dringender. In Amerika ist zu diesem Zwecke der ölgekühlte, selbsttätige, ein- und mehrphasige Drehtransformator, der auch mit Kühltaschen versehen und auch an Masten aufgehängt wird, sehr verbreitet. Wesentlich billiger ist es aber, den Transformator mit geeigneten Anzapfungen von etwa ± 5 bis ± 10 vH zu versehen, die in Stufen während des Betriebes durch Ölschalter umgeschaltet werden können. Damit beim Schalten weder eine Stromunterbrechung noch ein Spulenkurzschluß auftritt, unterteilen die amerikanischen Firmen die Wicklung in zwei parallele Hälften; während die eine um eine Stufe weiter geschaltet wird, bleibt die andere unverändert.[18])

Koch und Sterzel A.-G. baut einen Regulier- oder Zusatztransformator mit verschiebbarem Eisenkern,[19]) auf dem die zur Lieferung der Zusatzspannung bestimmte Sekundärwicklung sitzt und durch dessen achsiale Verschiebung die Zusatzspannung von einem positiven Maximum über Null zu einem negativen Maximum geregelt wird (Schubtransformator).

Die Transformatoren haben im Betriebe die meisten und schwersten Stürme an longitudinalen und transversalen Überspannungen und Stromstößen auszuhalten und abzupuffern, deshalb sollte man sie jedenfalls im Fabriksprüffeld gründlich prüfen. Dazu gehört neben den üblichen Prüfmethoden vor allem die Windungsprobe,[20]) die mit zwei- bis dreifacher Frequenz und damit auch mit zwei- bis dreifacher Klemmenspannung am fertigen Transformator durchgeführt wird, sodaß jede Windung ein Mehrfaches der normalen Windungsspannung abbekommt. Windungsschlüsse sind die häufigsten Störungen. Über die Sprungwellenprobe sind die Meinungen geteilt, sie hat aber auch ihre Berechtigung.

In großer Zahl werden heute Kleintransformatoren gebaut, einmal als Handlampentransformatoren für die Beleuchtung mit der ungefährlichen Spannung von 16, 24 oder 32 V (2·1 A) in Ställen, Wäschereien, Kesselhäusern und feuchten schmierigen Räumen, dann als Klingeltransformatoren für alle möglichen Signalvorrichtungen (3—5—8 und 6—10—16 V, 0·5 und 1 A), wobei die Streuung besonders groß gemacht wird zum Beispiel dadurch, daß man die Primär- und Sekundärwicklung auf verschiedene Kerne wickelt. Einspulen- oder Autotransformatoren sind natürlich für solche Zwecke zu verbieten, auch bei Radioanlagen.

Für Transformatoren- und Ölschalter-Prüffelder sowie für Fabriken von Isolatoren und Isolationsmaterial braucht man Prüftransformatoren mit 500 000 bis 1 000 000 V; bis 250 000, ja bis 500 000 V kommt man mit einem einzelnen Öltransformator aus, darüber benützt man aber zumeist die von Professor Dessauer[21]) angegebene Hintereinander- oder Staffelschaltung der Transformatoren. Der erste Transformatorenkessel einer solchen Reihe in meinem Institute aufgestellter Transformatoren der Hochspannungsgesellschaft Köln ist geerdet und von seiner sekundären Hochspannung aus wird der zweite auf Isolatoren gegen Erde entsprechend 125 000 V isolierte Transformator erregt und so fort, der vierte muß gegen Erde entsprechend 375 000 V isoliert sein. Diese Anordnung wird natürlich auch viel billiger als ein einziger Transformator für die ganze hohe Spannung. Auf diese Weise wird in der Stanford University in Kalifornien von Professor Ryan mit $2 \times 3 = 6$ Transformatoren eine Spannung von 2 100 000 V erzielt (vergl. Seite 599 d. H.), in der Transformatorenfabrik Pittsfield der GEC. steht eine ähnliche Gruppe, wobei der Mittelpunkt geerdet ist. Natürlich muß der erste Transformator die Schein- und Wirkleistung für alle folgenden Transformatoren aufnehmen.

Die Firma Haefely in Basel baut solche Prüftransformatoren auch für die höchsten Spannungen als Lufttype in der Staffelschaltung,[22]) wobei aber geeignete Metallhauben über die Eingangswindungen ragen und Schubwicklungen, die zur Herabsetzung der Kurzschlußspannung dienen, innerhalb der Erregerwicklung am Eisen liegen und zum Beispiel kurzgeschlossen sind. Da diese Prüftransformatoren meist stark kapazitiv belastet sind, schaltet man Drosselspulen parallel zu den Klemmen. Beim Arbeiten mit so hohen Spannungen ist Vorsicht nötig: In Amerika bekommt man zum Beispiel nur Strom durch einen Schalter, der sich schließt, wenn man sich auf den Schreibtischstuhl setzt.

Eine Beschränkung in der Höhe der erzielbaren Hochspannung liegt bisher nicht vor. Die Spannungsfrage ist eigentlich nur eine Raumfrage und, wenn nötig, sind auch noch höhere Spannungen als 2 Mill. V zu erreichen.

Eine Lebensfrage des heutigen Hochspannungstransformators ist einwandfreies Öl. Ausgezeichnet sind die lichtgrüngelblichen russischen Transformatorenöle, wie wir sie in der Vorkriegszeit hatten. Mit der Zeit wird das Öl durch Feuchtigkeitsaufnahme und Zersetzung mit Schlammabsatz sehr verschlechtert, die Durchschlagsfestigkeit geht stark zurück. Die Reinigung geschieht entweder durch Auskochen im Vakuum, wobei der Wasserdampf abgesaugt wird, und mittels Durchpressen des Öles durch eine Papierfilterpresse, wobei aber Fasern ins Öl kommen können. Auch mit Fullererde wird das Öl behandelt. Das Auskochverfahren ist sehr zeitraubend. Mit Hilfe einer Laval-Zentrifuge (eines Separators) läßt sich in kurzer Zeit aus dem elektrisch angewärmten Öl sowohl das Wasser (clarification) wie der Schlamm (purification) entfernen, wobei auch auf das Entlüften des Öles zu achten ist. Neuerdings wird auch die Sharples-Superzentrifuge[23]) mit Erfolg zur

[18]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 416.

[19]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 23, S. 471.

[20]) Sie ist in den ESC-Vorschriften nicht vorgeschrieben.

[21]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 562.

[22]) E. u. M. 1926, S. 641 ff.

[23]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 816; 1927, S. 194.

Digitized by Google

Ölreinigung bei Temperaturen unter 50° verwendet.

Namentlich in Amerika werden zur Herabdrückung des Kurzschlußstromes eisenlose Drosselspulen aus Kupferlitze asbestisoliert in Betongestelle eingegossen und größere Typen in Öl gesetzt, um zwischen Sammelschienen-Sektionen und Fernleitungen eingebaut zu werden, weil man drüben sich scheut, mit der Ankerrückwirkung und Streureaktanz der Generatoren so hoch wie hierzulande zu gehen. Koch und Sterzel A.-G. bauen regelbare Eisendrosseln, deren n- oder m-förmiger Eisenkern mit Schraubenspindeln aus den Spulen mehr oder weniger herausgezogen werden kann. (Schluß folgt.)

Die Hescho-Meßstange zum Nachprüfen von Ketten-Isolatoren während des Betriebes.

Mit der im praktischen Betrieb bereits bewährten Meßstange der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. (Hescho) wird der Isolationszustand der Isolatorenketten einer Strecke in neuartiger Weise durch die Ermittlung der auf die einzelnen Glieder entfallenden Spannungsanteile nachgeprüft. Hierbei geht man davon aus, daß unter gleichen Betriebsbedingungen bei Ketten derselben Zusammensetzung auf gleichartige Glieder stets die gleichen Spannungsanteile entfallen, wenn diese auch, je nachdem, ob die Glieder näher der Leitungsklemme oder dem Aufhängepunkt eingebaut sind, verschieden groß sind. Finden sich bei der Nachprüfung Isolatorenketten, bei denen die Verteilung der Spannungsanteile von der normalen, an einwandfreien Ketten ermittelten Verteilung abweicht, so müssen diese Ketten elektrisch nicht vollwertige Glieder enthalten. Diese fehlerhaften oder bereits durchgeschlagenen Glieder werden beim Abtasten als Glieder mit zu kleinen Spannungsanteilen herausgefunden, wobei es gegenüber akustischen Meßverfahren ein besonderer Vorteil der Hescho-Meßstange ist, daß die Ergebnisse durch ein genau ablesbares Meßgerät angezeigt werden.

Die Hescho-Meßstange, Abb. 1 und 2, besteht demzufolge aus einem mehrteiligen Rohr aus Hartpapier mit einem metallischen Fühler zum Abtasten der Armaturteile der Isolatoren und einem in diese Stange eingebauten Porzellankondensator mit zwei, durch eine starke Zwischenwand getrennten Elektroden K_1 und K_2. Von diesen ist die obere über den Fühler F mit der Meßstelle, die untere über einen hochohmigen Widerstand W mit der Erde verbunden, so daß der Kondensator beim Berühren spannungsführender Teile von einem Verschiebungsstrom durchflossen wird, der in W einen vom Potential der Meßstelle gegen Erde abhängigen Spannungsabfall erzeugt. Der Spannungsabfall seinerseits steuert eine im Handgriff der Meßstange angeordnete Elektronenröhre durch Beeinflussung des diese durchfließenden Gleichstromes. Die Anodenstromänderungen, die infolgedessen die Spannungsverteilung längs der Kette wiederspiegeln, werden an dem Meßinstrument M abgelesen, das in einem mit der Meßstange durch eine mehradrige Litze verbundenen Kästchen untergebracht ist. Dieses mittels Halsriemens tragbare Kästchen enthält auch die Regelwiderstände für die Heiz- und Gitterspannung der Röhre sowie die Anoden- und Heizspannungsbatterie. Auf die Wirkungsweise der Elektronenröhre, die Einstellung der Gittervorspannung durch den Schiebewiderstand S usw. braucht hier nicht näher eingegangen zu werden, da es sich dabei um ähnliche Vorgänge wie bei den bekannten Rundfunkapparaten handelt. Hervorzuheben ist jedoch noch, daß für alle Elemente leicht ersetzbare, normale Trockenbatterien, wie sie für Taschenlampen in Frage kommen, verwendet werden.

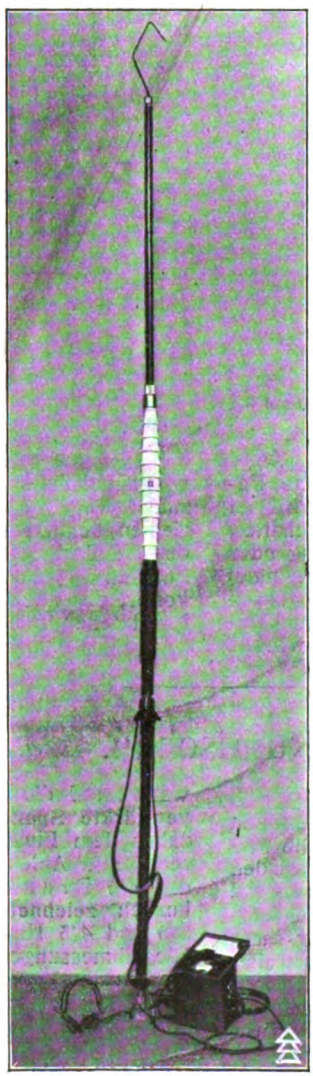


Abb. 1.
Hescho-Meßstange mit Meßkästchen und Kopfhörer.

Zum Nachprüfen der Isolatorenketten auf der Strecke sind zwei Mann erforderlich, von denen der eine den Mast besteigt, sich anseilt, die Meßstange hochzieht und mit dem an ihrem unteren Ende herausgeführten Kupferseil erdet. Hierauf tastet er, von der Leitungsklemme anfangend, der Reihe nach die Kappen der einzelnen Glieder ab, während der am Mastfuß verbliebene, mit dem Meßkästchen ausgerüstete Mann die Ablesungen vornimmt.

An einer einwandfreien Kette, Abb. 3, sind die Ausschläge für jedes Glied verschieden, derart, daß sich beim Berühren der Leitungsklemme der größte (volle) Ausschlag ergibt und die Ausschläge um so kleiner werden, je näher die Isolatoren an den geerdeten Aufhängepunkt der Kette heranrücken; für diesen selbst ist der Ausschlag Null. Zeigt sich beim Berühren der Armaturteile von zwei oder mehreren aufeinanderfolgenden Isolatoren der gleiche Ausschlag am Meßinstrument, Abb. 4, so sind die zwischen den Meßpunkten liegenden Glieder durchgeschlagen. Die als fehlerhaft erkannten Glieder werden nach dem Abtasten mit einem an der Meßstange befindlichen Farbpinsel gekennzeichnet, um sie bei einer späteren Auswechslung sofort herauszufinden.

Mit der Hescho-Meßstange sind in der vorbeschriebenen Weise bereits Nachprüfungen in größerem Umfange an 110 kV-Leitungen vorgenommen worden, wobei sie sich infolge der Zuverlässigkeit der Meßergebnisse als ein sehr brauchbares Hilfsmittel für die Streckenüberwachung erwiesen hat. So wurden zum Beispiel die von der Meßstange als fehlerhaft angezeigten Isolatoren einer Leitungsstrecke im Versuchsfeld nachgeprüft, wobei festgestellt wurde, daß tatsächlich diese Isolatoren sämtlich durchgeschlagen waren. Interessieren dürfte auch der Hinweis, daß bei einer 110 kV-Leitung von dem, allerdings aus zwei eingearbeiteten Leuten bestehenden Meßtrupp für die Nachprüfung eines Tragmastes mit sechs siebengliedrigen Ketten einschließlich des Auf- und Absteigens, sowie des Hochziehens und des Herunterlassens der Meßstange, durchschnittlich nur 10 Minuten benötigt

Digitized by Google

wurden. Die Messungen an Abspann- und Verdrillungsmasten erfordern natürlich wegen der größeren Zahl von Isolatoren eine entsprechend längere Zeit. Für die Tagesleistung eines Meßtrupps lassen sich jedoch allgemein gültige Angaben nicht machen, da hier die Beschaffenheit des von der Leitung durchzogenen Geländes und auch die Witterungsverhältnisse von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Da das Schaltschema des Meßkreises einer normalen Radio-Empfangseinrichtung entspricht, können

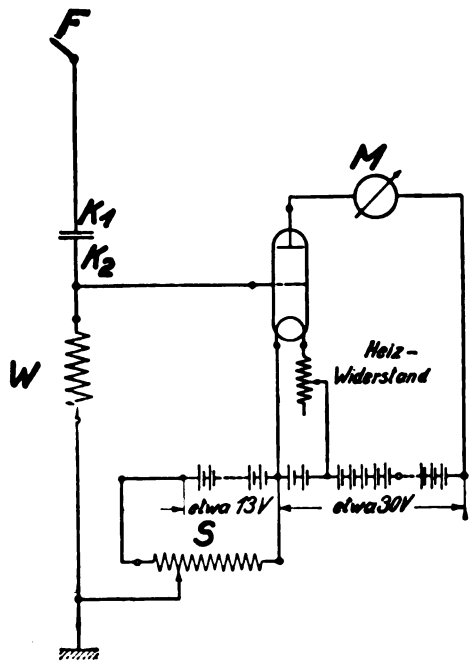


Abb. 2. Schaltung der Hescho-Meßstange.
F = Fühler W = Hochohmiger Widerstand
K_1, K_2 = Kondensator S = Schiebewiderstand
M = Meßgerät.

mit der Stange grobe Isolatorenfehler auch ohne Besteigen der Maste ermittelt werden. Hierzu wird an das Meßkästchen ein Doppelkopfhörer angeschaltet, wodurch der normale 50 Perioden-Ton der Leitung oder abnormale Netzgeräusche schon auf weite Entfernungen wahrgenommen werden. Da sich das Störungsgeräusch mit der Annäherung an die Fehlerstelle verstärkt, kann diese verhältnismäßig schnell gefunden werden, worauf dann die Feststellung des schadhaften Gliedes in der dargestellten Weise erfolgt. In ausgedehnten und stark verzweigten Hochspannungsnetzen ist selbst das Auffinden grober Isolationsfehler meistens ziemlich schwierig, so daß die Hescho-Meßstange auch in diesen Fällen ein gutes Hilfsmittel zur schnellen Behebung des Schadens ist.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die in vier Teile aus Hartpapier und den Porzellankondensator zerlegbare Meßstange bei 3·6 m Länge nur 7 kg

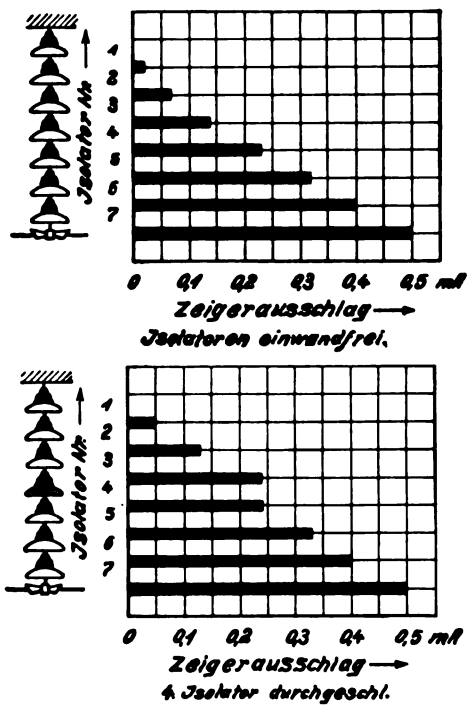


Abb. 3 und 4.
Darstellung der Meßergebnisse bei einer einwandfreien und einer fehlerhaften siebengliedrigen Kette aus Kappen-Isolatoren.

wiegt und daher auf dem Mast leicht zu handhaben ist, zumal wenn der an ihrem Griff vorgesehene Schulterriemen benützt wird. Die Beförderung der Stange an den Meßort geschieht im allgemeinen in zerlegtem Zustand in einem tornisterartig zu tragenden Lederkoffer, der auch zur Aufnahme des Meßkästchens, von Ersatzteilen und des sonstigen Zubehörs eingerichtet ist.

Dipl. Ing. I. Wallich, Hermsdorf i. Thür.

Rundschau.

Elektrische Meßkunde.

Aufnahme von dynamischen Magnetisierungskurven behandeln Kurt Krüger und Hans Plendl. Die bisherigen Untersuchungen über den Gegenstand wurden stets mit offenen Eisenkernen vorgenommen, während die Verfasser geschlossene, aus gestanzten Blechen hergestellte Eisenkerne benützten, die mit Primär- und Sekundärwicklungen versehen waren. Im Primärkreise, der durch eine Kapazität C_1 und eine eisenfreie Zusatzinduktanz L_1 annähernd auf die Generatorfrequenz abgestimmt war, lagen die Ablenkungsspulen einer Braunschen Röhre, die eine dem Primärstrome J_1 proportionale Ablenkung des Kathodenstrahles erzeugten. Durch den Sekundärkreis wurde über einen Widerstand R_2 ein Kondensator C_2 aufgeladen, wobei $R_2 > 1/\omega C_2$ war. Ist n_2 die sekundäre Windungszahl und Φ der Fluß im Eisenkern, so ist die Kondensatorspannung

$$e_{C_2} = -n_2 \Phi / C_2 R_2.$$

An der Spannung e_{C_2} lag der Gitterkreis einer Elektronenröhre. Im Anodenkreise dieser Röhre befand sich ein hoher Widerstand, mit dessen Enden die Ablenkungsplatten der Braunschen Röhre verbunden waren, auf die sonach die durch die Elektronenröhre verstärkte Spannung e_{C_2} wirkte. Die Ablenkung war daher dem Flusse Φ proportional; sie erfolgte senkrecht zur Ablenkung durch die Ablenkungsspulen, so daß die Braunsche Röhre richtige Magnetisierungskurven zeichnete. Es wurden Frequenzen zwischen 385 und 445 Hertz, meist jedoch 425 Hertz verwendet. Die Abmessungen der Kerne und ihre Windungszahlen waren:

Kern Nr.	n_1	n_2	n_3	l cm	p cm²	s mm	Form
I	54	53	53	22·3	10	0·08	ringförmig geschlossen.
II	120	60	—	60·0	12·5	0·08	
III	86	22	—	35·0	9	0·3	rechteckig mit abnehmbaren Joch.
IV	135 / 550	> 135	—	46·0	29	0·3	

n_1, n_2 und n_3 sind die Windungszahlen der Primär- und Sekundärwicklung sowie einer dritten Wicklung zur Überlagerung von Gleichstrom; l die mittlere Länge des Kraftlinienweges, q der Eisenquerschnitt und s die Blechstärke. Bei den Kernen I und II ergab sich kein Unterschied gegenüber den statisch aufgenommenen

Digitized by Google

Hystereseschleifen, da bei der geringen Blechstärke der Einfluß der Wirbelströme verschwindend gering war. Die Hysteresefläche lief bei den höheren Sättigungen in sehr scharfe Spitzen aus, die auf eine gewisse Strecke keine Trennung mehr zwischen den beiden Ästen erkennen ließen. Bei den Kernen mit $s = 0{\cdot}3$ mm zeigte sich der Einfluß der Wirbelströme darin, daß die beiden Äste durchaus getrennt und die Spitzen etwas abgerundet erschienen; die Steilheit an den Schnittpunkten mit der Abszissenachse war geringer. Kern III besaß einen einstellbaren Luftspalt. Mit zunehmender Spaltbreite wird die Steilheit der Kurven geringer und die beiden Äste nähern sich auch in der Mitte einander immer mehr, wodurch sich der Flächeninhalt der zu einer bestimmten Maximalinduktion gehörigen Hystereseschleifen verringert. Wird das Joch ganz entfernt, so fallen auf- und absteigender Ast zusammen und die übrig bleibende Linie geht durch den Nullpunkt. Methoden mit offenen Eisenkernen zur Bestimmung des Hysteresekoeffizienten können also keine richtigen Werte liefern. Die an Kern I vorgenommenen Versuche zur Ermittlung des Einflußes einer überlagerten Gleichstrommagnetisierung lieferten, wie zu erwarten war, unsymmetrische Hystereseschleifen; der zeitliche Verlauf von Φ entsprach einer fast trapezförmigen Wechselstromkurve, in der auf je eine kurze hohe Halbperiode eine entgegengesetzte lange niedrige folgte, so daß über eine volle Periode genommene $\int \Phi\, dt = 0$ war. Die Verfasser führen noch an, daß es nach ihrer Methode auch möglich ist, Arbeitsdiagramme von Eisenkernen, zum Beispiel bei Frequenzvervielfachung aufzunehmen. Auch Arbeitskurven von Wechselstrommaschinen können bei Vernachlässigung des Ohmschen Spannungsabfalles aufgenommen werden, indem man die Maschinenspannung an den Kreis C_2R_2 anlegt und die Φ, i-Kurve aufnimmt.

R. H.

(Arch. f. Elektrot., Bd. 17, Heft 4, 1926.)

Ein Versuchsfeld für 2 000 000 V[1]) wurde für die Stanford Universität in V. St. A. erbaut und vor einiger Zeit eröffnet. Seine Errichtung kostete etwa 275 000 Dollars und wurde durch großzügige Schenkungen der amerikanischen Industrie ermöglicht: so widmete die General Electric Co. allein sechs 350 kV-Transformatoren. — Das Gebäude ist 53 m lang und 24·5 m breit, die darin verlegten Hochspannungsleitungen weisen Sicherheitsabstände von 6·1 m auf. Eine Schmalseite ist mit großen Schiebetüren, 12·2 × 14·4 m, versehen, durch welche im Freien aufgestellte Versuchsgegenstände angeschlossen werden können. Bei geschlossenen Türen ist das fensterlose Gebäude vollkommen lichtdicht abgeschlossen. In einem Anbau sind die maschinellen Einrichtungen untergebracht, sowie ein Hörsaal und kleinere Laboratorien. Außerdem wird dem Institut ein Landstreifen von 92 m Breite und zirka 11 km Länge für eine Versuchsfreileitung zur Verfügung gestellt werden. — Für die Erzeugung der Hochspannung stehen sechs Transformatoren für 2·3/350 kV zur Verfügung, die in der bekannten Hintereinanderschaltung 1050 kV gegen Erde oder 2100 kV zwischen den äußeren Klemmen einphasig erzielen lassen. Werden sie in Gruppen von je zwei Stück verkettet, so kann Drehstrom von 1212 kV erzeugt werden. Unter den verschiedenen Forschungen die in dem neuen Laboratorium durchgeführt werden sollen, werden genannt: Versuche an verschiedenen Leiterquerschnitten für 220 kV, Untersuchungen der Koronaerscheinungen bei geringen Verlusten, Verlustmessungen an Versuchsfreileitungen mit 220, 440 und 880 kV Spannung und Aufsuchen der günstigsten Übertragungsspannungen in diesem Bereich. Versuche mit Energieübertragung bei verschiedenen Frequenzen zwischen 10 und 60, Untersuchung von Hochspannungsisolatoren, sowie verschiedene andere theoretische und praktische Untersuchungen, die unter steter Mitwirkung von Ingenieuren der Praxis ausgeführt werden sollen.

A. Fr.

(Electr. World, Bd. 88, Heft 25, 1926.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 75.

Stromverteilung.

Über den Bau von Mast-Stationen. In einem in den Heften 8 und 9 d. J. erschienenen Aufsatz über „Elektrifizierung und Agrarwirtschaft" nimmt Herr Dr. Ing. A. Weiner auch zur Frage der Verwendung von Maststationen in landwirtschaftlichen Netzen Stellung und es mag daher von Interesse sein, zu diesem Thema einiges hinzuzufügen.

Die Erfahrungen, welche mit diesen Anlagen gemacht wurden, waren vielerorts recht ungünstige und hatten, besonders in der Nachkriegszeit, eine Rückkehr zur gedeckten Station zur Folge, ganz im Gegensatz zu den Wandlungen, die sich inzwischen auf dem Gebiete des Groß-Schaltanlagenbaues begeben hatten. Dort ging man erst in den Nachkriegsjahren daran, Freiluftstationen zu bauen und trotz der günstigen Betriebsergebnisse in Amerika bereits vor einem Jahrzehnt kam diese Richtung bei uns erst relativ spät zum Durchbruch. Im Folgenden sollen die Ursachen dieser an sich merkwürdig genug erscheinenden Tatsache, soweit sie die Kleinfreiluftschaltanlagen betrifft, aufgezeigt werden.

Da die Bedeutung der Freiluftschaltanlagen heute wohl allgemein anerkannt ist, kann die vor einigen Jahren eingetretene Abkehr von den Maststationen nur eine vorübergehende Erscheinung darstellen; man wird also den Ursachen der häufigsten Störungsquellen nachgehen und auch die Klein-Freiluftanlagen so bauen müssen, daß ihr Sicherheitsgrad auf das höchstmögliche Maß gesteigert wird, oder zumindest gleich ist jenem, der in gedeckten Stationen erzielt werden kann.

Was nun zunächst die Isolation betrifft, hat die Praxis ergeben, daß die Zahl der Störungen bei gleicher Überschlagsziffer der Isolation eine umso höhere wird, je geringer die Betriebsspannung ist. Die Ursache dieser Erscheinung liegt einerseits in der Größenordnung der Überspannungen, andererseits aber darin, daß der Freiluft-Isolator von geringen Abmessungen viel mehr äußeren Einflüssen ausgesetzt ist, wie etwa durch Tiere, Vögel usw., als der Isolator für höhere Betriebsspannungen. Während die Überspannungen in gleicher Weise in gedeckten, wie in Freiluftstationen als äußerst unangenehm empfunden werden, gibt die höhere Erdschlußgefahr beim Freiluftisolator durch äußere Einwirkungen Veranlassung dazu, die Isolatorentype auch für kleinere Spannungen nicht unter einer gewissen Grenze festzusetzen. Die Dimensionierung von Isolatoren für Freiluftapparate auf elektrische Festigkeit sollte daher erst etwa von 12 000 V aufwärts getroffen werden, während für alle darunter liegenden Spannungen die gleiche Type wie für 12 000 V mit Rücksicht auf die Erdschlußgefahren verwendet werden sollte. Schwere Schäden an Freiluftapparaten sind ferner durch treibende Kitte entstanden. Im Freileitungsbau hat man die Gefahr der Verwendung von Kitten jeder Art bereits längst erkannt und ist vielfach zu komplizierten Konstruktionen übergegangen, um diesem Übelstande aus dem Wege zu gehen. In noch viel höherem Maße gilt dies selbstverständlich von den Freiluftapparaten und es scheint sich heute die Klemmung zwischen Porzellan und Metall infolge ihrer großen Vorteile ganz allgemein auch für Innenraumapparate einzubürgern. Dort wo dies nicht möglich ist, sollte mindestens Hanf als Bindemittel verwendet werden.

Von nicht geringerer Bedeutung für die Lebensdauer der Freiluftapparate ist das verwendete Konstruktionsmaterial für die Strombahnen und deren richtige Dimensionierung. Selbstverständlich kann es sich bei Kleinfreiluftanlagen relativ geringer Leistung nicht darum handeln, die Strombahnen entsprechend den thermischen Beanspruchungen zu bemessen; vielmehr müssen hier die mechanischen Verhältnisse, welche beim Schalten usw. auftreten, und unter Umständen bedeutende Kräfte und vor allem eine nicht zu unterschätzende Abnützung im Gefolge haben, die Hauptrichtlinien bei Festlegung der Konstruktionsdetails bilden. Als Konstruktionsmaterial selbst kommt wohl ausschließlich Kupfer und Bronze in Frage, da sich die Verwendung von Messing für mechanisch beanspruchte Teile gegenüber starken Temperaturschwankungen als nicht geeignet herausgestellt hat. Zu beachten ist, daß die

Digitized by Google

Schrauben aus Bronze den verzinkten Eisenschrauben weitaus unterlegen sind und in großer Kälte abspringen. Die Formgebung der Konstruktionsteile muß vor allem mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer Vereisung getroffen werden, damit die Bedienung auch im Winter ohne Schwierigkeiten erfolgen kann. Dies gilt in erster Linie für die bewegten Teile und für die Kontakte, für welche sich Konstruktionen empfehlen, die während des Schaltens eine schabende Wirkung auf die Kontaktflächen ausüben und damit eine sorgfältige Berührung der stromführenden Teile selbsttätig herbeiführen.

Was nun die allgemeine Disposition und die Anordnung der Apparate in einer Station betrifft, so ist zu sagen, daß leichte Bedienung und gefahrlose Handhabung aller Schaltapparate die Hauptbedingungen sind, welche der künftige Betrieb an die Station zu stellen hat. Je klarer und einfacher der Aufbau einer Station herbeigeführt wird, desto mehr und umso leichter kann dieser Forderung entsprochen werden. Es genügt im allgemeinen vollständig, bei Maststationen Trennschalter, wetterfeste Drosselspulen und die erforderlichen Sicherungen auf der Oberspannungsseite vorzusehen. Es ist auch nicht zweckmäßig, bei höheren Spannungen als etwa 12 000 V Überspannungsapparate an den Masten anzubringen, da die Anordnung dann meist unübersichtlich wird und die Dämpfungswiderstände, die zumeist aus Kaborundumstäben hergestellt werden, nicht mehr die genügende Wärmekapazität besitzen, um größere Entladeströme ableiten zu können. In diesen Fällen ist es daher vorzuziehen, den Überspannungsschutz in einer zentral gelegenen gedeckten Station aufzustellen und dort an Stelle der Karborundumwiderstände die leistungsfähigeren Oldämpfungswiderstände zu verwenden. Für die Niederspannungsseite genügen meist zwei Ableitungen, die gesondert abgesichert werden müssen. Die Hauptsicherungen des Transformators und die Sicherungen für die beiden Ableitungen verlegt man zweckmäßig in einen kleinen Blechschaltkasten der gleichzeitig einen dreipoligen Hebelschalter aufnimmt, um den Transformator unterseitig abschalten zu können. Dieser Schaltkasten muß vom Boden aus bedienbar sein, so daß das Auswechseln von Sicherungen ohne Besteigen der Maste auch von ungeschultem Personal durchgeführt werden kann. Die Zu- und Ableitungen vom Transformator und zu den Niederspannungsabzweigungen müssen in diesem Falle durch Verlegung in Rohr entsprechend geschützt werden. Natürlich müssen die entsprechenden Phasenabstände zwischen den einzelnen spannungsführenden Leitern und Apparaten eingehalten werden; die Nichtbeachtung dieses Umstandes ist eine der Hauptursachen warum Maststationen unverhältnismäßig oft von Phasenkurzschlüssen heimgesucht werden, die meist eine Folge unzureichender Dimensionierung sind.

Wenn die im Vorstehenden nur kurz skizzierten Bedingungen von einer Maststation erfüllt werden, dann kann zumindestens die gleiche Betriebssicherheit von ihr erwartet werden, die bei einer gedeckten Station erreichbar ist.

Welche überragende Vorteile in finanzieller Beziehung dabei erzielt werden können, mag die folgende Gegenüberstellung der Baukosten (in S) für gedeckte Stationen und Freiluftanlagen auf Masten zeigen. Den Zahlen liegen normale Verhältnisse bis 20 bis 25 kV zugrunde, wie sie bei Zufuhrlängen von etwa 4 bis 5 km von der nächstgelegenen Bahnstation zu erwarten sind. Für die gemauerten Stationen wurden kleine Häuschen von 1·6 × 1·6 m Grundfläche in der Leichtbauweise, also in der billigsten Ausführung angenommen. Die Maststationen sind in der Ausführung mit imprägnierten Holzmasten und Tragkonstruktionen aus Profileisen vorausgesetzt.

Leistung	10/20 kVa		25/50 kVa		50/100 kVa	
	Ged Stat.	Maststat.	Ged.Stat.	Maststat.	Ged.Stat.	Maststat.
	6450·—	4970·—	7400·—	6070·—	9300·—	8700·—

Man erkennt also, daß durch Anwendung von Maststationen wesentlich an Baukosten gespart werden kann, wodurch die Erschließung von Gebieten geringerer Konsumdichte unter Umständen eine noch befriedigende Wirtschaftlichkeit ergeben kann.

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, daß eine Änderung in der vielfach leider noch bestehenden Auffassung über die Mängel von Klein-Freiluftanlagen in den Kreisen unserer Betriebsleute schon mit Rücksicht auf die zu erzielenden wirtschaftlichen Vorteile unbedingt notwendig ist, zumal technisch einwandfreie Ausführungen angesichts des gegenwärtigen Standes der Technik und unter Beachtung der bisherigen Erfahrungen heute keine Schwierigkeiten mehr bereiten. Ing. H. Schmidt, Linz.

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die Personenseilbahn Ebensee—Feuerkogel (Kranabethsattel). Mit der Ende Juni d. J. eröffneten Personenseilbahn von Ebensee, am Südende des Traunsees, auf den Feuerkogel, eine der höchsten Erhebungen des Höllengebirges, wird eine der schönsten Gebirgspartien des Salzkammergutes dem allgemeinen Besuch zugänglich gemacht.

Die neue Personenseilbahn ist — wie die Raxbahn[1]) — nach dem System Bleichert-Zuegg ausgeführt, doch übertrifft sie diese in der Kühnheit ihrer Linienführung. Gleich von der Talstation aus, deren Seehöhe 468 m beträgt, strebt sie in einem steilen Bogen mit einer Spannweite von 1400 m der ersten Stütze auf dem Salcherriegel zu, einem Stahlmast von 30 m Höhe. Von da ab führt sie in einer Spannweite von 700 m zu einer zweiten, aus Eisenbeton hergestellten Stütze, die auf dem Gamskogel fußt. 100 m davon entfernt, auf der gleichen Höhe, ist ein zweiter Betonstützpunkt fundiert. Von hier aus führt die Bahn mit einer Spannweite von 800 m direkt zur Bergstation, welche in einer Seehöhe von 1579 m liegt. Die Seile ruhen demnach bloß auf drei Zwischenstützen. Die gesamte Länge der Bahn beträgt 2930 m, ihre horizontale Projektion mißt 2710 m. Die Höhendifferenz ist rund 1100 m, die mittlere Steigung ist 40 vH, entsprechend einem Winkel von 22°, die höchste Steigung ist 72 vH, entsprechend 36°.

Die beiden 42 mm starken, je 12 t schweren Tragseile (Bruchfestigkeit 135 t) sind in der Talstation mit einem Gewicht von je 26 t belastet. Das 22 mm starke Zugseil (Bruchfestigkeit 30 t) ist in der Talstation durch ein Gewicht von 6 t gespannt. Das Hilfsseil (17 mm, Bruchfestigkeit 20 t) ist gleichfalls mit 6 t belastet. Die Fahrgeschwindigkeit der Personenwagen beträgt im Mittel 3 m/s, so daß die gesamte Fahrzeit etwa 16 Minuten beträgt. Diese Fahrgeschwindigkeit wird bei starkem Wind entsprechend ermäßigt.

Der elektrische Antrieb, von der „Elin" A.-G. für elektrische Industrie Wien—Weiz ausgeführt, entspricht dem der Raxbahn. Die Maschinen sind kleiner, entsprechend der geringen mittleren Steigung und wegen der leichteren Personen-Fahrzeuge (Fassungsraum 17 Personen und 100 kg Gepäck, Gewicht mit Einschluß des Gehänges 2500 kg). Die Kraftlieferung erfolgt durch zwei Dieselmotoren von je 60 PS der Leobersdorfer Maschinenfabriks A.-G., die wahlweise einen Ward-Leonard-Steuersatz antreiben. Dieser besteht aus einer Steuerdynamo, einer mit der Akkumulatorenbatterie parallel arbeitenden Puffermaschine und aus einer Erregermaschine für die Steuerdynamo und den Hauptmotor. Letzterer hat eine Leistung von 37 PS bei 900 bis 1125 U/min. Der Erregerstrom der Steuerdynamo wird durch eine Steuerwalze geregelt und reversiert. Der Hilfsmotor für 16 PS bei 700 U/min wird entweder von der Akkumulatorenbatterie (für 260 Ah) oder von der Puffermaschine oder von beiden gleichzeitig gespeist. Im Erregerstromkreis der Puffermaschine liegt der Anker einer Zusatzmaschine, welche mit dem Hauptmotor direkt gekuppelt ist und deren Erregung an einen Nebenschluß geschaltet ist, welcher im Stromkreis zwischen Steuerdynamo und Hauptmotor liegt. Auf diese Weise wird die Batterie gezwungen durch Vermittlung der Puffermaschine die Steuerdynamo entweder zu unterstützen, wenn die Beanspruchung der

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 562.

Digitized by Google

Bahn den Mittelwert überschreitet, oder einen Überschuß über den Mittelwert aufzunehmen, wenn die Bahnbelastung unter dem Mittel liegt.

Außer den mechanischen Sicherheitsvorkehrungen, einer Feststellbremse, die auf dieselbe Achse wirkt, an welcher die Umkehrscheibe des Zugseiles befestigt ist und der Seilbremse am Fahrwerk der Kabinen, welche im Falle eines Zugseilrisses das Tragseil selbsttätig umklammert, sind noch eine Reihe elektrischer Sicherheitsmaßnahmen vorgesehen. Dazu gehören in erster Linie die elektromagnetischen Lüftungsbremsen, von denen die eine dem Hauptantrieb, die andere dem Hilfsantrieb zugeordnet ist. Weiters sind im Stromkreis zweier Schützen, welche im Magnetstromkreis der Steuerdynamo, bzw. im Hauptstromkreis des Hilfsmotors liegen, mehrere Sicherheitsschalter angeordnet, bei deren Öffnung der Motor stehen bleibt und der Bremslüftmagnet auslöst. Es tritt dies ein, wenn der Motorstrom zu hoch ansteigt, wenn die Drehzahl der Steuerdynamo oder jene des Motors eine zu große wird, endlich auch dann, wenn beim Einfahren in die Endstation die Geschwindigkeit nicht auf ein gewisses Maß heruntergesetzt oder wenn die Endlage überfahren wird. Außerdem sind an verschiedenen Stellen der Bergstation Druckknöpfe angebracht, deren Betätigung gleichfalls den Motor zum Stillstand und die Bremse zum Einfallen bringt.

Die Beleuchtung der Bergstation wird — abweichend von der Anordnung auf der Raxalpe — durch eine Dynamo versorgt, welche von dem jeweils laufenden Dieselmotor mitangetrieben wird. Bei Stillstand dieser Motoren kann auf die Akkumulatorenbatterie umgeschaltet werden. Jeder Personenwagen enthält eine besondere kleine Batterie, welche die Innenbeleuchtung, ferner wechselweise einen der beiden Scheinwerfer betreibt, die an den Stirnseiten der Kabinen außen angebracht sind.

In jeder Kabine befindet sich außerdem ein Telephon, welches dem Begleiter gestattet, mit der Bergstation zu sprechen. Die zugehörigen Leitungen werden durch das Tragseil und durch das elektrisch isolierte Zugseil gebildet. Bei kurzzeitigem Drücken des Alarmknopfes wird lediglich die Rufglocke der Bergstation betätigt; bei längerem Drücken läuft in der Bergstation ein Zeitrelais ab, dessen Kontakt im Sicherheitsstromkreis liegt und geöffnet wird. Auf diese Weise ist der Führer imstande im Gefahrfalle die Bahn von der fahrenden Kabine aus zum Stillstand zu bringen.

Dr. F. Horschitz.

Die C — C Güterzugslokomotiven der Schweizerischen Bundesbahnen. Die Seetalbahn ist eine normalspurige Nebenbahn, die im Jahre 1910 auf elektrischen Betrieb mit 5500 V, 25 Per/s, umgebaut wurde, wobei die ganze elektrische Ausrüstung von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. geliefert wurde. Als die S. B. B. im Jahre 1922 diese Linie übernommen haben, war der Verkehr bereits derart angestiegen, daß die vorhandenen Triebwagen nicht mehr ausreichten. Es wurden daher bei BBC drei Güterzugslokomotiven bestellt, welche mit Rücksicht auf die in absehbarer Zeit zu erwartende Übernahme dieser Strecke in das allgemeine Bahnnetz von 15 kV 16²/₃ Per/s sowohl für 5500 V 25 Per/s aus auch für 15 kV 16²/₃ Per/s geeignet sein sollten. Die Hauptangaben dieser, in der ersten Hälfte 1926 dem Betriebe übergebenen Lokomotive sind:

Bauart	C — C
Länge über Puffer	14 000 mm
Gesamter Radstand	10 800 „
Triebrad-Durchmesser	1 040 „
Übersetzungsverhältnis	1 : 3·7
Dienstgewicht	73 050 kg
davon Mechanisch	44 990 „
„ elektrisch	28 060 „
größtes Anhängegewicht	200 t
größte Steigung	37 vT
„ Anfahrzugkraft	ca 18 000 kg
„ Geschwindigkeit unter Strom	40 km/h

Die elektrische Ausrüstung sollte möglichst nur Konstruktionen verwenden, welche sich auch auf den übrigen S. B. B. - Lokomotiven vorfinden. Die C — C-Lokomotiven sind daher in Anlehnung an die 1 C-Verschublokomotiven[1]) gebaut. Vor allem wurde daher der gleiche Motor verwendet, der mit Widerstandsverbindungen am Kollektor sich am besten für die beiden Periodenzahlen eignet. Die Motorleistung beträgt 2 × 600 PS bei Drehzahl 550 (dauernd), 2 × 600 PS bei Drehzahl 560 (1 Stunde) und 2 × 760 PS bei Drehzahl 580 U/min (15 min), unter Zugrundelegung der amerikanischen Erwärmungsvorschriften und einer künstlichen Kühlung mit 100 m³/min Luft bei 50 bis 60 mm Wassersäule je Motor. Gegenüber der 1 C-Verschublokomotive arbeiten die Motoren hier mit stark herabgesetzter Kühlung, da die Seetalbahn zum großen Teil die Straße benutzt und man sonst unzulässige Verstaubung hätte fürchten müssen. Im übrigen sind die Motoren beider Lokomotiven austauschbar. Der Transformator von 570 kVA Dauerleistung steht im Mittelteil. Seine Primärwicklung ist unter dem Deckel umschaltbar. Die Niederspannungswicklung hat 13 Anzapfungen zwischen 117 bis 670 V bei 25 Per/s und 117 V bis 646 V bei 16²/₃ Per/s im Leerlauf. Da die Heizungseinrichtungen der Seetalbahn auf 220 V abgestellt sind, wird auf dieser mit 60 kV aus einer eigenen Heizstufe mit 200 kW und 1000 V geheizt. Die Kühlung erfolgt durch seitliche Kühltaschen. Durch Freihaltung des Raumes für eine Ölumlaufpumpe ist für eine allfällige spätere Leistungssteigerung vorgesorgt. Der Stufenschalter liegt wie bei allen BBC-Lokomotiven auf dem Transformatordeckel. Bis auf die zweite Kontaktbahn für den zweiten Motor ist auch er gleich wie bei den 1 — C-Lokomotiven. Sein Antrieb, sowie der der beiden Wendeschalter erfolgt von Hand, da die größte Einfachheit der Ausrüstung verlangt war. Die neuerdings für handbetätigte Stufenschalter gebaute Schnellabschaltung ist auch hier angewandt worden. Der druckluftbetätigte Scherenstromabnehmer hat zwei Wippen. Da er den ganzen Raum des kurzen Mitteldachs einnimmt, mußte der Ölschalter neben dem Transformator im Innern eingebaut werden. Die Beleuchtung erfolgt mit 36 V über einen Hilfstransformator und ist auf eine Akkumulatorenbatterie umschaltbar, welche für die Relaisbetätigungskreise dient. Die Austeilung der elektrischen Ausrüstung entspricht der der 1 C-Lokomotiven. Auf den symmetrischen Vorbauten stehen die Motoren mit ihren Kühlern, auf einem noch der Motorkompressor. Daran schließen sich beiderseits die Führerstände und der mit einem Seitengang versehene Transformatorraum, in dem die restlichen Apparate angeordnet sind. Auch der von der Schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur gelieferte mechanische Teil der Lokomotiven entspricht dem der Verschublokomotiven. Achsen, Stangen, Blindwelle und Zahnräder sind austauschbar und wurde bloß die Rutschkupplung der gefederten Ritzel weggelassen. Der Kasten kann mit der Brücke mittels Tragösen abgehoben werden und ruht auf Drehzapfen zwischen den beiden inneren Kuppelachsen der Laufgestelle. Die Zugänglichkeit der Einbauten ist durch Klappen sowie durch die Abnehmbarkeit des Drehmittelteils und der Dächer der Vorbauten gegeben. Eine der drei Lokomotiven ist als Verschubmaschine in Bellinzona, die beiden anderen auf der Seetalbahn in Verwendung und sie erfüllen bei beiden Betriebsarten die an sie gestellten schweren Bedingungen.

W l.

(BBC-Mitteilungen, Heft 3, 1927.)

Elektrisierung der spanischen Nordbahn. Das Jahr 1925 war das erste Betriebsjahr mit rein elektrischem Betrieb[2]) auf der Strecke Busdonogo — Campomanes. W. D. Beare berichtet über das wirtschaftliche Ergebnis im Vergleich zum Dampfbetrieb. Im Berichtsjahre wurden 585 639 Lok.-km gefahren, wovon rund 83 vH auf die Zugförderung und der Rest auf Verschub und Leerfahrten entfallen. Der Verkehr betrug rund

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 304.
[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 218.

Digitized by Google

134 Mill. tkm, davon 58 vH in der Bergfahrt. An elektrischer Energie wurden auf der Primärseite rund 9 173 800 kWh verbraucht, was 69 Wh/tkm Anhängegewicht und 53 Wh/tkm Zugsgewicht entspricht. Die Anzahl der Lokomotivkilometer ist gegenüber dem Dampfbetrieb auf 51·6 vH gesunken, während der Verkehr annähernd der gleiche blieb. Die Baukosten (für 62 km Streckenausrüstung, 14 km Primärleistung 30 000 V, 2 Umformerstationen, 12 Lokomotiven und Zubehör und die Lastbegrenzungs-Anlage) betrugen 16·455 Mill. Pes. Die Betriebskosten setzen sich zusammen aus: Verzinsung und Abschreibung der Anlage (7 vH) Pes. 1 151 850, Stromkosten 917 384, Streckenausrüstung (Personal 63 108, Material 15 876) 78 984, Umformeranlage (Personal 40 679, Material 10 000) 50 679, Lokomotiven (Fahrpersonal 191 692, Material und Reparaturen 229 232) 421 024, zusammen 2 619 921 Pes., was einer Ersparnis von 1 193 434 Pes. gegenüber dem Dampfbetrieb entspricht. Die vorhandenen 12 Lokomotiven von zusammen 948 t und 18 960 PS ersetzen 30 Dampflokomotiven von 1920 t Gewicht einschließlich der Tender. Wl.

(Gen. El. Rev., Bd. 29, Heft 12, 1926.)

Elektrische Apparate.

Die deutsche Einheit der Röntgenstrahlendosis. In Deutschland wurde bekanntlich von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Verein mit der Deutschen Röntgengesellschaft eine physikalisch definierte Einheit der Dosis für die Röntgentherapie festgelegt, nämlich: „Die absolute Einheit der Röntgenstrahlendosis wird von der Röntgenstrahlenenergiemenge geliefert, die bei der Bestrahlung von 1 cm³ Luft von 18° C Temperatur und 760 mm Quecksilberdruck bei voller Ausnutzung der in der Luft gebildeten Elektronen und bei Ausschaltung von Wandwirkungen eine so starke Leitfähigkeit erzeugt, daß die bei Sättigungsstrom gemessene Elektrizitätsmenge eine elektrostatische Einheit beträgt. Diese Einheit wird „1 Röntgen" genannt und mit „R" bezeichnet."[1]) H. Behnken und R. Jaeger erbringen den experimentellen Beweis, daß Anordnungen, die zur einwandfreien Messung der Ionisierbarkeit geeignet sind, auch zur Dosismessung in Röntgen dienen können, und ermitteln die Genauigkeit, mit der die „R"-Einheit derzeit angegeben werden kann, indem sie dieselbe Röntgenstrahlung mit verschiedenen Ionisationskammern ausmessen, und zwar mit der Druckluftkammer, der Faßkammer und der Luftwändekammer; mit der ersten in drei verschiedenen Ausführungen. Diese drei Arten der Druckluftkammer unterscheiden sich durch den Verlauf der Kurve Druck-Ionisationsstrom bei kleinen Drucken, wo Fehlerquellen sich geltend machen. Bei der ersten Form, der ursprünglich von Behnken zur Ermittlung der Einheit verwendeten, muß der Druck mindestens 7 at betragen, sonst erhält man zu hohe Ionisationsströme infolge von Wandelektronen. Bei der zweiten Form von O. Berg, W. Schwerdtfeger und R. Thaller erhält man unter zwei Atmosphären zu niedrige Werte; sie ist die meist verwendete. Diese Formen besitzen Schutzelektroden, bei der dritten Form fehlen solche, die Wandwirkung wird mitgemessen und rechnerisch berücksichtigt, indem ein konstanter Strombetrag vom gemessenen Wert abgezogen wird. Der Vergleich der Messungen mit den verschiedenen Kammern zeigt, daß sich bis zu Strahlungen von 180 kV und 1 mm Cu + 1 mm Al Filter Unterschiede von 1 bis 2 vH ergeben; die Genauigkeit ist also gegenüber der bei anderen physikalischen Messungen erreichten gering, für die Praxis der Dosismessung würde aber schon der individuellen Verschiedenheiten wegen eine Genauigkeit von 10 vH genügen. Für die Faßkammer von H. Holthusen, die darauf beruht, daß in einem großen Raum alle erzeugten Elektronen sich auslaufen können, begnügt man sich heute auf Grund neuerer Erfahrungen mit wesentlich kleineren Kammerdimensionen als früher: 25 cm Durchmesser und 50 cm Länge genügen. Bei bestimmter Elektrodenanordnung läßt sich vollkommene Proportionalität des Ionisationsstromes mit der Länge der Mittelelektroden erreichen, das heißt mit dem abnehmenden Nutzvolumen der Kammer. Verkleinerung des Kammerdurchmessers mittels konzentrischer Röhren ergibt, daß der Ionisationsstrom in Abhängigkeit vom Durchmesser von einem bestimmten Durchmesser ab nicht nicht mehr steigt; dieser ist der kleinstzulässige. 25 cm Durchmesser reicht für Strahlung von 165 kV durch 0·75 mm Cu. Auch diese Kammer stimmt mit den drei ersten bis auf 2 vH überein. Die Luftwändekammer von O. Glasser beruht auf einem anderen Prinzip. Die durch Röntgenbestrahlung in einem bestimmten Luftvolumen bei voller Ausnützung der darin gebildeten Elektronen und bei Ausschaltung von Wandwirkungen erzeugte Ionisation ist die gleiche wie die nur durch Wandwirkung erzeugte, wenn die Maße der Kammer klein sind im Vergleich zur Reichweite der Wandelektronen und wenn außerdem die Wand aus einem Material besteht, dessen „effektive Atomnummer" die gleiche ist wie die der Luft.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 269; 1927, Heft 7, S. 138.

Die effektive Atomnummer einer zusammengesetzten Substanz von der Form $a_1 N_1 + a_2 N_2 + \ldots$ ist

$$N_{eff} = \sqrt[3]{\frac{a_1 N_1^4 + a_2 N_2^4 + \ldots}{a_1 N_1 + a_2 N_2 + \ldots}}.$$

Dabei bedeuten a_1, a_2, . . . die Anzahlen der von der Substanz mit der Atomnummer N_1, N_2, . . . vorhandenen Atome, auch bei Gemischen. Auf dieser Grundlage läßt sich mit sehr kleinen Ionisationskammern von etwa 1 cm Durchmesser arbeiten, wenn das Kammermaterial wie die Luft $N_{eff} = 7{\cdot}69$ besitzt. Ist dies nicht der Fall, so ist die Ionisation eine andere, und zwar wächst sie wie $K + k\,N_{eff}^3$. Ein derartiges Kammermaterial ist sehr schwer zu finden und die Reinheit desselben ist von Wichtigkeit. Versuche wurden ausgeführt mit Kohle ($N = 6$), Magnesium ($N = 12$) und Aluminium ($N = 13$) und für 7·69 der Wert interpoliert. Diese kleinen Kammern bieten außer der leichten praktischen Verwendung für Strahlen von sehr verschiedener Härte, insbesondere auch Gammastrahlen, die Möglichkeit, die französische, von I. Solomon herrührende Röntgeneinheit mit der deutschen Einheit in Einklang zu bringen. Jene wird definiert als die Intensität einer Röntgenstrahlung, welche die gleiche Ionisation bewirkt, wie ein Gramm Radiumelement in der Entfernung von 2 cm von der Ionisationskammer bei Filterung der Strahlen durch 0·5 mm Platin. Sie wird ebenfalls mit „R" bezeichnet. Dies ist keine Dosis, sondern eine Dosisleistung, aus welcher die Dosis durch Multiplikation mit der Zeiteinheit (sec) erhalten wird, und das Maß ist nur bestimmt, wenn eine bestimmte, und zwar eine auch für Gammastrahlen brauchbare Kammer vorausgesetzt ist. Bei einer Luftwändekammer wäre das Verhältnis zwischen der Maßangabe in deutschen und französischen R immer konstant und könnte auf 1 gebracht werden, wenn statt 2 cm in der Definition eine entsprechende andere Entfernung gewählt würde. Gn.

(Zeitschr. f. techn. Physik, Bd. 7, Nr. 11, 1926.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Signaleinrichtung für zeitlich versetztes Anfahren starker Elektromotoren. Häufig sind an ein Kraftwerk mehrere große Elektromotoren mit intermittierendem Betrieb angeschlossen, zum Beispiel große Fördermaschinen mit oder ohne Leonard-Umformer. Ist das Kraftwerk verhältnismäßig nicht groß, so ergeben sich bei gleichzeitigem Anfahren von zwei oder mehreren Motoren Überlastungen der Kraftmaschinen und Generatoren, Auslösen von Schaltern und ähnliche Mißhelligkeiten, wenn nicht Vorsorge getragen wird, daß das Anfahren und sonstige Belastungsstöße zeitlich gegeneinander versetzt werden. Dies läßt sich bei sehr nahe beieinander gelegenen Motoren durch mechanische oder elektrische Signale erreichen, welche aber wegen der hohen Kosten schwer möglich sind, wenn die Schächte weit voneinander entfernt liegen. Für diese

Digitized by Google

Fälle hat Dr. Ing. Voigt eine besondere Einrichtung geschaffen, welche darin besteht, daß an den einzelnen Betriebsstellen je ein kleiner Synchronmotor läuft, welcher durch Vermittlung von Vorgelegen einen Zeiger antreibt, welcher über einer Kreisscheibe rotiert. Die Scheiben sind in abwechselnd helle und dunkle Segmente geteilt, deren Zahl der Zahl der Betriebsstellen entspricht. Die Zeiger laufen synchron und sind gegeneinander so versetzt, daß der Motorführer sicher ist, nicht gleichzeitig mit einem anderen anzufahren, wenn er die Zeit benützt, während welcher sein Zeiger über einem der hellen Felder spielt. Statt der Zeiger können die Synchronmotoren auch lokale optische oder akustische, zeitweise aussetzende Signale betätigen. Bei Inbetriebnahme und nach Netzstörungen erfolgt die richtige Einrückung der einzelnen Synchronmotoren entweder mit Hilfe der Telephonverbindungen zwischen Kraftwerk und Schächten, oder dadurch, daß mit kurzzeitigem Einschalten von Belastungen im Kraftwerk Zuckungen in den Glühlampen der Schächte als Signale hervorgerufen werden. Die beschriebenen Signalapparate werden von der Siemens & Halske A.-G. in der Form größerer elektrischer Meßinstrumente hergestellt, in deren Gehäuse der kleine Synchronmotor mit dem Getriebe untergebracht ist. Zum Synchronisieren wird der Zeiger in der Nullage durch einen Haltemagnet festgehalten, welcher erregt ist, sobald ein Druckknopf betätigt wird. Beim Loslassen desselben kuppelt sich der Zeiger sofort mit seiner Welle.

Ho.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 10, 1927.)

Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Der eisenlose Induktionsofen. W. Fischer berichtet über die Fortschritte auf dem Gebiet des Baues von Hochfrequenzöfen, insbesondere für metallurgische Zwecke.[1]) Der Hochfrequenzofen wurde zuerst von Northrup[2]) entwickelt, die Firma Lorenz, Berlin hat gemeinsam mit dem Kaiser Wilhelm-Institut in letzter Zeit an der Ausbildung für die metallurgische Praxis gearbeitet. Der Hochfrequenzofen stellt einen sekundär kurzgeschlossenen Lufttransformator dar, dessen Sekundärwicklung ein massiver Metallkörper ist, in dem starke Stromverdrängung auftritt. Der sekundäre Belastungswiderstand des gewöhnlichen Lufttransformators ist

$$A^2 R_2 \text{ mit } A^2 = \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + \omega^2 L_2^2},$$

worin A eine Art Übersetzungsverhältnis, R_2, M, L_2 und ω die bekannten Transformatorelemente sind. Bei einem massiven Zylinder als Sekundärkreis wird

$$A^2 R_2^2 = (2\pi)^2 n^2 r_0^3 f \mu P.$$

r_0 Halbmesser des Innenzylinders, n die Windungszahl der Primärwicklung auf 1 cm Höhe, μ die Permeabilität des Materials, f die Frequenz, σ die Leitfähigkeit, P ist eine Funktion des Argumentes $q = 2\pi r_0 \sqrt{2 f \mu \sigma}$, **eine Kurve asymptotisch zur x-Achse mit stark ausgeprägtem Maximum am Anfang. P wird für $q > 8$ näherungsweise durch $\frac{\sqrt{2}}{q}$, für $q < 1$ durch $P = \frac{q^2}{8}$ dargestellt. Die in Wärme umgesetzte Leistung ist proportional $r_0^3 f \mu P = C$** Für große Werte von q wird

$$C = \frac{r_0}{2\pi}\sqrt{\frac{f\mu}{\sigma}},$$

für kleine q wird

$$C = \pi^2 r_0^4 f^2 \mu^2 \sigma.$$

Im ersten Fall wächst die Leistung linear mit r_0, also bei gleicher Spule mit dem Zylinderdurchmesser, mit $\sqrt{f}$ und $\sqrt{\mu}$ und fällt mit $1/\sigma$. Bei kleinem q steigt die Leistung mit der Leitfähigkeit linear, mit der Frequenz und Permeabilität quadratisch, mit dem Zylinderradius oder der Kopplung mit der 4. Potenz. Die Leistung als Funktion der Frequenz steigt zuerst mit deren Quadrat, nach einem Knie, das dem Maximum von P entspricht nur mehr mit der Wurzel aus der Frequenz. Die maximale Leistung wird bei einem bestimmten σ erreicht, welches gleich ist $\frac{0{\cdot}08}{r_0^2 f}$. Die Leitfähigkeit aller festen Metalle ist so groß, daß man bei Frequenzen über 1000 und Zylinderhalbmessern über 2 cm immer auf dem flachen oberen Teil der Leistungskurven arbeitet. Der Wirkungsgrad hängt von der Frequenz ab, wobei auch der steigende Widerstand der Primärwicklung eine Rolle spielt, der durch Verluste den Wirkungsgrad verschlechtert. Bei Metallen, wo man auf dem flachen Teil der Kurve arbeitet, soll man deswegen nie mit der Frequenz über 20 000 gehen. Ferner ist der Umformerwirkungsgrad von Bedeutung, der bei Maschinen bis zu 10 000 Per/s 60 bis 70 vH, dagegen bei nur 500 Per/s 75 bis 82 vH beträgt. Bei höheren Frequenzen, erzeugt mit Funkenstrecke oder Poulsengenerator, ist der Wirkungsgrad nur 30 bis 40 vH. Dies führt dazu, daß neuerdings in Amerika 500 Per/s bevorzugt werden, besonders bei großen Öfen; bei kleinen ist 8000 die Regel. Der Ofen liegt abgestimmt mit einem Schwingungskreis in Stromresonanz oder in Spannungsresonanz- oder der Regulierfähigkeit wegen in sogenannter vereinigter Schaltung. Der Scheinwiderstand des Ofens ändert sich während des Betriebes sehr stark, reguliert wird ausschließlich mit der Abstimmung. Die bekannten Vorteile des Hochfrequenzofens sind insbesondere guter thermischer Wirkungsgrad, beliebige Gasatmosphäre, dadurch Vermeidung von Abbrand, die elektromechanische Bewegung im Bad, Möglichkeit kalten Schrot einzusetzen, was ihn besonders für das Laboratorium wertvoll macht. Gn.

(Zeitschr. f. techn. Physik, Bd. 7, Nr. 11, 1926.)

Hochspannungs-Elektrodendampferzeuger für 3000 bis 8000 V. Zuppinger. Die Maschinenfabrik Oerlikon erzeugt neuerdings ihre Elektrodendampferzeuger für direkten Anschluß an Spannungen zwischen 3000 und 8000 V, wobei Leistungen von etwa 300 kW aufwärts in Betracht kommen und im Allgemeinen mit der Spannung auch die Leistung steigt, die bis zu 5000 kW reicht. Die Leistung wird durch Veränderung des Wasserspiegels geregelt, die Elektroden bleiben fest. Sie sind in Stern geschaltet, wobei der Kessel den Mittelpunkt bildet. Zwischen den Elektroden sind im Innern auswechselbare Isolierstücke in einem Eisenrahmen befestigt. Die Deckeldurchführungen bestehen aus drei Hülsenteilen; der Deckel kann samt den Elektroden und der Zwischenisolation abgehoben werden. Die Elektrodenabnutzung ist sehr gering und der Wirkungsgrad hoch, er wurde an einer 6400 V, 1200 kW Anlage zu 98 vH gemessen. In der Stromzuführung wird in der Bedienungsschalttafel ein dreipoliger Ölschalter mit dreifacher Maximalstromauslösung eingebaut. Es lassen sich als weitere Sicherungen zwei Wasserkontakte einbauen, von denen der obere die Speisepumpe abstellt, wenn der Wasserspiegel eine bestimmte Höhe erreicht hat, der untere schaltet den Ölschalter aus, wenn der Wasserinhalt seinen Mindeststand erreicht. Die Stromunterbrechung erfolgt somit nicht an den Elektroden. Diese Kessel, welche zusammen mit der Maschinenfabrik Escher Wyss in Zürich gebaut werden, zeichnen sich durch ihre einfache Bedienung und Betriebssicherheit aus.

Wl.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 69, März 1927.)

Baustoffe.

Almelec, eine neue Aluminiumlegierung für Freileitungen. Von E. Dusaugey. Almelec ist eine Aluminiumlegierung, die von der Comp. de Produits chimiques et electrométallurgique d'Abais, Froges et Camargue, hergestellt wird und in ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften der Aluminiumlegierung von Neuhausen[1]) ähnlich ist. Sie enthält 98·5 Al, 1·2 vH

[1]) Vgl. Zur Kenntnis des Hochfrequenz-Induktionsofens (Mitt. aus dem Kaiser Wilhelm-Institut). E. u. M. 1927, Heft 23, S. 475.

[2]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 157, 421; 1923, S. 492; 1924, S. 560; 1925, S. 972.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 137.

Digitized by Google

Magnesium und Silizium und wird einer besonderen wärmetechnischen und mechanischen Behandlung unterzogen. Die Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse wurde in der scharfen Probe des Badens in Salinenlösung nachgewiesen und es besteht die begründete Vermutung, daß sich die Legierung ähnlich günstig wie das bisher für Freileitungen verwendete Aluminium verhalten wird. Die Bruchfestigkeit beträgt 35 kg/mm², die Bruchdehnung 8 vH bis 10 vH, die Belastung für eine bleibende Dehnung von 3 vH: 23 bis 25 kg/mm², für 30 vH Dehnung: 32·5 kg/mm², nach vorhergegangener Reckung bei 1 vH Dehnung: 26 bis 27 kg/mm², die Elastizitätszahl 6450, die Wärmedehnungzahl $2{\cdot}3 \cdot 10^{-6}$, der Widerstand bei 15° für 1 mm² und 1 m Länge 31 Mikroohm, entsprechend einer spezifischen Leitfähigkeit von 32·3. Das Anwendungsgebiet der neuen Legierung wird dort zu suchen sein, wo der Querschnitt des Drahtes wegen des mechanisch erforderlichen Mindestquerschnittes elektrisch nicht voll ausgenützt werden kann, ferner bei Schwachstromleitungen, wo bei einem Drahtdurchmesser von 3·33 bis 4 mm und einer Spannweite von 50 m der Aluminiumdraht einen geringeren Durchhang aufweist als der Kupferdraht von dem gleichwertigen Durchmesser von 2·5 bis 3 mm. Versuchsweise hat die französische Post- und Telegraphenbehörde 400 km dieses Aluminiumdrahtes eingebaut. V. H.

(Revue Gén. de l'Electricité, Bd. 21, Heft 8, 1927.)

Glyptal, ein neues künstliches Harz. H. Warren. Den Erzeugnissen der Phenol-Formaldehydgruppe, bekannt unter dem Namen der Bakelite usw., haften vornehmlich folgende Nachteile an: geringer Widerstand gegen die Einflüsse von Überschlägen und Entladungen (Kriechspuren), Fehlen der Biegsamkeit und Unfähigkeit, Glimmer zu binden. Das von der Gen. El. Co. durchgebildete Glyptal vermeidet diese Nachteile. Es ist, wie schon der Name andeutet, ein Erzeugnis von Glyzerin und phtalischem Anhydrit, von schwach gelblichem bis wasserhellem, durchscheinendem Aussehen, das durch Hitzebehandlung unbrennbar und unlöslich wird. Bei hohen Temperaturen wird es lederartig und biegsam. In Azeton lösbar eignet es sich für lackartige Überzüge. In der Elektroindustrie wird es verwendet zur Erzeugung von Platten, Stäben, Rohren, kann zur Ausfüllung und schließlich Bindung verschiedener Stoffe genommen werden. Es verbindet bei hoher Widerstandsfähigkeit gegen Entladungen die besten Eigenschaften des natürlichen Gummi und Schellack mit der Gleichmäßigkeit und Anpassungsfähigkeit der künstlichen Stoffe. Glyptal vermag glatte Flächen, wie Metalle, Glas, Porzellan zu verbinden. Die vollständige Unempfindlichkeit gegen Überschläge, gegen die Einwirkung von Wasser und Öl macht das mit Glyptal gebundene Mika, dessen Widerstandsfähigkeit gegen Abnützung der des Kupfers gleichkommt, sicher gegen Zersetzung. Seine elektrische Festigkeit ist bei 0·003 Zoll Stärke 620 V je Tausendstel Zoll, der Verschiebungswinkel ist bei 100 Kilozykel 1·95, die Dielektrizitätskonstante beträgt 5·2. Die Festigkeit gegen Volumsveränderungen ist eine große. Die Destillationsprodukte sind chemisch vollständig indifferent, insbesondere ohne jeden Einfluß auf Kupfer. Die Kosten sind derzeit noch hoch, werden aber bei Massenerzeugung sicher sinken und bieten dann den Vorteil eines gleichbleibenden Preises gegenüber dem wechselnden des Schellack. V. H.

(The Electrician, Bd. 98, Nr. 2546, 1927.)

Ein neuartiger amerikanischer Filtrierapparat zur Reinigung von Transformatoren- und Schalterölen enthält im Inneren eines vertikal aufgestellten Stahlzylinders eine Reihe im Kreis angeordneter Röhren, die aus kreisringförmigen Messingplättchen geschichtet sind. Elektrisch aufgeschweißte, kupferne Buckeln halten diese Blättchen in einer Distanz von 0·1 mm. Das Öl durchstreicht diese Unzahl von Spalten, wobei sich an den Scheiben ein Ölfilm einstellt, der den Spalt noch weiter reduziert, so daß nicht nur mechanische Verunreinigungen, sondern auch Feuchtigkeitsbestandteile infolge der größeren Oberflächenspannung derselben sicher abgehalten werden. Das zu Boden absinkende Wasser kann dann mit Hilfe einer Ablaßschraube entfernt werden. Das Öl dagegen nimmt seinen Weg in dem kreisförmigen Hohlraum nach abwärts und sodann durch ein innen liegendes Rohr wieder nach oben, um schließlich vollkommen gereinigt den Deckel des Apparates zu verlassen. Der Stahlzylinder ist luftdicht abgeschlossen und während des Betriebes zur Gänze mit Öl gefüllt, so daß ein Mitreißen von Luftteilchen vermieden ist. Ein mit Drehzahlregelung ausgestattetes Pumpenaggregat ermöglicht Druckerhöhung, damit nicht bei beginnender Verschmutzung der Öffnungen das Durchströmen unterbunden werde. Bei einer erforderlichen Drucksteigerung bis auf 7 at hat die Reinigung des Filters, und zwar durch Umkehr der Stromrichtung zu erfolgen. Hiezu ist eine Ölmenge von 40 bis 80 l ausreichend, die unter einem Druck von etwa 14 at in wenigen Minuten den Apparat vollkommen säubert. Bezüglich der Leistung dieses Filters wird angegeben, daß ein Apparat mit zwölf Rohren eine stündliche Menge von 9 bis 10 hl Transformatoröles normaler Verhältnisse und einer Temperatur von 35° C bei einem Druck von 9 at einwandfrei reinigt, wie durch die veröffentlichten Versuchsergebnisse gezeigt wird. St. Schw.

(Electrical World, Bd. 89, Nr. 13, 1927.)

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

(Fortsetzung aus Heft 24, Seite 492.)

Spannungsregler, Stromregler.

Auf einen Spannungsregler, bei dem die Erregung eines Stromerzeugers durch den Widerstand einer mehr oder weniger zusammengepreßten Säule aus Kohlenscheiben beeinflußt wird und bei welchem die Säulenpressung durch die Differenzwirkung einer größeren Federkraft und einer kleineren, von der zu regelnden Spannung abhängigen Magnetkraft hervorgerufen wird, bezieht sich eine Erfindung der Firma Naamlooze Vennootschap Machinerieeen en Apparaten-Fabrieken in Utrecht (Holland). Gemäß der Erfindung greift neben der Gegenfeder *E* (Abb. 1) für den Magneten *A* eine zweite Feder *K* derart unmittelbar oder mittelbar an dem den Druck auf die Kohlensäule *G* ausübenden Organ (Anker *C*) an, daß sie bei stromlosem Magneten *A* und ausgehängter Gegenfeder den von der Kohlensäule *G* beim Zusammenpressen ausgehenden Reaktionskräften in jeder Ankerstellung das Gleichgewicht hält und zur Verschiebung des beweglichen Systems, abgesehen von der geringen Reibung in den Schneiden *D*, *F* und *J*, keine Kraft erforderlich ist. Dazu ist beispielsweise beim Ankergegengewicht *L* auf jeder Seite eine leichte Platte *M* aufgesetzt, die am oberen Ende einen Aufhängepunkt *N* für ein in die Feder *K* eingehängtes Zugorgan besitzt. Durch geeignete Wahl des Aufhängepunktes *N* und zweckmäßige Anordnung der Schneiden *D*, *F* und *J* kann in jeder Ankerlage das Kräftegleichgewicht hergestellt werden. Auf der Platte *M* aufgesetzte Stifte *P* dienen zur Regulierung des Federkraftabstandes (Zugglied *O*) vom Ankerdrehpunkt. Ein Anschlag *Q* begrenzt den Ankerausschlag.

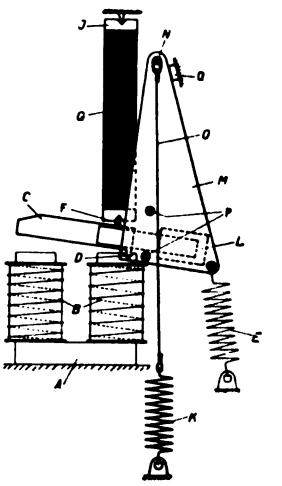


Abb. 1.

(D. R. P. Nr. 438433.)

Gemäß einem Vorschlage der AEG in Berlin wird bei elektromagnetischen Reglern für elektrische Anlagen eine verbesserte Regulierung und eine leicht zu verändernde Einstellung dadurch erzielt, daß am Spulenkörper des Reglermagneten besondere Magnetpole angebracht sind, die den Stirnflächen des beweglichen

Digitized by Google

Magnetkernes gegenüberstehen, so daß die Zugkraft und damit die Hubbewegung des Magnetkernes vergrößert und dadurch das Gewicht des Regelorganes, welches der Zugkraft des Elektromagneten entgegenwirkt, ausglichen wird. Handelt es sich um einen Regler für Wechselstromanlagen, so kann man um den Magnetkern eine verstellbare Kurzschlußschleife legen, die eine Einstellung für mehrere Spannungswerte ermöglicht. (D. R. P. Nr. 434459.)

Bei Schnellreglern ist es üblich, Vorkehrungen gegen periodische Schwebungen der zu regelnden elektrischen Größe, zum Beispiel der Spannung, zu treffen: dazu diente bisher ein besonderes Relais oder eine Relaisspule, welche auf den Regler rückführend einwirkten. Gemäß einer Erfindung der AEG in Berlin wird dieser Zweck in einfacherer Weise dadurch erreicht, daß die zu regelnde Spannung über Entladungsgefäße mit Glühkathode auf die Spule eines Relais einwirkt, das die Schnellregelung der Widerstände im Erregerkreis der zu regelnden Maschine überwacht und gleichzeitig Widerstände in den Glühkathodenkreisen schaltet. Diese Widerstände sind durch einen besonderen Kontakt des genannten Relais kurzgeschlossen, wenn dieses geöffnet ist. Beim Schließen des Relais wird daher der Widerstand in den Glühkathodenkreisen erhöht und hierdurch der Strom, der durch die Glühkathoden an die Relaisspule geliefert wird, herabgesetzt, wodurch die Öffnung des Relais beschleunigt wird. Hierdurch werden abnorme Spannungsschwankungen des Netzes vorweggenommen und ein Durchgehen verhindert. (D. R. P. Nr. 433748.)

Als Schutz für Generatoren gegen Überlastungen werden Reguliereinrichtungen verwendet, die die Erregung der Generatoren entsprechend einer auftretenden Überlast herabsetzen. Man muß nun außerdem noch in vielen Fällen Überstromrelais vorsehen, um bei Kurzschlüssen in der Nähe der Generatoren diese abschalten zu können. Ein solches Relais kann man nun ersparen, wenn gemäß einem Vorschlag der AEG in Berlin mit einem Reglerteil eine gegebenenfalls einstellbare Kontaktvorrichtung verbunden ist, die in einer bestimmten Stellung des Reglers die Maschine abschaltet. Diese Einrichtung hat außerdem den Vorteil, daß man bei der Einstellung des Reglers vollkommen freie Hand hat und hiebei nicht an die Einstellung des zur Abschaltung dienenden Relais gebunden ist. (D. R. P. Nr. 443292.)

Es ist bekannt, zum Schutz gegen Überstrom in Mehrphasenanlagen Regler einzubauen, die bei einem gewissen Höchststrom ansprechen und dabei die Erregung der die zu schützende Anlage speisenden Maschinen herabsetzen. Den Übelstand, daß bei Mehrphasenanlagen die Wirkung des Reglers verschieden ist, je nachdem ein einphasiger Kurzschluß (Erdschluß), ein zwei- oder dreiphasiger Kurzschluß auftritt, hat man dadurch zu beheben versucht, daß man so viele Schutzrelais vorsah, als Netzphasen vorhanden waren. Auch diese Lösung ist unvollkommen, da bei der selbsttätigen Wiedereinschaltung des Hauptreglers das Relais plötzlich die volle Spannung auf das Netz schalten wird, was zu Stromstößen und Überspannungen führen kann. Die Österreichischen Brown Boveri-Werke A.-G. in Wien bilden deshalb den Regler selbst so aus, daß er auf Überstrom in allen Phasen des Netzes anspricht, was dadurch erreicht wird, daß der Regler mit ebenso vielen von einander unabhängigen, elektrisch getrennten Magnetsystemen ausgerüstet ist, als Netzphasen vorhanden sind, daß aber alle Magnetsysteme auf ein einziges, gemeinsames Regelorgan einwirken. Jedes Magnetsystem besitzt dabei eine eigene einstellbare Gegenfeder. (Ö. P. Nr. 106336.)

Bekannte Fliehkraftregler nach dem Tirrillprinzip benützen die elastische Kraft einer Stahlfeder zur Kompensation der Zentrifugalkraft und die Schwerkraft als Steuerkraft, unter deren Einwirkung bei jeder Umdrehung ein Kontakt geöffnet und geschlossen wird. Bei einigen Reglern dieser Art ist das Gleichgewicht zwischen Zentrifugal- und Federkraft ganz oder nahezu indifferent, bei anderen extrem stabil. Ein Nachteil dieser Regler ist, daß zum Einstellen der Kontaktfedern die Maschine jedesmal stillgesetzt werden muß und auch ihre Drehzahl nicht kontinuierlich verändert werden kann. Ebenso ist die sowohl ihrem Betrage nach als auch ihrer zeitlichen Form nach unabänderliche Schwerkraft als Steuerkraft von Nachteil. Das Unterbrechen und Schließen der Kontakte soll nicht in der gleichen Zeitdauer erfolgen, sondern die Entfernung der Kontaktfeder soll wegen des Unterbrechungslichtbogens schneller erfolgen als die Annäherung. Nach einer Erfindung der Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. in Berlin werden diese Nachteile dadurch vermieden, daß zur Kompensation der Zentrifugalkraft die Anziehungskraft eines Elektromagneten oder eines permanenten Magneten verwendet wird. Eine Kreisscheibe auf der Motorachse trägt in der Nähe der Peripherie einen Elektromagneten, auf dessen beweglichen Anker ein Kontakt befestigt ist, der unter Einwirkung der Zentrifugalkraft einen zweiten, festen Kontakt berührt bezw. infolge der Anziehung durch den Magneten von ihm entfernt wird. Der Strom für die Erregerspule des Magneten wird über Schleifringe zugeführt und kann durch einen außen liegenden Vorschaltwiderstand geändert werden. Durch die derart einstellbare Anziehungskraft läßt sich bei jeder beliebigen Drehzahl Gleichgewicht zwischen Magnet- und Zentrifugalkraft herstellen. Zum Zweck der Herstellung indifferenten Gleichgewichtes kann man den Anker entweder mit einer zusätzlichen Blattfeder verbinden oder besser den Polflächen des Magneten und dem Anker solche Form geben, daß die Anziehungskraft proportional mit der Entfernung von der Achse wächst. Der Erregerspule wird ein sich periodisch ändernder Strom (zum Beispiel Wechselstrom, Stoßstrom oder Wellenstrom) zugeführt, dessen Periodenzahl der zu regelnden Drehzahl proportional ist und einer synchron mit der zu regelnden Maschine angetriebenen Vorrichtung entnommen werden kann. Dadurch wird die gewünschte Schwingung des den Kontakt tragenden Gliedes und damit eine synchron mit der Drehzahl folgende Öffnung und Schließung des Kontaktes erzielt. (Ö. P. Nr. 105550.)

Regelung von Gleichstrommaschinen.

Eine Gleichstrommaschine mit einer von der Umlaufzahl und dem Drehsinn unabhängigen Spannung, bei welcher der Anker eine ein- oder mehrphasige Steuerbelastung erfährt, bildet den Gegenstand einer Erfindung der Maschinenfabrik Eßlingen in Eßlingen. Erfindungsgemäß wird der Anker durch einen gegenüber den Hauptbürsten versetzten Hilfsbürstensatz in der bei Querfeldmaschinen üblichen Weise unmittelbar über einen Widerstand oder eine Hilfserregerwicklung kurzgeschlossen. Die Verbindung der Wechselstromsteuerung mit dem Kurzschluß des Ankers über die Hilfsbürsten liefert also ein Feld, das der Drehzahl umgekehrt proportional ist und seine Richtung mit dem Drehsinn wechselt. Die Maschine liefert mithin bei gleichbleibender Erregung eine von der Drehzahl unabhängige Spannung mit einem vom Drehsinn unabhängigen Vorzeichen. Sind die Hilfsbürsten über eine Hilfserregerwicklung kurzgeschlossen, kann je nach Einstellung der Wicklungsachse sowohl eine Abnahme wie eine Zunahme der Gleichspannung mit der Umlaufzahl erreicht werden. (D. R. P. Nr. 436194.)

(Fortsetzung folgt.)

Chronik.

Dr. Franz Křižik.

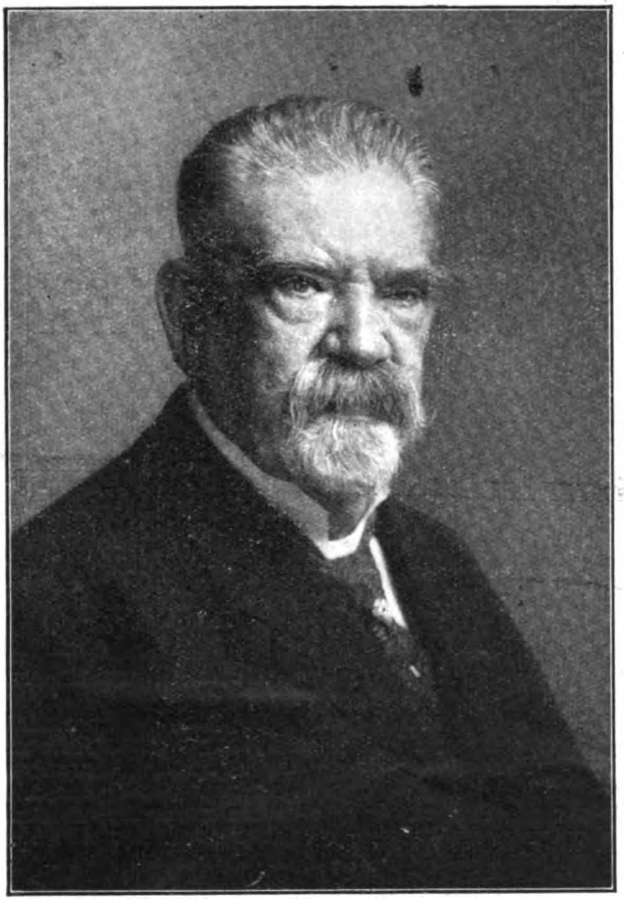
Vor kurzem hat einer der Schöpfer der Elektrotechnik, Dr. Franz Křižik, sein achtzigstes Lebensjahr vollendet.

In Plánice in Böhmen am 7. Juli 1847 als Sohn armer Eltern geboren, kam er als zehnjähriger Junge nach Prag, um sich dort technischen Studien zu widmen, wozu er sich mühselig die Mittel durch Unterricht verschaffen mußte. Mit zwanzig Jahren kam er zur Kaiser Ferdinands-Nordbahn und wurde dem Signaldienste zugeteilt, wo er bald Gelegenheit fand, seine Erfindungsgabe zu zeigen; er konstruierte eine elektrische Distanzsignaleinrichtung, die von Bela Egger, der damals eine mechanische Werkstätte in Wien besaß und nachmalig die Vereinigte Elektrizitätsgesellschaft gründete, zur Ausführung übernommen worden ist. Durch Selbst-

Digitized by Google

studium erweiterte er seine Kenntnisse auf dem Gebiete des Elektrizitätswesens und unermüdlich schuf er eine Reihe von elektrischen Erfindungen und Apparaten, die ihn bald in die erste Reihe der Elektrotechniker Österreichs brachten und ihm nicht unverdient den Beinamen „österreichischer Edison" verschufen, mit dem Křižik nicht allein das Alter teilt — auch Edison ist im Jahre 1847 zur Welt gekommen — sondern auch den Entwicklungsgang, ohne freilich durch jene ausgiebige Reklame unterstützt zu werden, die dem Amerikaner zuteil wurde.

Als Beamter der Pilsner-Piesenerbahn konstruierte er in einer eigenen kleinen Werkstätte in Pilsen einen Bogenlampenregulator (Spule mit konischem Eisenkern) und schuf damit die erste Bogenlampe mit tadellos funktionierender, selbsttätiger Regulierung, die die Lichtteilung ermöglichte. Diese Bogenlampe, die den Namen Křižik auf der ganzen Welt bekannt machte, wurde auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1881 mit der goldenen Medaille ausgezeichnet. Auf der Wiener elektrotechnischen Ausstellung im Jahre 1883 installierte Křižik zum ersten Male 20 Bogenlampen in einem Stromkreise und eine große Lampe für 100 000 Kerzen. Die Beleuchtung der Albrechtsrampe in Wien mit elektrischem Lichte bei einer festlichen Gelegenheit wirkte sensationell und erregte in der damaligen Zeit allgemeinen Beifall.



Aus dem Verkaufe seiner Patente an die Firma Schuckert in Nürnberg gewann Křižik die Mittel zur Errichtung einer eigenen Werkstätte in Karolinenthal, in die er im Jahre 1884 übersiedelte. Anfangs beschäftigte Křižik nur 7 Arbeiter; bald aber mußte er seine Fabrik erweitern, zumal er die Fabrikation von Leitungsmaterialien, Kabeln, isolierten Drähten, sowie die von Akkumulatoren und Beleuchtungskörpern aufnahm und als Erster in Böhmen mit dem Bau von Städtezentralen begann. Daß er bei seinen Bestrebungen, der elektrischen Beleuchtung Bahn zu schaffen, oft gegen Vorurteile und gegen eine manchmal nicht einwandfreie Konkurrenz zu kämpfen hatte, kann nicht wundernehmen; jedoch gelang es ihm, die auftretenden Widerstände zu beseitigen und stets neue Erfolge zu buchen.

Als einer der Mitschöpfer der Prager Jubiläumsausstellung im Jahre 1891 war Křižik die Seele dieses großen Unternehmens; er installierte 250 Bogenlampen und 1500 Glühlampen, betrieb die herrliche Lichtfontäne und die erste elektrische Straßenbahn unter Aufwendung eigener Mittel.

Křižik war auch der erste, der der systematischen Ausnützung der Wasserkräfte und Kohlengruben zur Gewinnung elektrischer Energie das Wort redete, ohne freilich mit dieser Idee besonderen Anklang zu finden. Die damals in Böhmen im Bau befindlichen Wasserstraßen so auszubauen, daß ihre Wasserkräfte nutzbringend verwertet werden können, wurde versäumt trotz der eindrücklichen Ermahnungen Křižiks, dessen Bemühungen der Zeit voraneilten und keinen fruchtbaren Boden fanden.

Bestrebt, die Verwendungsmöglichkeit des Gleichstromes für den Eisenbahnbetrieb darzutun, erbaute Křižik mit großen Opfern die erste elektrische Lokalbahn in Böhmen von Tábor nach Bechyně bei Verwendung hochgespannten Gleichstromes von 1500 V nach dem Dreileitersystem mit Schiene als Mittelleiter.

Eine der verdienstvollsten Taten Křižiks waren die überaus kostspieligen Versuchsfahrten mit einer Gleichstromlokomotive von 800 PS bei einer Spannung von 3000 V auf der Stadtbahnstrecke in Wien, mit denen er hervorragende technische Erfolge zu erzielen wußte. Bekannt ist auch eine andere Versuchslokomotive für die Wiener Stadtbahn mit Gleichstrom-Untergestell-Doppelmotoren für 2×130 PS, 750 V, 545 U/min, bei der zwei in Reihe geschaltete Motoren auf das große Zahnrad arbeiten.

Im Jahre 1906 ins österreichische Herrenhaus berufen, regte Křižik die Herausgabe des großen Katasters der Wasserkräfte an und förderte auf das Tatkräftigste die systematische Elektrisierung des Staates. In Anerkennung der großen Verdienste, die sich Křižik um die Entwicklung der Elektrotechnik erworben hat, verlieh ihm die Čechische Technische Hochschule in Prag das Ehrendoktorat.

Ungeachtet seiner achtzig Jahre steht Dr. h. c. Křižik heute noch rüstig als Präsident an der Spitze des von ihm begründeten Unternehmens, der Křižik-Werke A.-G.

Seine Verdienste um das wirtschaftliche Leben seines Vaterlandes wurden im März d. J. durch die Verleihung des Dr. Kaslik-Preises anerkannt.

Auch der Elektrotechnische Verein in Wien, zu dessen Gründern Křižik zählt, hat die vielfältigen Verdienste, die sich Křižik um die Elektrotechnik erworben hat, die Unterstützung, die der Verein bei Beratung technischer und wirtschaftlicher Fragen und die Zeitschrift, in der er seine Arbeiten und Vorträge veröffentlichte, bei ihm fanden, gewürdigt und ihn zu seinem Ehrenmitglied ernannt.

Die Wiederkehr des 80. Geburtstages gibt dem Elektrotechnischen Verein in Wien die Gelegenheit, der vorbildlichen Tätigkeit Křižik neuerlich rühmend zu gedenken und ihm zu wünschen, daß er sich seiner Erfolge erfreuen möge ad multos annos.

Kusminsky.

Internationale Elektrotechnische Kommission (I. E. C.).

Programm der Tagung 4. bis 24. September 1927 in Italien.

(Bellagio, Como, Mailand, Venedig, Florenz, Rom.)

4. September: Begrüßung der Teilnehmer in Bellagio.
5. September: Komiteeberichte (Antriebsmaschinen allgemein, Meßinstrumente).
6. und 7. September: Komiteeberichte (Wasserturbinen, Bemessung elektrischer Maschinen, Normalspannungen, Isolieröle).
8. September: Komiteeberichte (Dampfturbinen, Benennungen, Klemmenbezeichnung, Lampenfassungen und Sockel, Symbole).

Digitized by Google

9. September: Besichtigung der elektrischen Anlagen am Liro der Soc. Gen. Edison di Elettricità.
10. September: Komiteeberichte (Dampfturbinen, Benennungen, Klemmenbezeichnung, Symbole, Bahnmotoren, Vorschriften).
11. September: Volta-Feier in Como in Verbindung mit dem internationalen Physiker-Kongreß.
12. September Komiteeberichte (Bahnmotoren, Röhrensockel, Bewertung von Wasserkräften, Meßinstrumente, Symbole, Committee of Action).
13. und 14. September: Exkursionen nach Mailand und Venedig.
15. September: Besichtigung der Kraftanlage S. Croce an der Piave (Conegliano) der Soc. Adriatica di Elettricità.
16. September: Besichtigungen in Venedig.
17. und 18. September: Besichtigungen in Florenz.
19. bis 22. September: Besichtigungen in Rom.
22. September: Hauptversammlung in Rom und Schluß der Tagung.
23. September: Besichtigungen in Pisa und der Bahnanlage Pisa — Genua.
24. September: Exkursion zur Unterstation Arquata bei Genua der Soc. Gen. Edison di Elettricità.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die elektrotechnische Industrie. (Aus der Veröffentlichung des Reichsverbandes der Deutschen Industrie für die Internationale Wirtschaftskonferenz des Völkerbundes in Genf.) Die elektrotechnische Industrie nimmt innerhalb der Gesamtindustrie insofern eine Sonderstellung ein, als sie in großem Umfang für Anwendungsgebiete arbeitet, deren Wirkungsbereich weit über die Grenzen der Staaten, ja über die Grenzen der Kontinente hinausgreift. Dieser Sondercharakter macht auf dem Gebiete des Schnellnachrichtenverkehrs die internationale technische Zusammenarbeit zu einer zwingenden Notwendigkeit. Aber auch auf dem Gebiet des Starkstroms müssen sich mit der Vervollkommnung in der Erzeugung und Fortleitung elektrischer Energie stärkere internationale Zusammenhänge ergeben, die auch auf diesem Gebiete nach erhöhter internationaler technischer Zusammenarbeit drängen. Auch die wirtschaftlichen Interessen der Elektro-Einfuhrländer bedürfen der technischen Vereinheitlichung der Fabrikate, die nur in technischer Zusammenarbeit der Elektro-Ausfuhrländer erreichbar ist. So ergibt sich für das gesamte Gebiet der Elektrotechnik die technische Gemeinschaftsarbeit als eine immer dringlicher werdende internationale Aufgabe.

Auf dem Gebiete des Schnellnachrichtenverkehrs gelang bereits im Jahre 1875 im Petersburger Vertrag den Zusammenschluß aller Staaten, die am Ausbau eines ausgedehnten Netzes der Schnellnachrichtenverbindung beteiligt waren, mit der Gründung des Welttelegraphenvereins (L'Union Télégraphique Universelle) zu vollziehen. Für die Regelung der neuerdings in sein Programm aufgenommenen technischen Fragen des Telegraphendienstes hat der Welttelegraphenverein einen besonderen Ausschuß (Comité Consultatif International des Communications Télégraphiques)[1]) gebildet. Für den internationalen Fernsprechverkehr wurde auf der Pariser Tagung der Fernsprechtechniker aller europäischen Länder von einiger Verkehrsbedeutung im Mai 1924 ein „Beratender technischer Ausschuß für den Fernsprechweitverkehr" gebildet. (Comité Consultatif International des Communications Téléphoniques à Grande Distance, abgekürzt C. C. I.[2]). Die Beratungen dieses Ausschusses haben im Zusammenhang mit den vorausgegangenen praktischen Arbeiten in einzelnen Ländern die Entwicklung soweit gefördert, daß im Verlauf dieses Jahres ein zusammenhängendes europäisches Fernkabelnetz zur Verfügung stehen wird. Durch die Angliederung des C. C. I. an den Welttelegraphenverein ist die Entwicklung vom europäischen zum Weltfernsprechnetz angebahnt. Die Zahl der Fernsprechanschlüsse der Welt betrug am 1. Jänner 1925 nach einer amerikanischen Erhebung zirka 26 Mill. Davon entfielen auf die V. St. A. rund 62 vH, auf Deutschland rund 9 vH, auf Großbritannien und Nord-Irland rund 5 vH, auf Kanada rund 4 vH. Für den Funkverkehr fanden auf der ersten vorbereitenden Konferenz im Jahre 1903 in Berlin Besprechungen über die Fragen des Seefunkdienstes statt. Am 1. Juni 1908 trat ein internationaler Funkvertrag in Kraft. Die Abkommen über den funkentelegraphischen Verkehr von Land zu Land zwischen ortsfesten Sende- und Empfangsstationen sind in der Hauptsache zwischen den unmittelbar beteiligten Verwaltungen und Privatgesellschaften getroffen worden. Eine allgemeine Regelung ist für das laufende Jahr gelegentlich der internationalen Funkkonferenz in Washington in Aussicht genommen. Auf dem Gebiete des Rundfunks ist eine internationale Regelung durch die Gründung der Internationalen Rundfunkgemeinschaft (Union Internationale de Radiophonie, Büro in Genf) im Jahre 1925 angebahnt.

In der Starkstromtechnik sind die Bestrebungen zum internationalen Ausgleich von Wasser- und Dampfkraftenergie, als Organ für den internationalen Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet der Kraftwirtschaft und für die Behandlung der Probleme des internationalen Energieaustausches die Weltkraftkonferenz, und hinsichtlich der Bestrebungen, einheitliche internationale Vorschriften und Normen für elektrotechnische Fabrikate zu schaffen, die 1891 gegründete Internationale Elektrische Commission (IEC) zu erwähnen.[3])

Eine Übersicht über die Erzeugung der elektrotechnischen Industrie gibt folgende Zusammenstellung.

Land	1913					1925					
	Erzeugung	Einheitsfaktor	Erzeugung auf einheitlicher Preisbasis	Anteil an der Gesamtproduktion	Arbeiterzahl	Erzeugung	Einheitsfakt. = 1·2 fache gegenüber 1913	Erzeugung auf einheitlicher Preisbasis: Gegenwartswert	Erzeugung auf einheitlicher Preisbasis: Vorkriegs-Wert	Anteil an der Gesamtproduktion	Arbeiterzahl
	Mill. RM.		Mill. RM.	vH.	l. Tausd	Mill. RM.		Millionen RM.		vH	l. Tausd
Deutschland	1300	1·0	1300	34·9	140	2100	1·0	2100	1750	23·3	190
Vereinigte Staaten von Amerika	1300	1·3	1078	28·9	118	6800	1·57	4330	3609	48·1	290
Großbritannien	600	1·0	600	16·0	75	1300	1·35	1037	854	11·5	135
Frankreich	150	1·0	150	4·0	30	420	0·95	442	368	4·9	75
Übrige	660	1·1	606	16·2	93	1350	1·46	1085	905	12·2	139
	4110		3734	100	456	12070		8994	7496	100	829

Da innerhalb der Erzeugung der einzelnen Länder große Preisunterschiede bestehen, deren Vernachlässigung zu falschen Schlußfolgerungen auf die Erzeugungsmenge führen muß, wurden vermittels eines

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 1, S. 18.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 18, S. 367.
[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 275, 584, 785.

Digitized by Google

Einheitsfaktors, der die verschiedene Preishöhe in den einzelnen Ländern in Beziehung zu Deutschland zum Ausdruck bringt, die Wertzahlen auf eine einheitliche Preisbasis zurückgeführt, um einen Vergleich für die Erzeugungsmenge zu gewinnen.

Die Gesamtsumme der in der elektrotechnischen Industrie der Welt beschäftigten Arbeiter kann von 800 000 bis 900 000 angenommen werden, einschließlich der Angestellten auf zirka 1·1 bis 1·2 Mill.

Über Löhne und Rohstoffe in der Elektrotechnik stand kein geeignetes Zahlenmaterial zur Verfügung.

Ein- und Ausfuhr. Es wurde eine Gesamtdarstellung der Welt-Elektroeinfuhr von 29 Ländern mit zirka 90 vH der Gesamteinfuhr und der Welt-Elektroausfuhr von 14 Ländern mit zirka 95 vH der Gesamtausfuhr gegeben. Die Errechnung der Gesamteinfuhr ergab, daß Europa und Übersee in der Verteilung der Einfuhr gegen die Vorkriegszeit die Rollen getauscht haben. 1913 nahm bei einer Welt-Elektroeinfuhr von 507 Mill. Mk. Europa mit rund 269 Mill. Mk. fast 55 vH und Übersee mit rund 238 Mill. Mk. zirka 45 vH auf, während 1925 Europa an einer Gesamteinfuhr von 1109 Mill. Mk. mit zirka 502 Mill. oder rund 45 vH und Übersee mit zirka 607 Mill. oder rund 55 vH beteiligt war.

Über die Veränderungen der Ausfuhr gegenüber der Vorkriegszeit geben die zwei folgenden Zusammenstellungen Aufschluß.

Weltelektroausfuhr in Millionen Mark.

Länder	1913 Mill. RM.	vH	1925 Mill. RM.	vH
Deutschland (1925 ohne Reparationslieferungen)	330·6	47·8	356·5	25·7
Großbritannien	156·2	22·8	352·2	25·4
Übriges Europa	87·7	12·9	299·7	21·7
Zusammen Europa .	574·5	83·5	1008·4	72·8
Vereinigte Staaten . . .	112·4	16·3	353·1	25·5
Übrige Länder in Übersee	1·9	0·2	23·8	1·7
Zusammen Übersee	114·3	16·5	1385·3	100·0
Insgesamt	688·8	100 0	1385·3	100·0

Elektroausfuhr nach Warengruppen.

Gruppen	1913 Mill. RM.	vH	1925 Mill. RM.	vH
Elektrische Maschinen .	167·4	24·3	331·4	24·4
Kabel und isolierte Leitungen	145·2	21·2	210·4	15·5
Meßinstrumente und Zähler	30·9	4·4	68·0	5·0
Telephonie u. Telegraphie	34·6	5·0	197·2	14·5
Glühlampen	69·2	10·0	106·6	7·8
Zusammen	447·3	64·9	913·6	67·2
Sonstiges	241·2	35·1	447 9	32·8
Gesamtausfuhr . . .	688·5	100	1361·5	100

Für den Außenhandel sind die Zolltarife und Ein- und Ausfuhrverbote von wesentlicher Bedeutung. Durchgängig sind die Zölle gegen die Vorkriegszeit erheblich erhöht worden und sie erreichen oft Sätze, die in ihrer Auswirkung einem Einfuhrverbot gleichkommen. Einfuhrverbote bestehen für die Elektrotechnik nur noch in wenigen Ländern, so zum Beispiel in der Tschechoslowakei und Österreich (nur Radioapparate und Bestandteile dazu), sowie Rußland.

Industrielle Organisation. Geschäftliche Verständigungen internationalen Umfanges gibt es auf dem Gebiet der elektrotechnischen Industrie nur für die drahtlose Telegraphie und die Glühlampenindustrie. (Hierüber wurde an dieser Stelle schon berichtet.)[1])

Über Stromerzeugung und -Versorgung gibt die folgende Zusammenstellung Anhaltspunkte.

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 64; E. u. M. 1926, TWN, S. 210.

Erzeugung elektrischer Energie in der Welt in Milliarden kWh.

Länder	1913	1924 bezw. 1925
Vereinigte Staaten von Amerika . .	14·4	65·8[1])
Deutschland	6—7	22 [2])
Großbritanien	2—2·5	11 [2])
Canada	—	10·5[1])
Frankreich	—	9·8[2])
Italien	2·3	7·6[2])
Übrige Länder	—	37·3
Insgesamt . . .	—	164·0

[1]) Nur öffentliche Werke.
[2]) Sämtliche Werke.

Die Untersuchungen über die Elektrifizierung der Eisenbahnen (Vollbahnen) ergaben, daß im Jahre 1926 das europäische Eisenbahnnetz (Vollbahnen) zu 1·6 vH elektrifiziert war. Am weitesten vorgeschritten in der Elektrifizierung ist die Schweiz, die im Jahre 1926 ungefähr 16 vH ihres Vollbahnnetzes in elektrischem Betrieb hatte. Es folgt Schweden mit 6·2 vH, Norwegen mit 5·9 vH, Österreich mit 5·2 vH, Italien mit 4·8 vH elektrifizierter Vollbahnen. In Amerika (Nord- und Südamerika) wurden im Jahre 1926 0·7 vH des gesamten Eisenbahnnetzes elektrisch betrieben. Die V. St. A. haben ihr Eisenbahnnetz erst mit 0·8 vH auf elektrischen Betrieb umgestellt. Das gesamte Eisenbahnnetz der Welt dürfte gegenwärtig erst mit ungefähr 1 vH elektrifiziert sein.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	4. VII. 1927	6. VII. 1927	8. VII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	122	122	122

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	52-53	52-53	51½-52½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	95—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 8. Juli 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	59	15	0	60	5	0
Wire bars	60	5	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	53	15	0	53	16	3
Standard { 3 Monate .	54	5	0	54	6	3
Zinn:						
Engl. ingots	283	5	0	283	15	0
Standard { Kassa . .	286	5	0	286	10	0
Standard { 3 Monate .	280	10	0	280	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	24	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	27	13	9	27	10	0
Remelted	29	5	0	—	—	—
English Swansea . .	28	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175. Platin: Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 24. Juli 1927 | Heft 30

INHALT:

Die neuen Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen. S. 609.
Fortschritte und Neuerungen im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen. Von F. Niethammer, Prag. (Schluß.) S. 611.
RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 621. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 622. / Elektrische Meßkunde. S. 623. / Stromverteilung. S. 623. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 624. / Baustoffe. S. 625.
LITERATURBERICHT. S. 626.
CHRONIK. S. 627.
BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 627.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 628.

Die neuen Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

(Gültig ab 1. September 1927.)

Die vom Regulativkomitee des Vereines (Obmann Direktor Ing. L. Kallir) beschlossenen neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" treten — wie bekannt — mit 1. September 1927 in Kraft. Wir bringen im Nachfolgenden den Erlaß des Bundesministeriums für Handel und Verkehr über die Anerkennung der neuen „Sicherheitsvorschriften", sowie den an die Landeshauptleute ergangenen Runderlaß zur Veröffentlichung.

Bundesministerium für Handel und Verkehr.

Zl. 74828—6/1927.

Anerkennung der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" des Elektrotechnischen Vereines in Wien. Auflage 1926.

An den
Elektrotechnischen Verein
in Wien, VI.,
Theobaldgasse 12.

Dem Ansuchen des geehrten Vereines vom 7. Jänner 1927, Nr. 10845, entsprechend, anerkennt das Bundesministerium für Handel und Verkehr im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramte (Inneres) die Neufassung der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" in der Auflage 1926.

Diese Vorschriften haben nunmehr im Sinne des § 4, (1) der Verordnung des Bundesministeriums für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten vom 12. Juli 1922, B. G. Bl. Nr. 436, über Durchführungsbestimmungen zum Bundesgesetz vom 7. Juni 1922, B. G. Bl. Nr. 348, betreffend elektrische Anlagen (Starkstromverordnung), für die bei der Herstellung, der Instandhaltung und dem Betriebe der Starkstromanlagen, dann beim Zusammentreffen mehrerer elektrischer Anlagen in technischer Hinsicht zu treffenden Maßnahmen insoweit zu gelten, als von der Genehmigungsbehörde wegen besonderer Verhältnisse nichts anderes vorgeschrieben wird.

25. Februar 1927.

Gelse. e. h.

Bundesministerium für Handel und Verkehr.
Zl. 84.309—6.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen; Auflage 1926; Anerkennung.

An
alle Herren Landeshauptleute
(einschließlich des Herrn Bürgermeisters als Landeshauptmann von Wien).

Das Bundesministerium für Handel und Verkehr hat im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramte (Inneres) mit Erlaß vom 25. Februar l. J., Zahl 74.828—6—1927, die aus den Beilagen ersichtliche Neuauflage 1926 der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" anerkannt und bestimmt, daß diese Vorschriften im Sinne des § 4 der Verordnung des Bundesministeriums für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten vom 12. Juli 1922, B. G. Bl. Nr. 436, über Durchführungsbestimmungen zum Bundesgesetz vom 7. Juni 1922, B. G. Bl. Nr. 348, betreffend elektrische Anlagen (Starkstromverordnung) für die bei der Herstellung, der Instandhaltung und dem Betriebe der elektrischen Starkstromanlagen, dann beim Zusammentreffen mehrerer elektrischer Anlagen in technischer Hinsicht zu treffenden Maßnahmen insoweit zu gelten haben, als von der Genehmigungsbehörde wegen besonderer Verhältnisse nichts anderes vorgeschrieben wird.

Die bisherigen Bestimmungen der „Sicherheitsvorschriften" sind vom Regulativkomitee des Elektrotechnischen Vereines in Wien einer völligen Umarbeitung unterzogen worden. Es gliedert sich der Inhalt des beiliegenden Heftbandes der neuen Sicherheitsvorschriften nunmehr in die drei Hauptabschnitte:

I. Teil: Allgemeines,
II. Teil: Ausführungsvorschriften und
III. Teil: Betriebsvorschriften.

Der I. Teil enthält Bestimmungen über den Geltungsbereich und -beginn sowie Begriffserläuterun-

Digitized by Google

gen, der II. Teil Bestimmungen über die Ausführung und der III. Teil Bestimmungen über den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen.

Als Anhänge zu den Sicherheitsvorschriften sind vorläufig anerkannt und angeschlossen:

A) Im Heftbande:

1. Bestimmungen über „Schaltzeichen und Schaltbilder" **(EVW 2)**,

B) Als besondere Beilagen:

2. „Vorschriften für die Prüfung von Schmelzsicherungen" **(EVW 3)**,
3. „Vorschriften für die Prüfung von Dosenschaltern für Spannungen bis 750 V und Stromstärken bis 60 A" **(EVW 4)**,
4. „Vorschriften für die Prüfung von Steckvorrichtungen für Spannungen bis 750 V und Stromstärken bis 60 A" **(EVW 5)** und
5. „Vorschriften für die Prüfung von Glühlampenfassungen, Beleuchtungskörpern und Handlampen" **(EVW 6)**.

Im § 1 des Heftbandes der neuen Sicherheitsvorschriften ist festgelegt, daß die im Texte angeführten besonderen Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen eine wesentliche Ergänzung der Sicherheitsvorschriften beinhalten.

Es betrifft dies die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen", die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren", die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten", die „Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen", die „Leitsätze für Erdungen und Nullung in Anlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde", die „Leitsätze für Schutzerdungen in Anlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde", dann die „Leitungsvorschriften" und die „Freileitungsvorschriften".

Bei den vorangeführten „Regeln" und „Leitsätzen" sollen die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker tunlichst unverändert übernommen werden; ihre Herausgabe ist vorläufig in Einzelheften und später auch in einem Bande zusammengefaßt in Aussicht gestellt worden.

Herr Landeshauptmann werden eingeladen, hievon die unterstehenden polltischen Behörden mit der Weisung verständigen zu wollen, daß

vom 1. September 1927

angefangen bei einschlägigen Amtshandlungen auf die neuen Vorschriften Bedacht zu nehmen sein wird.

Weitere Sonderabdrücke dieser Sicherheitsvorschriften sind beim Elektrotechnischen Vereine in Wien, VI., Theobaldgasse 12, erhältlich.

16. April 1927.

Für den Bundesminister:
Gelse.

Für die Richtigkeit der Ausfertigung:
Altrichter.

Von den im Text der „Sicherheitsvorschriften" angeführten ergänzenden Vorschriften, Regeln, Leitsätzen und Normen sind die nachfolgend angeführten vom Regulativkomitee des Vereines bereits beschlossen worden und können ab Mitte August d. J. bezogen werden; um die behördliche Anerkennung derselben wurde angesucht.

EVW 7 Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen; gültig ab 1. September 1927.

EVW 8 Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren; gültig ab 1. September 1927.

EVW 9 Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen; gültig ab 1. September 1927.

EVW 10 Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen; gültig ab 1. Jänner 1928.

EVW 11 Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen; gültig ab 1. September 1927.

EVW 12 Leitsätze für Erdungen und Nullung in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde; gültig ab 1. September 1927.

EVW 13 Leitsätze für Schutzerdungen in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde; gültig ab 1. September 1927.

EVW 14 Normen für Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte für Stromstärken von 10 bis 1500 A; gültig ab 1. September 1927.

EVW 15 Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen; gültig ab. 1. September 1927.

EVW 16 Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte); gültig ab 1. September 1927.

Die im § 50 der neuen „Sicherheitsvorschriften" angeführten „Vorschriften für Freileitungen" erforderten mit Rücksicht auf die zu dem veröffentlichten Entwurf eingelangten Abänderungsvorschläge im Arbeitsausschuß so eingehende Beratungen, daß deren Herausgabe mit Gültigkeit vom 1. September 1927 nicht möglich ist. Diese Vorschriften werden erst im Herbste d. J. fertiggestellt werden und demgemäß einen späteren Geltungsbeginn als den 1. Sept. d. J. erhalten. Bis zum Inkrafttreten der neuen „Vorschriften für Freileitungen" bleibt der 11. Anhang der derzeitigen „Sicherheitsvorschriften" (Bestimmungen für Freileitungen) weiter in Geltung.

Das gleiche gilt hinsichtlich der im § 53, Abschnitt *i*) angeführten „Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Anlagen in Theatern"; auch hier erfordert die Herausgabe der neuen Vorschriften noch Beratungen im Arbeitsausschuß. Bis auf weiteres bleibt der 3. Anhang der derzeitigen „Sicherheitsvorschriften" (Sondervorschriften für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Anlagen in Theatern) in Kraft.

Die Herausgabe der im § 36 der „Sicherheitsvorschriften" angeführten „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten" mußte zunächst aufgeschoben werden, weil die bezüglichen Regeln des VDE in Neubearbeitung stehen und das Regulativkomitee es für richtig erachtete, die Beschlußfassung des VDE abzuwarten.

Digitized by Google

Es werden somit mit 31. August d. J. die in der 25. ordentlichen Generalversammlung vom 20. März 1907 des Elektrotechnischen Vereines in Wien beschlossenen und vom seinerzeitigen k. k. Ministerium für öffentliche Arbeiten mit Erlaß vom 29. Oktober 1909, Zl. $\frac{12/2\text{—XXII}}{21550}$ ex 1908 anerkannten „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" und alle zu diesen „Sicherheitsvorschriften" im Laufe der Jahre herausgegebenen Anhänge (insgesamt 22 Anhänge) — mit Ausnahme der Anhänge 3 und 11 — außer Kraft gesetzt. Der Elektrotechnische Verein in Wien hat im Ansuchen um Anerkennung der ergänzenden Bestimmungen EVW 7 bis EVW 16 der neuen „Sicherheitsvorschriften" das Bundesministerium für Handel und Verkehr ersucht, die Außerkraftsetzung der alten „Sicherheitsvorschriften" im Sinne des Vorangeführten gleichfalls verfügen zu wollen.

Ein Verzeichnis der ab 1. September d. J. in Geltung stehenden neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" samt Ergänzungs- und Sondervorschriften, Regeln, Leitsätzen und Normen wird einem der nächsten Hefte der Zeitschrift „E. u. M." beigelegt werden und ist dann auch beim Elektrotechnischen Verein in Wien kostenlos erhältlich.

Im Regulativkomitee des Vereines stehen noch Entwürfe von „Vorschriften für elektische Starkstromanlagen in Bergwerken" und von „Vorschriften für elektrische Starkstromanlagen in der Landwirtschaft" in Beratung, deren Herausgabe bis Ende d. J. zu gewärtigen ist.

Im Auftrage der Vereinsleitung:

Der Sekretär: Ing. A. Marx, e. h.

Fortschritte und Neuerungen im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen.

Von F. **Niethammer**, Prag.

(Schluß aus Heft 29, Seite 589.)

D. Die Synchronmaschine.

Die Drehstromgeneratoren in direkter Kupplung mit Dampfturbinen erreichen heute bei 3000, bzw. 3600 U/min bereits Leistungen von $II = 40\,000$ kVA[24]) und bei 1500 bzw. 1800 U/min Leistungen bis $P = 105\,000$ kW oder $II =$ zirka 120 000 kVA. Die Polzahlen $2p = 6$ und 1000 U/min kommen nicht mehr in Betracht. Das Produkt $II.n$ erreicht hier Werte von 180.10^6, also mehr als das 50fache von den bei Gleichstrom erreichbaren Werten. Bei Umfangsgeschwindigkeiten von etwa 150 m/sec kommt man auf achsiale Eisenlängen l von über 3 m, sodaß das achsiale Temperaturgefälle in den Ankerleitern

$$\vartheta_l = \frac{j^2.\varrho.l^2}{32\,\lambda_k} = 60^0$$

beträgt (j = Stromdichte, ϱ = Widerstandszahl, λ_k = Wärmeleitzahl). Es wird eine äußerst intensive kombinierte, achsiale und radiale Luftkühlung mit Rückenbeaufschlagung (radiale Zickzackwege im Statorblechpaket) und kräftigen Ventilatoren notwendig; man greift sogar wieder zur Fremdkühlung mit außerhalb der Maschine gelegenen Ventilatoren, entweder mit dem Turbogenerator gekuppelt oder mit Motorantrieb. Geschlossene Umlaufkühlung mit wassergekühlten Luftkühlern[25]) aus glatten oder Rippen-Rohren wird immer allgemeiner. Wasserstoff und Methan wird als Ersatz von Luft zum Kühlen vorgeschlagen, wobei man eine 30 vH größere Belastungsfähigkeit erzielt. Der Fluß pro Pol erreicht in diesen Riesenmaschinen Werte von 400 Mill. Kraftlinien (Maxwell), sodaß zum Beispiel in einer verschmierten Nut eine Längsspannung von 400 V entstehen kann, was leicht zu schwerem Eisenbrand führt. Der einseitige Luftspalt liegt zwischen 20 bis 60 mm. Die Rotor- und Stator-Nuten erreichen Tiefen von 100 bis 210 mm, ober- und unterhalb sowie seitlich der Nuten und in den Rotorzähnen werden achsiale Kühlkanäle ausgespart. Namentlich bei den hohen Stäben der Einlagenwicklung müssen diese Stäbe im Stator stark unterteilt und die Teilstäbe schräg durch die ganze Nuthöhe laufen (verdrillte Kunststäbe), während bei der in Amerika üblichen Zweilagenwicklung (Gleichstromfaßwicklungen) es oft genügt, die Teilleiter, die alle oder abwechselnd jeder zweite isoliert sind, in den Stirnverbindungen gründlich zu verdrillen; auch richtig verdrillte Kabellitze wird verwendet. Die Schleifenwicklung in zwei Lagen ermöglicht die Verwendung von auf etwa 0·8 verkürztem Schritt, wodurch an Kupfer gespart wird. Der 20 000 kVA Turbogenerator der Českomoravská-Kolben für das Kraftwerk Seestadtl zeigt beispielsweise diese Ausführung. Die Rotor-Nutkeile macht man neuerdings aus Aluminium. Die Rotorkeile sind mit den Metallklappen gut leitend zu verbinden, um beim plötzlichen Kurzschluß Überschläge zu vermeiden. Bei zu grober Rotornutzahl treten Nutoberschwingungen in der Spannungskurve auf.

Auch für Drehstrom-Synchronmaschinen läßt sich leicht aus (1) eine Formel für $II.n$ entwickeln, aus (k = EMK-Ziffer)

$$\frac{II}{n} = \frac{k}{12}.\frac{B}{\tau}.\mathfrak{H}.A.10^{-5} \times D^2.l$$

wird

$$II.n = \frac{3k}{\pi^2}.\frac{B}{\tau}\mathfrak{H}.A.l.v^2.10^{-3} \quad . \; . \; (8).$$

Sie bringt vor allem die mechanischen Grenzen

[24]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 111.
[25]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 13.

Digitized by Google

in v und l zum Ausdruck, $\mathfrak{H}$ am Polbogen ist mit etwa 10 000 begrenzt, da mit $\mathfrak{H}$ auch die Zahninduktion $\mathfrak{B}_{zi}$ steigt,

$$\mathfrak{B}_{zi} = \mathfrak{H} \cdot \frac{\tau_\delta}{b_\delta} \text{ mit } \frac{\tau_\delta}{b_\delta} = \sim 2$$

und $\mathfrak{B}_{zi}$ soll nicht größer als 18 000 bis 20 000 werden, umsomehr als durch das Querfeld des Ankers noch eine Erhöhung von $\mathfrak{B}_{zi}$ eintritt. Setzt man:

$$\frac{3.k}{\pi^2} = \frac{3.2{\cdot}1}{\pi^2} = 0{\cdot}63, \quad \frac{B}{\tau} = \frac{2}{3}$$

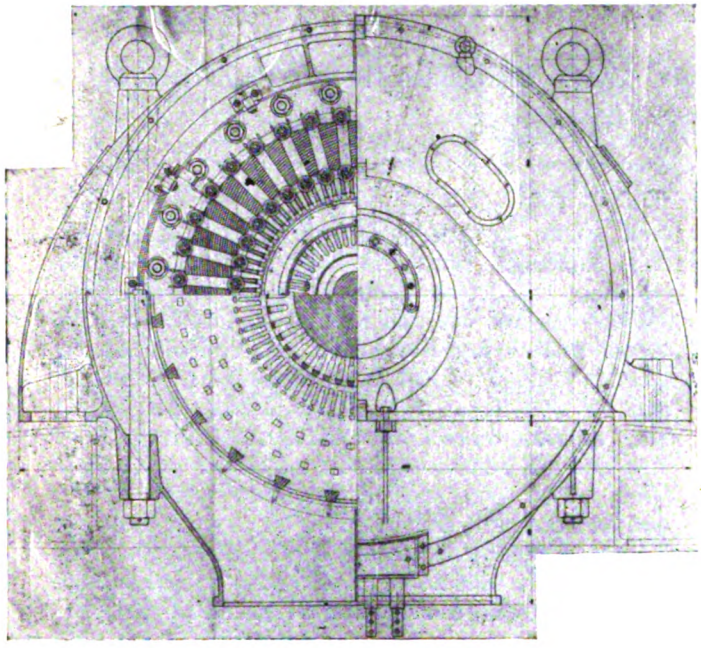
$$\left(\text{bei Trapezfeldern} = \frac{1+\alpha}{2} = \frac{2}{3}\right),$$

$l = 3$ bis $4{\cdot}4$ m, $\mathfrak{H} = 10\,000$, $A = 650$,

$v = 150$ bis 155 m/sec,

so wird

$$\Pi.n = 2{\cdot}7.lv^2.10^3 = 150.10^6 \text{ bis } 300.10^6.$$



mit Θ = Trägheitsmoment, α = Dehnungszahl $= \frac{1}{E}$, G = Gewicht, l_1 = Lagerabstand, $c = 217$ oder größer, ω_k ist also von der Länge l abhängig und tatsächlich fällt bei $2p = 2$ und $n = 3000$ bzw. 3600 U/min die Biegungsschwingungszahl bei den großen Leistungen unter die Betriebsdrehzahl, zum Beispiel auf 1800 U/min.

Aus (8) folgt wieder die Leistung pro Polpaar

$$\frac{\Pi}{p} = \frac{k}{20.f.\pi^2} \cdot \frac{B}{\tau} \cdot \mathfrak{H}.A.l.v^2.10^{-3} \text{ in kVA/Polpaar (9).}$$

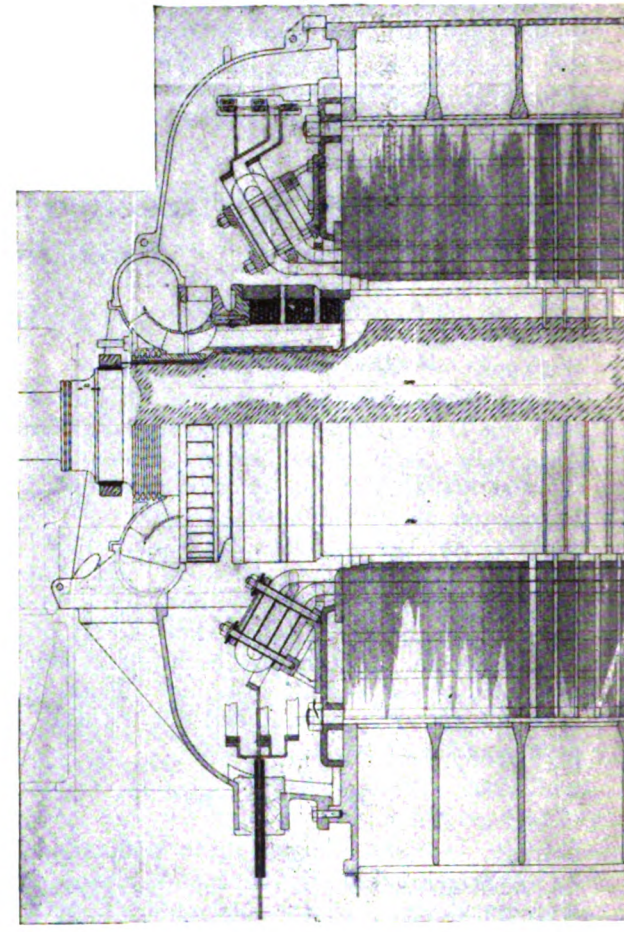


Abb. 1. Turbogenerator der Českomoravská-Kolben, 20 000 kVA, $n = 3000$ U/min.

Das stimmt mit den praktischen Grenzleistungen 40 000 kVA × 3600 U/min sowie 120 000 kVA × × 1800 U/min ganz gut überein. Eine weitere Steigerung ist außer durch Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit v vor allem durch größere Länge l möglich, die man auf 6 bis 9 m steigern will. Dann kommt man aber in Konflikt mit der kritischen Biegungsschwingungszahl ω_k, die möglichst über der Betriebsdrehzahl $\omega = \frac{n.\pi}{30}$ liegen soll, und zwar über der ersten und allen Harmonischen. Nun ist aber

$$\omega_k = c.\sqrt{\frac{\Theta}{\alpha.G.l_1^3}}$$

Der Rotor ist bei $2p = 2$ aus Schmiedestahl, bei $2p = 4$ und 6 wird er aus einzelnen Stahlplatten auf die Welle aufgefädelt. Die Zapfengeschwindigkeiten betragen 50 m/sec und der Zapfendruck 10 kg/cm².

In Abb. 1 ist der Drehstromturbogenerator der Českomoravská-Kolben für das Kraftwerk Seestadtl zur Versorgung von Prag abgebildet:

20 000 kVA, 6300 V, $n = 3000$, cos $\varphi = 0{\cdot}75$, überlastbar auf 25 000 kVA, $2p = 2$, Bohrung $D = 740$ mm, Eisenlänge $l = 1980$ mm, Luftspalt $\delta = 32$ mm; Stator: 84 Nuten zu je zwei Leitern, unterteilt in 14 Teilleiter zirka 5×7 mm, in den Wicklungsköpfen verdrillt, Nutbreite 19 mm, Nuthöhe total = 130 mm, davon 32 mm Nutkeil und

Digitized by Google

Lüftekanal, Zweilagen-Trommelfaßwicklung, Schrittverkürzung 0·78. Rotor: $2 \times 6 = 32$ Nuten bewickelt, $2 \times 6 = 12$ Nuten unbewickelt und mit Eisenkeilen.

Versuchsergebnisse: Kurzschlußstrom ist 87 vH des Vollaststromes bei Leerlauf-Erregung, Streuspannung = 12 vH, plötzlicher Kurzschlußstrom (Momentanwert) = 33400 A = 19fachem Vollaststrom. Beim Vollaststrom sind die Kupferverluste 164 kW, davon 120 kW zusätzliche Verluste, Reibung = 280 kW, Luftflügel = 100 kW. Eisenverluste 130 bis 170 kW, Erregung = 30 bis 70 kW, Vollast-Wirkungsgrad 96 vH bei $\cos \varphi = 1$ und 95 vH bei $\cos \varphi = 0{\cdot}75$.

Bei europäischen Ausführungen sind die Anker-AW ($= \mathfrak{A}_a$) meist größer als die Leerlauf-AW ($= \mathfrak{A}_0$), sodaß bei Leerlauferregung im Kurzschluß nicht einmal der einfache, bei Vollasterregung nicht einmal der zweifache Vollaststrom auftritt (weiche Maschinen!). Die Streu-Reaktanz wird sehr groß gemacht, und zwar werden sogar oberhalb der Statorwicklung Streunuten angeordnet, so daß 12 bis 15 vH Streuspannung normal ist und 27 vH erreicht werden und der Höchstwert des plötzlichen Kurzschlußstromes nur das 8 bis 15fache des Vollaststromes wird. Bei dem 65000 kVA-Generator der Société Alsacienne ($n = 1500$)[26]) verteilt sich die Streuung folgendermaßen: Nutstreuung 4·1 vH, Stirnstreuung 12 vH, Zickzackstreuung 1·9 vH, Streunut 9 vH. In Amerika geht man mit Rückwirkung und Streureaktanz nicht so weit.

Immerhin sind die Stirnverbindungen gegen die riesigen Kräfte des plötzlichen Kurzschlußstromes sicher festzulegen. Da beim plötzlichen Kurzschlußstrom Drehmomente auftreten, die ein Vielfaches der Vollast sind und diese durch Drehschwingungen[27]) noch verstärkt werden, so ist auch sonst im Bau der Maschinen auf den plötzlichen Kurzschlußstrom Rücksicht zu nehmen. Die Stirnstreuung erzeugt in den benachbarten Flanschen und Rotorkappen oft ganz unzulässige Wirbelströme, weshalb diese Teile aus unmagnetischem Material herzustellen sind. Man hat diese Streulinien auch durch Eisenblechpakete oder -Ringe, durch sogenannte Schirmkörper, abgeschirmt. Die unmagnetischen Rotorkappen und -drähte stellt einwandfrei die Poldihütte Kladno her.

Die Stirnverbindungen sind auch bei mäßigen Spannungen von 500 bis 3000 V gründlich zu isolieren, namentlich an den Stellen, wo verschiedene Phasen zusammenstoßen, da durch blanke Stirnverbindungen öfters schwere Ausbrennungen vorgekommen sind.

Die großen Turbogeneratoren baut man für 13200, 16500, 18000 V und darüber. Höhere Spannungen als 30000 V werden in Synchronmaschinen nicht erzeugt. Namentlich bei Maschinen mit 15000 V gegen Erde treten bei der Überspannungsprobe leicht Glimmerscheinungen am Wicklungsaustritt aus den Nuten auf. Man überzieht zweckmäßig die Wickelköpfe an diesen Stellen mit Manschetten aus Staniol und Messing oder aber auch mit einem metallisch leitenden Anstrich. Formgewickelte Spulen werden evakuiert und dann unter Druck mit Lack oder Masse getränkt und in offene Nuten gelegt, die mit imprägnierten Holzkeilen, vereinzelt mit magnetischen Keilen verschlossen werden.

Die Höchstgrenze der Spannung in Synchronmaschinen liegt allgemein bei etwa 30000 V und ist eben durch Glimmerscheinungen an den Stirnverbindungen bedingt. Gefährlich sind Luftblasen in den Spulen, weil sich durch diese Luftblasen Glimmentladungen entwickeln, die wieder zur Bildung von Ozon und Salpetersäure und Zerstörungen der Isolation führen.

Trotz der enormen Beanspruchungen der Turborotoren, deren Höchstwert am Innenrand genau nachzurechnen ist, sind Zerstörungen nur selten vorgekommen. Ausgebauchte Kappen haben wohl die Rotor- und Stator-Stirnverbindungen abgeschert, Drahtbandagen auf den Rotorstirnverbindungen, die sich mit der richtigen Montage-Spannung aufziehen lassen, sind auch schon gerissen, wobei das Schloß der wundeste Punkt ist; aber eigentliche Rotor-Explosionen sind nur ganz vereinzelt vorgekommen, da sehr zähes Material verwendet wird. Jedenfalls sind zuverlässige Materialprüf-Laboratorien für den heutigen Elektromaschinenbau unerläßlich.

Die bei der intensiven Kühlung drohende Feuersgefahr kann durch Verwendung der erwähnten Wasserstoff-Umlaufkühlung gebannt werden, ferner durch Fallklappen, die bei Gefahr die Kühlung absperren, durch Kohlensäure-Löschmittel[28]) und durch Einbau eines selbsttätigen Wasser-Sprinklersystems.

Eine dauernde Temperaturkontrolle ist bei den großen Turbogeneratoren sehr erwünscht, bei Zweilagen-Wicklungen legt man die Thermo- oder Widerstands-Elemente in die Nut zwischen die zwei Lagen. Auch in die Zähne sollte man sie einbauen. Die wirklich höchste Temperatur selbst ist aber kaum sicher erreichbar.

Die Stahlschleifringe zieht man mit Glimmerzwischenlage warm oder hydraulisch auf die Welle, die Zuleitung liegt in einer Nut in der Welle und wird durch einen Keil abgedeckt. Die Bürsten sind mit Metallstaub gemischte Graphitkohlenklötze, die lose in den Haltern sitzen und durch radiale Spiralfedern aufgedrückt werden.

Der Bau der langsamlaufenden Generatoren für Gas- und Ölmaschinen ($n = 94$ bis 125) oder Dampfmaschinen bietet keine Schwierigkeiten; die höchsten Leistungen sind nur 5000 bis 15000 kVA (Hamburger Dieselsatz).[29]) Die Gehäuse mit 7 bis 10 m Außendurchmesser müssen so steif gebaut werden, daß ihre Durchbiegung

$$f = c \frac{(2r)^3}{JE} \left(\frac{G}{2} + F_\mu \right)$$

in angemessenen Grenzen, zirka 5 vH vom Luftspalt bleibt, wozu geeignete Verspannungen herangezogen werden, $2r$ = Gehäusedurchmesser in

[26]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 886.
[27]) Vgl. E. u. M. 1916, S. 509.
[28]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 173.
[29]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 567; 1927, S. 389.

Digitized by Google

Schwerpunkt des tragenden Querschnitts, J = Trägheitsmoment, E = Elastizitätsmodul, G = Gehäusegewicht, F_μ einseitiger magnetischer Zug, c = zirka 0·0016.[30]) Außerdem sind große Schwungmomente GD^2 vorzusehen, um den resultierenden Pendelwinkel unter fünf elektrischen Graden zu halten, wozu oft ein Ungleichförmigkeitsgrad kleiner als 1/250 und die Verwendung der Außenpoltype mit außen rotierendem Polrad notwendig wird, wie sie für 2000 kW, $n = 96$ kürzlich wieder von den Skodawerken für die Prager Eisen-Industrie-Gesellschaft in Kladno ausgeführt worden ist. Es läßt sich auch das Innenpolrad in organischer Weise mit einem Schwungrad zusammenbauen. Da immer wieder Pendelerscheinungen zwischen Generatoren mit Kolbenmaschinen auftreten, sei die Eigenschwingungszahl $\omega_e = p\sqrt{\frac{mEI_k}{\varrho\Theta_0\omega}}$ kleiner als die kleinstmögliche aufgedrückte $\omega_a = \frac{\pi n}{30}\gamma$. Dabei ist I_k = Kurzschlußstrom bei der eingestellten Erregung, Θ_0 = Trägheitsmoment in kgm², $\omega = 2\pi f$, Selbstinduktivität $L = \varrho L_k$ mit $\varrho = (1 - 0{\cdot}4 . \cos\varphi)$ nach **Fischer-Hinnen und L_k = Induktivität im Kurzschluß und man setze $I_k = E : \omega L$ nicht $= E : \omega L_k$, $m = 3$ (Phasenzahl).**

Für Niederdruck wasserkräfte kommen langsamlaufende Generatoren mit großem Außendurchmesser, heute meist Vertikaltypen in Verwendung, zum Beispiel 40 000 kVA bei $n = 82$ mit 11·2 m Außendurchmesser. Das Polrad der raschlaufenden Wasserkraftgeneratoren, die auch der 1·8fachen, bei Kaplan- und Peltonrädern der 2 bis 2·5fachen Normaldrehzahl gewachsen sein müssen, wird zur Zeit nicht aus Grauguß sondern meist aus Stahlplatten aufgebaut, in die die Pole mittels Schwalbenschwänzen verschiedenster Form eingesetzt sind oder an die die Polschuhe angeschraubt werden, da die normalen Umfangsgeschwindigkeiten schon Werte von 50 bis 80 m/sec annehmen.[31]) Auch zwei Polräder achsial nebeneinander werden verwendet.[32]) Um unzulässige Spannungserhöhungen beim Durchgehen zu verhindern, werden Zentrifugalschalter angebaut, die einen festen Schalter durch Fliehgewicht betätigen, wodurch die Erregung heruntergedrückt wird. Häufig fügt man den Wasserturbogeneratoren ein kräftiges Schwungrad bei, dessen Durchmesser kleiner als der Außendurchmesser des Statorgehäuses sein muß. Der weitaus größte Wasserkraftgenerator ist der in mehreren Einheiten am Niagara aufgestellte vertikale 65 000 kVA-Type,[33]) $n = 107$, $f = 25$ und 12 000 V mit Zweilagen-Faßwicklung, 2×4 Leiter aus je 12 Teilleitern pro Nut mit Glimmer isoliert, Rotordurchmesser (Schenkelpoltype) 6900 mm, Außendurchmesser 9000 mm, eingebaut ein Hausgenerator für 2000 kVA. Auch in Europa sind Wasserkraftgeneratoren mit 30 000 bis 40 000 kVA gebaut worden. Der größte europäische horizontale Wasserkraftgenerator leistet 33 000 kVA bei $n = 360$ und ist für Brasilien gebaut. Die Westinghouse Co. hat einen Horizontal-Generator für 50 000 kVA, $n = 300$ und $f = 60$ hergestellt. In Amerika wird für vertikale Wasserkraftgeneratoren eine Normalreihe empfohlen, bei der das Produkt $\Pi . n$ zwischen $7{\cdot}2 \times 10^6$ und 24×10^6 liegt, also

$\Pi =$	10 000	30 000	55 000	80 000	110 000	130 000 kVA
$n =$	720	514	400	300	200	100 U/min.

BBC haben mit vertikaler Welle eine Type für 45 000 kVA, $n = 300$ und mit horizontaler Welle für 30 000 kVA, $n = 460$ hergestellt. In den Abmessungen noch größer sind folgende $16^2/_3$periodige Einphasengeneratoren: 12 000 kVA, $n = 167$ mit vertikaler Welle und 16 000 kVA, $n = 250$ mit horizontaler Welle.

Auch bei Wasserkraftgeneratoren wird im allgemeinen Zweilagen-Schleifenwicklung mit auf 0·8 verkürztem Schritt, und zwar Teillochwicklung zum Beispiel mit $q = 6^5/_8$ Nuten pro Pol und Phase verwendet, was in der Wirkung 53 Nuten pro Pol und Phase gleichkommt.

Bei Einzelpolen wird zur Erregung meist Hochkantkupfer verwendet, wobei man jede dritte oder fünfte Windung vorstehen läßt, damit sie als Kühlrippe wirkt. Zu ganz besonders großen schweren einzelnen Polen kommt man bei Einphasen-Bahngeneratoren für 15 Per/s, die meist zirka 10 000 bis 12 000 kVA bei 15 000 V leisten und $n = 333$ U/min machen.

Als Trag- oder Spurlager für Vertikalgeneratoren kommt ausschließlich das Segmentlager, zum Beispiel Bauart Mitchell[34]), oder das mit federnd gelagerten Segmenten der General Electric Co.[35]) in Verwendung, da sich Kugel- oder Rollenlager dafür nicht bewährt haben. Der Lufteintritt in das Öl des Spurlagers ist abgesperrt, da sonst das Öl schäumt und unbrauchbar wird. Das ablaufende Öl geht über die Halslager und wird durch eine Pumpe wieder hochgepumpt.

Häufig zeigt sich die Notwendigkeit, ausgeschaltete Generatoren rasch in wenigen Sekunden zum Stillstand zu bringen. Sie auf Widerstand zu bremsen, ist meist nicht angängig, so läßt man auf das Polrad oder auf die mit den Generatoren verbundenen Schwungräder Wirbelstrombremsen, seltener Hand- oder Preßluftbremsen wirken oder das Betriebswasser wird auf die Schaufelrücken der Turbine oder eines Hilfsrades gelenkt.

Raschlaufende Wasserturbogeneratoren werden geschlossen ausgeführt und die Luft, die durch eingebaute Ventilatoren eingesaugt wird, genau geführt, um Geräuschbildung zu vermeiden.

In den Alpenländern kommt es öfters vor, daß die Wasserkraftgeneratoren abwechselnd für 42 oder 50 Per/s benützt werden müssen zum Beispiel drei Stück BBC 35 000 kVA-Generatoren $n = 337/375$, 8900 bis 10 800 V Vertikaltype, Rotor aus Stahlplatten und aufgeschraubte Polschuhe, zwei Polkränze achsial nebeneinander.

[30]) Genaue Berechnung siehe „Lumière Electrique" vom 15. Jänner 1926.

[31]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 213.

[32]) E. u. M. 1913, Heft 1, Niethammer, S. 6, Abb. 7.

[33]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 674.

[34]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1017.

[35]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 109.

Digitized by Google

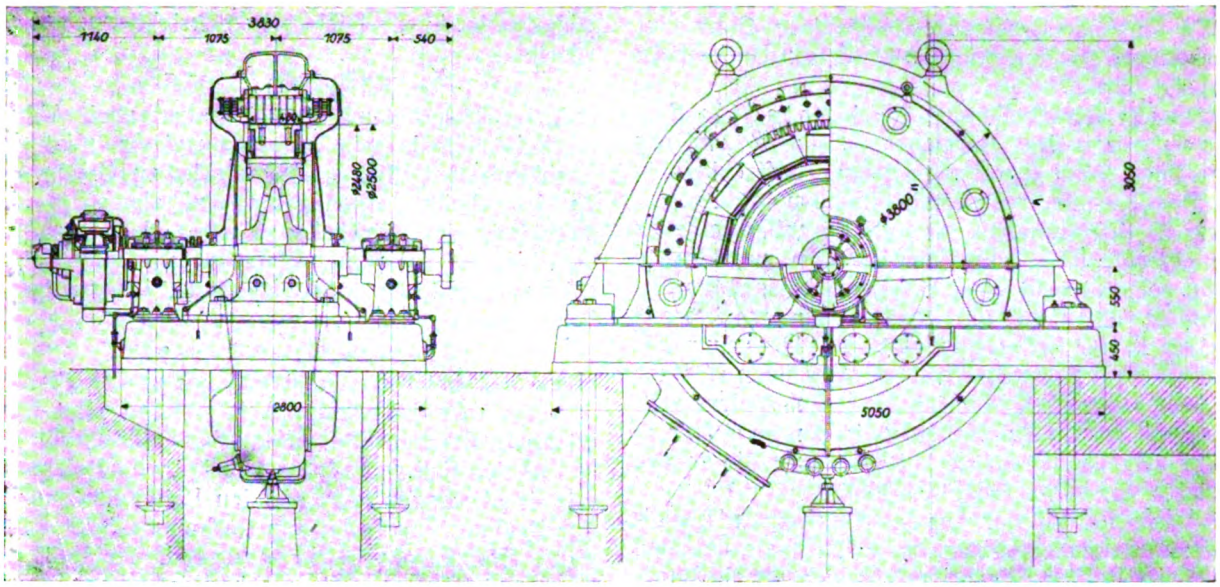


Abb. 2. Wasserkraft-Generator, 3200 kVA, 5250 V, $n = 428$ U/min (Sachsenwerk).

In Abb. 2 ist einer der neuesten Wasserkraftgeneratoren der Tschechoslowakei abgebildet: Der von der EMAG (Sachsenwerk) gebaute Generator 3200 kVA, cos $\varphi = 0{\cdot}75$, $n = 428$ U/min, 5250 V für das Elektrizitätswerk Kaaden.[36]) Die Durchgehdrehzahl ist das 1·8fache. Bei Leerlauferregung tritt im Kurzschluß etwa der Vollaststrom auf. Bei cos $\varphi = 0{\cdot}75$ und Vollast sind die Verluste: Eisen 42 kW, Reibung 19 kW, Statorkupfer 44 kW, Erregung (total) 19 kW, Wirkungsgrad = 94·8 vH. Die offenen Nuten sind mit magnetischen Keilen abgeschlossen.

Von Interesse ist ferner der von der Elektrizitätsgesellschaft Kolben Prag-Vysočan gebaute Wasserturbinen-Generator, Abb. 3, für das Elektrizitätswerk Rosenberg in Südböhmen: Die vertikale Bauart ist für 5·4 m Gefälle 182 PS und $n = 214$ bestimmt, Schwungrad, Erregermaschine mit Kegelradantrieb, sowie derselbe Antrieb für den Regler sind sehr elegant in dasselbe Gehäuse eingebaut.

Heute wird die Spannung allgemein durch Schnellregler, von denen später die Rede ist, konstant gehalten. Früher machte man viele Versuche mit compoundierten Drehstrom- und Wechselstrommaschinen, die darauf hinausgingen, daß der Wechselstrom in Gleichstrom umgeformt und dann zur Serienerregung benützt wurde. In Schweden arbeiten für die Riksgränsbahn

[36]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 444.

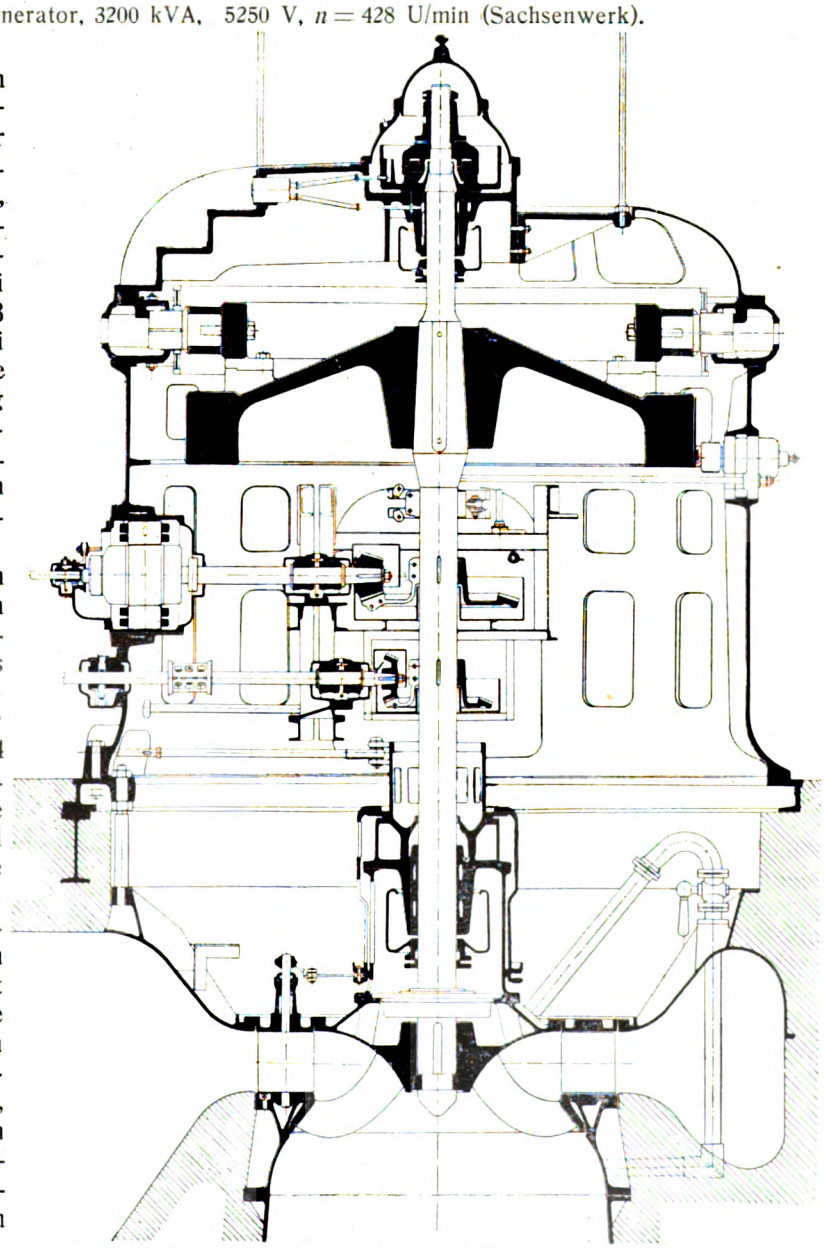


Abb. 3. Wasserkraft-Generator, 182 PS, $n = 214$ U/min (Kolben).

Digitized by Google

ASEA-Einphasengeneratoren mit einer Compoundierung, die aus sogenannten Danielson-Umformern gespeist wird.

Vor großer Bedeutung ist eine stabile Erregung in weiten Bereichen des cos φ und der Belastung. Man legt beim Erreger Luftschlitze in die Pole ein oder verwendet Isthmuspole oder einzelne in den Luftspalt ragende Eisenbleche, alles um einzelne Teile des Eisens hoch zu sättigen. Dann schaltet man zwei Erregermaschinen gegeneinander und läßt nur ihre Spannungsdifferenz wirken. In der Erregermaschine von Ossanna[37]) sind die zwei gegengeschalteten Maschinen zu einer einzigen vereinigt. Es ist eine Spaltpolerregermaschine mit Hilfsbürste, die zwischen zwei Hauptpolen sitzt, eine Polhälfte hat konstante, die andere variable Erregung (DRP 346466).

Während bei der Gleichstrom-Leonard-Schaltung die Schnellerregung eine Rolle spielt, hat man heute bei großen Synchronmaschinen oft ein Interesse in wenigen Sekunden zu entregen, also an Schnellentregung,[38]) was von den SSW

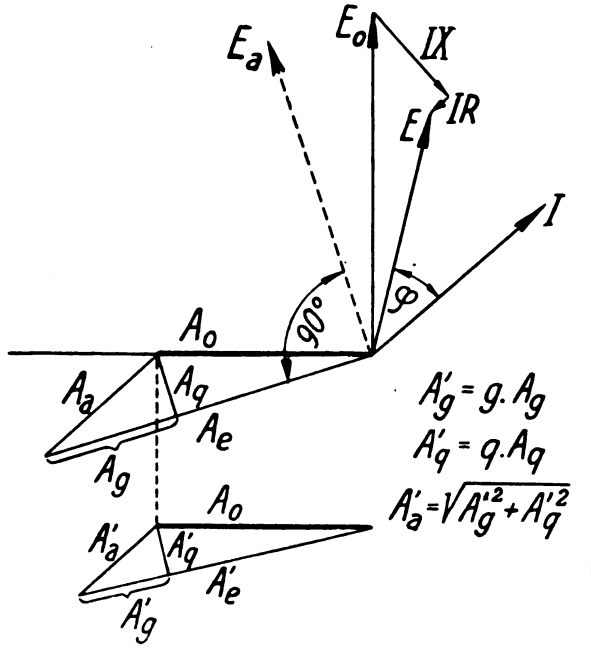


Abb. 4. Diagramm der Synchronmaschine.

auf zwei Weisen ermöglicht wird: *a*) durch plötzliches Vorschalten eines bestimmten großen Widerstandes in den Haupterregerkreis, wodurch die magnetische Energie des Polrades in die Erregermaschine zurückflutet und deren Remanenz zerstört; *b*) durch eine entgegengeschaltete Hilfserregermaschine.

Das einfache Vektordiagramm Abb. 4 der Synchronmaschine gilt zunächst nur für den Walzenrotor, nicht für ausgeprägte Schenkelpole. Zerlegt man die Anker-AW $= \mathfrak{A}_a$ für Schenkelpole in Quer- und Gegen-AW $= \mathfrak{A}_q$ und $\mathfrak{A}_g$, so kann man diese Werte durch Korrektionsfaktoren g und q, welche die verringerte magnetische Leitfähigkeit in den Pollücken berücksichtigen, auf die Werte

$$\mathfrak{A}_q' = q\,\mathfrak{A}_q \text{ und } \mathfrak{A}_g' = g\,\mathfrak{A}_g$$

reduzieren und kann das Diagramm nach Abb. 4 für Schenkelpole neu zusammensetzen. g ist das Verhältnis des Flusses der wirklichen Gegen-AW zu dem beim Walzenrotor und ebenso q das Verhältnis des wirklichen Flusses der Quer-AW zu den bei glattem Walzenrotor. Fischer-Hinnen hat die totale Reaktanz bei veränderlichem cos φ gesetzt:

$$x_k = x_{k0}(1 - 0{\cdot}4 . \cos\varphi),$$

wenn x_{k0} bei Kurzschluß und cos $\varphi = 0$ gilt.

Aus dem Diagramm Abb. 4 kann man zwei wichtige Betriebsfälle unmittelbar ablesen:

a) den Fall stark kapazitiver Belastung, wie er bei langen leerlaufenden Leitungen und bei der Prüfung von Isolatoren vorkommt. Der kapazitive Blindstrom wirkt erregend, so daß der Erregergleichstrom mit wachsendem kapazitivem Blindstrom immer kleiner wird. Um die Spannungsregelung der Maschine in der Hand zu halten, soll der Erregergleichstrom nie Null oder gar negativ werden. Es muß dann immer Leerlauf-AW $= \mathfrak{A}_0 >$ Anker-AW $= \mathfrak{A}_a$ sein, die Grenze ist $\mathfrak{A}_0 = \mathfrak{A}_a$. Es ist der größtmögliche kapazitive Blindstrom $I_{bm} \leqq I_{k0}$, wenn I_{k0} der Kurzschlußstrom beim Leerlauferregerstrom I_{e0} ist. Ist ein Generator mit der Klemmenspannung E auf eine Kapazität C geschaltet, so muß

$$\frac{I_{e0}}{I_{ek}} > \frac{\omega C E}{I}$$

sein, wenn I_{ek} der Erregerstrom beim Kurzschlußstrom I ist.

Solche Maschinen müssen einen möglichst großen Wert für die Leerlauf-AW $= \mathfrak{A}_0 = I_{e0} z_e$ haben. Man muß ihnen einen großen Luftspalt und nur kleine Rückwirkung und Reaktanz geben, man darf sie nicht so entwerfen wie gewöhnliche Generatoren für induktive Belastung. Um nachträglich eine gewöhnliche Synchronmaschine für kapazitive Belastung geeignet zu machen, schaltet man zum Beispiel jeden zweiten Erregerpol ganz ab, man schaltet von Stern in Dreieck, von hintereinander parallel, ändert das Übersetzungsverhältnis des Fernleitungstransformators oder schaltet schließlich mehrere Generatoren parallel oder schließlich läßt sich eine Drossel vor den oder parallel zu dem Generator schalten. Bei starker kapazitiver Belastung kann auch asynchrone Selbsterregung auftreten, wobei f kleiner als $\frac{n.p}{60}$ ist.

b) Der zweite Fall ist die Bestimmung der größtmöglichen Leistung, der Kippleistung. Sie ist proportional dem Wert $\mathfrak{A}_a \cos\varphi$, dessen Größtwert $= \mathfrak{A}_e$ ist, also proportional der eingestellten Erregung I_e. $\mathfrak{A}_e$ entspricht im Anker der Kurzschlußstrom I_k, welcher zu dem eingestellten Erregerstrom $I_e = \mathfrak{A}_e : z_e$ gehört, also ist die Kippleistung

$$P_m = 3 . E . I_k,$$

bei Einphasenbetrieb $= \sqrt{3} . E\, I_k$.

[37]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 528.
[38]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 736; 1927, S. 95.

Digitized by Google

Genauer ist I_k der Kurzschlußstrom, der bei ausgeprägten Polen dann auftreten würde, wenn die Pollücke statt dem Pol vorhanden wäre, das heißt, $I_k = E : x_k$ mit x_k aus obiger Formel von Fischer-Hinnen mit $\cos \varphi = 1$.

Ich halte es für wichtig, einen Maßstab für den magnetischen Sättigungszustand einer elektrischen Maschine zu haben, wie man ihn aus der Leerlaufcharakteristik punktweise entnehmen kann. In den amerikanischen Normen ist der Begriff des Sättigungsfaktors σ eingeführt, Abb. 5:

$$\sigma = \frac{dI_e/I_e}{dE/E} = \frac{E}{I_e \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\overline{mb}}{\overline{ab}}.$$

Die prozentuelle Sättigung ist:

$$s = 100\left(1 - \frac{1}{\sigma}\right) = 100\,\frac{\overline{ma}}{\overline{mb}}.$$

Prüfung der Synchronmaschine. Um die für das Diagramm Abb. 4 nötigen Größen zu bekommen, nimmt man nicht nur die Leerlauf- und dreiphasige Kurzschlußcharakteristik E_0 und I_k in $f(I_e)$ auf, sondern auch die Kurzschlußcharakteristik bei Kurzschluß von zwei Klemmen

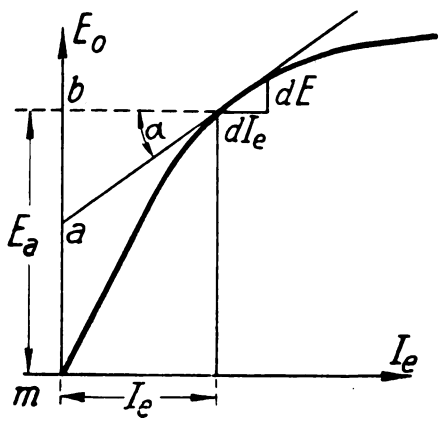


Abb. 5. Sättigungsgrad.

und von einer Klemme mit dem Nullpunkt, das heißt I_{k3}, I_{k2} und I_{k1}, ferner V-Kurven als Synchronmotor mindestens bei Leerlauf, ferner bei starker Übererregung und $\cos \varphi = 0$ (Strom voreilend) als Synchronmotor Kurvenscharen, die bei konstanter Spannung E in Abhängigkeit des Erregerstromes I_e (Abszissen) den Ankerstrom I geben (schräg aufsteigende gerade Linien), wobei im Diagramm

$$E_0 = E + I.X \text{ und } \mathfrak{A}_e = \mathfrak{A}_0 + \mathfrak{A}_a$$

wird. Die gleichläufigen Anker-AW bei den verschiedenen Kurzschlüssen verhalten sich bei den drei erwähnten Kurzschlüssen

$$\mathfrak{A}_{k1} : \mathfrak{A}_{k2} : \mathfrak{A}_{k3} = 1 : \sqrt{3} : 3$$

und die Kurzschlußströme ungefähr

$$I_{k1} : I_{k2} : I_{k3} = 1{\cdot}0 : 1{\cdot}5 : 2{\cdot}5 \text{ bis } 2{\cdot}2,$$

da bei den einphasigen Kurzschlüssen zur Streuspannung Ix noch die durch das gegenläufige Feld induzierte EMK E_i kommt, die teilweise weggedämpft wird. Gehören[39]) zum Kurzschlußstrom $I_k = I_{k3} = I_{k2}$ die Erregerströme I_{e3} und I_{e2}, so bleibt zur Überwindung der Reaktanzspannung $\sqrt{3} \,.\, I_k \,.\, X$ der Erregerstrom $i_e = \sqrt{3} \,.\, I_{e2} - I_{e3}$, zu welchem aus der Leerlaufcharakteristik der Wert E_x folgt, woraus die Streureaktanz

$$X = E_x : (I_k \,.\, \sqrt{3}).$$

Angenähert ist auch

$$X = E_0 \,.\, 2\sqrt{2}/i_p$$

(i_p = Höchstwert des plötzlichen Kurzschlußstromes, E_0 = eingestellte EMK).

Der Wirkungsgrad η unter Einrechnung aller zusätzlichen Verluste, namentlich auch der Stromverdrängung, geschieht nach einer der drei Methoden:

1. Mit Hilfe eines fremderregten direkt gekuppelten, geeichten Gleichstrommotors, der einmal die Leerverluste P_0 einschließlich derjenigen der mit normaler Spannung leerlaufenden Erregermaschine und dann die Kurzschlußverluste P_k der Synchronmaschine zu bestimmen gestattet. Die Erregung des Generators ist fremd und die Erregerverluste P_e ohne Erregermaschinenleerlauf werden gesondert gemessen oder aus dem Diagramm Abb. 4 gerechnet. Bei der abgegebenen Leistung $P_n = 3 \,.\, E \,.\, I \,.\, \cos \varphi$ wird

$$\eta = P_n : (P_n + P_0 + P_k + P_e) = \frac{1}{1 + (P_0 + P_k + P_e) : P_n}.$$

2. Man betreibt die Maschine als fremd erregten Synchronmotor mit $\cos \varphi = 1$, wobei man P_0, also im wesentlichen die Leerlaufverluste mißt, dann mit $\cos \varphi = 0$ und nacheilendem Strom = Vollaststrom, wobei P_l gemessen wird und dann P_c bei $\cos \varphi = 0$ und voreilendem Strom = = Vollaststrom. Die Kupferverluste sind dann etwa

$$P_k = \frac{P_l + P_c}{2} - P_0.$$

Bei Übererregung ist nämlich

$$E_0 = E + I \,.\, X$$

und bei Untererregung

$$E_0 = E - I \,.\, X,$$

so daß die Eisenverluste, die E_0^2 proportional sind, einmal zu groß und das andere Mal um etwa ebenso viel zu klein gemessen werden. Aus P_0, P_k und P_c ermittelt man η wie vorher.

3. Hat man den Leerlaufversuch für P_0 als Synchronmotor bestimmt, so kann man mit Auslaufversuchen diese Verluste in Eisenverluste und Reibungsverluste trennen und da man aus P_0 das Trägheitsmoment ermitteln kann, läßt sich auch ein Auslaufversuch bei kurzgeschlossener Maschine anstellen und daraus P_k ermitteln.

Es mag noch erwähnt sein, von was für Einflüssen eine Generator-Abnahme abhängen kann. Die Vorprobe mit einem in den Flußlauf eingebauten Wasserwiderstand mit regelbar eintauchenden Gasröhren war tadellos vor sich gegangen, auch die Hauptprobe anfangs, als plötzlich ein schwerer Kurzschluß auftrat. Nach einigem Suchen

[39]) Rev. Gén. de l'El., 27. September 1924.

Digitized by Google

fand man zwei Seeforellen, schon etwas gebraten im Wasser schwimmen.

In Amerika haben Synchronmotoren große Verbreitung gefunden. Sie werden allgemein leer von der Drehstromseite angelassen und haben eine Käfigwicklung in den Polschuhen. Die Westinghouse Co. hat in den Motor eine elektromagnetische Kupplung eingebaut: das Polrad läuft auf Rollen leer an und wird nach erreichtem Synchronismus mit der Welle gekuppelt. Die GE Co. hat den Stator drehbar gelagert, läßt ihn zunächst hochlaufen und bremst ihn bei Anlauf langsam fest, so daß dann der Rotor belastet hochläuft. Die Westinghouse Co. hat einen Synchronmotor von 2700 PS, $n = 1800$, zum Antriebe eines Gebläses gebaut. SSW bauen Synchronmotoren auch mit Anlaß-Schleifringanker und entsprechend kräftigem Anzugsmoment.

Die der Phasenverbesserung dienenden Synchronkondensatoren werden in Leistungen bis 20 000 kVA, in Amerika sogar bis 50 000 kVA $n = 600$ bei $f = 50$ gebaut. Es empfiehlt sich die Verwendung von Kugel- oder Rollenlagern und besten Eisenblechen, so daß Wirkungsgrade über 98 vH erreicht werden.

Einphasengeneratoren kommen hauptsächlich für $16^2/_3$-periodige Bahnen in Frage, wobei allerdings die höchst mögliche Drehzahl $n = 1000$ beträgt. Sie sind unbedingt mit kräftiger Dämpferwicklung und Z_d Dämpferstäben auszurüsten, wobei der Dämpferstrom $I_d =$ circa $1{\cdot}05 \frac{I \,.\, Z}{a \,.\, Z_d}$ wird. I = Ankerstrom, Z = totale Ankerleiterzahl, je in a parallelen Zweigen. Das nicht weggedämpfte gegenläufige Drehfeld ruft nicht nur im Rotoreisen unzulässige Erwärmung, sondern auch in der Erregerwicklung doppelperiodige Ströme hervor, die am Erregerkommutator zur Funkenbildung führen. Infolge des von Null zu einem Maximum schwankenden Drehmomentes neigen Einphasengeneratoren zu Vibrationen, die die Westinghouse Co. durch Einbau von Federn unter den Statorfüßen mildert.

Die erwähnte Dämpferwicklung empfiehlt sich auch bei Drehstromgeneratoren mit Rücksicht auf schwere einphasige Kurzschlüsse. Die Kurzschlußstäbe werden neuerdings federnd mit den Ringen verbunden.

Zur Erzeugung hochgespannten Gleichstromes hat man bisher meist einen Ruhmkorffschen Induktionsapparat benützt, der eigentlich Wechselspannungen erzeugt, von denen aber nur die eine sehr spitze Halbwelle benützt wird, während die flache Halbwelle wirkungslos bleibt. Ähnliche Wechselstromkurven lassen sich auch maschinell hervorbringen. In meinem elektrotechnischen Institut befindet sich eine von der El.-A.-G. Kolben, Prag-Vysočan nach Dr. Breslauers D.R.P. 230189 hergestellte Maschine zur Erzeugung unsymmetrischen Wechselstromes nach Abb. 6 für effektive Spannungen bis 60 000 V. Sie diente zum Beispiel zur Schaffung elektrostatischer Felder, die das Wachstum von Pflanzen auf den Äckern beschleunigen sollten. Die Innenpolmaschine hat zwei Pole, $n = 2000$ und zwei Hochspannungsspulen mit je 15 000 Windungen.

Hochfrequenzgeneratoren,[40]) die mehr und mehr von der Glühkathodenröhre verdrängt werden, baut man allgemein als Gleichpoltype. Sie wird nicht nur in der Radiotechnik bei Frequenzen von $f = 500$ bis 50 000 Hertz, sondern neuerdings auch für Hochfrequenz-Schmelzöfen verwendet, wobei aber meist nur Frequenzen von 500 bis 5000 erforderlich sind. Es gibt drei Bauweisen, die von Alexanderson und der General Electric Co. in Amerika als Scheibenrad ausgeführte Type, die von Telefunken[41]), die etwa auf $f = 6000$ geht und weitere Frequenzsteigerungen mit ruhenden Frequenzwandlern ausführt, und schließlich die französische Bauart Bethenod und von der Societé Alsacienne in Belfort, wo auf zwei Statorzähne immer drei Rotorzacken kommen. Man verwendet entweder eine gemeinsame große Erregerspule zwischen zwei Statoren mit der Ebene senkrecht zur Drehachse oder die Erregerspulen werden in einige Nuten der indu-

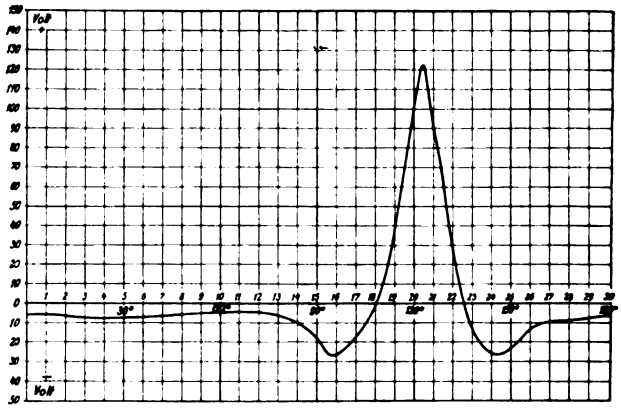


Abb. 6. Hochspannungs-Generator mit unsymmetrischer Spannungskurve.

zierten Wicklung gelegt. Die höchstmögliche Frequenz ist aus der einfachen Beziehung $v = 2f \,.\, \tau_\delta$ oder $f = v : 2\,\tau_\delta$ gegeben. τ_δ kann man kaum kleiner als 4 mm und v nicht größer als 240 m/sec machen, also $f_{max} = 240\,000 : 80 = 30\,000$.

Die größte gebaute Hochfrequenzmaschine, System Bethenod, leistet 500 kW bei $n = 2500$ U/min und $f = 15\,000$; sie hat bei 157 m/sec Umfangs-Geschwindigkeit 360 Rotor- und 240 Stator-Zacken. Die Stator- und Rotorbleche sind nur 0·03 bis 0·09 mm stark, die induzierte Zick-Zack-Wicklung besteht aus Litze mit Drähten von 0·1 bis 0·04 mm Dicke. Der Rotor läuft im Vakuum; Stator, Rotor und feststehende Erregerspule haben Preßölkühlung.

[40]) Siehe Niethammer, E. u. M. 1927, Heft 17, S. 345: Die Gleichpoltype als Hochfrequenzgenerator, wo auch Bethenods Buch „L'Alternateurs à haute frequence" erwähnt ist (vgl. Radiotechnik 1927, Heft 7, S. 72).

[41]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 413.

Digitized by Google

Für Hochfrequenz-Schmelzöfen[42]) hat man bereits Generatoren für 600 kW, 900 V und $f = 500$, sowie 100 kW und 800 V und $f = 2000$ gebaut. Der Generator wird in Hintereinander- oder Parallelschaltung auf einen Kondensator und die Ofenspule, die nur $\cos \varphi = 0{\cdot}1$ hat, geschaltet, sodaß im ersten Falle die Ofenspannung wesentlich höher als die Generatorspannung ist. Die Westinghouse Co. hat einen solchen Ofen-Hochfrequenzgenerator folgendermaßen gebaut: 50 kW, $\cos \varphi = 1$, $n = 6825$, Antrieb durch einen Gleichstrommotor mittels Zahnräder, $f = 30\,000$. $v = 214$ m/sec, Eisenlänge = 127 mm, 264 Rotor- und Statorzacken, Luftspalt $\delta = 0{\cdot}8$ mm, 12 Erregerspulen in den Statornuten des einfachen Stators.[43])

Die Lorenzgesellschaft Berlin erzeugt mittelhohe Frequenzen einfach dadurch, daß sie die grobe Nutung einer Gleichstrommaschine als Zackenrad benützt und in den Polschuhen die Hochfrequenzwicklung unterbringt. Für Frequenzen bis etwa 1000 scheint mir übrigens die Wechselpoltype der Gleichpoltype überlegen.

Durch eine Kaskadenschaltung einer Reihe asynchroner Drehstrommaschinen kann man die ursprüngliche Frequenz f auf $2f$, $3f$ usw. erhöhen. Dies geschieht unmittelbar in der Goldschmidt-Maschine,[44]) die ja eine innere Kaskaden-Schaltung darstellt.

E. Asynchronmaschinen.

In Amerika wird bei leichtem Anlauf der Kurzschlußanker auch für Motoren von mehreren hundert PS benützt und mit Anlaßtransformatoren angelassen. Bei uns geht man kaum auf 5 PS; Meines Erachtens kann man unter Verwendung von Stern-Dreieck-Anlassern ohne weiteres bei leichtem Anlauf noch Motoren bis 20 kW mit Kurzschlußanker anschließen und häufig geht es bis 50 kW. Um den Anlaß-Umschalt-Stromstoß zu mildern, wird der Kurzschlußanker mit Fliehkraftkupplungen zusammengebaut, die ihn leer auf Drehzahl kommen lassen und ihn dann kuppeln, was erst nach Umschaltung auf volle Spannung geschehen soll. In dieser Hinsicht bedeutet die Albo-Kupplung[45]) einen wesentlichen Fortschritt auch auf die elektromagnetische Kupplung sei hingewiesen, die ich bei den Synchronmotoren erwähnt habe. Der Wirbelstromläufer mit hohen Rotorstäben verbessert ebenfalls die Anlaufverhältnisse. Ferner wird durch Umschaltung der Statorwicklung oder Vergrößerung der Rotorstreuung der Anlauf verbessert, aber sonst der Motor verschlechtert. Wichtig ist es, wie dies schon bei Gleichstromankern gesagt wurde, die Stäbe mit den Kurzschlußringen zu verschweißen; ferner die Nuten schräg zur Achse zu legen. Da der Einzelantrieb immer mehr Anwendung findet, ist der Kurzschlußanker um so mehr am Platz.

Der Siebanker von Boucherot hat eine am Läuferumfang liegende Kurzschlußankerwicklung mit hohem Widerstand und weiter im Innern eine zweite kräftige mit niedrigem Widerstand, die eine gibt ein hohes Anzugsmoment und die zweite verbessert den Lauf.

Der Doppelkurzschlußanker-Motor von Boucherot[46]) wird von der Kölner Elektromotorenfabrik J. Bruncken wieder gebaut, wobei das Drehfeld des einen Motorständers gegen das andere beim Anlauf elektrisch verdreht wird, sodaß sich die beiden Läufer-EMKe zunächst entgegenwirken und die Rotorströme in einen Ring von großem Widerstand fließen, bei Verdrehung des einen Ständerfeldes addieren sich dann die Läufer-EMKe und der Rotor arbeitet wie ein gewöhnlicher Kurzschlußanker.

Für Einzelantrieb in Flügelspinnmaschinen werden kleine 30 Watt-Kurzschlußankermotoren mit $n = 6000$, $f = 100$ gebaut. Für Phonographen gibt es sogar ganz kleine Motoren von $1 : 10^6$ PS, die aus einer Kupferscheibe bestehen, welche durch zwei Elektromagnete gedreht wird; durch aufgesetzte Eisenpole können sie auch zu Synchronmotoren werden.

Seitens der Maschinenfabriken Oerlikon und Brown Boveri und Co. A.-G. werden mit großem Erfolg Asynchronmotoren mit eingebautem zuverlässigem Fliehkraftanlasser geliefert, und zwar bis 250 PS und selbst für Zuckerzentifugen.

Eine wesentliche Verbesserung und Verbilligung des Asynchronmotors erzielt man durch die in Amerika längst verbreitete Verwendung von Schleifenwicklung mit auf etwa $0{\cdot}8\,\tau$ verkürztem Wickelschritt, wodurch die Oberwellen und die sogenannte doppeltverkettete Streuung stark herabgesetzt wird, so daß man ein gegebenes Modell in der Leistung sehr steigern kann, es ist fast eine Verdopplung der Amperestäbe pro cm Umfang möglich. Für Spannungen über 1000 V legt man imprägnierte Schablonenspulen in die offenen Nuten und schließt sie mit magnetischen Keilen ab. Für die Rotoren wird immer allgemeiner eine Schablonen-Trommelfaßwicklung verwendet, bei den kleinsten Typen mit 8 bis 12 Leitern pro Nut, vielfach reine Drehstrom-Wellenwicklungen.

Die Kühlung der Drehstrommotoren wird immer mehr gesteigert, so daß Eiseninduktionen und Stromdichten stark in die Höhe getrieben werden können. Gekapselte Motoren, die nicht als Durchzugstype gebaut werden können, versieht man mit Mantelkühlung. Außerordentlich wirksam ist die Wickelkopfkühlung, wobei die Kühlluft nur über die Ständer- und Läuferwickelköpfe oder nur über die ersten strömt (Kolben El. A.-G.). Die AEG versieht ihre neuesten, kleinen Modelle nur mit Wickelkopfkühlung und vermeidet alle Kühlkanäle im Motorinneren, so daß das Gewicht des 10 PS-Motors ($n = 1440$) auf 115 kg von 190 kg heruntergebracht wurde.

[42]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 560; 1925, S. 109, 972; 1927, S. 71.
[43]) Electric Journal, Jänner 1927 (Westinghouse).
[44]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 413 ff.
[45]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 631.
[46]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 87.

Digitized by Google

Die Polumschaltung mit einer gemeinsamen Schleifen- oder Wellenwicklung für zwei Polzahlen, meist im Verhältnis 1 : 2 oder 2 : 3, wird zwecks Drehzahlregelung öfters benützt, obwohl die neueren Kaskadenschaltungen für diesen Zweck immer mehr Verbreitung finden.

Eine sehr zuverlässige Messung kleiner Schlüpfungen ist die stroboskopische: Auf dem Rotor läuft eine Scheibe mit, in der man in gleichen Abständen soviel Löcher als Polpaare anbringt. Man beobachtet durch diese eine dahinterstehende Glimmlampe, die am selben Wechselstrom liegt. Das Aufleuchten der Glimmlampe erfolgt mit der Zahl der Schlupfumdrehungen. Leuchtet die Lampe in der Minute n_s mal auf, so ist

$$\sigma = 100 \,.\, n_s : n_0$$

die prozentuelle Schlüpfung, n_0 = synchrone Drehzahl.

Wenn irgend möglich, macht man bei Drehstrommotoren $l = \tau$, wobei τ durch die Umfangsgeschwindigkeit $v = 2f.\tau$ beschränkt wird, τ ist auch begrenzt durch die Zahl der Nuten pro Pol, womit man kaum unter neun geht, da die Zahnteilung immerhin noch 2 bis 3 cm betragen soll.

Der Fluß pro Pol ist

$$\Phi = \mathfrak{H}_m \,.\, D\,l : p,$$

also durch die maximale Feldstärke $\mathfrak{H}_m$ im Luftspalt festgelegt. Maschinen mit kleinem Fluß sind solche mit $\mathfrak{H}_m = 4000$, solche mit großem $\mathfrak{H}_m = 8000$. Die Begrenzung in der Leistung speziell im Produkt $\Pi \,.\, n$ liegt hier ausschließlich in mechanischen Beanspruchungen, da ja kein Kollektor vorhanden ist. Man könnte also wohl die Werte, die bei Synchronmaschinen angegeben sind erreichen. Es liegt aber praktisch selten ein Bedürfnis vor mit $\Pi \,.\, n$ über 10.10^6 zu gehen: $\Pi = 10000$ kVA, $n = 1000$ oder $\Pi = 3000$ kVA $n = 3000$.

Auch hier kann man mit $\Pi = \dfrac{0{\cdot}736 \,.\, N}{\eta \cos\varphi}$ und N = Nutzleistung in PS

$$\Pi.n = \frac{6\,k_1}{n^3} \,.\, \mathfrak{H}_m \,.\, A \,.\, l \,.\, v^2 \,.\, 10^{-3} \quad . \; . \; (10)$$

setzen, wobei wie oben $\mathfrak{H}_m$ schon wegen der Zahninduktion

$$\mathfrak{B}_{\delta l} = \mathfrak{H}_m \,.\, \frac{\tau_z}{b_z} \quad \text{mit} \quad \mathfrak{B}_{\delta l} = 18\,000 \text{ bis } 20\,000$$

begrenzt ist. Hier ist allerdings

$$\frac{\tau_z}{b_z} = 2{\cdot}5 \text{ bis } 4.$$

Mit $A = 500$, $\mathfrak{H}_m = 8000$ und $k_1 = 2{\cdot}1$ wird

$$\Pi \,.\, n = 1{\cdot}7\, l\, v^2 \,.\, 10^3 = 17 \,.\, 10^6,$$

wobei $l = 1$ m und $v = 100$ m/s gesetzt ist.

Die Asynchronmaschine ist überhaupt der gegebene Schnelläufer. Mit wachsender Drehzahl und abnehmender Polzahl wird der cos φ immer besser. Wichtig ist beim Asynchronmotor, daß der Erregerstrom $I_e = \beta I$ ist mit $\beta = 0{\cdot}2$ bis $0{\cdot}4$, woraus sich sofort

$$\beta \,.\, I = I_e = \frac{5\pi^2}{4\,k_1} \frac{a_1 \,.\, p}{Z_1} \mathfrak{H} \,.\, \delta \,.\, \alpha_e$$

mit der EMK-Ziffer $k_1 = 2{\cdot}10$ bis $2{\cdot}15$ bei Dreiphasenmotoren ergibt, $\mathfrak{H} = \dfrac{2}{\pi} \mathfrak{H}_m$ ist nach obigem bekannt, δ in $f(D)$ normalisiert, sodaß sich daraus $\dfrac{Z_1}{a_1}$ findet, $\alpha_e = 1{\cdot}3$ = Zuschlag für die Eisen-AW.

Hat man für einen Motor das Verhältnis Kurzschluß-Erregerstrom $= I_k : I_e$ festgelegt, so macht man am besten den normalen Vollaststrom $I = \sqrt{I_e I_k}$, und damit

$$(\cos\varphi)_m = \frac{\dfrac{I_k}{I_e} - 1}{\dfrac{I_k}{I_e} + 1},$$

wobei sich eine Überlastungsfähigkeit

$$U = {}^1\!/_2 \sqrt{\frac{I_k}{I_e}}$$

ergibt.

Interessant ist der Reddamotor, der sehr lang aber mit kleinem Außendurchmesser zweipolig mit Kurzschlußanker gebaut wird, sodaß er samt der unmittelbar gekuppelten Kreiselpumpe in die Naphtabohrlöcher eingesenkt werden kann. Durch den Ständermantel strömt die hochgedrückte Flüssigkeit (Naphta oder Wasser). Die SSW bauen solche Tauchmotoren mit nur 190 mm Außendurchmesser für 13 kW.

Auffallend ist es, daß der sogenannte Doppelfeldmotor, das ist eine Asynchronmaschine mit gleicher Ständer- und Läuferwicklung, die beide parallel am Netz liegen, in der Praxis keine Beachtung findet. Der Motor läuft als Synchronmotor mit der doppelten Drehzahl der gewöhnlich geschalteten Asynchronmaschine, das heißt, $n = 120f : p$. Man kann also 6000 U/min bei $f = 50$ und $2p = 2$ erzielen, cos φ und Überlastungsfähigkeit sind sehr gut, nur muß der Motor auf seine Synchrondrehzahl erst hinaufgebracht werden und zwar mit Riemen und Anwurfsmotor.

Die hohen Drehzahlen über 3000 werden möglich durch Erzeugung einer höheren Frequenz $f = 100$ und mehr aus eigenen Generatoren oder Frequenzumformern, die später besprochen werden. Es kommen auch Anlagen mit zwei Frequenzen speziell in Textilbetrieben vor. Drehzahlen über 3000 bei $f = 50$ erreicht man auch, wenn man zwei zweipolige Motoren konzentrisch ineinander baut: Der erste Läufer ist gegen innen gleichzeitig der zweite Ständer, dessen Rotor dann gegen 6000 U/min macht. Durch verschiedene Polzahl in beiden Motoren und entsprechende Schaltung kann man eine ganze Reihe verschiedener Drehzahlen erzielen (Himmelwerk-Motor).

Da Einphasennetze nur noch selten vorkommen, so ist nach Einphasenmotoren außer für Bahnen und Kleinmotoren, die an einphasige Lichtleitungen angeschlossen werden, wenig Nachfrage. Für kräftiges Anzugsmoment, wie es

Digitized by Google

Aufzüge verlangen, wird bei Einphasenbetrieb vielfach der Repulsionsmotor verwendet, dessen Rotor nach dem Anlauf vermittels eines Fliehkraftkurzschließers in sich kurzgeschlossen wird. Zweckmäßig erfolgt der Kurzschluß nach zweien auf einander senkrechten Bürstenachsen am Kommutator. Legt man an die Bürstenachse senkrecht zur Statorfeldachse einen Teil der Ständerspannung, so bekommt man den auf cos $\varphi = 1$ kompensierten einphasigen Nebenschlußmotor.

Einen interessanten Fortschritt bedeutet der von der Firma F. Krupp gebaute kollektorlose Einphasenmotor.[47]) Seine wesentliche Neuerung besteht in einem auf Kugellager laufenden Zwischenrotor, der zwischen dem normalen einphasigen Ständer und dem normalen dreiphasigen Schleifringanker rotiert und der das Einphasenfeld durch die in den Zwischenrotor eingebaute Käfigwicklung in ein Drehfeld wandelt, respektive das inverse Drehfeld wegdämpft, so daß dann im Läufer auch bei Anlauf wie bei Drehstrom ein kräftiges Drehmoment erzielt wird. Beim Lauf wird eine zweite im Zwischenläufer liegende Erregerwicklung mit Gleichstrom erregt, so daß der Motor zum Synchronmotor wird und auf cos $\varphi = 1$ eingestellt werden kann.

Im Aufbau übereinstimmend mit den Asynchronmaschinen sind die Drehtransformatoren, die in derselben Weise wie die Transformatoren gekühlt werden, und zwar meist in runden Ölkesseln, an die bei großen Einheiten mächtige Kühltaschen angebaut werden. In den ausgedehnten amerikanischen Netzen ist der ein- und mehrphasige Drehtransformator sehr verbreitet. Er wird sogar mit automatischer Betätigung an Leitungsmasten aufgehängt. Will man die Phase im Netz nicht ändern, so werden Doppel-Drehtransformatoren, die entgegengesetzt gedreht werden, notwendig. **(Ein weiterer Aufsatz folgt später.)**

[47]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 778.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Energiewirtschaft und Hochdruckdampfbetrieb. Von Prof. Dr. Löffler. In einem Aufsatze, der auch die wärmewirtschaftlichen Aussichten der Vergasung und der Verflüssigung von Kohlen behandelt, wird bezüglich der Bedingungen für die Verbrennung bei Kohlenstaubfeuerungen auf die Erfahrungen bei Verbrennungskraftmaschinen verwiesen. Vollständige und vollkommene Verbrennung ist nur bei Zerlegung der Kohle in möglichst feine Teilchen, Beimischung der nötigen Luftmenge zu jedem Teilchen und besonders bei Schaffung des erforderlichen hohen Wärmezustandes am Orte der Verbrennung, das ist hohe Temperatur des Feuerraumes und Vorwärmung des Gemisches (am besten Luftvorwärmung und innige Mischung mit dem Kohlenstaub vor der Verbrennung) erreichbar. Von großer Bedeutung ist auch ausreichender Luftüberschuß. Die Mehrzahl der bisher angewendeten Feuerungen weist diese Merkmale nicht auf, insbesondere wird meist nur 20 bis 30 vH der erforderlichen Verbrennungsluft dem Kohlenstaub als Primärluft beigemischt. Die bisherige Art der Flammenführung mit Umkehren der Flammen des von oben her eingeblasenen Kohlenstaubes und Zuführung des größten Teiles der (kalten) Luft von unten, zum Zwecke der Aschenabscheidung, erfordert lange Flammenwege und große und tiefe Brennräume, entsprechend etwa 150 000 WE/h Wärmeerzeugung je m³ Brennraum, so daß sich bei diesen Feuerungen die brenntechnischen Vorteile der Kohlenstaubfeuerung nur bei großen Kesseln oder minderwertiger, billiger Abfallkohle nutzbar machen lassen. Verteuernd wirken auch die ungünstige Beanspruchung der Feuerraumwände durch Abbrand des Mauerwerkes, die Notwendigkeit der Verwendung hochwertiger Schamotteziegel und der Kühlung der Wände. Von den Bestrebungen zur Erzielung einer besseren Durchwirbelung von Kohlenstaub und Luft sind die Feuerung der Combustion Engg. Co. (Einblasen des Kohlenstaubluftgemisches aus den vier Ecken eines quadratischen Verbrennungsraumes nicht genau gegen die Mitte, so daß derart wieder ein Raum von quadratischem Querschnitt entsteht, in welchem die Durchwirbelung des Gemisches vor und während der Verbrennung stattfindet) und der Brunnenbrenner der Fuller Co. (tangentiale Einführung des Gemisches in den Feuerraum) zu erwähnen, sowie jene Bauarten, bei welchen ohne Umkehrung der Flamme das schon im Brenner hergestellte Gemisch aus vorgewärmter Luft und Kohlenstaub von unten in die Feuerung eingeführt wird. Einen wesentlichen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit von Kohlenstaubfeuerungen haben auch die Kosten der Vermahlung. Es soll möglichst feiner Staub erzeugt und möglichst trockene Kohle vermahlen werden. Für kleine Anlagen kommen Einzelmühlen für jeden Kessel, für größere Kessel und große Anlagen in erster Linie zentrale Mahlanlagen in Betracht. Dafür, ob die Herstellung des Kohlenstaubes schon auf der Grube oder erst im Kesselhaus selbst zu geschehen hat, fehlen noch ausreichende Erfahrungen. Zusammenfassend stellt der Autor fest, daß man mit Kohlenstaubfeuerungen auch bei kleinen Kesseln um 10 bis 20 vH höhere Wirkungsgrade erreichen kann als bei Rostfeuerung. Auch ist die selbsttätige Regelung in diesem Falle einfacher und sicherer.

Von den Darlegungen des Verfassers über die Hochdruckdampferzeuger ist zunächst zu erwähnen, daß er 150 at als oberste Grenze ansieht, weil darüber hinaus den erhöhten Anlagekosten keine ausreichende Steigerung der Wirtschaftlichkeit entspricht. Für erwünscht hält er die Möglichkeit der Herstellung von Dampfkesseln derart, daß eine behördliche Aufsicht und besondere Bauvorschriften überflüssig werden, wie dies zum Beispiel bei Dieselmotoren der Fall ist, wo doch auch sehr hohe Drücke und Temperaturen auftreten. Ein Weg hiezu ist in der Verwendung von harten Stählen bei Hochdruckkesseln gegeben, weil diese Stoffe auch bei Temperaturen von 600° noch ausreichende Festigkeit aufweisen.

Im engsten Zusammenhang mit den Fragen der Kohlenveredlung steht die Frage, an welcher Stelle die Kraftwerke errichtet werden sollen. Im Hinblick auf die Nachteile von Fernleitungen verweist der Verfasser darauf, daß man zum Beispiel bei der Stromversorgung von Berlin wieder zum Transport der Kohle (und nicht des Stromes) und damit zur Errichtung der Großkraftwerke innerhalb der Stadt gekommen sei. In solchen Fällen soll aber — im Gegensatz zur Lage des Kraftwerkes Rummelsburg — getrachtet werden, das Kraftwerk mit einer Abdampfverwertungsanlage zu verbinden. Turbinengrößen, wie sie in letzter Zeit vielfach gebaut werden, hält Prof. Löffler im Hinblick auf die Notwendigkeit ebenso großer Reserven nicht für zweckmäßig, auch sinken die Anlagekosten je kW von etwa 20 000 kW an nur mehr ganz wenig. Günstig für die Kupplung von Kraft- und Heizbetrieb ist die infolge Steigerung des Frischdampfdruckes möglich gewordene Steigerung des Abdampfdruckes, weil dadurch die Leitungen für den Heizdampf bedeutend kleiner werden. Kombiniert man in Hüttenwerken Kraft- und Heizstrom-

Digitized by Google

betrieb und verwendet man damit auch noch gegebenenfalls die Kohlenveredlung, so können unter Umständen die Stromkosten so weit sinken, daß sogar elektrische Roheisen- und Stahlerzeugung wirtschaftlich wird. Da die elektrischen Hochöfen viel weniger Koks verbrauchen als die heutigen üblichen Hochöfen, konnte die Kokserzeugung verringert werden, damit käme auch der große Gasüberschuß der Kokszechen in Wegfall und die Pläne für Gasfernversorgung (Löffler hält die Verbrennung der Überschußgase von Kokereien unter Hochdruckkesseln und Erzeugung von Strom für wirtschaftlicher) würden ihre Grundlage verlieren. Gelingt es, auf die obige Art die Stromkosten zu vermindern, so würde auch der elektrische Strom im Haushalt mehr Eingang finden und damit das Leuchtgas ganz entbehrlich werden. J.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 14, 1927.)

Anhaltswerte für den Entwurf von Dampfkraftwerken. J. G. Fairfield veröffentlicht in „Power", Bd. 61, Nr. 26, Angaben von 140 Kraftwerken, die in 40 Kurventafeln übersichtlich zusammengestellt sind. Aus einer Besprechung dieser Arbeit von Ohlmüller in ETZ, Heft 15 von d. J., entnehmen wir folgendes: Die Bodenfläche von Maschinenhaus und Kesselhaus je kW installierte Leistung nimmt von 0·15 m² bei 4000 kW Ausbauleistung auf 0·04 m² bei 20 000 kW und auf 0·02 m² bei 200 000 kW ab. Das Kesselhaus beansprucht im allgemeinen etwas mehr Platz als das Maschinenhaus, Grenzen von ± 25 vH von den angegebenen Mittelwerten sind jedenfalls ausreichend. Aus den Angaben für 10 Deutsche Kraftwerke (davon 5 Braunkohlenwerke) erhält man im Mittel 0·1 m² bei 10 000 kW, sinkend auf 0·5 m² bei bei 10 000 bis 20 000 kW. Diese höheren Werte sind wohl in erster Linie auf die kleineren Maschinen- und Kesseleinheiten als in Amerika zurückzuführen, sowie auch darauf, daß man bei uns noch nicht die Vorwärmer über den Kesseln anordnet und dadurch viel Raum erspart. Die Turbinenanzahl ist bis etwa 70 000 kW im Mittel 2 (üblich sind überwiegend 1 und 3, vereinzelt 4), von da an nimmt die Zahl der Sätze auf 5 bei 200 000 kW zu. Im Hinblick auf die größeren Turbinenleistungen der letzten Zeit ist aber die Grenze für zwei Turbinen wohl schon hinaufgerückt. In Amerika wird auf Reserveleistung nicht so viel Wert gelegt wie in Europa, man begnügt sich mit der Verbindung mehrerer Werke. Da also bei zwei Maschinen nicht eine als Reserve dient, sondern für den normalen Bedarf, wird der Platzbedarf der Werke in Amerika — mit wenigen großen Maschinen — auch dadurch vermindert. Die Kesselanzahl beträgt bis etwa 40 000 kW Ausbauleistung 5 im Mittel, bei 100 000 kW 10, bei 200 000 kW 15, die Kesselheizfläche bis 5000 kW 500 m², bei 20 000 kW 1000 m², bei 100 000 kW 1500 m². Im allgemeinen sind je Maschine zwei Kessel vorhanden und Reservekessel für die ganze Anlage. Der Bedarf an Kesselheizfläche je kW Maschinenleistung nimmt mit der Ausbauleistung ab (von etwa 1 m² bei 2000 kW auf 0·2 m² bei 200 000 kW), und zwar im Hinblick auf den geringen Dampfverbrauch der großen Maschinen und die höheren Heizflächenbeanspruchungen der großen Kessel. Das Verhältnis Kesselheizfläche/m² Kesselhausbodenfläche nimmt mit der Ausbauleistung von 4 bis 6000 kW auf 8 bei 400 000 kW zu. Mit der Ausbauleistung steigen auch die Rostbelastung, bezw. die Größe der Brennkammer bei Kohlenstaubfeuerung im Verhältnis zur Heizfläche und die Überhitzerfläche (höhere Überhitzung bei Großanlagen). Aus den Angaben über die Kondensationsanlagen geht hervor, daß die größeren Kondensatoren als wirtschaftlicher angesehen werden. J.

Ein neuer Dampfkessel.[1]) Eine allgemeine Einführung der Kohlenstaubfeuerung, die aus betriebstechnischen Gründen sehr erwünscht wäre, wird gegenwärtig durch die hohen Anlagekosten verhindert. Eine wesentliche Verbilligung ist aber zu erwarten, falls von der heutigen Kesselausführung abgesehen wird und statt dessen Kessel geschaffen werden, die die Möglichkeiten der neuen Feuerungsart voll ausnützen.

Ein solcher Kessel, der sich nur für Öl- und Kohlenstaubfeuerung eignet, ist im Kraftwerk Västerås der Staatlichen Wasserfallverwaltung in Schweden neuerdings fertiggestellt worden (Abb. 1). Der Kessel ist als ein Eintrommel-Sektionalkessel mit vertikalen Siederohren zu bezeichnen. Die Heizfläche liegt rund um den sechseckigen Feuerraum und ist nicht in Rohrbündeln enthalten. Die gesamte Wärmeübertragung geschieht durch Strahlung. Zum Kessel gehören zwei parallelgeschaltete Überhitzer und zwei ebenfalls parallelgelegte Lufterhitzer rekuperativer Bauart, die den Hauptteil der Abgaswärme an die Verbrennungsluft überführen.

Der Kessel enthält etwa 220 m² Heizfläche und leistet 40 t Dampf pro Stunde bei einer Speisewassertemperatur von 50° C. Dies entspricht einer spezifischen Leistung von 180 kg pro m² Heizfläche, während Kessel

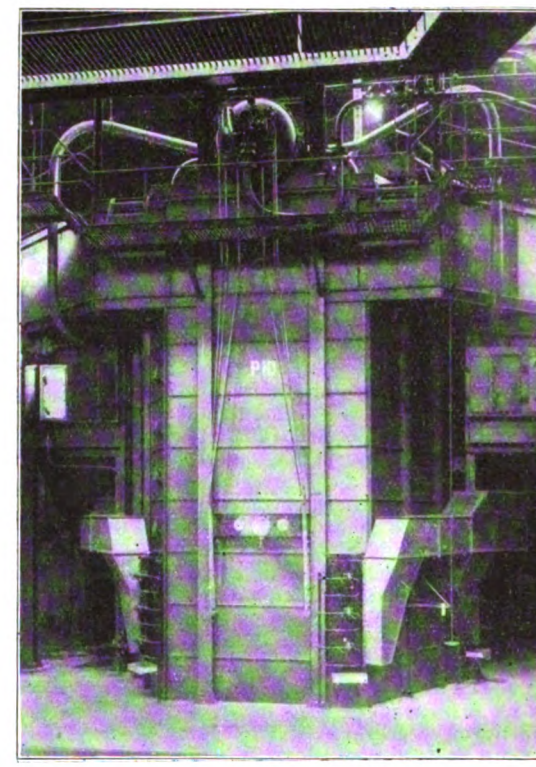


Abb. 1.

im allgemeinen nur eine Maximalleistung von etwa 40 kg pro m² aufweisen können. Auf die Leistung bezogen, wird der Preis des Kessels sehr niedrig im Verhältnis zu den üblichen Bauarten. Das Anheizen des Kessels vom kalten Zustande geschieht anstandslos in 15 min, die Anheizverluste sind entsprechend gering.

Mit Ölfeuerung wird sich der Kessel wegen der überaus einfachen und billigen Anlage trotz des teueren Brennstoffes als Spitzenkessel gut eignen. Für regelmäßigen Betrieb ist aber Kohlenstaubfeuerung vorzusehen. Eine zweite Einheit, die von Anfang an Kohlenstaubfeuerung erhalten soll, wird gegenwärtig im Kraftwerk Västerås gebaut. N. Forssblad.

[1]) Auszugsweise Wiedergabe eines Vortrages auf der Haupversammlung der Vereinigung der Elekrizitätswerke in Berlin 1927.

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Versuche mit Schnellschaltern. Dr. Alfred Cohn, Berlin, berichtet über Versuche welche in der Fabrik für Schaltgeräte der AEG angestellt wurden. Der Schnellschalter der AEG wird durch den Anker eines Haltemagneten gegen den Zug einer Feder festgehalten. Dieser Magnet wird durch eine dauernd stromdurchflossene Spule erregt. Nahe am Anker ist ein Streujoch angebracht, das vom Hauptstrom so erregt ist, daß sein Fluß dem Feld im Joch entgegensetzzt ist, wodurch der Schalter frei wird und auslöst. Parallel zum Schalter

Digitized by Google

liegt ein Widerstand, der beim Auslösen einen Reststrom führt. Beim Auslösen wird ein Kontakt geschlossen, der den Ölschalter und damit den Reststrom unterbricht. Die Wechselstromspule, welche den Anker entmagnetisiert, induziert außerdem in der Haltespule einen Strom, der ihrer Wirkung entgegengesetzt und desto stärker ist, je schneller der Stromanstieg erfolgt. Diese Erscheinung ist charakteristisch, denn sie bewirkt, daß die Auslösezeit desto kleiner ist, je rascher der Überstrom ansteigt. Diese Wirkung wird durch einen induktiven Nebenschluß zur Auslösespule noch verstärkt. Die Folge ist eine Auslösezeit, welche nur ein Bruchteil jener eines gewöhnlichen Höchststromschalters ist. Die Auslösezeit ist desto kürzer: 1. je größer das Verhältnis des Strommaximums zur eingestellten Stromstärke ist; 2. je steiler die Stromkurve ansteigt; 3. je niedriger die nach Abschaltung wiederkehrende Spannung der Stromquelle ist. Die Auslösezeit hat zwei Teile. Der erste reicht vom Beginn des Kurzschlusses bis zum Auslösen (mechanische Zeit), der zweite bis zum Erlöschen des Lichtbogens (Lichtbogenzeit). Letzterer wächst mit der Betriebsspannung.

Unter den zahlreichen Versuchen ergab einer mit dem Kurzschluß einer Gleichstromdynamo 1500 V, 1000 A, und einem Schnellschalter für 2500 A, zufolge des Oszillogramms 3·3 ms (Millisekunden) als Öffnungs- (mechanische) Zeit und 10·3 ms als Lichtbogenzeit. Der Strom erreichte 8700 A, die Spannung bloß 2260 V. Bei häufigen Versuchen zeigten sich am Kollektor nur Spritzfunken und geringe Angriffstellen an den Segmentkanten. Bei zwei in Reihe geschalteten Einankerumformern, je 375 kW, 800 V, war die Stromspitze das 3·6fache des Normalstromes, die Spannungsspitze 1900 V, die mechanische Zeit 6·1 ms, die Lichtbogenzeit 16·7 ms.

Besondere Bedeutung hat der Schnellschalter für Quecksilber-Umformeranlagen, um bei Rückzündung den betreffenden Umformer so rasch abzuschalten, daß der sonstige Betrieb nicht gestört wird. Der AEG-Schnellschalter eignet sich hiezu deshalb, weil er zufolge der Wirkung der Haltespule nur auf Strom einer Richtung anspricht. Der Schnellschalter wird in die Verbindung des Nullpunktes des Transformators mit der negativen Sammelschiene geschaltet und zieht durch einen Kontakt den Gleichstrom-Automat und den Ölschalter nach sich. Bei Rückzündung löst der in der genannten Leitung auftretende, durch den parallelarbeitenden Gleichrichter gelieferte Rückstrom den Schnellschalter aus. Dadurch werden Rückzündungen an den übrigen Gleichrichtern und Rundfeuer an den Maschinen-Umformern verhütet. Das Oszillogramm einer künstlichen Rückzündung zeigt einen Rückstrom von etwa 800 A, der zunächst nochmals auf Null fällt, dann aber auf 2400 A anwächst, ein Vorgang, welcher 26·5 ms dauert, worauf der Schnellschalter auslöst und der Strom in 6·3 ms auf den Restwert im Parallelwiderstand abfällt, wo er 4 Perioden bis zum Auslösen des Selbstschalters anhält. Im parallelen Gleichrichter steigt der Strom kurzzeitig vom Betriebsstrom 370 A auf 2500 A, die Spannung sinkt von 530 auf 88 V. In etwa 30 ms ist der Normalzustand wieder hergestellt. Billiger wird die Einrichtung, bei welcher ein Schnellschalter ohne Parallelwiderstand und statt des Selbstschalters ein Überstromzeitrelais verwendet wird, welches auf die Haltespule wirkt. — Bei allen Versuchen zeigte sich, daß der Rückstrom-Selbstschalter die Ströme, welche die Rückzündung mit sich bringt, klaglos abschaltet.[1]) Ho.

(ETZ, Bd. 48, Heft 8, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Die neue Prüfanlage für Hochspannungskabel der Standard Telephone Cables Ltd. (früher Western Electric Co.) beschreibt T. N. Riley. Man ging dabei von der Annahme aus, daß die Entwicklung der Hochspannungstechnik der letzten Jahre erwarten läßt, daß in den nächsten Jahren Dreileiterkabel bis höchstens 66 kV und Einleiterkabel bis höchstens 130 kV erzeugt werden. — Die Anlage besteht daher aus drei 100 kVA Einphasentransformatoren 3000/150 000 V, welche hochspannungsseitig entweder in Stern 260 kV Dreiphasenspannung oder hintereinander, 450 kV, ergeben. Da einer der drei Transformatoren gegen Erde auf 150 kV isoliert ist, treten in den beiden Anschlußklemmen bei Einphasenspannung 150 respektive 300 kV gegen Erde auf. Die Regulierung der Spannung, die niederspannungsseitig von einem 300 kVA, 3000 V Generator mit direkt gekuppeltem Motor geliefert wird, kann sowohl durch die Felderregung am Generator als auch durch einen dreiphasigen Induktionsregler, dessen Phasen unabhängig voneinander verändert werden können, bewirkt werden. Der Spezialgenerator gibt natürlich auch bei kapazitiver Last eine fast vollkommene Sinuskurve. Die Spannung wird durch ein Abraham-Villard-Elektrometer, Meßbereich variabel bis insgesamt 300 kV, nur hochspannungsseitig abgelesen. Eine Kugelfunkenstrecke mit 250 cm Kugeln gibt (bei annähernd richtiger Sinusform der Spannungskurve. D. Ref.) eine Kontrolle des statischen Voltmeters. Die Periodenzahl läßt sich von 25 bis 50 variieren. Zur gleichzeitigen Prüfung der Kabel unter Strom und Spannung sind außer den obgenannten Transformatoren noch drei Stück 25 kVA Heiztransformatoren vorhanden, deren Windungen gegeneinander auf 150 kV isoliert sind. Die im Kabel sich ausbildende Temperatur wird aus dem Widerstand der Kupferadern errechnet. Der Kupferwiderstand wird dabei so bestimmt, daß ein 2 V Akkumulator und ein 0·01 Ohm Shunt in den Heizstromkreis geschaltet werden. Die beiden müssen daher die maximal vorkommende Stromstärke von 400 A wenigstens kurzseitig vertragen. Die Spannungsabfälle, welche ein Gleichstrom-Galvanometer zufolge des aus dem Akkumulator dem Wechselstrom überlagerten Gleichstromes anzeigt, lassen den Kupferwiderstand berechnen. Die dielektrischen Verluste werden durch ein astatisches Duddel-Mathew-Wattmeter, welches hochspannungsseitig (bis zu 75 kV) eingeschaltet werden kann, gemessen. Die Stromspule des Wattmeters hat mehrere Unterteilungen, die nach Bedarf parallel oder hintereinander geschaltet werden können. Bezüglich der Spannungsspule entschloß man sich dazu, Vorschaltwiderstände vor die Spule zu schalten, weil der zufolge der Streukapazität der Widerstände auftretende Winkelfehler klein und, da von der Spannung unabhängig, leichter berücksichtbar ist. Bei Spannungstransformatoren müßte der Winkelfehler bei jeder Spannung gesondert korrigiert werden. Bei Messung des Verlustwinkels in Dreiphasenschaltung hat sich allerdings gezeigt, daß die durch den Spannungszweig hervorgerufene Mehrlast in einer Phase stört, so daß man für diesen Zweck neuerdings wieder Versuche mit Spannungswandlern aufgenommen hat. Selbstverständlich ist die ganze Anlage mit ausreichenden Sicherheitsmaßnahmen ausgestattet, welche zum Beispiel das Einlegen des die Transformatoren und den Generator verbindenden Ölschalters nicht gestattet, wenn eine der Zugangstüren des Hochspannungsprüfraumes geöffnet ist usw. Dr. Konstantinowsky.

(Electrical Communication, Bd. 5, Nr. 4, April 1927.)

Stromverteilung.

Einfluß von Spannungs- und Frequenzschwankungen des speisenden Netzes auf den Betrieb von Einankerumformern. Die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G. (Bewag) haben, wie Schindler berichtet, Versuche durchgeführt, um die Verhältnisse klarzustellen, die bei drehstromseitigen Spannungs- und Frequenzschwankungen die beiderseitige Abschaltung von Einankerumformern bewirken. Solche Abschaltungen werden vom Praktiker häufig als „Außertrittthalten" des Umformers bezeichnet, eine Bezeichnung, die, wie im Laufe der Untersuchungen nachgewiesen, in sehr vielen Fällen nicht zutrifft. Die Gefahr des häufigen Eintretens solcher Abschaltungen erschien in neuerer Zeit wesentlich vergrößert, da überall mit wachsender Größe der Netze und Kraftwerksleistungen immer mehr Aberregungsschaltungen bei Generatoren Anwendung finden. Für die Versuche wurde ein Drehstromgenerator von 5000 kVA, mehrere Einankerumformer von 750 bis

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 783, 832.

Digitized by Google

1100 kW, ein großer Wasserwiderstand, eine Akkumulatorenbatterie, sowie die entsprechenden Schalter, Kabelstrecken usw. benützt. Die Belastung stellte dauernd das Berliner Straßenbahnnetz dar, die Belastungsstöße wurden durch Einschalten des Widerstandes, bzw. Kurzschließen von Kabelstrecken erzeugt.

Die Auswertung der Versuche im Vergleich zu den theoretischen Grundlagen ist von Schwenkhagen und Lenz durchgeführt worden. Eine Spannungssenkung hat für einen Einankerumformer die Folge, daß die Erregung relativ verstärkt wird, das heißt, die Maschine unter Umständen einen stark voreilenden Strom aufnimmt. Wenn der Umformer auf ein Netz arbeitet, wo keine andere unabhängige Stromquelle vorhanden ist, so nimmt die Belastung des Netzes entsprechend der Spannungssenkung ab, so daß also eine Auslösung des Umformers nicht zu erwarten ist (wenn der Blindstrom nicht zu groß wird). Wenn jedoch zum Beispiel eine parallel arbeitende Batterie vorhanden ist, so kann diese einen Rückstrom über den Umformer in das Drehstromnetz senden. Bei den allgemein verwendeten Schaltern mit Rückstromauslösung bewirkt diese bei der üblichen Einstellung eine sofortige Abschaltung. Zu beachten ist jedoch, daß eine plötzliche Spannungssenkung immer mit Frequenzschwankungen verbunden ist. Die in Betracht kommenden Belastungsstöße spielen sich nämlich immer in derart kurzen Zeiten ab, daß der Regler der Antriebsmaschine noch nicht zur Wirkung kommt. Im ersten Augenblick wird daher eine Mehrbelastung aus den Schwungmassen der Maschinen gedeckt. Das Ansteigen des Belastungsstromes bedeutet nur bis zu einem gewissen Punkt eine Vergrößerung der abgegebenen Leistung, da gleichzeitig die Klemmenspannung abfällt. Bei Eintreten einer sehr starken Überlastung, etwa eines Kurzschlusses in der Nähe des Kraftwerkes, nimmt daher die abgegebene Leistung beim Ansteigen des Stromes wieder ab und der Generator wird nach Erreichen eines Drehzahlminimums sich wieder beschleunigen. Die Frequenz wird so zuerst ab- und dann wieder zunehmen.

Wenn eine nicht allzugroße Zunahme des Belastungsstromes des Generators vorkommt, wenn also eine alleinige Frequenzsenkung eintritt, so verhält sich der von dem Drehstromnetz gespeiste Einankerumformer nicht wesentlich anders als wenn eine Spannungssenkung allein eintreten würde. Die Frequenzsenkung wird unter Abgabe von Leistung an das Gleichstrom-, eventuell auch an das Drehstromnetz aus der kinetischen Energie der rotierenden Massen vollständig mitgemacht.

Beim Eintreten einer Frequenzsteigerung nach der ursprünglichen Frequenzsenkung verhält sich der Umformer ganz anders. Es müßte ihm in diesem Falle Energie noch von außen zur Erhöhung der Drehzahl zugeführt werden. Von der Drehstromseite ist dies nicht recht möglich, da der Umformer als Synchronmotor bei der stark abgesunkenen Klemmenspannung nur mehr ein sehr geringes Kippmoment besitzt. Es wird daher dann ein Umformer, der allein auf das Gleichstromnetz arbeitet, fast immer sofort tatsächlich außer Tritt fallen. Bei Vorhandensein einer weiteren Gleichstromquelle könnte der Umformer von dort die benötigte Energie aufnehmen, aber bei den üblicherweise verwendeten Rückstromauslösern ist dies nicht in gegügendem Maße möglich und auch wenn solche Auslöser fehlen, wird die große gleichstromseitige Stromaufnahme sehr rasch die Maximalautomaten zum Abschalten bringen. Nach Abschalten der Gleichstromseite verhält sich der Umformer natürlich so, wie ohne unabhängige weitere Gleichstromquelle.

Die für jeden der vier verschiedenen Überstromfälle (ohne und mit nachfolgender Frequenzsteigerung, sowie ohne und mit unabhängiger Gleichstromquelle, bzw. Batterie) unternommenen Versuche wurden oszillographisch genau aufgenommen und ergaben eine vollständige Übereinstimmung mit der Theorie. Von größtem Interesse waren darunter die Versuche mit Parallelbatterie, da sie zeigten, daß hier gegenüber den üblichen Schalteranordnungen wesentliche Verbesserungen möglich sind, die die Zahl der Fälle von Ausfallen der Umformer sehr stark vermindern können. Bei Versuchen mit Frequenz- und Spannungssenkung trat in keinem Falle ein Außertrittfallen des Umformers auf, es stieg aber der Wechselstrom bis auf 200 vH des Normalstromes und gleichstromseitig trat ein Rückstrom von 75 vH des Vollaststromes auf. Beide Größen würden bei der üblichen Automateneinstellung eine Auslösung bewirken. Durch ensprechend höhere Einstellung konnte diese bei den Versuchen verhindert werden und auch gleichzeitig konstatiert werden, daß während der Dauer der Versuche kein Umformer deshalb bedenkliche Erscheinungen zeigte. Es scheint, als ob die bisherige Praxis in dieser Hinsicht zu rigoros vorgegangen ist. Zumindestens sollte die Rückstromauslösung nicht von vornherein knapp eingestellt werden, sondern erst über einem Stromwert ansprechen, bei dem der Umformer, wie sich im Versuch leicht feststellen läßt, noch einwandfrei kommutiert.

Bei Versuchen mit nachfolgender Frequenzsteigerung, bei denen eine Kabelstrecke direkt kurzgeschlossen wurde, war ein Betrieb mit Parallelbatterie nicht möglich, da der vom Umformer aufgenommene Gleichstrom über das Doppelte des Normalstromes betrug (noch dazu Rückstrom!) und daher unbedingt eine Auslösung bewirken mußte. Die Oszillogramme ließen jedoch erkennen, daß das Außertrittfallen des Umformers erst nach dem gleichstromseitigen Abschalten erfolgte. Es wurde daher eine von Neumann vorgeschlagene Schutzschaltung zur Vermeidung des Außertrittfallens erprobt, wonach die Rückstromauslösung den Umformer gleichstromseitig nicht vollständig abtrennt, sondern durch Einschalten eines Widerstandes die Größe des Rückstromes begrenzt. Bei richtiger Wahl der Größe des Widerstandes kann dann der Umformer trotzdem von der Gleichstromseite genügend Energie zur Beschleunigung der Massen aufnehmen. Die Versuche haben gezeigt, daß mit dieser Schaltung vollkommen der gewünschte Zweck erreicht wird und der Umformer trotz sehr starker Spannungsabsenkung drehstromseitig (auf 35 vH der Normalspannung) mit Hilfe der Parallelbatterie in Betrieb gehalten werden konnte. B. G.

(ETZ., Bd. 48, Hefte 5 bis 6. 1927.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die Schaltung von Fahrleitungsnetzen für Wechselstrom-Fernbahnen im Reichbahndirektionsbezirk München. Ig. Naderer gibt unter diesem Titel eine ausführliche Beschreibung der Schaltung auf der 15 kV-Seite des bayrischen Staatsbahnnetzes. Die Wahl der Schaltanordnung ist für die Zuverlässigkeit des ganzen Bahnbetriebes maßgebend. Während in der Schweiz verschiedene Systeme, die auf dem Prinzip des Selektivschutzes mit Überstrom- oder Nullspannungsrelais arbeiten[1]), angewendet wurden und einerseits wegen der hohen Baukosten, andererseits wegen der Abhängigkeit von zahlreichen Relais nicht nachahmenswert erschienen, entschloß man sich in Bayern bei dem System von einfachen Streckenschaltern zu bleiben, diese jedoch mit Fernsteuerung zu versehen und anläßlich der Kabelung der bahneigenen Fernsprechleitungen eigene Leitungen zwischen den Schaltposten und Unterstationen insbesondere mit der Schaltbefehlstelle Pasing[2]) und zwischen dieser und den Kraftwerken am Walchensee, der mittleren Isar und dem Bayernwerk zu legen. Da erfahrungsgemäß 60 bis 70 vH der Auslösung der Unterwerksschalter ganz kurzzeitig sind, hielt man dies für ausreichend. Zur Verringerung der Kosten sind bis zu zehn Fernsprecher in Reihe geschaltet und mittels verschiedener Zeichen aufrufbar. In den Unterwerken sind die Unterspannungssammelschienen doppelt und je nach Größe des Unterwerks unterteilt. Die Speiseschaltung der Fahrleitung wird mit Rücksicht auf die Spannungsverhältnisse womöglich zweiseitig gemacht. Die Erhöhung der Kurzschlußenergie wiegt diesen Vorteil nicht auf. Bei 80 000 kVA momentane und 50 000 kVA Dauer-Kurzschlußleistung an jedem der Speisepunkte

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 301.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 12, S. 229.

Digitized by Google

einer 70 km langen Fahrleitung wurden die Kurzschlußleistungen bei ein- und zweiseitiger Speisung wie folgt errechnet:

	in km 0		km 35		km 70	
Kurzschluß kVA	moment.	dauernd	moment.	dauernd	moment.	dauernd
einseitig . . .	80 000	50 000	17 000	15 000	9 500	9 000
zweiseitig . . .	80 000	50 000	31 000	25 500	80 000	50 000

Die Beeinflussung von Schwachstromleitungen ist bei zweiseitiger Speisung umso geringer, je näher der Erdschluß der Streckenmitte ist. Weiters ist bei dieser Schaltung ein Energieausgleich und damit eine gleichmäßigere Belastung der Unterstationen möglich und gibt die Möglichkeit von Umschaltungen erhöhte Sicherheit.

Wegen der Speisung aus zwei Kraftwerken, Walchensee und Mittlere Isar, ist es bei Störung in der Fernleitung möglich, daß benachbarte Unterwerke oberspannungsseitig außer Synchronismus sind. An den Grenzen der Versorgungsgebiete müssen daher Schutzstrecken mit einer neutralen Zone von etwa 35 m angeordnet sein. Diese Trennstellen sind durch die selbsttätigen Streckenkupplungsschalter überbrückt, die dann auch das neutrale Leitungsstück unter Spannung halten. Bei Kurzschluß auf der Strecke hat der Kupplungsschalter sofort zu öffnen, fällt somit vor den verzögerten Unterwerksschaltern. Bei Wiedereinritt gleicher Spannnung auf beiden Seiten schließt er selbsttätig, wenn Phasengleichheit herrscht. Der Kupplungsschalter kann auch mittels Fernsteuerung oder von Hand bedient werden. Solche Schalter sind für jedes Geleise vorhanden.

Die Unterteilung des Fahrleitungsnetzes erfolgt abgesehen von den als Ölschalter ausgebildeten Kupplungsschaltern durch Mast-Hörnerschalter. Man unterscheidet Speiseschalter, welche die 15 kV Speiseleitungen mit den Fahrleitungen verbinden, Streckenschalter zwischen der Fahrleitung der offenen Strecke und eines Bahnhofs, Verbindungsschalter zwischen den sonst getrennten Fahrleitungen zweigleisiger Strecken, Gruppenschalter auf größeren Bahnhöfen und Erdungsschalter bei Ladegleisen. Sämtliche Schalter sind je nach Zweck und Lage einheitlich bezeichnet und beziffert. Die Betätigung dieser Schalter erfolgt entweder von Hand oder durch Fernbetätigung, wenn die rasche Handbedienung nicht durch die Lage gegeben ist. Die Schaltergriffe sind in bekannter Weise versperrbar. Die Fernbetätigung erfolgt möglichst vom Stellwerk aus mittels Drahtzügen wie bei den Weichen. Die Schalterhebel unterscheiden sich von den sonst ähnlichen Weichenhebeln durch den Anstrich und sind zum Schutz gegen Verwechslung mit dieser durch eine Sperrklinke verriegelt. Die Verbindung mit dem Stellwerk kann gelöst und jeder Schalter von Hand gestellt werden. In großen Bahnhöfen, wo das Vorhandensein einer elektrischen Weichenstellvorrichtung oder die große Anzahl und Entfernung der Schalter die Drahtzug-Betätigung unmöglich macht, wird elektrische Motor-Fernsteuerung verwendet. Zu jedem Schalter führen eine Ein- und Ausschaltleitung und eine Merkleitung samt Überwachungslampe. Die Motor-Rückleitungen mehrerer Schalter werden nach Möglichkeit zusammengefaßt. Die Betätigungstafel enthält für jeden Schalter untereinander die Merklampe, eine Tafel mit der Bezeichnung Ein und Aus, den Schaltergriff und die Bezeichnung des Schalters und unten die Sicherungen der Schaltmotoren. Die Merklampen erlöschen nur während eines Schaltvorganges und sind bei jeder Endstellung des Schalters hell. Das Wiederaufleuchten bezeichnet somit die vollzogene Schaltung. Sämtliche Lampenkreise sind über einen gemeinsamen Lampenschalter geführt, der nur im eingeschalteten Zustand die Schalterbetätigungsgriffe frei gibt.

Wegen seiner großen Ausdehnung ist „München Hauptbahnhof" als eigener Speisebezirk ausgebildet und erhielt einen doppelt gespeisten, mit Haupt- und Untersammelschienen sowie Ölschalter ausgestatteten Schaltposten. Die Gruppenschalter sind bis auf besondere Ausnahmen als Ölschalter ausgebildet. Die Trennschalter der Untergruppen sind sämtlich im Schaltposten untergebracht und haben sowie die Ölschalter Fernsteuerung von den Befehlsstellwerken oder den Betriebshütten. Die beim Verschub häufigen Kurzschlüsse werden somit von den kurzzeitig eingestellten Ölschaltern des Schaltpostens geschaltet und beanspruchen nicht die Unterwerksschalter. Bei der großen Ausdehnung der Anlage muß sich ein Fehler rasch kenntlich machen. Deshalb haben die Zuleitungen zu den Fahrdrähten jeder, durch einen Trennschalter abschaltbaren Gleis-Untergruppe einen Überstrom-Kontaktgeber, der eine zugehörige Fallklappe am Schaltpult der Befehlsstelle oder der Betriebshütte auslöst und ein Laut- und Lichtsignal gibt. Der betreffende Trennschalter ist somit zu öffnen. Dies kann erst nach Öffnen des Hauptölschalters erfolgen, da die Trennschalter-Betätigungsgriffe solange verriegelt sind, als der von Hand zu bedienende Hauptölschalter nicht ausgeschaltet ist. Um das Einfahren von Zügen in abgeschaltete Gleise zu verhindern, sind die Einfahrtsignale in Abhängigkeit von der Stellung des Hauptgruppen-Ölschalters und des Untergruppen-Trennschalters gebracht, daß bei elektrischen Signalen deren Strom über Verriegelungskontakte an den beiden Schaltern geführt ist. Beim Öffnen des Hauptschalters fallen somit alle Signale der Gruppen auf Halt und können nach Ausschalten des Trennschalters und Wiedereinschalten des Hauptschalters in allen gesunden Untergruppen wieder auf Frei gezogen werden. Bei mechanisch gesteuerten Signalen ist der Stromkreis der Haltfallvorrichtung über die Verriegelungskontakte geführt. Bei länger dauernder Störung können die Signale über eine Verriegelungs-Umgehungsleitung für Dampfbetrieb wieder unabhängig gemacht werden.

Das Funktionieren einer so verwickelten Anlage setzt neben dem Diensteifer des ganzen Personals auch die entsprechende Einschulung voraus. Dieser dienen nebst Unterricht die allgemeinen und die besonderen Dienstanweisungen. Erstere umfaßt die Schaltanlage des ganzen Netzes, letztere die eines bestimmten Bahnhofs. Entsprechend umfangreicher ist die Dienstanweisung für das Unterwerkspersonal. Zur Kenntlichmachung des Schaltzustandes des Fahrleitungsnetzes ist im Unterwerk Murnau ein Lichtschaltbild aufgestellt, das dem Wärter ermöglicht alle Schaltvorgänge durch Betätigen eines dem betreffenden Schalter zugehörigen Druckknopfes auf dem Lichtschaltbild kenntlich zu machen. Dieses besteht aus einer lichtundurchlässig gestrichenen Glasplatte, auf der der ganze Leitungsplan durch durchscheinende Linien dargestellt wird. Je nach der Stellung der Druckknöpfe erscheinen auf dem Bild die Leitungsteile rot von unten beleuchtet, welche spannungslos sind, wenn die mittels des Druckknopfes markierten Schaltungen auf Befehl des Wärters von den zu diesem Zweck aufgerufenen Schaltstellen tatsächlich ausgeführt werden. Wl.

(Elektrische Bahnen, Bd. 8, Heft 1, 1927.)

Baustoffe.

Isolémail ist ein von der Société des Laques et Isolants in Lyon hergestellter Lack aus synthetischem Harz, und zwar ein Kondensationsprodukt aus einem Phenole und einem Aldehyd. Je nach der Wahl der physikalischen und chemischen Bedingungen, wie Reaktionsdauer, Temperatur, Verhältnis und Art der Reaktionskomponenten, Natur und Menge der Katalysatoren, kann man zu den verschiedenartigsten Produkten mit den verschiedenartigsten Eigenschaften gelangen. Die charakteristischen Eigenschaften von „Isolémail" sind: Hohe Isolierfähigkeit und große dielektrische Festigkeit, die auch in der Feuchtigkeit nicht abnehmen, Wasserundurchlässigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Säuren, organische Stoffe, heiße Öle, Meerwasser, Seifen, Hitzebeständigkeit (bis 300°), Unschmelzbarkeit und Unentzündbarkeit, sehr große Härte, Emailglanz, Widerstandsfähigkeit gegen Stöße und Reibung. Bei der Herstellung von „Isolémail" ist auf peinlichste Reinheit der Materialien zu achten; das erhaltene Produkt ist absolut neutral und die sauren oder basischen Katalysatoren sind quantitativ entfernt. „Isolémail" ist bei

Digitized by Google

elektrischen Apparaten zu verwenden, sei es daß die Metallbestandteile der Apparate oder die bisher üblichen Isoliermaterialien, wie Baumwolle, Seide, Papier, Kautschuk und dergleichen mit „Isolémail" überzogen, bezw. imprägniert und dann gehärtet werden. Das Imprägnieren der faserigen und saugfähigen Materialien, wie Papier, Draht- und Ankerwicklungen, Tränken von Holz usw. erfolgt in Autoklaven, die Isolation der metallenen Gefäße, Maschinen, Autos usw. durch Streichen. Infolge seiner früher angegebenen Eigenschaften wird „Isolémail" besonders vorteilhaft bei Motoren verwendet, die in feuchten oder Säuredämpfe enthaltenden Räumen aufgestellt sind, und zwar auch bei offenen Motoren. J.

Eine neue Dauerfestigkeitsprüfmaschine. Die nach den Patenten der Signalgesellschaft[1]) von C. Schenck in Darmstadt gebaute Maschine ermöglicht die dynamische Prüfung von Werkstoffen, derart, daß ein das Probestück enthaltendes schwingungsfähiges System in schnelle Schwingungen versetzt wird, um einen entsprechend schnellen Zug- und Druckwechsel im Probestück zu erzeugen. Die Erregung des Systems wird in gleicher Frequenz mit dessen Eigenschwingungszahl bewirkt, und zwar auf elektromagnetischem Wege. Vorgesehen sind 500 Schwingungswechsel je sec, so daß auch eine Prüfung auf mehrere Millionen Schwingungswechsel nur kurze Zeit beansprucht. Der Prüfstab ist einerseits mit einem schweren Bügel (Abb. 2), andererseits mit dem Anker eines Elektromagneten verbunden. Die Grundplatte der Maschine ist unter Zwischenlage einer Korkschichte ohne Schraubenverbindung auf einem großen Betonblock gelagert. Der Elektromagnet ist in einer mit der Grundplatte aus einem Stück bestehenden Säule gelagert. Der Anker ist mit dem Magneten durch zwei konzentrische Chromstahlrohre verbunden, die bei Beanspruchung als Feder wirken (in Abb. 2 als Hauptfeder bezeichnet). Das äußere Rohr wird beim Anziehen des Ankers auf Zug, das innere auf Druck beansprucht. Der das obere Ende des Prüfstabes tragende Bügel von etwa 500 kg Gewicht ist am unteren Ende mit einem Rohr verbunden, das die den Magnet tragende Säule konzentrisch umgibt, und bei der Bewegung an kleinen Rollen geführt wird. Der Bügel und das mit ihm verbundene Rohr werden von vier mittels Handrad und Schraubenspindeln nachspannbaren Federn getragen, von welchen zwei in Abb. 2 sichtbar sind. Die Höchstbeanspruchung des Prüfstabes von 5 mm Durchmesser und 55 mm Länge kann von 1 bis 150 kg/mm² durch Spannungsänderung des Erregerstromes geändert werden. Zum Ausgleiche des Einflusses der beiden die Hauptfeder bildenden Rohre auf die Eigenschwingungszahl des Systems dienen Muttern auf dem den Anker tragenden Teil (in Abb. 2 als Massenregelung bezeichnet). Das Prüfstück liegt in einer Ölkammer, so daß die Temperatur während der Prüfung unverändert gehalten werden kann. Da man die Belastung des Prüfstückes natürlich nicht direkt messen kann, ist ein elektrischer Schwingungsmesser eingebaut, der die Schwingungsweite dauernd aufzeichnet. Diese kann auch mikroskopisch gemessen werden. Der Wechselstrom zur Erregung des Magneten mit 500 Per/s (seine Periodenzahl stimmt, wie schon eingangs angedeutet, mit der natürlichen Schwingungszahl des Systems überein) wird durch einen Hochfrequenzgenerator erzeugt, der mit einem Synchronmotor gekuppelt ist. Ein zweiter mit dem Motor gekuppelter Stromerzeuger führt unter Zwischenschaltung einer Drosselspule einer Polarisationswindung des Magneten Gleichstrom zu, um dem System eine Vorspannung zu erteilen. Eine Kondensatorbatterie im Wechselstromkreis dient zur Verbesserung des andernfalls sehr niedrigen Leistungsfaktors des Wechselstromsystems und außerdem zur Abstimmung auf die gewünschte Frequenz. Alle Schalter und Meßgeräte sind auf einem Schaltbrett vereinigt. Die Prüfstücke werden 2 bis 3 Mill. Lastwechseln bei verschiedenen Beanspruchungen unterworfen. Werden diese ausgehalten, so bricht erfahrungsgemäß das Prüfstück auch nach mehreren Hundert Mill. Lastwechseln nicht mehr. Natürlich sind auch Dauerversuche mit der Maschine möglich, die dann beim Bruch des Prüfstückes selbsttätig abgestellt wird. Jk.

(Engg., Bd. 122, Nr. 3178, vom 10. Dez. 1926 und VDI-Nachrichten, Nr. 4, von 1927.)

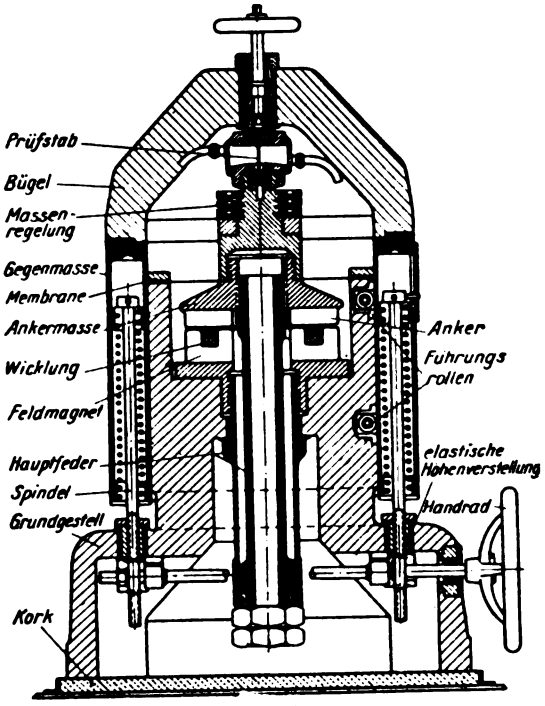


Abb. 2.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 898.

Literaturbericht.

3539 **Einführung in die Elektrizitätslehre.** Von R. W. Pohl. 256 Seiten mit 393 Abb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 13·80.

Das aus Vorlesungen über Experimentalphysik hervorgegangene Buch wendet sich an alle naturwissenschaftlich und technisch Interessierten. Nahezu ohne mathematische Ausführungen wird der gesamte grundlegende Erfahrungskomplex der elektromagnetischen Erscheinungen vom modernen Standpunkt aus dargestellt. Didaktisch weicht das Buch in mancher Hinsicht von den üblichen Einführungen ab. So geht der Verfasser nicht von den elektrisch geladenen Kügelchen und dem permanenten Magneten aus, sondern führt sogleich die heute jedermann ungefähr bekannten Begriffe Strom und Spannung ein, die schrittweise eine stets schärfere Fassung erfahren. Dem Feldbegriff wird an Hand zahlreicher Bilder ein breiter Raum gewidmet. Überhaupt liegt der Schwerpunkt der Ausführungen in der anschaulichen Darlegung der Erscheinungen, der Begriffsbildungen und Gesetzmäßigkeiten; ein Weg der zur Übermittlung wirklichen Wissens für Anfänger offenbar wesentlich geeigneter ist, als derjenige, der das Hauptgewicht auf die Ableitung von Formeln legt.

Etwas knapp geraten scheint uns das Kapitel „Anwendungen". Insbesondere vom Standpunkt des Elektrotechnikers wäre es wünschenswert, wenn hier eine wirkliche Brücke zu den technischen Anwendungen geschlagen würde. Angesichts der allgemeinen Bedeutung dieser Frage mögen ihr einige Wort gewidmet werden. Es ist natürlich Ansichtssache, wie weit in einer „Einführung" auf Anwendungen eingegangen wird. Erfahrungsgemäß bietet es den von der Physik kommenden Studierenden jedoch einige Anfangsschwierigkeiten in die Elektrotechnik einzudringen und die physikalischen Erscheinungen im technischen Gewande wiederzuerkennen. Von physikalischer Seite wird, wie im vorliegenden Falle, leider meistens wenig zur Beseitigung dieser Unstetigkeit getan. Von den im Buche angegebenen Apparaten bis zu den technisch verwendeten Maschinen ist noch ein weiter Schritt. Als

Digitized by Google

Folge dieses allgemeinen frühzeitigen Abbruches der physikalischen Darstellung beginnen nun die „Einführungen in die Elektrotechnik" meistens wiederum als „Einführungen in die Elektrizitätslehre"; ein mindestens höchst unökonomischer Vorgang. Ein Buch, das, wie das vorliegende eine besondere Eignung besitzt, einem breiten Leserkreis die Grundlagen der Elektrizitätslehre zu vermitteln, wäre berufen, den engeren Anschluß an die technischen Anwendungen herbeizuführen, auch wenn sich sein Umfang hierdurch stärker vergrößern sollte. Didaktisch wenig zweckmäßig dürfte ferner die frühe Einführung der Elektrizitäts-Atomistik sein. Auf Seite 47 findet sich der Satz „Die ganze Materie besteht also in letzter Linie nur aus elektrischen Feldern und deren Enden, den Elektrizitätsatomen". Sind solche Aussagen nicht eher geeignet, den Anfänger zu verwirren, als ihn zu fördern? Die Physik ist von einer systematischen Elektrizitäts-Atomistik noch weit entfernt; eine geschlossene Darstellung, wie sie die Maxwellsche Theorie in ihrem Bereich gibt, ist heute auf atomistischer Basis nicht möglich. Dementsprechend stehen Aussprüche, wie der zitierte, ohne festen Boden als etwas Halbfertiges in der sonst so gediegenen Darstellung. Gleichfalls nicht angängig ist es, die magnetische Permeabilität des Eisens ausschließlich auf die Wirkung der Molekularströme, ohne Hinweis auf das Hypothetische dieser Vorstellung zurückzuführen, auch wenn sich für „die Existenz der Molekularströme ein sehr schlagender Versuch anführen läßt".

Diese kritischen Bemerkungen sollen den hohen Wert des Buches nicht herabsetzen. Einführungen in die Elektrizitätslehre sind einander häufig sehr ähnlich. Hier jedoch hat der Verfasser auf eigenen Wegen ein modernes Werk geschaffen, das didaktisches Geschick mit wissenschaftlicher Höhe vereint und in ausgezeichneter Weise seinen Zweck erfüllt. Die Ausstattung des Buches ist einwandfrei.

Kneissler-Maixdorf.

Chronik.

Österreichischer Ferialtechnikerdienst. Seitens der Studentenschaft wurde gemeinsam mit dem Ausbildungsausschuß des Hauptverbandes der Industrie Österreichs, dem Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein und den akademischen Behörden der Technischen Hochschule in Wien der „Österreichische Ferialtechnikerdienst" gegründet. Er soll den heranwachsenden Ingenieuren während der Studienzeit Gelegenheit zu ausreichender praktischer Betätigung und Ausbildung in der Industrie schaffen. Überdies soll versucht werden, mit allen interessierten Stellen einvernehmlich diese Ausbildung in ein System zu bringen, das annähernd dem im Deutschen Reiche gebräuchlichen Ausbildungsgang des „praktischen Jahres" entspricht.

Der Organisationsplan ist bereits bis ins Detail ausgearbeitet und es ist zu hoffen, daß die Industrie den Plan vor Allem durch Überlassung der geeigneten Ausbildungsplätze fördern wird. Anmeldungen freier Praxisstellen wollen an den „Österreichischen Ferialtechnikerdienst", Wien, IV., Technische Hochschule, gerichtet werden.

Technische Spezialkurse. Die Industrielle Bezirkskommission, Wien, Nachschulung, welche sich ausschließlich mit der Weiterbildung Arbeitsloser befaßt, hat eine Reihe von technischen Spezialkursen zu Ende geführt, und zwar:

Einen Kurs für Ingenieur-Kaufleute, einen Kurs für Arbeitsmethoden und Vorkalkulation verbunden mit praktischen Übungen an Maschinen der metallverarbeitenden Industrie, einen theoretischen und praktischen Kurs für Vorrichtungsbau und einen Kurs für Selbstkostenberechnung (Nachkalkulation).

Die Namen der Absolventen dieser Kurse, welche nach abgelegter Prüfung Zeugnisse erhalten, stehen jederzeit kostenlos beim Arbeitsnachweis für Angestellte, Wien, II., Alliertenstraße 1 (Tel. 47-5-40), unter „Kursbesucher" zur Verfügung.

Briefe an die Schriftleitung.

Zick-Zack-Schaltung. Von Prof. Dr. M. Vidmar. E. u. M. 1926, Heft 41, Seite 757 (vgl. Briefwechsel 1926, Seite 920).

In der Arbeit wird behauptet, die Frage des Spannungsabfalles bei dieser Schaltung bedürfe noch einer eingehenden Untersuchung. Der Verfasser weist auf die Beanständung der betreffenden Stelle in seinem Werk „Die Transformatoren", zweite Auflage, vom Besprecher, Herrn Ing. Zuckerbäcker, hin, die seine neue Arbeit herbeigeführt habe. Schon bei der Besprechung der ersten Auflage (E. u. M. 1922, S. 240) ist von Ing. Weiß auf die Unzulänglichkeit dieser Stelle aufmerksam gemacht. Ich möchte hervorheben, daß schon vor dem Erscheinen der ersten Auflage des Vidmarschen Werkes im Jahre 1921 die Frage des Spannungsabfalles bei Zick-Zack-Schaltung eingehend von mir in der ETZ besprochen wurde (ETZ 1920, S. 329). Ich habe damals auch auf eine ältere Arbeit von Kade (ETZ 1918, S. 513) hingewiesen, die eben erschien, als ich meine Arbeit fertig hatte, in der jedoch die Frage auf andere Weise gelöst wurde. Diese Frage des Spannungsabfalles bei Zick-Zack-Schaltung war also, wenigstens für symmetrische Belastung, schon längst geklärt.

Aus meiner Arbeit geht hervor, daß die Sachlage nicht so einfach ist, als Vidmar behauptet. Die Tatsache, daß bei den meisten Anordnungen der Wicklung, die Spulen der zwei Zick-Zack-Hälften der Niederspannungswicklung verschiedenartig gelagert sind in bezug auf die Hochspannung, führt auch schon bei symmetrischer Belastung eine gewisse Komplikation herbei, die ich damals besprochen habe.

Die Anordnung nach Abb. 7 ist gewiß die richtige, sie ist jedoch ziemlich unangenehm, indem die Hochspannungsspulen an den Jochen liegen. Eben wenn man die Niederspannung bei den Jochen montieren will, ist meistens eine richtige Verteilung der Niederspannungsspulen bei Scheibenwicklungen schwer oder sogar unmöglich.

Die Anordnung nach Abb. 11 hat jener der Abb. 10 gegenüber den Nachteil erheblich größerer zusätzlicher Verluste, wenigstens wenn man in beiden Fällen dieselben Kerndimensionen hat. Die Meinung, auf S. 762, 763 ausgesprochen, daß die Parallelschaltung der beiden Zick-Zack-Hälften (zur Erzeugung der $\frac{1}{\sqrt{3}}$ fachen Spannung) bei der Wicklung nach Abb. 11 besser vorzunehmen sei als bei jener nach Abb. 10 ist nicht richtig: die zusätzlichen Verluste sind einander in beiden Fällen gleich, wenn die selben Kernabmessungen vorliegen, die Dicke der Niederspannungswicklung ist ja bei diesen Anordnungen, wenn die Hälften parallel geschaltet sind, die gleiche.

Die Auseinandersetzungen, S. 764, 765, über den Abfall bei einphasiger Belastung kann ich leider nicht recht verstehen. Ich glaube jedoch, es sind dem Verfasser hier einige Fehler unterlaufen. So zum Beispiel unten an der zweiten Spalte, S. 764, heißt es: „Er wäre außerdem wegen der oben festgestellten Art der Lastübertragung noch im Verhältnis $2 : \sqrt{3}$ größer." Es wird dann jedoch mit $\frac{\sqrt{3}}{2}$ multipliziert. Ich glaube, daß der Verfasser meint, auch bei einphasiger Lichtbelastung würden die Streuflüsse bei Zick-Zack-Schaltung einen bedeutenden Spannungsabfall ergeben, weil primär der Strom einen Phasenunterschied mit der Phasenspannung aufweist. Das ist jedoch nicht richtig. Nimmt man die bei einphasiger Last stromführenden Wicklungen aus dem Schaltbild des Transformators heraus, so ergibt sich einfach eine auf zwei Schenkeln verteilte Einphasenwicklung. Bei Lichtbelastung ist der Strom sekundär und primär in Phase mit den Klemmenspannungen dieser Wicklung. Diese Klemmenspannungen der einphasigen Belastung sind einfach: primär die Spannung zwischen zwei Phasen, sekundär die Spannung zwischen einer Phase und Null. Zeichnet man das Spannungsdiagramm, so sieht man sofort, daß diese

Digitized by Google

beiden Spannungen gleiche Phasenrichtung haben. Jede von den Streuflüssen induzierte Spannung ist 90° gegen den Strom verschoben und also auch 90° gegen die Klemmenspannungen; diese Streuspannungen können also niemals einen erheblichen Spannungsabfall hervorbringen.

Nymegen-Holland, 26. Jänner 1927.

Dr. Ing. H. G. Nolen.

Erwiderung.

Die angeführten älteren Arbeiten sind mir bekannt. Ich verstehe indessen die Bemerkung durchaus nicht „daß die Sachlage nicht so einfach ist als Vidmar behauptet." Ich habe ausdrücklich auf die Schwierigkeiten aufmerksam gemacht, die sich bei Scheibenspulenanordnungen ergeben.

Die Möglichkeit zusätzlicher Verluste liegt durchaus so klar, daß es mir unnötig schien, besonders darauf aufmerksam zu machen. Die Frage der zusätzlichen Verluste ist eben eine Sache für sich.

Mir scheint es auch klar zu sein, daß Parallelschaltungen leichter möglich sind, wenn die Wicklungsteile in gleichen Streufeldern liegen, als in verschiedenen.

Bei einphasiger Belastung entstehen entgegen der Meinung des Herrn Nolen dadurch Verwicklungen, daß primär die Phasenströme den Phasenspannungen vor- und nacheilen. Jedenfalls sind dadurch die Spannungsabfälle größer bei gleicher Belastung, als dann, wenn die Belastung induktionsfrei übertragen werden würde. Dieser Umstand kommt in meiner Rechnung zum Ausdruck.

Ljubljana, den 18. Juni 1927.

Prof. Dr. M. Vidmar.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Der elektrotechnische Außenhandel der Schweiz im Jahre 1926. Nach einem Berichte in „The Electrical Review" vom 6. Mai 1927 ist die Einfuhr (erfaßt sind außer elektrotechnischen Waren aller Art noch Antriebsmaschinen, Pumpen und Krane) von 19·94 Mill. Fr. im Jahre 1925 auf 21 Mill. Fr., die Ausfuhr von 73·16 auf 75 Mill. Fr. gestiegen. Bei der Einfuhr sind die wichtigsten Gebiete Maschinen und Transformatoren, Akkumulatoren, Glühlampen, (in den beiden letztgenannten Gruppen ist auch Österreich mit 137 000 bzw. 254 000 Fr. erwähnt), Telegraphen- und Telephonapparate und verschiedene elektrische Apparate. Haupteinfuhrländer sind Deutschland, Belgien, Holland, Frankreich und England. Bei der Ausfuhr stehen dem Werte nach Maschinen und Transformatoren, Kabel und Drähte, elektrische Lokomotiven, Glühlampen, Antriebsmaschinen, Meßgeräte und verschiedene Apparate im Vordergrunde. Ausgeführt wird vorwiegend nach den genannten Einfuhrländern, ferner nach Italien, Spanien, den Nachfolgestaaten, sowie nach Südamerika und Ostasien. Nach Österreich wurden ausgeführt Maschinen (580 000 Fr.), Drähte (35 000 Fr.), Meßgeräte (287 000 Fr.) und verschiedene Apparate (938 000 Fr.). —k.

Die elektrotechnische Einfuhr Ägyptens im Jahre 1926. Nach einem Berichte in „Electrical Review" vom 27. Mai 1927 war der Wert der Einfuhr an elektrotechnischen Waren in Tausenden ägypt. Pfd. folgender: Maschinen und Bestandteile 152, ortsfeste Verbrennungskraftmaschinen 425, Glühlampen 40 (davon 8 aus Österreich gegen 7 i. Vj.), Telephon- und Telegraphenapparate 30, Teile davon 70, Meßgeräte 27, Beleuchtungskörper (auch für Gas) 63, elektromedizinische Apparate 16·6, andere elektrische Apparate und Batterien 53, isolierte Kabel 51, Drähte und armierte Kabel 40, blanker Kupferdraht 15, und Glühlampenfassungen und dergleichen 69. Gegen das Vorjahr sind fast alle Ziffern gesunken. Die wichtigsten Einfuhrländer sind: Großbritannien, die Vereinigten Staaten von Amerika, Frankreich, Italien, die Schweiz, Deutschland und Schweden. J.

Continentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen in Nürnberg. Die jetzt in der Schuckert & Co. A.-G. aufgehende Gesellschaft, die Holdingspitze für eine weitere Gruppe elektrischer Stromerzeuger- und Verkehrsunternehmungen, verteilt für 1926/27 aus Mk. 0·51 (0·50) Mill. Reingewinn 5 (4) vH Dividende auf die wenigen Mk. 219 500 St.-A., und wieder 6 vH auf die Mk. 7·86 Mill. V.-A. Die Fusion mit der Schuckert & Co. A.-G. wird im Bericht mit dem Hinweis auf den Verlust wertvoller Auslandsunternehmungen infolge des Krieges begründet. Von den nahestehenden Gesellschaften verteilen die Schwebebahn Vohwinkel-Elberfeld-Barmen A.-G. und die Elektrische Straßenbahn Barmen-Elberfeld wieder je 5 vH, die Bergische Kleinbahnen bleiben ertraglos. Bei der Bergischen Elektrizitätsversorgungs G. m. b. H. Elberfeld erhöhte sich der Anschlußwert von 67 740 auf 72 423 kW, dagegen sank der Stromabsatz von 52·9 auf 50·2 Mill. kWh. Trotzdem verteilt die Gesellschaft eine erhöhte 10 vH (8) Dividende. Günstig hat sich auch die Kraftwerk Thüringen A.-G., Gispersleben, entwickelt, die Ausschüttung besserte sich auf 9 (8) vH, der Stromabsatz stieg von 16 auf 18·6 Mill. kWh. Auch bei der Thüringischen Elektrizitäts- und Gaswerke A.-G., Apolda, deren Anschlußwert um 400 auf 6900 kW, deren Stromabsatz um 0·16 auf 4·4 Mill. kWh gesteigert werden konnte, ließ das Ergebnis eine erhöhte Dividende zu, 7 (6) vH. An kleineren Beteiligungen sind genannt Elektra A.-G., Dresden, (12 vH Dividende gegen 10 i. V.) und die Rheinische Elektrizitäts-A.-G., Mannheim, (1925: 8 vH). Die Elektrizitätswerke Berchtesgaden und Günzburg wurden an die Schuckert-Betriebe A.-G., München, abgestoßen. (Frankf. Zeitg.)

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	11. VII. 1927	13. VII. 1927	18. VII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	122	121⅜	121⅜

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	51-52	50½-51⅛	51¾-52⅛
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	95—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 15. Juli 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	60	0	0	60	10	0
Wire bars	60	10	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	54	6	3	54	8	9
Standard { 3 Monate .	54	16	3	54	18	9
Zinn:						
Engl. ingots	287	5	0	287	15	0
Standard { Kassa . .	290	5	0	290	10	0
Standard { 3 Monate .	283	2	6	282	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .	24	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	28	3	9	27	18	9
Remelted	28	0	0	—	—	—
English Swansea . .	28	13	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 31. Juli 1927 | Heft 31

INHALT: *Verschiedene Wege der Wanderwellen- und Stoßspannungsmessung und ihre Anwendungsgebiete. Von Harald Müller, Hermsdorf (Thüringen). S. 629. / Zur Theorie der asynchronen Phasenumformung. Von Dipl. Ing. B. Walsemann, Plön (Holstein). S. 636. / Selbsttätige Wasserversorgungsanlagen mit Hochspannungsmotoren als Pumpenantriebe. Von Ing. F. Leo, Wien. S. 637.*

RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 639. Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 640. Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 640. / Elektrische Meßkunde. S. 641. / Stromverteilung. S. 641. Leitungen und Leitungsbau. S. 642. / Installationstechnik. S. 644. / Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 644. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 645.

CHRONIK. S. 645.

LITERATURBERICHTE. S. 646.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 647.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 647.

Verschiedene Wege der Wanderwellen- und Stoßspannungsmessung und ihre Anwendungsgebiete.

Von Harald **Müller**, Hermsdorf (Thüringen).

Zusammenfassung: Eine Reihe von Wegen zur experimentellen Bestimmung von Wanderwellen und Stoßspannungen wird unter besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendbarkeit im Laboratorium und im praktischen Betriebe beschrieben. Außer den vom Verfasser selbst untersuchten Verfahren bezw. Einrichtungen — der Schleifenmethode, der Lecherdrahtmethode, dem Klydonographen und der abgeänderten Pedersenschen Methode — wird unter anderem der Hochfrequenzoszillograph kurz gestreift und kurz auf die rechnerische Behandlung der Vorgänge eingegangen.

Im praktischen Betriebe eintretende Überschläge und Durchschläge der Isolation sind wohl in weitaus den meisten Fällen die Folge von Überspannungen. Diese leiten die Störung ein, die sich durch den nachfolgenden Betriebsstrom dann zu ihrer gefährlichen Größe auswächst. Um Abwehrmaßnahmen schaffen zu können, muß man in das Wesen der Überspannungen eindringen. Somit ergeben sich zwei Aufgaben; einmal Meßmethoden zu entwickeln, mit denen man die im Betriebe auftretenden Überspannungen registrieren und analysieren kann, und zweitens Wege zu finden, auf denen man im Versuchsfeld künstlich für Prüfzwecke erzeugte Wanderwellen und Stoßspannungen durchmißt, um die Brauchbarkeit einer Prüfmethode zu ergründen.

Ohne Zweifel ist die zuerst genannte Aufgabe die schwierigere und so ist es erklärlich, daß die zweite viel eher in Angriff genommen wurde; denn es stand zu hoffen, daß man dadurch auch der Lösung des anderen Problems näher kommen würde. Schon im Jahre 1915 veröffentlichte Ludwig Binder[1]) Messungen über Wanderwellen und eröffnet damit die Reihe der Arbeiten über dieses Gebiet. Messungen im Betriebe sind erst vor wenig Jahren mit dem Hochfrequenzoszillographen und dem Klydonographen aufgenommen worden.

Die von L. Binder entwickelte Schleifenmethode gibt durch Spannungsmessungen einen Einblick in den Verlauf einer Wanderwelle. Zwischen zwei Punkten P_1 und P_2 einer Doppelleitung wird die größte auftretende Spannungsdifferenz gemessen. Abb. 1 stellt die Schaltung dar. Verschiebt man dieses Punktpaar, bzw. die dazwischen geschaltete Meßfunkenstrecke Δ, die am besten mit Radium oder ultraviolettem Licht bestrahlt wird, so ändert sich die mit Δ meßbare maximale Spannungsdifferenz und aus diesen Ablesungen kann man sich ein recht gutes Bild vom Verlauf der Wanderwellenstirn machen. Nähere Angaben

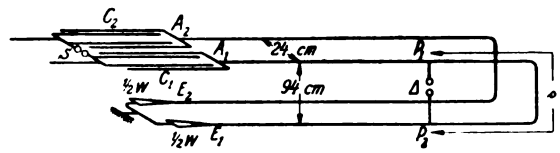


Abb. 1. Bindersche Schleifenleitung; Kondensatoren C_1 und C_2 als Spannungsquelle am Anfang A_1, A_2 der zu einer „Schleife" zusammengebogenen Doppelleitung A_1E_1, A_2E_2, Schaltfunkenstrecke S, Meßfunkenstrecke Δ „Wellenwiderstand" W.

über das Verfahren ersieht man am besten aus den Originalarbeiten von L. Binder, ferner hat Verfasser selbst darüber letzthin berichtet.[2])

Die Methode selbst dient zur Durchmessung zwangläufig erzielter Wanderwellenstöße und ist in ihrer Anwendbarkeit bei bequemer Handhabung außerordentlich umfassend. Zunächst einmal gilt dies für die Anwendungsgebiete. So fußen auf der Binderschen Schleifenmethode die Messungen von H. Trage[3]) über den Durchgang von Wander-

[1]) L. Binder, Messungen über die Form der Stirn von Wanderwellen, ETZ 1915, Heft 20—22; vgl. a. E. u. M. 1915, S. 406; ferner Wanderwellen an Freileitungen und Kabeln, ETZ 1917, Heft 30, 31; Untersuchungen über die Vorgänge bei der elektrischen Stoßprüfung, ETZ 1925, Heft 5; vgl. a. E. u. M. 1926, S. 860.

[2]) Harald Müller, Die experimentelle Bestimmung der Stirn der Wanderwellen, Zeitschr. f. techn. Physik 1927, Heft 2/3.

[3]) H. Trage, Arch. f. El., Bd. XV, Heft 4, 1925; vgl. a. E. u. M. 1926, S. 336, 861.

Digitized by Google

wellen durch Schutzdrosselspulen, die Messungen von W. Reiche[4]) über die Spannungsverteilung auf Transformatorenwicklungen unter dem Einfluß von Sprungwellen, die Messungen von W. Riepl[5]) über die Verschleifung von Wanderwellen an Freileitungen und die experimentellen Untersuchungen von E. M. K. Sommer[6]) über das Verhalten von Überspannungsschutzapparaten gegenüber Wanderwellen. Schließlich bediente sich O. Burawoy[7]) ihrer zusammen mit der vom Verfasser entwickelten Wellenmethode, auf die wir noch zurückkommen werden, um die Funkenverzögerung bei Spannungsstößen von sehr kurzer Dauer zu ermitteln. Neuerdings sind zum großen Teil mit ihrer Hilfe Messungen vom Verfasser[8]) ausgeführt worden, um einen Einblick in die Beziehungen zwischen Funkenkonstante, Stoßspannung und Wanderwellenstirn zu gewinnen.

Die vielseitige Anwendung, die die Methode erfahren hat, läßt gleichzeitig erkennen, daß sie tatsächlich umfassend ist. Unter diesen Umständen erschien es wünschenswert, zumal für die steileren Wellen, deren Stirnlängen wenige Meter betrugen, die Ergebnisse mit auf ganz anderem Weg gewonnenen Werten zu vergleichen.

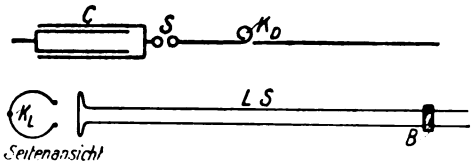


Abb. 2. Schaltung für Wellenmessungen mit dem Lechersystem; einpolige Darstellung einer Meßleitung mit als Spannungsquelle dienendem Kondensator *C*, Schaltfunkenstrecke *S*, Koppelschleife K_D für induktive Kopplung mit der Koppelwindung K_L des Lechersystems *LS*, das mittels Kurzschlußbrücke *B* in seiner wirksamen Länge begrenzt werden kann.

Die Schaffung einer solchen Methode hatte sich Verfasser vor einigen Jahren zur Aufgabe gemacht.[9]) Gelöst wurde sie durch die Abbildung der Wanderwellen auf einem Lechersystem (Abb. 2). Durch induktive Kopplung eines Lechersystems mit einer Doppelleitung, auf der die Wanderwellen laufen, gelingt es, die Wanderwellenschwingungen und schließlich auch die Wanderwelle selbst auf dem Lechersystem abzubilden, je nachdem, ob man die Doppelleitung nach Abb. 1 an ihren Enden E_1 und E_2 offen betreibt, sie durch einen dicken Bügel kurzschließt, oder aber durch Anschluß eines Wellenwiderstandes „unendlich lang" macht.[10]) In dem letzteren Falle erhält das Lechersystem nur einen einmaligen Anstoß, der seiner Form nach die erste Ableitung der Stromwanderwelle — und damit auch der Spannungswanderwelle — nach der Zeit darstellt, da ja beide durch den Wellenwiderstand der Leitung miteinander verknüpft sind. Abb. 3 zeigt den Verlauf der Hauptwanderwelle und ihrer Abbildung im Lechersystem, über der Leitungslänge und damit auch über der Zeit aufgetragen, weil auf der Hauptleitung und im Lechersystem beide Wellen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit laufen. Eine Analyse dieses einmaligen Anstoßes bedeutet gleichzeitig eine Analyse der Wanderwellenstirn. Ihre Durchführung ist möglich, wie in dem betreffenden Aufsatz gezeigt worden ist. Es ergeben sich Wellenstirnen, deren Form in recht guter Übereinstimmung zu den nach der Binderschen Methode bestimmten steht.

Die Methode hat ein begrenztes Anwendungsbereich. Wellen über 100 m Stirnlänge werden sich nicht ohne weiteres leicht messen lassen. Hingegen ist sie für steilste Spannungsstöße bis zu einem Meter und weniger außerordentlich genau

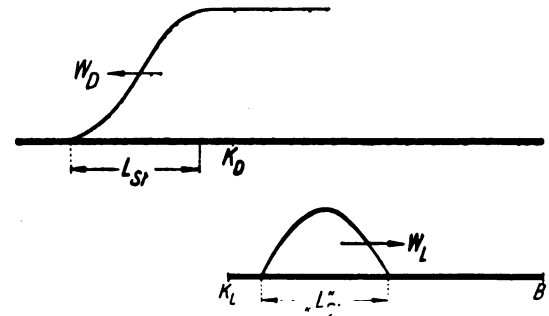


Abb. 3. Wirkung einer die im Vergleich zur Länge des Wanderwellenkopfes punktförmig annehmbare Koppelschleife K_D passierenden Wanderwelle W_D auf das Lechersystem. Dort entsteht eine neue Wanderwelle W_L. L_{St} Länge der Stirn der Wanderwelle W_D, und zugleich Länge der Wanderwelle W_L.

und erlaubt in diesen Bereichen die Stirnlängen auf Zentimeter genau zu bestimmen. Um sie auch für längere Wellen verwenden zu können, kann man sich mit Vorteil der Feststellung bedienen, daß man auf der offen oder kurz geschlossen betriebenen und deshalb elektrisch schwingenden Hauptleitung Wellenlängen unter der Stirnlänge der die Schwingung erzeugenden Wanderwelle nicht feststellen kann.

Auf den mit dieser Methode gewonnenen Ergebnissen baut sich, wie gesagt, teilweise die oben erwähnte Arbeit von O. Burawoy auf und O. Mayr[11]) zieht in seiner Veröffentlichung über „Funkenwiderstand und Wanderwellenstirne" die in obigem Aufsatz niedergelegten Ergebnisse zu Kontrollrechnungen heran.

[4]) W. Reiche, Arch. f. El., Bd. XV, Heft 3, 1925; vgl. a. E. u. M. 1926, S. 478, 841.

[5]) W. Riepl, Diss. Dresden 1926, erschienen im Verlag der Aktiengesellschaft Sächsische Werke, Dresden 1926.

[6]) E. M. K. Sommer, Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten von Überspannungsapparaten gegenüber Wanderwellen, Diss. Dresden 1926, erschienen im Verlage der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, Berlin 1926.

[7]) O. Burawoy, Arch. f. El., Bd. XVII, H. 2, 1926.

[8]) Harald Müller, Arch. f. El., Bd. XVIII, Heft 4, 1927.

[9]) Harald Müller, Messungen über die Stirn von Wanderwellen mittels angekoppelter Schwingungskreise, Arch. f. El., Bd. XV, Heft 2; vgl. a. E. u. M. 1926, S. 859, 860.

[10]) Über die Herstellung und Beschaffenheit eines solchen Wellenwiderstandes, s. Arch. f. El., Bd. XV, S. 98/99 und Zeitschr. f. techn. Physik 1927, S. 54.

[11]) O. Mayr, Arch. f. El., Bd. XVII, Heft 1, 1926.

Digitized by Google

In diesem Zusammenhange soll noch zweier Wege Erwähnung getan werden, die auch ein experimentelles Eindringen in das Gebiet der Wanderwellen ermöglichen. Erwin Marx[12]) hat eine für Wanderwellen und Stoßspannungen[13]) — letztere sind an Kunstschaltungen räumlich festliegende, zeitlich rasch veränderliche Spannungen — gleichmäßig anwendbare Abschneidemethode angegeben. Errechnet man sich aus den Marxschen Messungen die Toeplersche[14]) Funkenkonstante, so sieht man recht gute Übereinstimmung zwischen Experiment und Rechnung. Ferner hat kürzlich Oskar Zdralek[15]) auf einem von L. Binder angegebenen weiteren Wege außer anderem auch Messungen über Wanderwellenstirnen gemacht, deren Ergebnisse sich wiederum mit denen aus der Schleifen- und Wellenmethode decken.

Die bisher erwähnten Wege zur experimentellen Erforschung der Wanderwellen- und Stoßvorgänge setzen voraus, daß man die Vorgänge zum Zwecke der Messung einleitet. Ihrer ganzen Art nach gehört noch eine vom Verfasser[16]) angegebene Methode hierher, die die Lichtenbergschen Figuren als Anzeigevorrichtung benutzt. Abb. 4 gibt das Verfahren in seinen Grundzügen wieder. An zwei Punkte A und B eines Leitungsstranges LL schließen zwei gleich lange Leitungsstücke AP_A und BP_B an. Sie enden in einem System, bestehend aus zwei schuhförmigen Polen P_A und P_B, die auf der Schichtseite einer gleichzeitig als Dielektrikum dienenden photographischen Platte d in der angegebenen Lage ruhen; die photographische Platte selbst liegt auf einer geerdeten Metallplatte B. Nehmen wir nun an, daß eine Wanderwelle auf L in Richtung AB läuft, so wird sie sich beim Eintreffen in A teilen. Ein Teil läuft nach P_A zu und erzeugt um A eine Lichtenbergsche Figur, wenn die Spannungsverhältnisse nicht etwa so sind, daß entweder überhaupt keine Figur wegen zu geringer Spannung entstehen kann oder daß statt der Lichtenbergschen Figur eine Gleitfigur entsteht, die dann meistens zu einem Kurzschluß zwischen P_A und P_B führt. Der andere Teil läuft von A nach B, teilt sich dort, und zwar läuft ein Teil weiter auf AB über B hinaus, der andere trifft schließlich auf P_B. Die von ihm gegebenenfalls erzeugte Figur kann sich zwischen den beiden Schuhen nicht voll ausbilden.

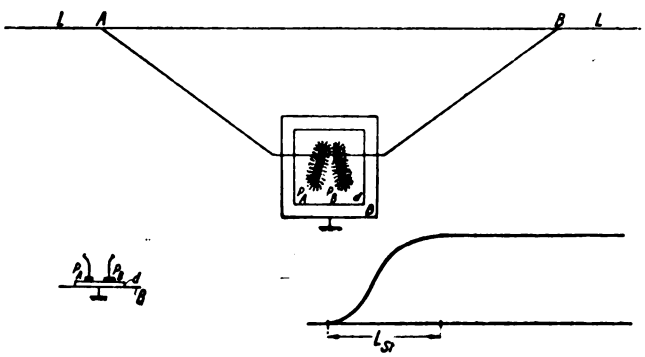


Abb. 4. Meßsatz zur Bestimmung der Wanderwellenstirn mittels Lichtenbergscher Figuren. LL ein Strang der Versuchsleitung, AP_A, BP_B gleichlange Meßleitungen, die zu den beiden schuhförmigen Polen P_A und P_B führen. d Dielektrikum zwischen den Polen P_A und P_B und der geerdeten Platte B, L_{St} Länge der Wanderwellenstirn.

Wie weit die Figur um P_A schon ausgebildet sein wird, hängt von verschiedenen Umständen ab, erstens von der Länge der Wanderwellenstirn, zweitens von dem Abstand AB und drittens von der Steilheit der Stirn. Obwohl diese in gewissem Sinne schon in der Länge der Wanderwellenstirn ihren Ausdruck findet, hat sie doch noch eine besondere Bedeutung für die Ausbildung der Lichtenbergschen Figuren in bezug auf das Einsetzen der Figuren und ihre Größe.

Ist die Strecke AB größer als die Stirnlänge L_{St}, so wird die Lichtenbergsche Figur um P_A schon voll ausgebildet sein, wenn die Figur um P_B noch gar nicht einsetzt. Schließlich kann man den Abstand AB vermindern bis gerade $AB = L_{St}$ wird, ohne daß das Verhältnis der beiden Figuren sich ändert. Geht man mit der Entfernung AB unter das Maß L_{St}, so setzt die Figur um P_B bereits ein, ehe die um P_A fertig ausgebildet ist. An dem dadurch bedingten Verkümmern der Figur um P_A erkennt man letzten Endes, ob man unter die Stirnlänge der Wanderwelle mit der Strecke AB gegangen ist.

Im Betrieb hat man eine Wanderwelle nur einmal zu Messungen zur Verfügung. Also muß man Methoden verwenden, die — ohne daß man vorher weiß, wie die Welle beschaffen sein wird — einen Einblick in ihr Wesen geben.

Zwei Wege führen hier zum Ziel. Einmal ist die Kontrolle der Leitungen auf Wanderwellen mit dem Klydonographen möglich. Der Klydonograph ist die Verwirklichung eines schon von G. C. Lichtenberg[17]) ausgesprochenen Gedankens, atmosphärische Störungen mittels der von ihm entdeckten Figuren zu registrieren. Eine praktisch anwendbare Form erfand Peters,[18]) indem er eine selbsttätige zeitliche Registrierung der durch schnell veränderliche Vorgänge auf einer beweglichen photographischen Platte erzeugten Figuren erfand. Eine ganze Reihe von Forschern haben sich mit dem Problem befaßt, Lichtenbergsche Figuren zur Registrierung und Ausmessung von Wanderwellen zu verwenden. Daß gewisse Schwierigkeiten bestehen, zeigt ein eingehendes

[12]) E. Marx, Messung der Steilheit von Wanderwellen, ETZ 1924, Heft 41; vgl. E. u. M. 1925, S. 17.

[13]) Siehe auch Harald Müller, Zeitschr. f. techn. Physik 1927, Heft 2.

[14]) M. Toepler, Arch. f. El., Bd. X, Heft 5/6, 1921; Mitt. d. Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H., Heft 9, 1924; vgl. E. u. M. 1922, S. 322.

[15]) O. Zdralek, Messung von Strömen mittels Funkenstrecke bei sehr schnell veränderlichen Vorgängen, Arch. f. El., Bd. XVIII, Heft 1, 1927.

[16]) Harald Müller, Zeitschr. f. techn. Physik 1927, Heft 3.

[17]) Siehe Przibram, E. u. M. 1923, Heft 6.

[18]) Peters, El. Rev. 1924, Bd. 94, Heft 22; vgl. a. E. u. M. 1924, S. 598; 1926, S. 216, 507, 908.

Digitized by Google

Studium der einschlägigen Literatur.[19]) Verfasser[20]) selbst hat mit über 600 Klydonogrammen, die er in den verschiedensten Schaltungen aufgenommen hat, eine ganze Reihe von schnell veränderlichen Vorgängen untersucht. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Klydonograph ein brauchbares Registrierinstrument ist, wenn es einem darauf ankommt festzustellen, wann eine Überspannung an einer bestimmten Stelle aufgetreten ist. Ferner

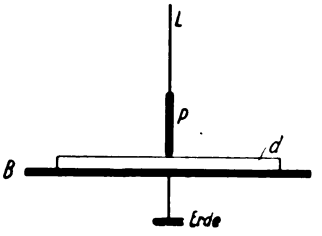


Abb. 5. Grundsätzlicher Aufbau eines Klydonographen *P* an die zu beobachtende Leitung angeschlossener metallischer Pol, *B* geerdete Grundplatte, Dielektrikum *d* (zum Beispiel photographische Trockenplatte mit der lichtempfindlichen Schicht nach oben).

kann man ungefähr die Spannungshöhe und die Steilheit des Spannungsanstieges aus der Figurengröße und ihrer Ausbildung schätzen. Die Streuung ist bei den praktischen Messungen ziemlich hoch, so daß man Vorsicht walten lassen muß, wenn man im Laboratorium gemessene Werte als Eichwerte für Messungen an Leitungen verwenden will.

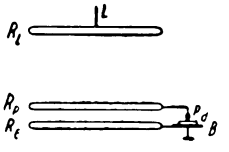


Abb. 6. Ringspannungsteiler mit dem an die Leitung *L* angeschlossenen Ring R_L, dem an den Pol *P* anschließenden Ring R_P und dem an die geerdete Grundplatte *B* angelegten Ring R_E. Für den praktischen Betrieb wird man an Stelle des Ringspannungsteilers noch einen solchen aus einer Isolatorkette bestehenden Spannungsteiler mit Vorteil verwenden. Die Kette trägt zweckmäßig an Stelle des Ringes R_L, R_P und R_E Metallschirme, die zwischen die Hängeisolatoren eingeschaltet sind. Verfasser hat vorzugsweise Doppelkappenisolatoren verwendet.

Eichungen, die für in Freileitungen einzubauende Klydonographen vorgenommen werden, müssen möglichst auch an Leitungen vom Wellenwiderstand der fraglichen Freileitung durchgeführt werden. Verfasser hat selbst Wanderwellen und Stoßspannungen an einer Laboratoriumsleitung und einer Fernleitung erzeugt und die Klydonogramme verglichen, die sich für die gleichen Wanderwellen ergeben. Sie stimmten recht gut überein. Hingegen wichen die in einer Stoßschaltung bei einem bestimmten zeitlichen Spannungsanstieg gewonnenen Figuren ganz erheblich von den an Leitungen bei gleichem Anstieg gemessenen ab.

Ein handlicher Klydonograph, wie ihn die Siemens-Schuckertwerke herstellen, arbeitet mit gewöhnlichen photographischen Trockenplatten (Abb. 5) als Dielektrikum. Um eine zeitliche Registrierung der Figuren zu ermöglichen, wird beispielsweise die Platte *d* unter der Elektrode *P* wegbewegt, wobei die Stellung von *P* zu den einzelnen Tagesstunden selbsttätig aufgezeichnet wird. Solche Einrichtungen gestatten, Spannungsstöße von etwa 2 kV bis rund 20 kV unmittelbar zu registrieren. Für höhere Spannungen, und nur solche haben praktisches Interesse, muß man einen kapazitiven Spannungsteiler vorschalten, der etwa aus parallel liegenden Ringen oder einer Isolatorenkette besteht.

Ein solcher Spannungsteiler ist in Abb. 6 mit einem an ihn angeschalteten Klydonographen dargestellt. Da die kapazitive Spannungsteilung abhängig ist von der Frequenz der zu teilenden Spannung, so wird durch den Spannungsteiler, dessen Vorschaltung im Betrieb gar nicht zu umgehen ist, die Streuung der Meßwerte günstig be-

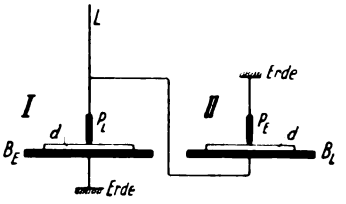


Abb. 7. Grundsätzlicher Aufbau eines Doppelklydonographen; P_L an die zu beobachtende Leitung angeschlossener Pol des Vorderklydonographen *I*, B_E geerdete Grundplatte, *d* Dielektrikum, P_E geerdeter Pol des Hinterkldonographen *II*, B_L an die zu beobachtende Leitung angeschlossene Grundplatte, *d* Dielektrikum.

einflußt. Die Lichtenbergschen Figuren werden bei gleicher Spannungshöhe umso größer, je steiler die Welle ist. Aus dem Aussehen der Figuren schließen zu wollen, was für eine Steilheit die registrierte Überspannung gehabt hat, hält Verfasser nach seinen Messungen nicht für möglich. Also kann eine als Überspannungszeichen auf der photographischen Schicht festgehaltene Figur entweder von einer steilen Welle geringerer Spannung oder einer flachen Welle höherer Spannung stammen. Nun ist der auf dem Klydonographen durch Vorschaltung des kapazitiven Spannungsteilers entfallende Spannungsanteil bei einer steileren Welle kleiner als bei einer flacheren. Der Einfluß der Wellensteilheit auf die Größe der Lichtenbergschen Figur allein ist also dem der kapazitiven Spannungsteilung entgegengesetzt. Beide kompensieren sich zum großen Teil. Dadurch wird die Streuung der aus Lichtenbergschen Figuren bestimmten Überspannungswerte auf ein für den praktischen Betrieb erträgliches Maß — etwa 30 vH — gedrückt. In den Mitteilungen der Hermsdorf - Schomburg - Isolatoren G. m. b. H.,

[19]) Cox und Legg, Journal A. I. E. E. 1925, Heft 10; vgl. a. E. u. M. 1926, S. 216. Peters, Revue Générale de l'électricité 1925, Heft 8. Wood, Journal A. I. E. E. 1925, Heft 11; vgl. a. E. u. M. 1926, S. 908. Golladay, El. World, 1926, Bd. 88, Heft 10. McEachron, Journal A. I. E. E. 1926, Heft 10. Lee und Foust, Journal A. I. E. E. 1927, Heft 2. Cox, McAuley, Gale Huggins, Journal A. I. E. E. 1927, Heft 3. Cox, The Electric Journal 1927, Heft 1.

[20]) Mitt. der Hermsdorf - Schomburg - Isolatoren-G. m. b. H., Heft 27 und 34.

Digitized by Google

Heft 34, wird vom Verfasser eingehend über entsprechende Versuche berichtet.

Dieser Ungenauigkeit des Klydonographen steht der unbedingte Vorteil einer sehr einfachen Handhabung gegenüber. Wenn man sich damit begnügt — und das ist im praktischen Betriebe möglich — angenäherte Angaben zu erhalten, so erfüllt der Klydonograph seine Aufgabe, eine Betriebsüberwachung zu gewährleisten. Besonders geeignet hierfür ist die in Abb. 7 wiedergegebene Schaltung mit Vorder- und Hinterklydonograph, bei der für jeden schnell veränderlichen Vorgang beide Figurenarten, positive und negative Figuren, erzeugt werden. Klydonograph I gibt das Vorzeichen der Welle an, Klydonograph II die Figur entgegengesetzten Vorzeichens.

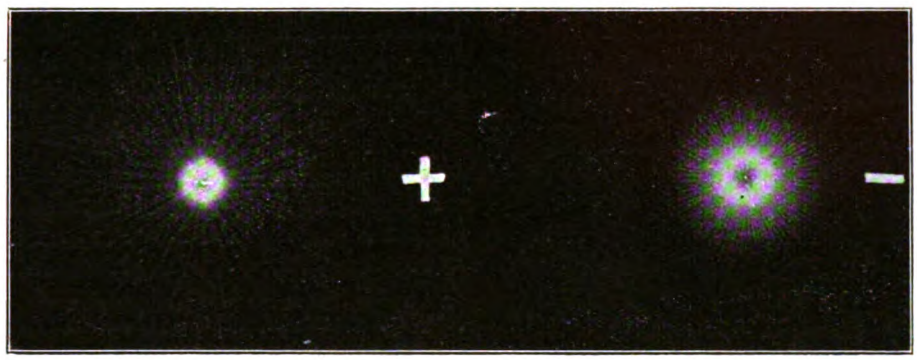


Abb. 8. Klydonogramm.

Bekanntlich spielt sich beim Auftreffen einer Überspannung auf eine Anordnung nach Abb. 5 oder 6 folgender Vorgang ab. Von der Schichtseite der photographischen Platte d oder irgend eines Dielektrikums, auf das ein Film mit der dem Pol P zugekehrten Schichtseite fest aufgedrückt ist, wandern die Ladungen von dem der Überspannung entgegengesetzten Vorzeichen nach den Polen ab. Der dabei entstehende Lichteindruck ist der Anlaß für die Entstehung der Lichtenbergschen Figur in der photographischen Schicht.

Bei einer Schaltung nach Abb. 7, in der der zwischen Klydonographen und Leitung immer einzuschaltende kapazitive Spannungsteiler nicht eingezeichnet ist, teilt sich die Überspannungswelle und wandert zum Teil nach dem Pol P_L, zum Teil nach Belag B_L. Während um P_L, genau wie im Falle der Abb. 5, die Figur vom Vorzeichen der Überspannung entsteht, entsteht um P_E die von entgegengesetztem Vorzeichen, sodaß man für eine und dieselbe Überspannung zwei Figuren zur Auswertung zur Verfügung hat.

Das bedeutet für den Betrieb eine wesentliche Erleichterung, da zumal bei kleinen negativen Überspannungen, die oftmals zu niedrig sind, um die negative Figur zu erzeugen, die schon bei kleineren Spannungen entstehende positive Figur zur Auswertung zur Verfügung steht.

Abb. 8 bringt eine positive und eine negative Lichtenbergsche Figur, wie sie vom Verfasser selbst an einer 110 kV-Leitung aufgenommen wurden, in die von einem Wanderwellengenerator Überspannungswellen bekannter Form und Spannungshöhe geschickt wurden.

Verfasser hat noch keine Versuche mit einem Hochfrequenzoszillographen ausführen können. Sein Urteil muß sich also auf die in der Literatur bisher erschienenen Veröffentlichungen stützen.[21])

Bekanntlich wird beim Hochfrequenzoszillographen ein trägheitsfreier Lichtzeiger über eine photographische Platte bewegt; dabei wird ihm senkrecht zu der Bewegung, die von dem zu untersuchenden, rasch veränderlichen Vorgang erzeugt wird, noch die zweite, in ihrem zeitlichen Verlauf bekannte Bewegung aufgedrückt. Dadurch entsteht eine den Vorgang charakterisierende Kurve.

Durch liebenswürdiges Entgegenkommen der Herren Professor Dr. Rogowski und Professor Matthias ist es Verfasser möglich, in Abb. 9

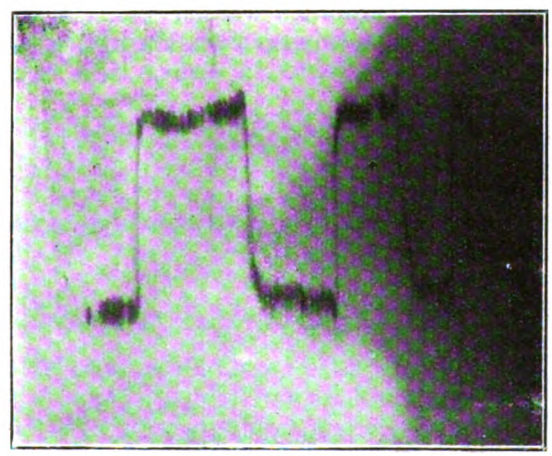


Abb. 9. Oszillogramm.

Kathodenstrahl-Oszillogramme zu bringen. Oszillogramm 1 stellt den Spannungsverlauf am offenen Ende einer 60 m langen Doppelleitung dar, auf die eine Wanderwelle geschickt wurde. Die Aufnahme

[21]) Rogowski, Arch. f. El., Bd. IX, 1920, S. 115; Bd. XV, 1925, S. 297, 377; vgl. a. E. u. M. 1925, S. 896; 1926, S. 400. Dufour, L'onde électrique, Nr. 11 bis 13, 1923; vgl. a. E. u. M. 1923, S. 302. Norinder Teknisk Tidskrift 1925, Heft 31; Elektrotechnik, Heft 8; vgl. a. E. u. M. 1924, S. 122; 1926, S. 886. Gabor, Arch. f. El., Bd. XVI, 1926, S. 296; vgl. a. E. u. M. 1927, S. 157. A. B. Wood, Proceed. of the Phys. Soc. 1923, Bd. 35, Nr. 2.

Digitized by Google

ist im Aachener Elektrotechnischen Institut gemacht worden.

Oszillogramm 2 bringt den Verlauf von Wanderwellenköpfen bei einer Zündspannung von 64 und 100 kV. Die Aufnahme wurde in der Versuchsstation der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen durch Herrn Dr. Gábor gemacht. Auf die näheren Versuchsbedingungen soll dabei nicht eingegangen werden (Abb. 9*a* und 9*b*).

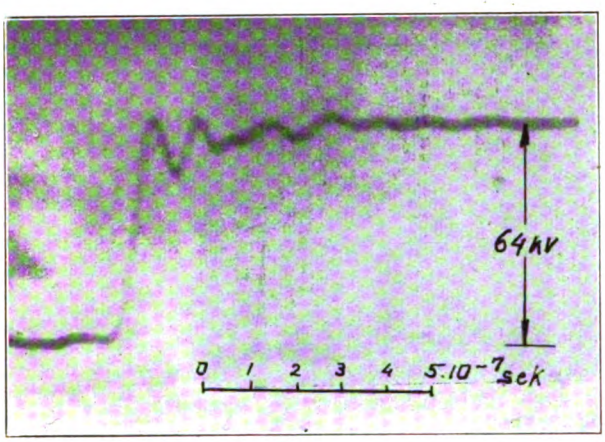


Abb. 9*a*. Oszillogramm 2.

Ohne auf die in beiden Fällen verwendeten Schaltungen einzugehen, möchte Verfasser diese Oszillogramme beifügen, um zu zeigen, daß man mit Hilfe des Kathodenstrahl-Oszillographen die rasch veränderlichen Vorgänge in sehr vollkommener Weise aufzeichnen kann.

Für das Laboratorium werden die am Anfang aufgeführten Methoden wegen der Einfachheit ihrer Handhabung auch weiterhin neben dem Hochfrequenzoszillographen mit Vorteil benützt werden. Für den Betrieb wird für die Registrierung und praktisch hinreichend genaue Schätzung des Verlaufs rasch veränderlicher Vorgänge der Klydonograph mit seiner außerordentlich einfachen Arbeitsweise und für genauere Messungen, zumal im Forschungsdienst, der Hochfrequenzoszillograph in Frage kommen.

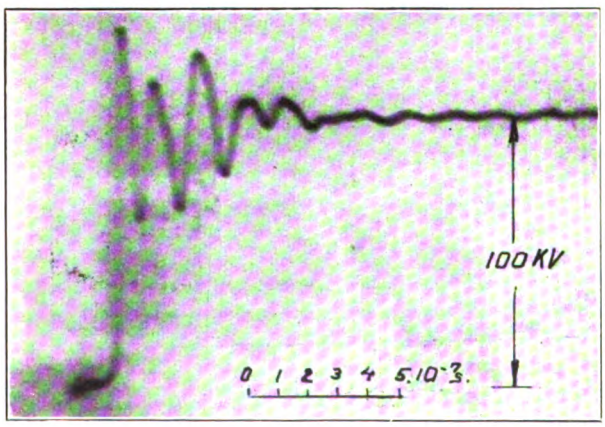


Abb. 9*b*. Oszillogramm 3.

Neben den experimentellen Untersuchungen ist, wie schon gelegentlich der Nennung der Mayrschen Arbeit erwähnt worden ist, auch die rechnerische Behandlung der Vorgänge in Angriff genommen worden. Diese stützt sich außer auf die grundlegende Arbeit K. W. Wagners[22]) auf die Rechnungen von M. Toepler,[23]) deren Endergebnis die Einführung des Begriffes der Funkenkonstante ist.

Mit Hilfe des Toeplerschen Funkengesetzes[24])

$$q \cdot r = k \cdot F \quad \ldots\ldots\ldots (1),$$

worin bedeuten

q die bis zum betrachteten Zeitpunkt durch den Funken geflossene Ladungsmenge in Coulomb,
r Funkenwiderstand zu diesem Zeitpunkt in Ohm,
k Funkenkonstante,
F Schlagweite der Funkenstrecke in cm,

kann man den Verlauf der Wanderwellenstirn einer Schaltung nach Abb. 1 mit Hilfe einer Differentialgleichung beschreiben. Wenn man für Wanderwellenmessungen die Kapazität der Kondensatoren C_1 und C_2 groß genug wählt, so wird nach vollendeter Ausbildung der Wanderwellenstirn diesen so wenig Ladung entnommen worden sein, daß man sie, wenigstens für die Zeit der Ausbildung der Stirn als unendlich groß in die Rechnung einsetzen kann oder, was gleich bedeutend damit ist, daß man sie als Leitungsstück vom Wellenwiderstand null betrachtet, das beim Durchbruch der Schaltfunkenstrecke S an die Doppelleitung A_1E_1, A_2E_2 gelegt wird. Klarer wird dieser Gedankengang noch an Hand von Abb. 2, wo gewissermaßen die Schaltfunkenstrecke S in Abb. 1 durch zwei solche an den Punkten A der Abb. 1 ersetzt ist.

Die Differentialgleichung ergibt für das steilste Stück der Wanderwelle die Neigung in Gestalt der Gleichung

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_{max} = \frac{4}{27} \cdot \frac{U_0^2}{k \cdot F} \quad \ldots\ldots (2).$$

Hierin bedeutet

$\left(\frac{du}{dt}\right)_{max}$ die maximale Wellensteilheit,
U_0 die Scheitelspannung der Wanderwelle,
k die Funkenkonstante,
F die Schlagweite in S.

Durch den Wellenwiderstand der Doppelleitung A_1E_1, A_2E_2 ist die Beziehung zwischen Stromstärke und Spannung für die Wanderwelle in jedem Augenblick festgelegt und damit auch für die fließende Ladung. Also steuert die Leitung den Vorgang im Funken.

Das muß sich an Hand der Gleichung (2) ausdrücken in der Höhe der Funkenkonstanten. Nun mißt man mit wachsendem Wellenwiderstand flachere Wellen, gleiche Spannung U_0 vorausge-

[22]) K. W. Wagner: Elekromagnetische Ausgleichsvorgänge an Freileitungen und Kabeln, bei B. G. Teubner, Berlin und Leipzig 1908.

[23]) M. Toepler: a. a. O.: ferner Archiv f. Elektrotechnik, Bd. XVII, Heft 1, 4; vgl. a. E. u. M. 1925, S. 917; 1926, S. 837 ff.

[24]) M. Toepler, Arch. f. El., Bd. X, Heft 5/6, dort weitere Literatur, ebenso Bd. XVII, Heft 1 und 4.

Digitized by Google

setzt. Dann ergibt Gleichung (2) ein Wachsen von k, weil U_0 und damit F konstant gehalten sind und $\left(\frac{du}{dt}\right)_{max}$ abnimmt. Umgekehrt müßte bei Kabeln der Wellenkopf steiler sein, wieder gleiches U_0 und F eingesetzt, weil k mit abnehmendem Wellenwiderstand abnimmt.

Aus einer ganzen Reihe von Untersuchungen, die L. Binder[25]) und eine Anzahl anderer, darunter auch Verfasser selbst,[26]) angestellt haben, zeigt sich eine Abnahme der relativen Steilheit der Wanderwelle mit wachsender Spannung U_0. Formt man Gleichung (2) um und schreibt man:

$$\left(\frac{d\frac{u}{U_0}}{dt}\right)_{max} = \frac{4}{27} \cdot \frac{U_0}{k.F} \quad \ldots . (3),$$

wobei $\frac{d\frac{u}{U_0}}{dt}$ als „relative Steilheit" bezeichnet werden soll, so sieht man, daß solange U_0 und F etwa proportional miteinandergehen, und das läßt sich für kleine Schlagweiten in guter Annäherung sagen, wegen des abnehmenden $\left(\frac{d\frac{u}{U_0}}{dt}\right)_{max}$ die Funkenkonstante zunächst wachsen muß, wie dies auch in den Kurven im Archiv für Elektrotechnik, Bd. 18, Heft 4, vom Verfasser dargestellt ist.

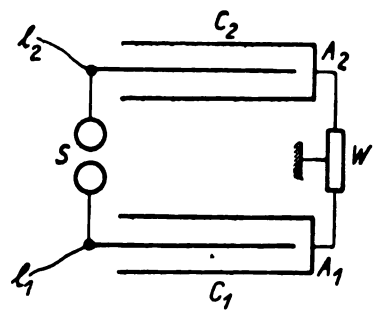


Abb. 10. Stoßschaltung, C_1, C_2 Kondensatoren, die über l_1, l_2 mit Gleichspannung geladen werden. S Zündfunkenstrecke, W wahrer Widerstand mit geerdeter Mitte.

Welcher Art das Anwachsen ist, hängt von den Versuchsumständen ab. Geht man mit F soweit, daß F wesentlich rascher als U_0 wächst, so wird sich die Zunahme von k unter Umständen verlangsamen und eventuell gar zum Stillstand kommen. Verläßt man das Gebiet der Anfangsspannungen einer Funkenstrecke[27]), übergeht das Übergangsgebiet und verwendet Büschelgrenzspannungen (wie zum Beispiel bei Spitzenfunkenstrecken), so besteht wieder Proportionalität zwischen Spannung U_0 und Schlagweite F, sodaß beim Abnehmen der relativen Steilheit $\frac{d\frac{u}{U_0}}{dt}$ k wieder zunehmen müßte.

[25]) L. Binder a. a. O.
[26]) Harald Müller a. a. O.
[27]) Siehe W. Weicker, Diss. Dresden 1910, ETZ 1911, S. 436.

Hinsichtlich der Stoßspannungen liegen die Verhältnisse etwas anders. Während man unter Wanderwellen eine Überspannung versteht, die sich längs eines Leitungsgebildes bewegt, also ortsveränderlich ist, nennt man Stoßspannung die zeitliche Änderung der Spannung an einem punktförmigen Gebilde. Wenn wir zum Beispiel in Abb. 1 die Leitung zusammenschrumpfen lassen in kurze Stümpfe (siehe Abb. 10) und sie über den Widerstand W schließen, dessen räumliche Ausdehnung vernachlässigbar klein sein soll, so quillt an diesem beim Funkenübergang in S die Stoßspannung bis zum Scheitelwert U_0 auf und sinkt dann mit wachsender Erschöpfung der Kondensatoren wieder ab.

Dieser Vorgang läßt sich ebenfalls rechnerisch erfassen. Dabei gibt es zwei Grenzfälle. In einem ist der Widerstand $W = 0$. Dann haben wir den einfachen Fall der Entladung einer Kapazität ($C_1 + C_2$ in Reihe) über den Funken S, der als maximale Steilheit die Stoßspannung ergibt:

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_{max} = 0{\cdot}25 \frac{U_0^2}{k.F} \quad \ldots . (4).$$

Dieser Fall ist als Grenzfall dem gleichzuachten, daß die Leitung in Abb. 1 den Wellenwiderstand $W = 0$ hat.

Verlegt man nun die Unterschiede der für die einzelnen Fälle verschiedenen Zahlenfaktoren, die in Gleichung (2) und (4) vor dem Ausdruck $\frac{U_0^2}{k.F}$ stehen, in die Größe k und wählt etwa die Konstante $\frac{4}{27} \approx 0{\cdot}15$ als Ausgangswert, so sieht man, daß die Gleichung (4) auch geschrieben werden kann

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_{max} = \frac{4}{27} \cdot \frac{U_0^2}{k'.F} \quad \ldots . (5),$$

worin

$$k' = \frac{16}{27} k.$$

Also hat für den Grenzfall $W = 0$ die Konstante k abgenommen auf $\frac{16}{27}$ ihres Wertes, das heißt aber, wie oben schon auf Grund experimenteller Ergebnisse gefunden worden war, daß die Welle steiler wird mit abnehmenden Wellenwiderstand bei gleichbleibendem U_0 und F.

Der andere Grenzfall $W = \infty$ hat zunächst keine Bedeutung, weil dann jeder Funkenübergang in S unmöglich gemacht würde, Gleichgewicht der Kapazitäten einschließlich dem der Funkenstrecke S vorausgesetzt.

Er ist rechnerisch dem in Gleichung (3) behandelten Fall der unendlich starken Spannungsquelle gleichzuachten (Kondensatoren C_1 und C_2 als Leitung mit Wellenwiderstand 0 betrachtet), von der aus eine Wanderwelle auf eine Leitung mit einem von null verschiedenen Wellenwiderstand einläuft.

Auch für jeden anderen Fall, in dem die Kapazi-

Digitized by Google

täten C_1 und C_2 und die Größe des Widerstandes W zahlenmäßig gegeben sind, läßt sich die Steilheit der Welle bestimmen. Bei endlichen Kapazitäten wird die Wanderwelle aus Stirn und je nach Größe der Kapazitäten mehr oder weniger rasch abfallendem Rücken bestehen.

Wie man aus den vorliegenden Ausführungen ersieht, ist das Problem der Überspannungsforschung nicht nur experimetell auf die verschiedensten Arten behandelt worden, sondern man ist auch imstande, ihm rechnerisch beizukommen, sodaß in nicht allzuferner Zeit auch dieses für die Elektrizitätswirtschaft so bedeutungsvolle Gebiet genügend erforscht sein wird.

Zur Theorie der asynchronen Phasenumformung.

Von Dipl. Ing. B. **Walsemann**, Plön (Holstein).

Übersicht: Es wird das Prinzip eines asynchronen Phasenumformers angegeben, welcher dadurch gekennzeichnet ist, daß sekundär auch bei Leerlauf das Verhältnis der Spannung zur Frequenz nicht konstant ist.

In einem früheren Aufsatz[1]) hat der Verfasser das Prinzip eines für Lokomotiven geeigneten Umformers vorgeschlagen, der es ermöglicht, normale Drehstrommotoren mit Käfiganker von einem Einphasennetz zu speisen, sowie verlustlos und stetig zu regeln. Es soll hier unter Bezugnahme auf jene Ausführungen eine zweite Lösungsmöglichkeit angegeben werden, welche gegenüber der ersten folgende Vorteile hat:

1. besserer Wirkungsgrad;
2. konstanter Leistungsfaktor;
3. hohe Überlastungsfähigkeit beim Anfahren;
4. geringer Anfahrstrom.

Wird Drehstrom, Abb. 1[2]), durch Schleifringe abgenommen, so nimmt bei Belastung die Eisensättigung in den Motoren mit abnehmender Frequenz ab, sofern nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden, welche die Spannung mit abnehmender Frequenz selbsttätig zu erhöhen gestatten. Ein solches Hilfsmittel bildet die Veränderung des Leistungsfaktors.[3])

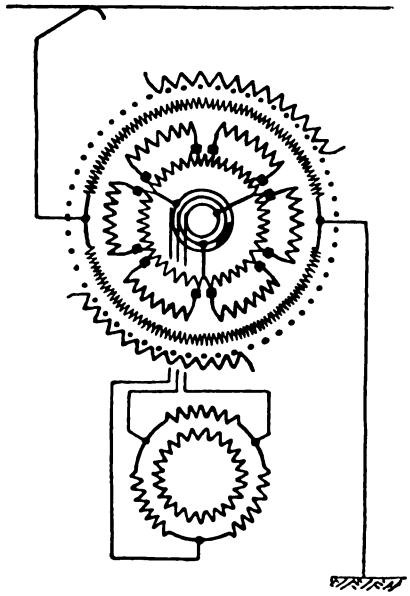


Abb. 1. Asynchron-Phasenumformer mit Kurzschlußankermotor.

Dieses Mittel wird durch einen inversen Kommutator überflüssig gemacht.

Versieht man nämlich nach Abb. 2, den Asynchronläufer des Umformers sekundär mit einem Kommutator, dessen Lamellen in entgegengesetzter Umlaufrichtung mit gleicher oder auch ungleicher Polzahl an die Spulen angeschlossen sind, so erhält man Drehstrom, dessen Spannung sich auch dann nicht in demselben Verhältnis wie die Frequenz ändert, wenn der Umformer Streuung und ohmsche Widerstände nicht besitzt.

Ein in gewöhnlicher Weise angeschlossener Kommutator würde eine Frequenzänderung nicht bewirken. Der Umformer wäre dann nur ein Synchron-Phasenumformer. Bei dieser prinzipiellen Betrachtung seien Streuung und ohmsche Widerstände vernachlässigt.

Es soll nun untersucht werden, in welcher Weise sich die Spannung und die Frequenz des abgegebenen Stromes ändern, wenn die Schlüpfung des Asynchronläufers, Abb. 2, von Null an zunimmt. Die Spannung wächst proportional der Schlüpfung. Ihre Größe ist unabhängig davon, ob der Strom

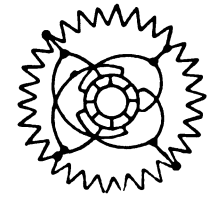


Abb. 2. Asynchronläufer mit inversem Kommutator doppelter Polzahl.

durch Schleifringe oder durch einen Kommutator abgenommen wird. Die in den einzelnen Spulen erzeugten Spannungen übertragen sich als Lamellen-Spannungen auf den Kommutator. Die Frequenz des abgegebenen Stromes ist durch die Schlüpfung gegeben, welche die räumlichen Höchstwerte dieser Spannungen gegenüber den Bürsten haben. Dreht sich der Läufer fast synchron, so drehen sich relativ zu diesem die Lamellen-Spannungen in entgegengesetztem Drehsinne mit sehr kleiner Drehzahl. Sie haben gegenüber den Bürsten fast die Schlüpfung 1 und die Frequenz des abgegebenen Stromes ist fast unverändert. Mit zunehmender Schlüpfung des Läufers nimmt die Frequenz des abgegebenen Stromes ab und wird schließlich gleich Null, sobald die Lamellen-Spannungen relativ zum Läufer ebenso schnell umlaufen wie dieser selbst relativ zum Ständer. Wird die Schlüpfung noch größer, so

[1]) E. u. M. 1926, Heft 52, Seite 946.
[2]) Abb. 1 der vorgenannten Abhandlung, l. c. S. 946.
[3]) l. c. S. 949, Abb. 5.

Digitized by Google

nimmt die Frequenz des abgegebenen Stromes wieder zu, da nun die Lamellen-Spannungen gegenüber den Bürsten eine negative Schlüpfung erhalten. Dieser Bereich kommt für die praktische Anwendung in Frage. Die Spannung nimmt jetzt weniger zu als die Frequenz, da sie früher als diese gleich Null geworden ist. Der Ausdruck $\frac{\text{Spannung}}{\text{Frequenz}}$ für den abgegebenen Strom, in Abhängigkeit von der Frequenz aufgetragen, ergibt als Kurve eine Hyperbel. Die Abmessungen des Motor-Strombildes sind den Ordinaten derselben proportional. Daraus folgt, daß die Eisensättigung des Motors mit abnehmender Frequenz zunimmt.

Die Polzahl des inversen Kommutators kann so gewählt werden, daß für den Umformer mit Streuung und ohmschem Widerstand bei konstantem Leistungsfaktor $\cos \varphi = 1$ das Kippmoment konstant bleibt oder auch, wenn hohe Überlastungsfähigkeit beim Anfahren gewünscht wird, mit abnehmender Frequenz nach Art einer flachen Hauptstromcharakteristik zunimmt. Das Fehlen des Blindstromes in der Hochspannungswicklung hat einen geringen Anfahrstrom zur Folge.

Aus der Beziehung $\frac{S_k}{S_0} = \sin\left(k_a \cdot \frac{\pi}{m}\right)$ [4]).

geht hervor, daß man auf der primären Kommutatorseite unendlich viele Phasen haben müßte, um an die Frequenz Null heranzukommen. In diesem Falle erfordert der Umformer mit inversem Kommutator nur etwa 10 Phasen, praktisch genügen 7 Phasen in jedem Falle, oft noch weniger, je nach dem Läuferwiderstand des Motors. Da die Bürstenverluste des Umformers an sich ungewöhnlich hoch sind, ist es im Interesse eines guten Wirkungsgrades wertvoll, wenn die Phasenzahl so erheblich vermindert werden kann.

Der Motor und die Bürsten des sekundären Kommutators können vielphasig ausgeführt werden, wenn die Verminderung der elektrischen Bürstenverluste[5]) dies erwünscht erscheinen läßt, da zwischen Umformer und Motor betriebsmäßige Unterbrechungsstellen nicht vorhanden zu sein brauchen.

[4]) l. c. S. 947, Gleichung (6).
[5]) Vgl. S. 948, Abb. 3.

Selbsttätige Wasserversorgungsanlagen mit Hochspannungsmotoren als Pumpenantriebe.

Von Ing. F. **Leo**, Wien.

Die fortschreitende Vervollkommnung der ferngesteuerten Selbstschalter und Selbstanlasser hat es mit sich gebracht, daß selbsttätig arbeitende Pumpenanlagen heute nicht nur wie früher für kleine Haus-Wasserversorgungs-Einrichtungen verwendet werden, sondern daß sich dieselben mit immer größeren Leistungen in den verschiedenen Betrieben Eingang verschafft haben. Insbesondere kommen für die Verwendung solcher Anlagen jene Werke in Betracht, welche wie zum Beispiel die chemischen und Papier-Fabriken, in ihrem Erzeugungs- und Fertigungsvorgang große Mengen von Flüssigkeiten, namentlich Wasser verwenden.

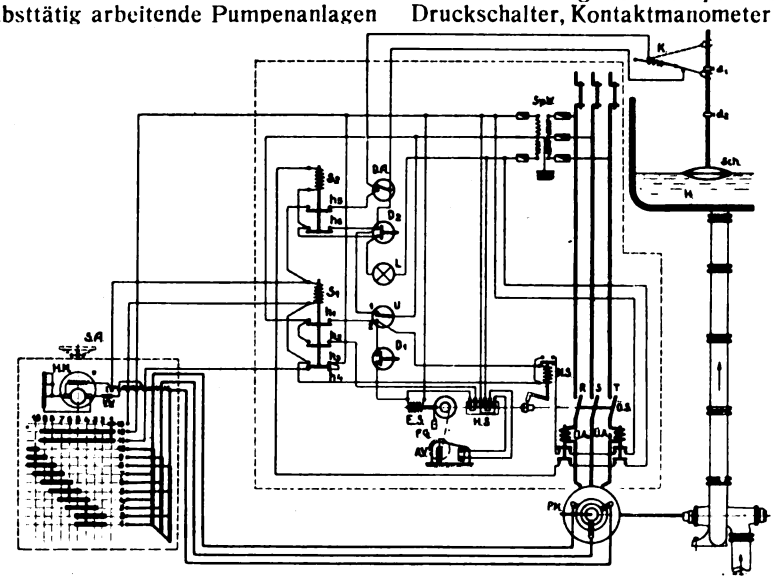


Abb. 1. Schaltbild der selbsttätigen Pumpenanlage.

Sp.W.	Spannungswandler.	H. S.	Hilfsschalter
a_1 a_2	Anschläge.	A. V.	Aufzugsvorrichtung.
D. A.	Drehausschalter. Selbsttätige Schaltung ohne Schwimmer.	N. S.	Nullspannungs-Spule.
		Ü. $A_{1,2}$	Überstr. Auslös.
U	Drehumschalter.	ÖS	Ölschalter.
	1. Selbsttätige } Schaltung.	P. M.	Pumpenmotor.
	2. Hand- }	K.	Kippschalter.
D_1 D_2	Druckknöpfe.	Sch.	Schwimmer.
S_1 S_2	Schütz.	H.	Hochbehälter.
S. A.	Selbstanlasser, Ruhestellung in 10	H. M.	Hilfsmotor.
E. S.	Einschaltspule.	L	Signallampe.
F. G.	Fallgewicht.	V. W.	Vorschaltwiderstand.

Alle diese Anlagen arbeiten grundsätzlich so, daß eine durch einen Elektromotor angetriebene Pumpe in Abhängigkeit vom Flüssigkeitsstand, zum Beispiel in einem Hochbehälter angelassen bzw. abgestellt wird. Dabei kann die Anordnung so getroffen werden, daß ein Aufpumpen oder Entleeren stattfindet.

Als Vorrichtungen, welche die Inbetriebsetzung bzw. Abstellung des Pumpensatzes bewirken, kommen Druckschalter, Kontaktmanometer oder durch Schwimmeranschläge betätigte Kippschalter in Betracht, die entweder, soweit sie geeignet sind, bei kleinen Leistungen unmittelbar die An- bzw. Abschaltung des Elektromotors vornehmen oder namentlich bei größeren Leistungen mittelbar durch zwischengeschaltete Schützen und Selbstanlasser einleiten.

Bei allen Pumpenleistungen, auch bei den größten, hat man bis jetzt fast durchwegs Niederspannung zum Antrieb der Motoren verwendet, und zwar wurde selbst für den Fall, als Hochspannung zur Verfügung stand, durch Zwischenschaltung eines Transformators eine Umwandlung in Niederspannung vorgenommen. Durch diese Anordnung erhöhen sich aber nicht nur die Anschaffungskosten wesentlich, sondern auch der gesamte Wirkungsgrad der Anlage wird verschlechtert. Überdies be-

Digitized by Google

einflußt infolge des aussetzenden Betriebes während der Betriebspausen der leerlaufende Transformator den Leistungsfaktor des Netzes ungünstig.

Der wichtigste Grund für die ausschließliche Anwendung von Niederspannung kann darin gesucht werden, daß man der Betriebssicherheit der Hochspannungsschützen und ferngesteuerten Ölschalter mißtraute. Die bereits eingangs erwähnte Vervollkommnung dieser Geräte schließt aber heute, soferne nur erstklassige Erzeugnisse verwendet werden, jeden Zweifel in die Betriebssicherheit aus, umsomehr als die Erfahrungen, welche man mit solchen Hochspannungsanlagen im Betriebe gemacht hat, die denkbar besten sind.

Im Nachstehenden soll an Hand eines Ausführungsbeispieles eine Schaltung, welche die „Elin" A.-G. für elektrische Industrie Wien—Weiz für selbsttätig arbeitende Wasserversorgungsanlagen mit Hochspannungsmotoren als Pumpenantrieb ausgearbeitet hat, kurz beschrieben werden.

Der Anordnung liegt das Schaltbild Abb. 1 zugrunde. Ihre Wirkungsweise ist folgende:

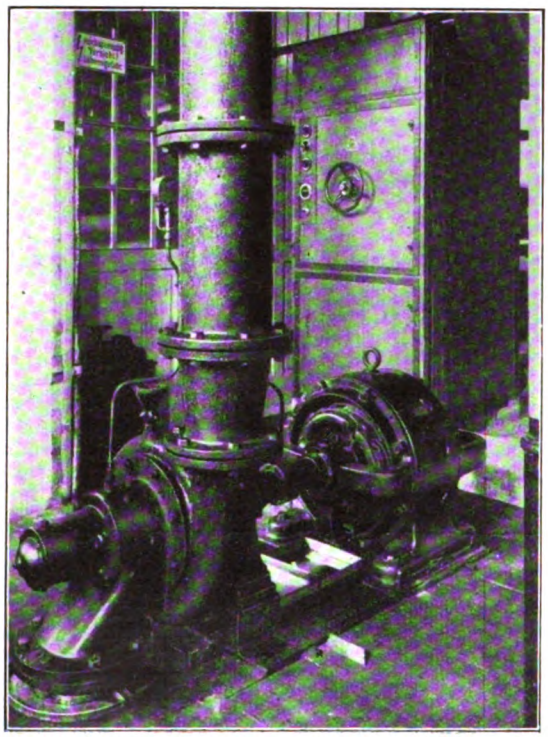


Abb. 2. Gesamt-Ansicht der Pumpenanlage.

Der Hochspannungs-Antriebs-Motor *PM* wird durch einen ferngesteuerten selbsttätigen Ölschalter *OeS* geschaltet und durch den Selbstanlasser *SA* angelassen. Das für die Steuerung erforderliche Schaltschütz S_1 bzw. Sicherheitsschütz S_2 wird von Niederspannung 110 V, welche durch Spannungswandler *SpW* erzeugt wird, gespeist. Vor der Inbetriebsetzung der Anlage wird der Drehumschalter *U* in die Stellung 1 gestellt und durch den Druckknopf D_2 das Sicherheitsschütz S_2 eingelegt. Wird durch den absinkenden Wasserspiegel und den Anschlag a_1 der Kippschalter *K* geschlossen, so erhält über den Umschalter *U*, den Kippschalter *K*, den Hilfskontakt h_5 des Sicherheitsschützes und die Klemmen 1 und *m* des Selbstanlassers und den Hilfskontakt h_4 der Hilfsmotor *HM* des Selbstanlassers *SA* Spannung. Dadurch wird der Anlasser in die Stellung 1 gedreht, die Magnetspule des Schaltschützes S_1 über den Kontakt h_5 des Sicherheitsschützes, die Klemme und Schiene 13 und Klemme und Schiene 12 des Selbstanlassers eingeschaltet und das Schütz geschlossen. Die Hilfskontakte h_1 und h_3 des Schaltschützes S_1 schließen den Stromkreis der Nullspannungsspule und h_2 bewirkt durch die Unterstromsetzung der Einschaltspule das Auslösen des Fallgewichtes der Ölschalter-Antriebsvorrichtung. Der sich schließende Ölschalter *OeS* legt den Ständer des Pumpenmotors *PM* an das Netz und der weiterlaufende Hilfsmotor *HM* des Selbstanlassers schaltet die Widerstandsstufen im Läufer bis zur Kurzschlußstellung ab und bewirkt dadurch das Anlaufen der Pumpe. Durch die Unterbrechung des Hilfskontaktes h_4 und durch Schließen von h_3 beim Anziehen des Schaltschützes S_1 wurde der Hilfsmotor *HM* über die Klemmen *m* und 11 auf die beiden Schienen 11 und 12 im Anlasser geschaltet. In der Stellung 10 des Anlassers sind diese beiden Schienen abgeschnitten. Hat der Hilfsmotor den

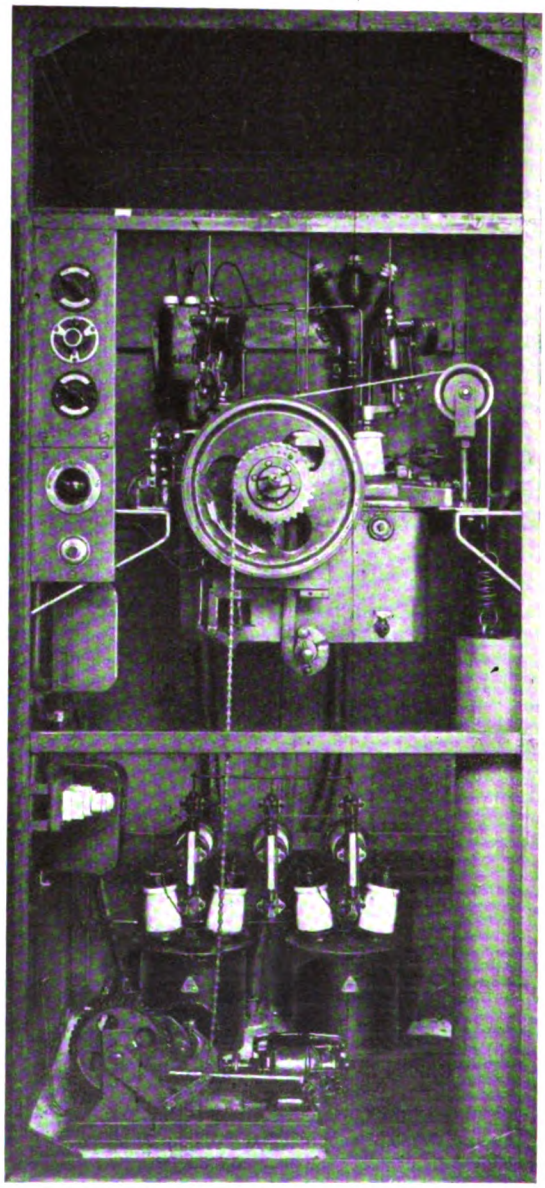


Abb. 3. Schaltkasten, geöffnet.

Anlasser bis in diese Stellung gedreht, so unterbricht er seine eigene Zuleitung und die Walze bleibt in dieser Stellung, welche dem kurzgeschlossenen Läufer entspricht, stehen.

Ist der eingestellte Höchststand des Flüssigkeitsspiegels erreicht, so wird der Kippschalter durch den entsprechenden Schwimmeranschlag zurückgestellt und der Stromkreis der Magnetspule des Schaltschützes S_1 unterbrochen. Das abfallende Schütz öffnet durch den Hilfskontakt h_1 den Stromkreis der Nullspannungsspule *NS* des Ölschalters und bringt dadurch den Ölschalter zum Ausschalten. Die Ständerzuleitung des Pumpen-

Digitized by Google

motors wird unterbrochen und die Pumpe bleibt stehen. Der herausfallende Ölschalter schließt durch den Hilfsschalter *HS* den Stromkreis des Motors der Aufziehvorrichtung *AV*, das Fallgewicht *FG* wird aufgewunden und in der Höchststellung durch die Klinke der Einschaltspule *ES* festgehalten. In dieser Stellung unterbricht ein Endschalter die Zuleitung des Aufziehmotors und der Ölschalterantrieb ist jetzt für den neuen Schaltvorgang bereitgestellt.

Tritt ein Kurzschluß oder Überstrom auf, so würde bei eingeschaltetem Kippschalter und unmittelbar auf den Ölschalter wirkenden Überstrom-Zeitauslösern UA_1 und UA_2 infolge des selbsttätigen Schalterantriebes ein wiederholtes Schalten auf den Kurzschluß stattfinden, was gegebenenfalls sogar zu einer Schalterexplosion führen könnte. Um dies zu vermeiden, unterbrechen die Auslöser die Magnetspule des Sicherheitsschützes S_2, welches in der Zuleitung der Spule des Schaltschützes S_1 eingebaut ist und schalten dadurch das Schaltschütz aus. Die Wiedereinschaltung des Schützes S_2 geschieht von Hand aus mit dem Druckknopf D_2. Das Verlöschen der Signallampe *L* zeigt die Auslösung des Ölschalters infolge Kurzschlusses oder Überstromes an.

Ein Drehschalter *DA* und der Drehumschalter *U* ermöglichen die selbsttätige Inbetriebsetzung des Pumpensatzes unabhängig vom Schwimmer und erlauben, den Flüssigkeitsspiegel über den eingestellten Höchst- bzw. Tiefstand zu heben oder zu senken.

Außer durch die selbsttätige, vom Schwimmer abhängige Schaltung, kann der Pumpensatz auch von Hand aus eingeschaltet bzw. abgestellt werden. Durch den Drehumschalter *U* (Stellung 2) und durch den Druckknopf D_1 kann die Einschaltung des Ölschalters durch das Fallgewicht *FG* erfolgen. Überdies ist auf der Schalterwelle ein Handrad aufgesetzt, sodaß die Schaltung unmittelbar mit der Hand erfolgen kann. Der Selbstanlasser, welcher jetzt auch durch ein Handrad betätigt wird, ist mit der Nullspannungsspule des Ölschalters so verriegelt, daß die Einschaltung des letzteren nur dann erfolgen kann, wenn der Anlasser vorher in die Stellung 1 gestellt wurde. Es ist also ein Schalten bei kurzgeschlossenem bzw. eingeschaltetem Läufer unmöglich.

In Abb. 2 ist eine derartige Anlage dargestellt. Die gesamte Schalteinrichtung ist in einem Schaltkasten untergebracht, welcher gleichzeitig einen geschlossenen Hochspannungsraum bildet und jede Berührung hochspannungsführender Teile verhindert. Im Hintergrunde ist der Schaltkasten und ebenso der mit dem Hilfsmotor angetriebene Selbstanlasser zu sehen. Der im Vordergrunde stehende Pumpenmotor mit 50 PS, 3000 V, 50 Per/s, treibt eine Kreiselpumpe an, deren Förderleistung 5000 l in der Minute beträgt.

Die Abb. 3 zeigt den geöffneten Schaltkasten. Links sind der Drehumschalter, der Drehschalter, die Druckknöpfe und die Signallampe, sowie die beiden Schützen zu sehen. Am Boden vor den beiden Wandlern steht die Aufziehvorrichtung für das Fallgewicht des Ölschalterantriebes.

Die beschriebene Anlage dient zur Wasserversorgung einer Papierfabrik. Der Schwimmer und Kippschalter befinden sich in einem etwa 200 m entfernten Hochbehälter. Die Schaltleitungen zum Maschinenraum sind als Freileitung auf einem eigenen Gestänge verlegt.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Die Stromversorgung von Bremen[1]. Das städtische E. W. Bremen liefert Strom für das gesamte zusammenhängende Staatsgebiet von Bremen (also außer Bremerhaven) und einige umliegende Gemeinden, zusammen für 335 000 Einwohner. Die Gemeinden sind ausschließlich über unterirdische Kabel an ein 7 kV Netz angeschlossen, auch die Verteilungsleitungen mit Ausnahme weniger km sind unterirdisch verlegt. Der Strom wird in einem Wasserkraftwerk und in einem in dessen Nähe liegenden Wärmekraftwerk erzeugt, das gemeinsame Schalthaus ist etwa 500 m von jedem der Werke entfernt. Die Gesamtleistung aller Stromerzeuger war zu Ende 1926 45210 kW, die Jahresstromabgabe 74·76 Mill. kWh. Das Wärmekraftwerk enthält 20 Wasserrohrkessel von zusammen 5560 m² H. F., die ausschließlich mit in einer Verdampferanlage hergestelltem destillierten Wasser gespeist werden und daher Stundendampfleistungen bis 50 kg/m² H. F. zulassen. Der erzeugte Dampf wird durch zwei an zwei Stellen verbundene Ringleitungen verteilt, der Abdampf der Speisepumpen unter Heranziehung selbsttätiger Arcaregler (zur Verteilung, Druckregelung und etwa erforderlicher Frischdampfzuführung) zum Anwärmen des Speisewassers und zur Raumheizung benutzt. An Stromerzeugern sind sechs Dampfturbosätze von 1000 bis 12 000 kW Einzel- und 33 300 kW Gesamtleistung vorhanden, die für 11·5 atü und 350° bemessen sind. Die 1000 kW Turbine von 3300 U/min treibt über ein Zahnradvorgelege eine mit 750 U/min laufende 230 V Gleichstrommaschine an, die den Werksbedarf deckt, für den außerdem eine Batterie und Umformer im Schalthause zur Verfügung stehen. Die übrigen Dynamos erzeugen 7500 V Drehstrom. Außerdem sind im Maschinenhaus noch zwei mit sechszylindrigen, einfachwirkenden Sulzer-Zweitakt-Dieselmaschinen von je 2180 kW bei 137 U/min gekuppelte Drehstromerzeuger aufgestellt, und zwar als Reserve- und Spitzenmaschinen. Sie werden mit Gasöl angelassen und arbeiten ausschließlich mit Teeröl. Das Wasserkraftwerk (Weserwerk) enthält derzeit 11 vertikale Francisturbinen mit zwei und drei Laufrädern. Die Einzelleistungen der Turbinen liegen zwischen 500 und 900 kW, die Gesamtleistung ist 7750 kW. Die Schluckfähigkeit der Turbinen liegt zwischen 25 und 32 m³/sec, die Stromerzeuger sind mit den Turbinen unmittelbar gekuppelt. Die Durchschnittsjahresleistung des Werkes wurde mit 35 Mill. kWh berechnet. Das Gefälle, das durch die bis an den Wehrkörper heranreichenden Ebbe- und Flutwirkungen sehr ungünstig beeinflußt wird, wodurch auch eine ungünstige Rückwirkung auf den Heizmaterialverbrauch des Wärmekraftwerkes eintritt, schwankt im Jahre zwischen 6·5 m und fast 0 m (bei Hochwasser). Die höchste tägliche Stromerzeugung des Wasserkraftwerkes im Jahre 1925 war rund 150 000 kWh, die des Wärmekraftwerkes fast 250 000 kWh, die Gesamterzeugung des ersteren im Jahre 1925 34·5 Mill. kWh. Die Höchstbelastung beider Werke zusammen belief sich bisher auf 21 000 kW, aus der Stromerzeugung dreier aufeinanderfolgender Werktage wurde ein Wärmeverbrauch je kWh von 6015 WE für die Dampfturbinen und von 3150 WE für die Dieselmotoren berechnet. Dem Schalthause wird der Strom der 18 Drehstromdynamos getrennt zugeführt, und von dort durch 21 Kabel für 7000 V weitergeleitet.

Abgegeben werden 2×115 V Strom, in den später angeschlossenen Stadtteilen und im Landgebiet Drehstrom von 3×216 V (125 V Lampenspannung) und 3×400 V (230 V Lampenspannung). Im Drehstromversorgungsgebiet sind 348 Transformatorenstationen (Säulen), mit Transformatoren von 30 bis 100 kVA vorhanden. Dem E. W. untersteht auch die jetzt ausschließlich elektrische Straßenbeleuchtung von Bremen mit 12 000 Lampen, die von einer Stelle aus ein- und ausgeschaltet werden. Das hiefür besonders verlegte Leitungsnetz mit Querschnitten von 1·5 bis 4 mm² ist in mehrere hundert kleine Bezirke geteilt, die jeder Strom aus dem Hauptnetz durch ferngesteuerte Schalter von 3 bis 5 kW Schaltleistung erhalten. Das Werk verfügt für Betriebszwecke und zur Überwachung der Straßenbeleuchtung über ein eigenes Fernsprechnetz mit einer

[1]) Nach einer kürzlich erschienenen Beschreibung der Werksanlagen und Einrichtungen des städt. E. W. Bremen.

Digitized by Google

Zentrale mit zehn Amtsleitungen und 200 Sprechstellen, sowie mit Steckdosen für Telephonapparate an den Bezirksschaltern der Straßenbeleuchtung. Die Gesamteinnahmen des Werkes aus dem Stromverkauf (angegliedert ist auch eine Installationsabteilung) betrugen im Jahre 1925 rund 9 Mill. Mk. J.

Die Wasserkraftanlage am Shannon[1]. Das schon seit längerer Zeit geplante Werk wird nunmehr von den Siemens-Schuckert-Werken als Generalunternehmer für die irische Regierung gebaut. Es nutzt das Gefälle des Shannon auf einer Strecke von 15 km in einer einzigen Anlage aus. Vorläufig wird ein Speicherbecken von 324 Mill. m³ geschaffen, das durch Heranziehen mehrerer Seen auf 827 Mill. m³ vergrößert werden kann. Durch das bei Parteen Villas errichtete Wehr wird der Wasserspiegel des Flusses um 10 m gestaut. Von hier zweigt ein 12·5 km langer schiffbarer Oberwasserkanal ab, der bei 1·5 m/sec Geschwindigkeit 500 m³/sec führen kann. Vor dem Krafthause schließen sich sechs Rohre von je 6 m Durchmesser an, durch welche das Wasser den im Krafthause bei vollem Ausbaue vorgesehenen sechs Turbinen von 230 000 PS Gesamtleistung zugeführt wird. Vorerst wird nur die Hälfte des Werkes ausgebaut. Das Höchstgefälle zwischen Ober- und Unterwassergraben, der ebenfalls schiffbar ist, beträgt 34 m. Zwischen den beiden Graben wird eine zweistufige Schleuse für 150 t Schiffe vorgesehen. Erzeugt wird 10 500 V Drehstrom, der im Kraftwerk auf 110 kV und 38·5 kV hinauftransformiert wird. Als Verbraucherspannung sind 380/220 V vorgesehen. Die Größe des Speicherbeckens macht eine Wärmekraftreserve überflüssig, das Werk wird allein den gesamten Kraftbedarf des Landes für die nächste Zukunft decken können. Die begreiflicherweise außerordentlich umfangreichen Bauarbeiten für das Werk — sind doch im Ganzen etwa 8 Mill. m³ Erd- und Felsarbeiten zu leisten — werden von der Siemens-Bau-Union durchgeführt, deren „Mitteilungen" und dem von den Siemens-Schuckert-Werken und der Bauunion gemeinsam herausgegebenen „Siemens Progress on the Shannon" die vorstehenden Angaben entnommen sind. Natürlich wird beim Bau von maschinellen Einrichtungen in weitgehendstem Maße Gebrauch gemacht. So werden insgesamt 33 Bagger verwendet und ein umfangreicher Rollmaterialpark, der etwa 70 Lokomotiven und über 1200 Wagen umfaßt. Das für die Energieversorgung des ganzen Baubetriebes errichtete Baukraftwerk besteht aus neun Dieseldynamos von 4200 PS Gesamtleistung. Erzeugt wird 380 V Drehstrom, der auf 17 000 V auf- und dann je nach dem Verwendungszwecke an Ort und Stelle wieder auf 3000 oder 380 V abtransformiert wird. Weiters ist auch eine ganz modern eingerichtete Reparaturwerkstätte, eigentlich schon eine richtige Maschinenfabrik gebaut worden, in welcher 110 Mann dauernd beschäftigt werden. J.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Untersuchungen an neuzeitlichen mehrgehäusigen Dampfturbinen. Von E. Josse. In einem Kraftwerk in Utrecht wurde eine viergehäusige 16 000 kW/3000 U/min Dampfturbine, Bauart Stork — Erste Brünner M.-F., aufgestellt, die ebenso wie die zugehörigen vier Kessel von je 597 m² Heizfläche für 36 atü und 425° C von Gebr. Stork in Hengelo (Holland) geliefert sind. In dem Werke sind außerdem eine neue zweigehäusige 14 000/17 000 kW AEG-Turbine und eine ältere 8000 kW Turbine für 20 atü aufgestellt. In der Turbine ist das Druckgefälle von 32 atü und 400° bis auf Luftleere in 45 Stufen unterteilt. In den beiden ersten Gehäusen sind 10, bezw. 12 Gleichdruckstufen, in dem geteilten Niederdruckgehäuse (mit symmetrischem Dampffluß) je 23 Überdruckstufen mit zunehmendem Raddurchmesser. Die Umfangsgeschwindigkeit der Räder schwankt zwischen 94·2 und 188·5 m/sec, für die ganze Turbine ist $\Sigma u^2 = 750\,640$, die Gütezahl $\frac{\Sigma u^2}{H} = 2700$ (H diabatisches Gefälle). Die Turbine kann auch bei 20 at volle Leistung hergeben, wobei Frischdampf in das zweite Gehäuse eingeführt wird, für welches daher eine besondere Düsenregelung vorgesehen ist. Der Läufer des ersten Gehäuses läuft bei dieser Betriebsart im Unterdruck. Die beiden Oberflächenkondensatoren haben je 875 m² Kühlflächen, zu jedem gehört eine eigene elektrisch betriebene Pumpengruppe, für beide Gruppen ist noch eine Hilfsdampfturbine vorhanden, die den Antrieb der Pumpen selbstätig übernimmt, wenn die Pumpendrehzahl zurückgeht. Die Hauptturbine wird zwischen Mittel- und Niederdruckteil einstufig zur Speisewasservorwärmung angezapft, wobei zwei Entnahmestellen vorhanden sind, um bei jeder Belastung Drosselung des Dampfes möglichst zu vermeiden. Die Abnahmeversuche des Verfassers ergaben bei ausgeschalteter Dampfanzapfung bei $\cos \alpha = 1$) einen Dampfverbrauch von 3·99 kg/kWh bei 32·8 ata und 396° am Haupteinlaßventil der Turbine und 0·0445 ata im Abdampfstutzen, entsprechend einem thermodynamischen Wirkungsgrad von 82·9 vH, bezogen auf den angeführten Dampfzustand und die Leistung an der Dynamokupplung (17 410 kW), bezw. von 79·3 vH, wenn man mit der Klemmenleistung rechnet. Bei nur wenig veränderten Dampfverhältnissen waren ferner der Dampfverbrauch bei 12 945 kW und 8462 kW an den Klemmen 3·918 und 4·048 kg/kWh, bezw. der Wirkungsgrad bezogen auf die Leistung an den Klemmen 77·9 und 75·2 vH. — Die zweite vom Verfasser untersuchte 10 000 kW Turbine ist von BBC-Mannheim für das E. W. Bielefeld geliefert worden. Sie ist für Frischdampf von 11·5 ata und 300° und für 3000 U/min gebaut. Im Hochdruckgehäuse sind ein Gleichdruckrad und eine 11 kränzige Überdrucktrommel, im Mitteldruckgehäuse eine 12 kränzige Überdrucktrommel und im Niederdruckgehäuse mit Zweiflußbauart und geteiltem Abdampfstutzen je 10 Überdruckräder vorhanden. Die Umfangsgeschwindigkeiten der einzelnen Stufen liegen zwischen 108·3 und 192·5 m/sec. Für diese Turbine ist $\Sigma u^2 = 661\,790$ und die Gütezahl für die ganze Turbine 32·30, für das erste Gehäuse 24·90. Bei Vollast, das sind 10 866 kW an den Dynamoklemmen und 11 352 kW an der Dynamokupplung, ergab sich ein Dampfverbrauch von 5·245 kg/kWh, bezogen auf die Leistung an den Klemmen und von 5·020 kg/kWh an der Kupplung, entsprechend einem thermodynamischen Wirkungsgrad von 83·55 bezw. 80 vH. Dabei war der Druck vor dem Haupteinlaßventil der Turbine 12·43 ata, die Dampftemperatur 323·9°, der Druck im Abdampfstutzen 0·0908 ata. Der Dampfverbrauch stieg bei Halblast auf 5·397 kg/kWh und bei Viertellast auf 6·492 kg/kWh, beidemale bezogen auf die Leistung an den Klemmen. J.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 11 und 13, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, Das El.-Werk, S. 326.

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Die Sewersche Streudüse bietet ein Regelverfahren für Freistrahlturbinen, wobei der aus der Düse austretende Strahl durch in der Düse angeordnete Leitflächen zur Rotation um die Strahlachse gebracht wird, um sich außerhalb der Düse in einzelne Tropfen aufzulösen, so daß die Becher des Laufrades teils gar nicht, teils an unrichtiger Stelle beaufschlagt werden. Diese Vernichtungsregelung wird von den Williams Works, Rugby, in der Form ausgebildet, daß innerhalb der Endverdickung einer langsam verschieblichen Nadel ein rasch verschieblicher Leitapparat versteckt werden kann, der ein System von Leitschaufeln enthält, das unter 33° gegen die Umfangsrichtung geneigt ist; bei relativer Vorschiebung gegenüber der Nadel wird dem Wasser in der Düse der für die Strahlzerstäubung erforderliche Drall verliehen. Bei der 3300 PS Turbine Kinlochleven, die bei 300 U/min ein Schwungmoment von 40 500 kgm² besitzt, wurde bei 25, 50, 75 und 100 vH Entlastung eine vorübergehende Drehzahlschwankung von 1·15, 1·65, 1·30 und 3·45 vH beobachtet, während sich bei voller Entlastung die Druckschwankung in der Rohrleitung nur auf 2·46 vH belief. Eine 10 000 kW Turbine des Kraftwerkes Khopoli in Indien ergab bei 2600, 5000, 7400 und 10 000 kW plötzlicher Entlastung Drehzahlschwankungen von 1·48, 1·97,

Digitized by Google

3·49 und 3·88 vH über Leerlaufsdrehzahl bei 300 U/min und einem Schwungmomente von 330 000 kgm². Die Drucksteigerung betrug 3·59 vH bei voller Entlastung. Der Nadelkopf wird aus Chromnickelstahl hergestellt; er weist in Kinlochleven nach fünfjährigem Betriebe noch keine Spuren von Abnützung auf. β.

(Engineering, Bd. 73, Nr. 3192, 1927.)

Die Bell'sche Schraubenturbine[1]) wurde nach A. Perrig bei spezifischen Drehzahlen von 500 bis 1000 bereits in 70 Ausführungen mit einer Gesamtleistung von über 160 000 PS ausgeführt. Ein Rad mit $n_s = 800$ gibt bei konstanter Drehzahl und 1, 2, 3, 4, 5, 6 m Gefälle Wirkungsgrade von 41, 75, 81, 83, 83 und 82 vH im Gegensatz zu einer Francisturbine von $n_s = 400$, welche hiebei 0, 62, 78, 83, 83 und 82 vH ergibt. Bei $n_s = 900$, 800, 700 und 600 werden Wirkungsgrade von 70 vH bereits bei Beaufschlagungen von 69, 58, 50 und 47 vH erhalten. Bei einer Meereshöhe von 500 m und Wassertemperaturen von höchstens 25° C sind mit Rücksicht auf Kavitationen bei Gefällen von 25, 20, 15 und 10 m höchste Sauggefälle von 3, 2·5, 2 und 1·5 m bei $n_s = 500$, 700, 900 und 1000 zulässig. β.

(Le génie civil, Bd. 90, Nr. 10, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Eine Methode zur Bestimmung extrem hoher Widerstände und Kapazitäten mittels Kippschwingungen gibt Erwin Kurz bekannt. Ein Vorschaltwiderstand R_v, eine Glimmlampe G, eine Induktanz L und ein Kondensator C werden in Reihe an eine Netzgleichspannung U_n gelegt. Parallel zum Kondensator wird der zu prüfende hohe Widerstand R_p geschaltet. Die Glimmröhre hat eine, anfänglich mit steigendem Strom fallende, dann wieder ansteigende Strom-Spannungscharakteristik; bei einer bestimmten Stromstärke J_a ist also die Brennspannung ein Minimum U_{ga}; sinkt die Spannung an den Röhrenenden noch weiter, so reißt der Strom ab und die neuerliche Zündung kann erst wieder bei einer höheren Spannung U_{gz} stattfinden. Schaltet man also die Spannung U_n ein, so lädt sich der Kondensator C auf eine Spannung U_{c1} auf, und zwar solange, bis $U_n - U_{c1} = U_{ga}$ ist; da bei weiterem Fortbestehen des Stromes iedoch U_c weiter steigen und die Spannung an der Glimmröhre unter U_{ga} sinken müßte, was mit dem Weiterbestehen des Stromes unvereinbar ist, so reißt der Glimmstrom ab und der Kondensator entlädt sich durch den Widerstand R_p bis auf die Spannung $U_{c2} = U_n - U_{gz}$. In diesem Augenblicke tritt Wiederzündung ein und der Kondensator wird neuerlich bis zur Spannung U_{c1} aufgeladen, worauf sich das Spiel wiederholt. Das Einsetzen des Stromes erkennt man am Aufleuchten der Glimmröhre. Ist t die zum Beispiel mit der Stoppuhr gemessene Dunkelzeit zwischen zwei Stromdurchgängen, so ergibt sich der Widerstand R_p aus der Entladungsformel des Kondensators $U_c = U_{c1} \cdot e^{-t/CR_p}$. Zur Zeit t ist

$$U_c = U_{c2} = U_{c1}\, e^{-t/CR_p};$$

also

$$R_p = t/C \cdot \ln(U_{c1}/U_{c2}) = t/C[\ln(U_n - U_{ga}) - \ln(U_n - U_{gz})].$$

Ist $R_v = 0$ und L einflußlos, so kann man den Widerstand R_p aus C, U_n, U_{ga} und U_{gz} berechnen, wobei U_{ga} und U_{gz} der statischen Charakteristik der Röhre zu entnehmen sind. Durch die positive Strom-Spannungscharakteristik des Vorschaltwiderstandes R_v wird der negative Ast der Röhrencharakteristik teilweise kompensiert, so daß die Minimalspannung U_{ga} näher an U_{gz} heranrückt; die Auf- und Entladungsperioden des Kondensators werden abgekürzt und die Oszillationen erfolgen rascher. Man wird also zur absoluten Berechnung von R_p die zusammengesetzte Charakteristik von G und R_v zu berücksichtigen haben. Ist die Kompensation vollständig, so verschwinden die Unterbrechungen ganz und der Stromdurchgang wird stetig. Auch, wenn R_p so klein wird, daß der Ladestrom beim kritischen Punkte eben die bei der Spannung U_{c1} stattfindende Entladung durch R_p deckt, also $R_p = U_{c1}/J_a$ ist, verschwinden die Oszillationen.

Ebensogut wie absolute Messungen sind natürlich auch Vergleichsmessungen von Widerständen oder Messungen von Kapazitäten C mit Hilfe eines bekannten Widerstandes R_p möglich. Die Kapazitätsmessung hält der Verfasser jedoch nur bei verlustfreien hohen Kapazitäten für zuverlässig. (Ganz verlustfrei sind nur Luftkondensatoren, die wohl nur selten mit hoher Kapazität hergestellt werden; möglicherweise können auch noch Glimmerkondensatoren als genügend verlustfrei gelten, wenn ihr Verlustwiderstand sehr groß gegenüber R_p ist. D. Ber.)

Die beschriebene Widerstandsmessung kann mit Vorteil bei der betriebsmäßigen Kontrolle von Transformatorenölen Verwendung finden, da sie keine teuere und empfindliche Apparatur erfordert. Es ist hiebei natürlich darauf zu sehen, daß die Elektrodenkapazität verschwindend gering gegenüber C ist: andernfalls wäre sie zu C hinzuzufügen. (Über die zulässige Größe und die Wirkung der Selbstinduktion L teilt der Verfasser nichts mit: es ist aber klar, daß die an den Enden der Induktivität auftretende Spannung bei abnehmendem Strome der Spannung an den Kondensatorbelegungen entgegengesetzt gerichtet ist, also deren Aufladung auf eine höhere Spannung als $U_{c1} = U_n - U_{ga}$ bewirkt und dadurch die Messungen fälschen kann. Ob nicht auch noch andere Erscheinungen, wie zum Beispiel die frequenzabhängige Verzögerungszeit beim Wiederzünden die Meßgenauigkeit beeinträchtigen, bleibt immerhin fraglich. D. Ber.) R. H.

(Arch. f. Elektrot., Bd. 17, Heft 4, 1926.)

Stromverteilung.

Das Freiluftunterwerk Seebach der S.B.B. Von den 22 Unterwerken, die das Programm der beschleunigten Elektrifikation der S.B.B. vorsieht, sind bisher 14 fertiggestellt. Hievon sind fünf als Gebäudestationen und neun als Freiluftstationen ausgeführt. S. Schild (Bern) beschreibt das nun im ersten Ausbau vollendete Unterwerk Seebach (6 km von Zürich), das die von Oerlikon und Wallisellen ausgehenden Bahnstrecken versorgt. Derzeit ist es durch eine 60 kV Doppelleitung mit dem Unterwerk Brugg[1]) gekuppelt, das aus der Kraftwerkgruppe Amsteg-Ritom versorgt wird. Im Vollausbau wird Seebach noch mit den Unterwerken Steinen und Grüze ebenfalls durch 60 kV Doppelleitungen verbunden sein. — Die ankommenden Freileitungen sind über Trennschalter, Ölschalter, Trennschalter an das 60 kV Doppelsammelschienensystem angeschlossen. Dieses kann durch Trennschalter in je zwei weitere Hälften geteilt werden. An die Sammelschienen sind über Trennmesser, Ölschalter die sechs (derzeit sind drei aufgestellt) Einphasentransformatoren angeschlossen, die unterspannungsseitig über Ölschalter und Trennmesser an die 15 kV Sammelschiene geschaltet sind. Letztere ist wieder über Trennschalter, sechs (derzeit erst vier ausgebaut) Speisepunktölschalter und Trennschalter mit der Fahrleitungssammelschiene verbunden, von der abermals über Trenner, Streckenschalter, Trenner die 13 (derzeit erst sieben) Zuleitungen zu den Fahrleitungen abgehen.

An Einzelheiten seien hervorgehoben: Jede der sechs 60 kV Leitungen erhält Meßwandler zur Energiemessung und zum Betätigen von Höchststromrelais. Jede Leitung hat Erdungstrennschalter. Die Oberspannungsölschalter sind aus zwei einpoligen Schaltern für 80 kV Nennspannung zusammengesetzt, für 450 000 kVA Abschaltleistung gebaut und haben Vielfachunterbrechung und Stufenwiderstände. Die Transformatoren haben 3000 kVA Dauerleistung, spannen von 60 auf 15 kV um und haben natürliche Ölkühlung. Der Mittelpunkt jeder Oberspannungswicklung ist über 60 000 Ω geerdet; in den Erdungskreis ist über einen Stromwandler ein Erdschlußrelais eingeschaltet. Die einpoligen Unterspannungsölschalter sind für 24 kV Nennspannung,

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 238.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 396.

Digitized by Google

250 000 kVA Abschaltleistung gebaut und haben gleichfalls Vielfachunterbrechung und Vorwiderstände. Jeder der Speisepunktschalter ist durch einen Prüfwiderstand von 2000 Ohm überbrückt; ein über einen Stromwandler angeschlossener Strommesser unterrichtet über den Zustand der Fahrleitung bei Störungen und verhindert ein Einschalten bei Kurzschluß. Bei sattem Fahrleitungskurzschluß fließt über den Prüfwiderstand ein Strom von 7·5 A, den der Widerstand ohne unzulässige Erwärmung durch zehn Minuten aushält. Eine Meldevorrichtung ist vorgesehen. Die Fahrleitungssammelschiene kann durch fünf Trennschalter in sieben Gruppen geteilt werden. — Weder auf der 60 kV Seite, noch auf der 15 kV Seite sind Blitzschutzapparate vorgesehen. — Im Dienstgebäude sind außer dem Schaltstand, der einen freien Überblick auf die Freiluftstation gestattet, noch der Ölprüfraum, der Ölkochraum, die Büros, sowie eine 14 m hohe Montagehalle und ein geräumiges Magazin untergebracht. Die Erstellung des Eisengerüstes für den Vollausbau und die Ausrüstung des Unterwerkes für den derzeitigen Erstausbau erforderten einen Aufwand von 1 530 000 Frs. Vier Dienstwohnhäuser in der Nähe des Unterwerkes wurden um 110 000 Frs. gebaut. f. f.

(Schweiz. Bauzeitung, Bd. 88, Heft 24, 1926.)

Die Frequenzumformeranlage des El.-W. Frankfurt am Main. R. Schumacher (Madrid). In Frankfurt am Main erfolgt die Licht- und Kraftversorgung mit Einphasenstrom von 45·3 Per/s. Im Jahre 1924 hatte die Einphasenzentrale bereits eine installierte Leistung von 35 000 kW und eine Jahresabgabe von 60 Mill. kWh erreicht. Eine Umstellung des Betriebes auf Drehstrom 50 Per/s erschien bei dieser Ausbaugröße unerläßlich. Um während der Zeit des Umbaues den steigenden Energiebedarf ohne Vergrößerung der Einphasenzentrale decken zu können, wurde beschlossen, aus dem 100 kV-Netz der Preußischen Kraftwerke Oberweser, Drehstrom, 50 Per/s, zu beziehen und diesen in Einphasenstrom von 45·3 Per/s umzuformen. Insgesamt sollten 12 000 kW wahlweise von einem Netz ins andere übertragen werden, wobei die Frequenzen der beiden Netze ± 1·5 vH schwanken können. Diesen Anforderungen konnte ein Umformersatz, bestehend aus Drehstromasynchronmaschine mit Krämer-Regelsatz und Einphasensynchronmaschine, entsprechen. Zwei derartige Sätze von je 6000 kW wurden aufgestellt.

Das Umformerwerk der Elektrizitätswerke wurde mit dem 100 kV Umspannwerk der Preußischen Kraftwerke zu einem Gebäudekomplex vereinigt und auf dem Grundstück der Elektrizitätswerke errichtet. Vier Drehstromfreileitungen von 100 kV (zwei werden derzeit mit 60 kV betrieben) speisen über drei Transformatoren (2 × 7500, 1 × 12 500 kVA), die Unterspannungssammelschiene 5 kV, 50 Per/s, an die die beiden Asynchronmaschinen angeschlossen sind. Die Einphasensynchronmaschinen arbeiten mit 3 kV auf das 45·3 Per/s Sammelschienensystem. Jeder der beiden Umformersätze besteht aus einer Drehstromasynchronmaschine (DAM) achtpolig, 50 Per/s, 6100 kVA, einer Einphasensynchronmaschine (ESM) achtpolig, 45·3 Per/s, 8850 kVA, $n = 680$ U/min, einem Einankerumformer (EAU) 660 kW und der Gleichstromhintermaschine (GHM) von 620 kW, die mit den beiden Hauptmaschinen auf einer Welle sitzt. Die Erregung der ESM, des EAU und der GHM wird von einem eigenen Erregerumformer, bestehend aus Asynchronmotor und drei Gleichstromerregermaschinen geliefert.

Der Maschinensatz arbeitet nun wie folgt: Zum Anlassen wird der Läufer der DAM vom Regelsatz abgeschaltet und an einen Flüssigkeitsanlasser angeschlossen. Der Hauptmaschinensatz läuft auf rund 750 U/min an. Nunmehr wird der Läufer der DAM an die Wechselstromseite des erregten EAU geschaltet und die GHM langsam erregt. Der EAU läuft von der Gleichstromseite aus an. Durch weiteres Erregen der GHM wird die Drehzahl des Satzes auf 680 U/min vermindert, so daß die ESM parallel geschaltet werden kann. Nun ist die Drehzahl durch den Synchronismus der Einphasenmaschine bestimmt und eine weitere Änderung der Erregung der GHM regelt Richtung und Größe der Energieübertragung. Die Erregung des EAU gestattet die Blindleistung der DAM vom Läufer aus zu decken. Von Interesse ist noch die Wirkung einer Verbundwicklung der GHM. Diese wirkt dem Stromanstieg entgegen und erhöht den Drehzahlunterschied zwischen Leerlauf und Vollast (schwenkt die Drehzahlkennlinie); da ihre Wirkung durch einen einstellbaren Nebenwiderstand geändert werden kann, so wird damit der ganze Satz weicher oder starrer gemacht. — Der Flüssigkeitsanlasser ist so groß bemessen, daß er einen Notbetrieb mit Widerstandsregelung gestattet.

Für den normalen Betriebsfall ist ein Tirrillregler vorgesehen, der die Erregung der GHM-Erregermaschine beeinflußt und auf konstanten Leistungsbezug aus dem Drehstromnetz (gleichbleibende Stromstärke im Gleichstromzwischenkreis) regelt. Das Tirrill-Relais hat zwei Spulen: eine Stromspule, die an einen Meßwiderstand des Gleichstromkreises angeschlossen ist und eine Spannungsspule (Stabilisierungsspule). Die Größe der gewünschten vom Regler konstant zu haltenden Leistung kann durch einen Vorwiderstand der Stabilisierungsspule zwischen $^1/_4$ und $^5/_4$ Last eingestellt werden. Mit diesem kleinen Vorwiderstand beherrscht man daher den ganzen Maschinensatz. Gegen Überlast ist der Umformersatz durch einen Gleichstromautomaten im Zwischenkreis geschützt, der durch einen Schutzwiderstand überbrückt ist. Fällt der Automat, so entlastet der Schutzwiderstand sogleich den Umformersatz, ohne ihn jedoch von den beiden Netzen zu trennen. Ein neuerliches Synchronisieren erübrigt sich daher. Gegen Bedienungsfehler schützt ein System von Verriegelungen.

Der Gesamtwirkungsgrad einer Umformergruppe einschließlich aller Verluste des Regelsatzes und des Erregerumformers beträgt bei Drehstrom-Einphasen-Übertragung mit $\cos\varphi = 1$ auf der Drehstromseite, $\cos\varphi = 0{\cdot}6$ auf der Einphasenseite

bei	$^1/_1$	$^2/_3$	$^1/_3$ Last
rund	87	82·75	72·5 vH.

Alle betriebsmäßigen Schaltungen einschließlich Überwachung und Regelung der Belastung und des $\cos\varphi$ können vom Hauptkommandoraum der Zentrale aus erfolgen. Nur das Anlassen selbst erfolgt im Umformerwerk.

Anschließend an die Beschreibung der Umformeranlage bespricht der Verfasser andere Regelsatzsysteme, insbesondere jene für über und untersynchrone Regelung mit Kollektormaschinen. Diese sind seiner Ansicht nach insbesondere für Bahnumformerwerke ($16^2/_3$ auf 50 Per/s) geeignet, die einen Regelbereich von rund ± 4 vH haben. (± 1·5 vH Periodenschwankungen, ± 2·5 vH Drehzahlverlagerung zwischen Leerlauf und Vollast). Auf die Bedeutung von Bahnumformerwerken[1]) wird zum Schluß noch eindringlich verwiesen. f. f.

(ETZ, 48. Jahrgang, Heft 11, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die 220 kV Vincent-Kraftübertragungsleitung. Der fortschreitende Ausbau der Big Creek Anlagen der Southern California Edison Co. brachte die Notwendigkeit für die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der der Kraftübertragung nach Los Angeles dienenden Leitungsanlagen mit sich und aus diesem Bedürfnis entstand die neue sogenannte Vincent-Leitung, welche in Parallelbetrieb mit der schon bestandenen Doppelleitung der Gesellschaft steht, doch aus örtlichen und betrieblichen Gründen auf ganz abweichender Trasse errichtet wurde. Die rund 360 km lange Leitung übersetzt zwei Gebirgszüge in 1640, bezw. 1710 m Höhe und führt namentlich die letzte, 25 km lange Strecke über das unwirtliche San Gabriel Gebirge, woselbst für den Leitungsbau eigene Straßen angelegt werden mußten. Auf 1 km Trassenlänge entfallen im Gesamtdurchschnitt 2·45 Maste; die Regelspannweite wurde für die im Hügelland verlaufende Strecke mit 300 m, für die

[1]) Siehe Siemens Zeitschrift, 1927, Heft 2, S. 75.

Digitized by Google

Gebirgsstrecke mit 240 m angenommen, doch kommen auch wesentlich größere Spannweiten in großer Zahl vor, deren größte eine Länge von 1580 m erreicht. Als Leitermaterial wurde ein Stahlaluminiumseil gewählt, dessen Seele aus sieben Stahldrähten, je 3·5 mm stark, besteht, über welche 54 Aluminiumdrähte von derselben Stärke, entsprechend einem Reinaluminiumquerschnitt von 520 mm² angeordnet sind. Der Außendurchmesser des Seiles stellt sich auf 31·7 mm, sein Gewicht auf 2 kg/m, die Bruchfestigkeit der Seele beträgt 9000 kg, jene des ganzen Seiles 16 400 kg. Entsprechend dem nicht einheitlichen klimatischen Charakter der ganzen Strecke wurden zweierlei Belastungsannahmen in Hinblick auf ungünstigste Beanspruchung gemacht; für die günstigere Strecke wurde mit 39 kg/m² Windbelastung bei + 4° C gerechnet, wogegen in den Gebirgsgegenden eine Schneelast entsprechend einer Schneewalze von 12·6 mm Wandstärke und Windbeanspruchung von 29 kg/m² vereiste Leitung bei — 18° C angenommen wurde. Als höchste Beanspruchung bei diesen Annahmen wurden 6200 kg, bezw. 5700 kg in den mehr gefährdeten Gegenden zugelassen. Ein Spitzenseil wurde vorläufig nicht angeordnet, doch die Maste für das etwaige spätere Anbringen eines solchen bemessen. Die Leiterverbindungen sind mittels einteiliger Muffen ausgeführt; zunächst wurden die auf der notwendigen Länge abgemantelten Stahlseelen mittels einer aufgepreßten Stahlmuffe verbunden, worauf die Verbindung der Aluminiumhüllen durch ebensolche Muffen aus Aluminium, die früher über das eine Seilende geschoben wurden, hergestellt worden ist. Diese Verbindung, die jedweden Luft- und Feuchtigkeitszutritt vollständig ausschließt, hat dieselbe Festigkeit als das Seil und hat sich sehr gut bewährt, wobei auch die Herstellung im Felde sich nicht schwierig oder zeitraubend herausstellte, nachdem für entsprechende Vorrichtungen und Werkzeuge vorgesorgt war. Erwähnenswert ist noch, daß die freigelegte Stahlseele und die Stahlmuffe mit Kompound gestrichen und Isolierband eingewickelt wurden, bevor die Aluminiumhülse übergeschoben und aufgepreßt ward, um einen guten Rostschutz sicherzustellen und einen unmittelbaren Kontakt zwischen Stahl und Aluminium gerade an dieser, durch Korrosionen besonders gefährdeten Stelle hintanzuhalten.

Die Maste sind grundsätzlich nur in zwei Typen eingeteilt, Tragmaste, welche auch bis zu 11° 40′ Abweichung von der Geraden als Winkelmaste verwendet werden können und Eckmaste, für deren Bemessung die auf der Strecke vorkommende größte Winkelabweichung von 35° maßgebend war. Die Bemessung der Tragmaste erfolgte für die Berücksichtigung von zwei gleichzeitig gerissenen Seilen, wobei aber der durch das Ausschwingen der Hängeketten in einem derartigen Fall eintretenden Verringerung des Leitungszuges Rechnung getragen wurde; die Eckmaste haben dem vollen einseitigen Zug bei Reißen aller Leitungen auf einer Mastseite standzuhalten. Überdies haben die Maste die durch die Leitungen unter Berücksichtigung der Windbelastung, errechnet auf Grund der obenstehenden Angaben, übertragenen Kräfte, etwaige Winkelzüge der Leitungen, deren Gewicht und die Windbelastung auf die Mastkonstruktion selbst aufzunehmen, wobei der Winddruck in der früher genannten Höhe und als vom Wind getroffene Fläche das ein- und einhalbfache der Fläche einer Mastseite anzunehmen war. Als größte Beanspruchung waren hiebei 1580 kg/cm² zugelassen. Die Höhe der normalen Tragmaste vom Boden bis zum auf der Mastspitze angeordneten Querträger, welcher die drei wagrecht nebeneinander aufgehängten Leitungen trägt, stellt sich auf 19·5 m. Aus dieser Einheitstype wurden die stellenweise notwendigen höheren Maste durch Hinzufügen von wagrechten Verlängerungsstücken am Fußende entwickelt. Die normalen Maste bestehen aus acht Feldern von je 2·45 m Höhe; die Verlängerungsstücke wurden dagegen aus Einzelfeldern von je 2·1 m Länge zusammengesetzt; durch die Verkürzung gegenüber der normalen Feldhöhe wird dem Umstand Rechnung getragen, daß der Anzug des Mastkörpers an der Stelle, wo das Verlängerungsstück angesetzt wird, aufhört und zufolge dieses Richtungswechsels in den unterhalb angeordneten Stäben erhöhte Kräfte auftreten. Es sind um 2·1, 4·2 und 6·3 m überhöhte Maste vorhanden und außerdem einige Sondermaste von noch größerer Höhe für Flußkreuzungen. Alle Maste und auch sämtliche Schrauben und Armaturen sind feuerverzinkt.

Die Verlegung der Leitungen war in der Weise vorzunehmen, daß bei der angenommenen Höchsttemperatur von 54° C der Bodenabstand über für landwirtschaftliche Zwecke benützte Flächen 9·15 m, an sonstigen Stellen 7·65 m nicht unterschreiten soll. Ferner wurde festgesetzt, daß die Leitungszüge in allen Spannfeldern bei 21° C gleich sein sollen, was in Hinblick auf die starken Verschiedenheiten in den Spannweiten naturgemäß zur Folge hat, daß bei abweichenden Temperaturen ein Differenzzug in benachbarten, ungleich langen Spannfeldern und demzufolge mäßige Schiefstellung der Hängeketten auftritt. Diese Art der Verlegung bedeutet eine Abweichung von der sonst üblichen Praxis, nach welcher die Höchstbeanspruchung in allen Spannfeldern gleich groß gewählt wird, doch hat man sich hiezu entschlossen, da sonst für die ganze Durchhangbemessung die wenigen ganz großen Spannfelder maßgebend gewesen wären und bei Rücksichtnahme auf diese die allgemein zugelassene Höchstbeanspruchung für die Leitungsseile so gut wie überhaupt nicht hätte ausgenützt werden können; dies erschien umso eher zulässig, als eine Nachprüfung gezeigt hat, daß die in den größten Spannfeldern diesfalls auftretende Überschreitung der zugelassenen Höchstbeanspruchung nur eine ganz mäßige ist. In einem Versuchsspannfeld von 320 m Länge durchgeführte Proben haben ferner auch gezeigt, daß der Elastizitätsmodul des Seiles, wenn es längere Zeit unter mechanischem Zug steht, sich von dem ursprünglich festgestellten Wert von 5500 kg/mm² auf 6900 kg/mm² erhöht, ferner daß das gespannte Seil eine dauernde Längenerhöhung von 0·04 vH erfährt. Bei der Ausarbeitung der Spanntabellen wurde diesen beiden Umständen in geeigneter Weise Rechnung getragen. Ebenso mußte auch dem, bei den vorliegenden Spannweiten nicht mehr vernachlässigbaren Unterschied zwischen der Kettenlinie und der Parabel, welch letztere für die Berechnung der Spanntabellen zu Grunde gelegt wird, durch Einführung entsprechender Korrektionsglieder Rechnung getragen werden. Die Einstellung des richtigen Durchhanges erfolgte durch Visieren von Mast zu Mast.

Die verwendeten Isolatoren gehören derselben Bauart, wie jene der schon bestehenden Leitungen an, nur wurde entsprechend dem größeren Leiterquerschnitt eine stärkere Type gewählt, welche kurzzeitig einer kombinierten elektrischen und mechanischen Beanspruchung bei 8000 kg Zuglast standhalten kann. An Stellen, wo die betriebsmäßig zu erwartende Höchstlast 2700 kg nicht übersteigt, wurden 13-gliedrige Einfachhängeketten, an ungünstigeren Stellen Doppelhängeketten von derselben Gliederzahl eingebaut. Alle Abspannstellen sind mit 15-gliedrigen Doppelabspannketten ausgeführt, wogegen an Stellen, wo die Leitungen wegen Hochzug durch besondere Ketten in ihrer gewünschten Lage gehalten werden müssen, 14-gliedrige Ketten verwendet wurden. Der Auswahl der Isolatoren gingen ausgedehnte Dauerversuche mit gleichzeitiger elektrischer und mechanischer Beanspruchung voran, welche an Isolatoren verschiedener Herkunft ausgeführt wurden und zeigten, daß die gewöhnlichen Bruchversuche keineswegs geeignet sind, einen vollständigen Einblick in das Verhalten der Isolatoren auf die Dauer zu gewähren, daß es aber der heutigen Isolatorentechnik ohne weiteres möglich ist, Isolatoren, welche den hier vorliegenden Beanspruchungen dauernd mit genügender Sicherheit gewachsen sind, zu liefern. Im allgemeinen konnte als Folge der bis zu 11 000 Stunden ausgedehnten Dauerbeanspruchungen eine 7 bis 8 prozentige Abnahme der Bruchfestigkeit festgestellt werden, doch läßt dieses, nur an 83 Isolatoren gewonnene Ergebnis eine Verallgemeinerung zunächst nicht zu. Große Sorgfalt wurde auch auf die Ausbildung der Klemmen verwendet, da bei den bestehenden Leitungen wiederholt Brüche unmittelbar an den Abspannklemmen vorgekommen sind, deren Ursache in den Vibrationen der Leitung unter Windeinwirkung gefunden wurde; aber auch an Befestigungsstellen in Hängeklemmen sind solche Brüche

Digitized by Google

aufgetreten, deren Grund in dem Umstand erblickt wird, daß die Klemme keine entsprechende Rundung für die Sicherung eines biegungslosen Ablaufes vom Seil an der Stelle, wo dieses die Klemme verläßt und auch zu wenig Beweglichkeit in der Leiterebene aufweist, so daß die Leitung andauernden Biegungsbeanspruchungen ausgesetzt war, welche zu einer Ermüdung des Materials und in der Folge zu dessen Bruch führen mußten. Zum Schlusse seien noch die bei der Bauausführung angewendeten, wohldurchdachten und sparsamen Arbeitsmethoden erwähnt, bei welchen naturgemäß maschinelle Einrichtungen, schon mit Rücksicht auf das von der Leitung durchzogene teilweise sehr unwirtliche Gebiet, aber auch im Hinblick auf den hohen Preis der menschlichen Arbeit in Amerika, eine hervorragende Rolle gespielt haben. Dr. Beck.

(Journal A. I. E. E., Bd. 45, Heft 12, 1926.)

Installationstechnik.

Sava-Fassungen. Die von der AEG herausgebrachten, den vorgeschriebenen Berührungsschutz gewährenden Savafassungen[1]) bestehen im wesentlichen aus einem beweglich angeordneten Schutzring aus zähem, sehr wärmebeständigen Isolierstoff, der durch eine weich federnde Spiralfeder (siehe Abb. 1) nach außen gedrückt wird und den Sockel der Glühlampe auch beim Ein- bezw. Ausschrauben der Lampe abdeckt. Hierdurch werden alle spannungsführenden Teile vor zufälliger Berührung geschützt. Die Sockel der Sava-Wandfassungen, die in gerader und schräger Ausführung für endigende und durchgehende Leitungen geliefert werden, sind für die Einführung von Rohrdraht eingerichtet und können für Rohr bis 13·5 mm lichter Weite ausgebrochen werden. Die Sava-Mignonfassungen gleichen in der Ausführung der Normal-Sava-Fassung, sind aber wesentlich kleiner als diese. Die Sava-Goliathfassungen haben einen verlängerten Mantel, der den geforderten Berührungsschutz gewährleistet. Der bewegliche Schutzring ist bei Glühlampen mit Goliath-Gewinde nicht erforderlich, da der Sockel der Goliath-Lampen für alle Ausführungen gleich ist. Für Handlampen, die im allgemeinen nur für Normal-Edison-Fassungen eingerichtet werden, ist ebenfalls der bewegliche Schutzring als Berührungsschutzorgan vorgesehen. Die Schutzkörbe der Handlampen müssen so befestigt sein, daß sie ohne weiteres nicht vom Griff der Handlampe gelöst werden können, was durch eine entsprechende Arretierung des Schutzkorbes erreicht wird. Die schwere Handlampe ist gegen Feuchtigkeit und Staub gut abgedichtet. Durch einen geteilten Klemmkonus im Griff der Handlampe wird eine einwandfreie Zugentlastung erreicht. Als Zubehör zu Sava-Fassungen sind besondere Baldachine und Schalenschalter für 60 und 80 mm Randweite entwickelt, die auf das Mantelgewinde der Sava-Fassung geschraubt werden, für die Befestigung kleiner Seidenschirme ist für Sava-Fassungen eine Spezial-Haltevorrichtung entwickelt worden, deren Tragring auf dem unteren Wulst der Sava-Fassung aufliegt und den Schirm trägt, während ein entsprechender Druckring zur Arretierung des Schirmes auf das Mantelgewinde geschraubt wird. Alle Sava-Fassungen können für Pauschal-System eingerichtet werden. Fl.

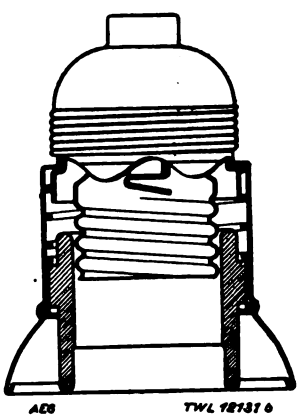


Abb. 1.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 23, S. 468.

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Einzel-, Gruppen- oder Hauptantrieb im Sägewerk. An dem Beispiel eines mittleren Sägewerkes für gemischte Erzeugung läßt sich die Wirtschaftlichkeit des Einzel- und Hauptantriebes feststellen; die Anlage erfordert für fünf Gruppen von je fünf Arbeits- bezw. Hilfsmaschinen bei Einzelantrieb zusammen 25 Motoren von 442·5 PS Gesamtleistung, die Einzelleistungen bewegen sich zwischen 4 und 45 PS, die Umlaufszahlen der Motoren zwischen 750 und 1450. Die gleichzeitige Belastung des Netzes beträgt höchstens die Hälfte der eingebauten Leistung, mit Rücksicht darauf kann auch nur mit einem Wirkungsgrad der einzelnen Motoren von 0·8 gerechnet werden, so daß die von den Motoren zur Abgabe von 225 PS aufgenommene Leistung 207 kW beträgt, somit ein Stromerzeuger von mindestens 210 kW aufgestellt werden müßte. Als Stromart ist mit Rücksicht auf die fast unveränderliche Drehzahl der Motoren Drehstrom am zweckmäßigsten. Im Hinblick auf den Belastungsfaktor von 0·5 kann nur mit $\cos\varphi = 0{\cdot}65$ gerechnet werden, dem entspricht ein Stromerzeuger von 325 kVA, doch werden 250 kVA genügen, wenn die größeren Motoren als kompensierte ausgeführt sind. Bei 85 vH Wirkungsgrad des Stromerzeugers muß die zugehörige Antriebsmaschine 248·5 kW abgeben. Die Arbeitsmaschinen erfordern im Mittel 225 PS (166 kW), der gesamte Wirkungsgrad der Anlage ist demnach 0·67. Bei Hauptantrieb ist zu den im Durchschnitt erforderlichen 225 PS für Riemen- und Transmissionsverluste 40 PS hinzuzufügen, die Antriebsmaschine muß also 265 PS oder nur 195 kW leisten. Bei 2500 jährlichen Betriebsstunden sind für den Einzelantrieb $2500 \times (248{\cdot}5 - 195) = 133\,800$ kWh mehr zu erzeugen. Bei 0·06 Mk./kWh entstehen jährliche Mehrkosten von rund 8000 Mk. An Anlagekosten sind für den Einzelantrieb einschließlich Stromerzeuger (ohne Antriebsmaschine) 42 100 Mk., für den Hauptantrieb (wieder ohne Antriebsmaschine) 20 400 Mk. aufzuwenden. Die laufenden Kosten dürften ungefähr die gleichen sein. Gruppenantrieb ist nur dort wirtschaftlich, wo die Maschinen weit voneinander stehen und damit zu rechnen ist, daß einzelne Gruppen für längere Zeit stillgelegt werden können. Dabei wird Fremdstrombezug jedenfalls in Rechnung zu ziehen sein. Zusammenfassend wird festgestellt, daß der Gruppen- und Hauptantrieb im Vergleich mit dem Einzelantrieb in Bezug auf Betriebssicherheit, Wirkungsgrad und Anschaffungskosten besser, in Bezug auf Unterhaltungskosten ebensogut und in Bezug auf Raumbedarf, Maschinenaufstellung und Übersichtlichkeit schlechter ist. Im Vergleich mit Gruppenantrieb verhält sich der Hauptantrieb in Bezug auf alle angeführten Faktoren ebenso wie beim ersten Vergleich, nur in Bezug auf Raumbedarf sind beide gleichwertig. An sich ist der Einzelantrieb in der Sägeindustrie nicht unbedingt unwirtschaftlich, sondern es ist auch hier in jedem einzelnen Falle eine gesonderte Berechnung und Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile erforderlich. J.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 11, 1927.)

Die Anwendung der Druckknopfsteuerung bei großen Werkzeugmaschinen. Von O. Pollok. Als Bedingungen dafür, daß bei der Bedienung keine Zeitverluste entstehen (damit ginge der Hauptvorteil der Druckknopfsteuerung verloren), werden angegeben: Der Motor muß nach Drücken des Knopfes sofort anlaufen. Die Regelzeit von höchster bis niedrigster Motordrehzahl und umgekehrt muß gering sein. Das Stillsetzen des Antriebes muß durch eine dynamische Bremsung wirksam unterstützt werden. Beim Abstellen muß die eingestellte Drehzahl erhalten bleiben, doch muß sie bei Stillstand auch veränderbar sein. Nach dem Abstellen muß man unmittelbar wieder in beiden Drehrichtungen anlaufen lassen können. Für die AEG Steuerung führt Pollok noch an: Die Umkehrschützen sind in Funkensperrung geschaltet (keine Stromverluste und Erwärmung durch dauernde Erregung). Die Steuerapparate und Widerstände sind mit dem Hauptschalter, dem Stromzeiger, den Haupt- und Steuerstromsicherungen und einem thermischen Motorschutz in einem Schrank zusammengebaut. Die Druckknöpfe sind zu Tafeln vereinigt. Durch Abhängigkeiten werden Fehler bei der Bedienung unschädlich gemacht. Im Hinblick auf die Bremsung können mittels des Einschalt- und Halteknopfes ganz kurze Einstellbewegungen mit größter Genauigkeit ausgeführt werden, besondere Einrichteknöpfe entfallen. Diese werden

Digitized by Google

nur mehr in Sonderfällen verwendet, sie bedingen außer einer Vergrößerung der Druckknopftafeln auch eine Vermehrung der Leitungen bezw. Schleifleitungen. Für die Anzahl der letzteren kommt in Betracht, daß die Arbeitsknöpfe parallel und die Halteknöpfe hintereinandergeschaltet werden. Bei größerer Zahl von beweglichen Druckknopftafeln zum Beispiel für Doppeldrehbänke verwendet man ein gemeinsames Halteschütz und schaltet auch die Halteknöpfe parallel. Es genügen dann für beliebig viele Bedienungsstellen vier Schleifleitungen für eine Drehrichtung und fünf für Wendemotoren. Wenn Motoren nur von einer Bedienungsstelle zu steuern sind, zum Beispiel Motoren auf dem Schlitten bei großen Bohrmaschinen, so wird eine selbsttätige Reglerhebelsteuerung verwendet, die nach den gleichen Grundsätzen gebaut ist wie die Druckknopfsteuerung. Sie ist einfacher, da mit dem Bedienungsgriff gleichzeitig die Drehzahl von Hand eingestellt wird, doch ist ihr Anwendungsgebiet beschränkter. Jk.

(Die Werkzeugmaschine, 31. Jahrg., Heft 4, 1927.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Elektrische Triebwagen für die bayrischen Strecken der Deutschen Reichsbahnen. F. Gubler. Die Gruppenverwaltung Bayern hat für besondere Zwecke, wie den Nachtvororteverkehr in der Umgebung Münchens, Ausflugsverkehr und dergleichen mehr, zehn schwere Triebwagen bei der Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim, bestellt. Außerdem waren vier Steuerwagen und mehrere Personenwagen auszurüsten, um vollständige Zugsgarnituren zusammenstellen zu können. Für den mechanischen Teil der ersten vier Triebwagen wurden von der Bahn alte Dampftriebwagen beigestellt, die weiteren sechs Triebwagen wurden nach Entwürfen der Waggonfabrik H. Fuchs A.-G., Heidelberg-Kirchheim, von dieser und der M. A. N. gebaut. Die vier ersten Wagen stehen seit Juni 1926 im Dienst und legen im Monat eine größere Kilometerzahl als die elektrischen Lokomotiven zurück. Die wichtigsten Abmessungen sind:

	Umbauwagen	Neue Triebwagen	Steuerwagen
Länge zw. Puffern . . . . m	19·64 19·54	20·34	20·34
Radstand des Drehgestells „	2·5	3·0	3·0
Rad-Durchmesser . . . . „	1·0	1·0	1·0
Sitzplätze	73	74	75
Gewicht d. el. Ausrüstung t	18·5	18·5	1·5
Leergewicht des Wagens . „	58·0	58·0	rd 40·0

Die Raumausteilung aller Wagen ist gleich, und zwar ein Raucher- und Nichtraucherabteil und ein Vorraum. In dem Triebwagen ist über dem Laufgestell ein Raum für den Transformator und die Steuerung vorgesehen, in den übrigen Wagen befindet sich an dessen Stelle ein Gepäcksraum. Die beiden Personenabteile haben seitliche Einstiege.

Die beiden Fahrmotoren sind in einem Drehgestell als Tatzenlagermotoren eingebaut und treiben mittels Zahnräder-Übersetzung 1 : 3·05. Die großen Zahnräder sitzen auf der Triebradnabe und nicht auf der Achse. Während alle anderen Wagen mit dieser Übersetzung für 75 km/h gebaut sind, ist ein Wagen mit einer Übersetzung für 100 km/h bestimmt. Der Motor ist für Eigen- und Fremdkühlung gebaut und ist ein achtpoliger Seriemotor mit Kompensationswicklung, geshuntetem Wendefeld und Widerstandsverbindungen zwischen Anker und Kollektor. Er leistet 250 PS dauernd von 765 U/min ab bei 315 V, 730 A und 300 PS 1 Stunde von 765 U/min ab bei 830 A und rund 335 V. Beide Motoren liegen ständig parallel. Der Anfahrstrom erreicht Werte bis 1330 A, das heißt 80 vH über dem 1 Stundenstrom. Die Motoren sind von der gleichen Type wie die 85 Motoren der Hamburger Vorortebahn[1]). Der Transformator ist als Spartransformator mit selbsttätigem Ölumlauf gebaut. Der Kessel hat seitliche Kühltaschen. Die Dauerleistung ist 450 kVA, im Winter kommen noch 90 kVA für Heizung hinzu. Die zwölf Motoranzapfungen liegen zwischen 116 und 406 V; es sind besondere Heizanzapfungen für 800 V und 1000 V angebracht. Die Anheizleistung beträgt 140 kVA bei Stillstand. Der Transformator ist auch für Verschublokomotiven mit einer Motorspannung von 650 V Höchstspannung geeignet und ist in den Triebwagen ein Teil der Niedervoltspulen parallelgeschaltet. Die Umschaltung kann ohne Öffnen des Transformators ausgeführt werden. Die Steuerung der Motoren erfolgt über elektromagnetische Einzelschütze Bauart BBC[1]) mittels Spannungsteiler. Der Wendeschalter wird elektropneumatisch gestellt und kann an ihm ein Motor abgeschaltet werden. Die beiden Stromabnehmer sind von der leichteren Einheitstype. Auf dem Dache ist eine Sicherung mit Erdungsbügel angebracht. Der Abschmelzlichtbogen erzeugt somit einen Erdschluß, der den Unterwerksschalter zum Auslösen bringt. Außerdem ist ein Hauptschalter mit Höchststrom- und Nullspannungsauslösung vorhanden, der in der Regel elektropneumatisch und ausnahmsweise von Hand betätigt wird. Der Steuerungs-Hilfsstrom wird der 194 V-Anzapfung des Transformators entnommen und dient auch zum Antrieb des Kompressors und der Kühlermotoren. Die Triebwagenzüge sind für Vielfachsteuerung eingerichtet. Beleuchtung und Beheizung sind nach der Einheitsausführung der Reichsbahnen eingerichtet. Erstere erfolgt von einer vom Kühlmotor angetriebenen Zugsbeleuchtungsdynamo in Verbindung mit einer 24 V Batterie und einem M-Regler, Bauart BBC. Die Heizung besorgen 23 Heizelemente zu 1000 W und 500 W bei 1000 V. Bei den Probefahrten wurden von einem Triebwagen fünf Beiwagen, das heißt ein Gesamtgewicht von 150 t auf Strecken bis zu 10 vT mit 45 bis 65 km/h befördert. Derzeit sind fünf Triebwagen und 11 Steuerwagen nachbestellt und im Bau. Wl.

(BBC-Mitteilungen, Bd. 14, Heft 4, April 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 747.

Chronik.

Kompetenz in Elektrizitätsangelegenheiten. Wie wir einer Mitteilung der amtlichen „Wiener Zeitung" vom 29. Juni 1927 entnehmen, befaßt sich das Bundesministerium für Handel und Verkehr mit der Ausarbeitung eines Entwurfes für ein Grundsatzgesetz, das auf dem Gebiete des Elektrizitätswesens die Fragen der Gesetzgebungs- und Vollziehungskompetenz zwischen dem Bund und den Ländern gemäß den Bestimmungen der Bundesverfassung regeln soll. Bisher befanden sich die Elektrizitätsangelegenheiten fast ausschließlich in der Kompetenz des Bundes; die Bundesverfassung[2]) hat jedoch das Elektrizitätswesen unter jene Angelegenheiten eingereiht, hinsichtlich derer dem Bunde bloß die Gesetzgebung über die Grundsätze, den Bundesländern hingegen die Erlassung von Ausführungsgesetzen und die Vollziehung der Gesetze obliegen soll. Da nun die sogenannten Kompetenzartikel der Bundesverfassung bereits in Kraft getreten sind, erweist es sich nunmehr als geboten, ein solches Grundsatzgesetz zu schaffen. Das Bundesministerium für Handel und Verkehr beschäftigt sich bereits seit längerer Zeit mit dieser Angelegenheit und in Würdigung der großen Bedeutung, die die Aufteilung der Gesetzgebungs- und noch mehr der Vollziehungskompetenz zwischen dem Bund und den Ländern für die Behandlung der Elektrizitätsangelegenheiten, besonders aber auch für die Elektrizitätswirtschaft, hat, in der sich in letzterer Zeit in allen Kulturstaaten sehr weitgehende Konzentrationsbestrebungen (Plan- und Verbundwirtschaft) geltend machen, sah sich das Ministerium veranlaßt, noch vor Ausarbeitung der Gesetzentwürfe zunächst die Kompetenzgrenzen zwischen Bund und Ländern vorläufig festzulegen. Zu diesem Zwecke fand unter dem Vorsitze des Bundesministers Dr. Schürff am 24. Juni d. J. eine Konferenz statt, in der die Stellungnahme der einzelnen Landesregierungen zu dem ganzen Fragenkomplex einer Beratung unterzogen wurde. Der Minister wies darauf hin, daß jede gesetzliche Regelung auf diesem Gebiete reiflichste Überlegung erfordere, denn die richtige Versorgung mit elektrischer Energie sei zu einem wichtigen Faktor der industriellen Produktion, ja der ganzen Wirtschaft geworden und daher müsse in allen Fragen, wo die

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 748.

[2]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 549 ff.

Digitized by Google

Staatsgewalt — sei es des Bundes oder der Länder — in das freie Spiel der Kräfte eingreife, mit größter Vorsicht vorgegangen werden. Die Aufgabe des Gesetzgebers im vorliegenden Falle muß es sein, die Wirtschaft vor Schäden zu bewahren, die sich daraus ergeben könnten, daß infolge der Verschiebung von Kompetenzen und einer etwa dadurch bewirkten Vermehrung von behördlichen Instanzen eine Belastung der Elektrizitätswirtschaft eintrete, die ihre bisher so glückliche Entwicklung in Österreich hemmen könnte. Bei der Beratung wurde vielfach eine Klärung der verschiedenen Fragen erzielt und auf Grund der Ergebnisse wird nunmehr der Gesetzentwurf ausgearbeitet, wobei das bestehende Elektrizitätswegegesetz[1]) jedenfalls die wichtigste sachliche Grundlage bilden wird.

Bei der großen Bedeutung, die dieser Angelegenheit für das gesamte Elektrizitätswesen zukommt, hat der Elektrotechnische Verein in Wien an das Bundesministerium für Handel und Verkehr das Ersuchen gerichtet, auch ihm Gelegenheit zu geben, zu dem in Ausarbeitung befindlichen Gesetzentwurfe rechtzeitig Stellung nehmen zu können. Kz.

Internationaler Physiker-Kongreß in Como. Im Rahmen der anläßlich der Jahrhundertfeier Alexander Voltas in Italien stattfindenden internationalen Kongresse und Ausstellungen wird auch ein internationaler Physiker-Kongreß in Como in der Zeit vom 11. bis 16. September d. J. abgehalten werden.

Zur Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Tagung sind Einladungen an alle wissenschaftlichen Verbände ergangen und, wie aus der Liste der Vorträge zu ersehen ist, werden von den bedeutendsten Vertretern der modernen Physik aktuelle wissenschaftliche Probleme besprochen werden.

Aus Österreich sind Vorträge angemeldet von Prof. Dr. F. Ehrenhaft, „Zur Physik submikroskopischer Materie; mechanische, magnetische und elektrische Kräfte auf kleinen Kugeln", Prof. Dr. A. Smekal, „Über den elektrischen Aufbau der wirklichen Kristalle"; aus Deutschland von M. Born, „Über die Beziehungen zwischen der Maxwellschen Elektrodynamik und Quantentheorie", J. Frank, „Über einige Fragen aus dem Grenzgebiet zwischen Chemie und Physik", W. Gerlach, „Über das magnetische Verhalten von Gasen und Dämpfen", E. Grüneisen, „Elektrizitäts- und Wärmeleitung von Metallen bei tiefen Temperaturen", M. v. Laue, „Über den Dopplereffekt bei der Zerstreuung von Röntgenstrahlen durch thermisch bewegte Atome", F. Paschen „Spektroskopische Lichtquellen", M. Planck, „Über die Potentialdifferenz verdünnter Lösungen", A. Sommerfeld, „Über die Beugung von elektromagnetischen Wellen und von elektrischen Korpuskeln", O. Stern, „Versuche an Molekularstrahlen", K. W. Wagner, „Elektrische Kettenleiter und Wellenfilter"; aus England Vorträge von F. W. Aston, W. L. Bragg, A. S. Eddington, J. A. Fleming, O. W. Richardson, E. Rutherford, J. J. Thomson; aus Frankreich von M. Brillouin, P. Boucherot, P. Janet, P. Langevin, P. Weiss u. a.; aus Holland von H. A. Lorentz, P. Zeeman; aus der Schweiz von P. Debye; aus Schweden von M. Siegbahn; aus den Vereinigten Staaten sind 11 Vorträge angemeldet, darunter solche von A. E. Kennely, I. Langmuir, A. A. Michelson, R. A. Millikan, M. I. Pupin. Neben Vertretern aus Spanien, Rußland, Dänemark, Kanada glänzt Italien mit 17 hervorragenden Physikern, darunter G. Marconi und Q. Majorana, die am Vortragstische erscheinen werden.

Literaturberichte.

3542 **The Essentials of Transformer Practice.** Theory, Design and Operation. (Grundlagen der praktischen Elektrizitäts-Umformung.) Von Emerson G. Reed. Zweite durchgesehene und erweiterte Auflage. 401 Seiten und 185 Abb. Verlag D. van Nostrand Company, New York 1923.

Alle mit der Elektrizitäts-Umformung zusammenhängenden Fragen, von den theoretischen Grundlagen bis zu den wirtschaftlichen Momenten, finden eine systematische Erörterung, wobei der Hauptwert offenbar darauf gelegt wird, dem projektierenden Ingenieur alle erforderlichen Unterlagen an die Hand zu geben. Das weitgesteckte Ziel bringt es mit sich, daß nicht alle Kapitel eine erschöpfende Behandlung ihres Gegenstandes erfahren. Zum Beispiel wäre ein näheres Eingehen auf die Vor- und Nachteile der verschiedenen Transformatorschaltungen, nebst manchem Anderen, angezeigt. Immerhin wird das Buch als zusammenfassende Übersicht über alle einschlägigen Fragen seinen Zweck gut erfüllen können.

Kneissler-Maixdorf.

3538 **Elemente des Werkzeugmaschinenbaues.** Ihre Berechnung und Konstruktion. Von Prof. Dipl. Ing. Max Coenen. 146 Seiten mit 297 Textabb. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 10·—.

Das Buch behandelt nach einleitenden Abschnitten über Arbeitsgeschwindigkeit und Arbeitswiderstände, sowie Leistungsbedarf der Werkzeugmaschinen (auch der nichtspanabnehmenden), die Berechnung und die Konstruktion der Elemente der Werkzeugmaschinen, und zwar Getriebe, Sicherheitsvorrichtungen, Spannmittel, Führungen, Betten und Gestelle. Bei den Getrieben wird neben den stufenfreien hydraulischen Getrieben auch der elektrische Antrieb und die elektrische Umsteuerung ihrer Bedeutung entsprechend ausführlich besprochen. Das Buch, das nur allgemeine Kenntnisse über Werkzeugmaschinen und sonst etwa die Vorbildung einer technischen Mittelschule voraussetzt, kann sowohl für den Unterricht als auch für den Konstrukteur als Ergänzung der vorhandenen Literatur sehr gut verwendet werden. Es entspricht auch hinsichtlich des Druckes, der Abbildungen und der sonstigen Ausstattung allen Anforderungen, nur der Preis ist im Verhältnis zum Umfange, bezw. zu Büchern ähnlichen Inhalts ein zu hoher. Jk.

3534 **Darstellende Geometrie für Maschineningenieure.** Von Prof. Dr. Marcel Großmann. 236 Seiten mit 260 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis geh. Mk. 15·—; geb. Mk. 16·50.

Das sowohl für Studierende bestimmte, als auch zur Unterstützung für den Lehrenden gedachte Buch bringt in sehr klarer Weise jene Teile der darstellenden Geometrie, welche der Maschineningenieur tatsächlich benötigt. Es werden daher nur die übliche Normalprojektion und die axonometrische Darstellung behandelt und sehr ausführlich die technisch wichtigen Flächen besprochen. Die größte Zahl der Beispiele ist Anwendungen der Praxis entnommen und das Durcharbeiten dieser Beispiele wird zum vollen Verständnis mancher sonst nur oberflächlich behandelter Teile, zum Beispiel des Spiralbohrers, führen. Das Buch kann für die beiden angegebenen Zwecke auf das Beste empfohlen werden. Jellinek.

3537 **Tragödie der Verschwendung.** Gemeinwirtschaftliche Gedanken in Amerika. Von Stuart Chase. In Verbindung mit dem Labor Bureau. 245 Seiten. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1927. Preis geh. Mk. 6·40; geb. Mk. 7·40.

In dem außerordentlich interessanten Buche werden die Arbeiten besprochen, welche in den Vereinigten Staaten schon im Kriege und besonders nach der großen Wirtschaftskrise im Jahre 1921 einsetzten, um zunächst die Verlustquellen in der gesamten öffentlichen und privaten Wirtschaft zu untersuchen und sodann diese geradezu ungeheuren Verlustquellen, bzw. die Verschwendung an Menschenarbeit und an Rohstoffen zu beseitigen. Wenn auch natürlich die amerikanischen Verhältnisse nicht unmittelbar auf Europa zu übertragen sind, so wird doch auch bei uns jeder Leser — nicht bloß der Ingenieur, für den allerdings diese Untersuchungen in erster Linie von Wert sind — für sein Arbeitsgebiet Nutzen aus dem Buche ziehen, dessen Studium auf das Wärmste empfohlen werden kann.

I. K.

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 337 ff.

Digitized by Google

Briefe an die Schriftleitung.

Der einphasige, zusätzliche Kraftfluß des dreiphasigen Transformators. Von Prof. Dr. M. Vidmar. E. u. M. 1927, Heft 5.

Auf Seite 90 von Heft 5 der E. u. M. 1927 bestimmt Herr Prof. Vidmar die Liniendichte unter dem Gesichtswinkel, daß der Zusatzfluß dreifacher Periodenzahl nicht mehr ausmachen soll als der Zusatzfluß der Grundperiodenzahl des Leerlaufes. Dabei benutzt er die aus seinem Buch „Die Transformatoren" entnommene Abb. 20, die auf Seite 90 unter Abb. 21 wiedergegeben ist. Die Werte von a in Abb. 20 sind aber nicht richtig, weil bei der Analyse für $B_{max} = 14\,000$ in Abb. 18 des Buches ein Fehler unterlaufen ist. Die dritte Harmonische mit 27·5 vH kann ganz offensichtlich nicht richtig

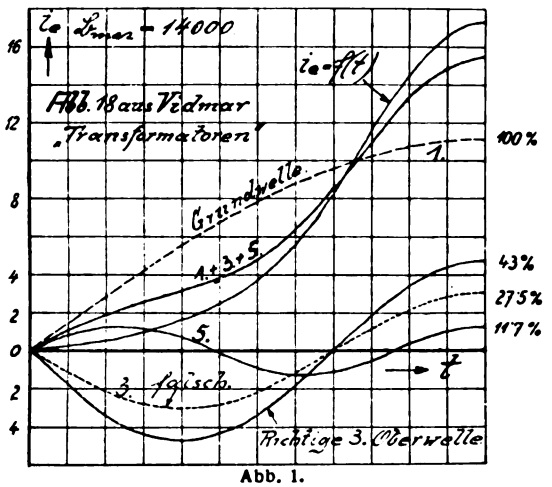


Abb. 1.

sein, wenn sie bei $B = 10\,000$ in Abb. 17 schon 21·4 vH beträgt. Man verschafft sich leicht Gewißheit, wenn in Abb. 18 die Summe 1. + 3. + 5. gebildet und mit der gegebenen Kurve verglichen wird. Der Unterschied beider ist eine dritte Harmonische, wie die vorstehende Abb. 1 zeigt. Der richtige Wert der dritten Harmonischen ist 43 vH und damit ergibt sich statt Abb. 21 auf Seite 90 die beistehende Abb. 2.

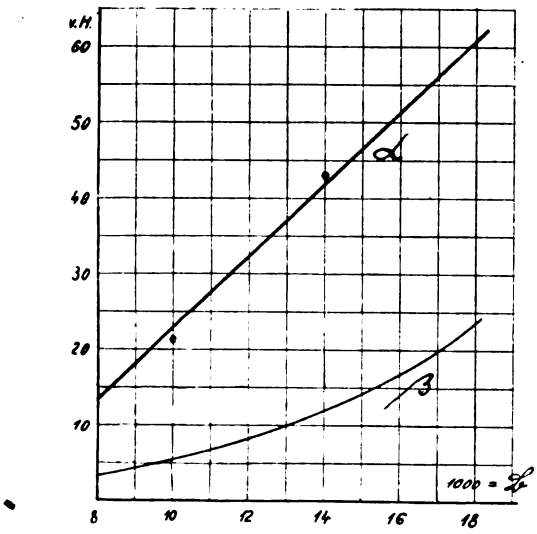


Abb. 2.

Die Liniendichte des Hauptkraftflusses sollte darnach nicht über 12 000 Gauss getrieben werden. Die Abb. 21 des Buches muß natürlich auch geändert werden, der Faktor k ist für Liniendichten von 8000 bis 16 000 genügend genau

$$k = 0{\cdot}78 + 0{\cdot}044\left(\frac{B}{1000}\right).$$

Der Wert von k ist allerdings sehr stark von der verwendeten Magnetisierungskurve abhängig. Eine von mir verwendete Magnetisierungskurve hat zum Beispiel bei $B = 14\,000$ $aw = 15$ statt 17·2 bei Vidmar. Der Wert von k wird aber nur 1·25 statt

$$k = 0{\cdot}78 + 0{\cdot}044 \,.\, 14 \cong 1{\cdot}4$$

bei Vidmar. Für legiertes Blech liegen die Werte von k höher als bei gewöhnlichem Dynamoblech.

Cöthen (Anh.), 6. März 1927. *Metzler.*

Erwiderung.

Herr Dipl. Ing. Metzler macht mich darauf aufmerksam, daß ich in meiner Arbeit eine unrichtige Aanalyse der Magnetisierungskurve aus der zweiten Auflage meines Buches „Die Transformatoren" (Julius Springer, Berlin) übernommen habe.

Ich habe mich überzeugt, daß sich an der betreffenden Stelle tatsächlich ein Rechenfehler eingeschlichen hat, den ich gerne berücksichtigen werde, wenn es zu einer dritten Auflage des Buches kommt.

Bei dieser Gelegenheit sei noch auf einige Druckfehler hingewiesen, die in dem Aufsatz stehen geblieben sind.

Auf Seite 86 rechts, Absatz 4, steht in der Mitte: „Sein magnetischer Widerstand wird aber x mal kleiner, weil die Linienlänge x mal größer geworden ist, der Flußquerschnitt in der Luft dagegen x^2 mal kleiner." Richtig muß es statt kleiner größer heißen.

In der letzten Zeile derselben Spalte fehlt in der Gleichung der Faktor 50.

In der ersten Gleichung auf Seite 87 muß es statt 0·1 richtig 1·0 heißen, während für VA richtig AW geschrieben werden muß.

Ljubljana, den 18. Juni 1927. *Prof. Dr. M. Vidmar.*

Wirtschaftliche Nachrichten.

Österreichische Siemens-Schuckert-Werke, Wien. (Aus dem Rechenschaftsbericht für das Betriebsjahr 1926.) Das Bestreben war auch im vergangenen Jahr darauf gerichtet, das Auslandsgeschäft mit allen Mitteln zu pflegen. Der von den ausländischen Tochtergesellschaften erzielte Umsatz ist allerdings unter großen Opfern erkauft worden. Die Anzahl der Angestellten und Arbeiter betrug am Ende des Berichtsjahres 5704, Ende Mai laufenden Jahres 5594. Das geschäftliche Ergebnis dieses Jahres konnte infolge gleich schlechter Beschäftigung der Werkstätten wie im Vorjahre und der durch Gesetze festgesetzten Arbeitsbedingungen kein besseres werden. Der Bestelleingang im Berichtsjahre war etwas größer als im Vorjahr; diese Steigerung ist zum überwiegenden Teil den großen Aufträgen der österreichischen Bundesbahnen und den Bestellungen der Post- und Telegraphen-Direktion zuzuschreiben. Die Abteilung für Industrieanlagen lieferte für die Papierfabrik C. & S. Schiel in Busteni einen Papiermaschinenantrieb, System Siemens-Schuckert-Harland, für eine Papiermaschine von 3100 mm Siebbreite und 50 bis 250 m Papiergeschwindigkeit, bestehend aus 11 Motoren mit einer Gesamtleistung von 275 PS, dem zugehörigen Leonard-Umformer, Leitmotor und Tachometerdynamo, ferner einen Motor von 950 PS zum Antrieb eines Holzschleifers. Für die Saline Hallein wurde gemeinsam mit der Siemens & Halske A.-G., Berlin, eine elektrolytische Chlorgewinnungsanlage mit einer Gleichstromleistung von 1300 kW zur Ausführung übernommen. Für die Schoeller-Bleckmann Stahlwerke, Ternitz, wurde ein Lichtbogen-Stahlofen für 300 bis 500 kg Einsatz in Betrieb gesetzt. Einen gleichen Ofen gab die Österreichisch-Alpine Montangesellschaft in Auftrag und ferner einen Ofen für 15 000 kg Inhalt samt zugehörigem Transformator. Das Elektrofiltergeschäft nimmt eine gute Entwicklung. Nach der im vorigen Jahre erfolgten Inbetriebsetzung eines Filters für eine ausländische Zementfabrik sind von dieser fünf Filter bestellt worden, außerdem von der Maschinen- und Waggonbau-A.-G. in Simmering für die Städtischen Elektrizitätswerke in Wien, Werk Simmering, und die Eisenwerke in Resita je ein Elektrofilter. Für die Gemeinde Wien wurde ein Durchlauferhitzer für das Luft- und Sonnenbad am Steinhof für 450 kW geliefert. Im laufenden Jahre wurde ein Durchlauferhitzer für 800 kW für das Luft- und Sonnenbad am Kongreßplatz bestellt, beide für Anschluß an 5000 V. Das Elektrokarrengeschäft hat sich im abgelaufenen Geschäftsjahr recht gut entwickelt. Ebenso

Digitized by Google

konnten Vakuum-Luftpumpen für Zuckerfabriken und Kondensations-Anlagen in beachtenswerter Zahl abgesetzt werden.

Die Abteilung Zentralen lieferte für die Gemeinde Wien — Städtische Elektrizitätswerke zum Betriebe der Unterwerke drei Umformer für je 1700 kW und zwei Zusatz- und Ladeumformer für je 1400 kW einschließlich der Apparate für die Maschinen, sowie Apparate für umfangreiche Erweiterungsbauten in den bestehenden Schaltanlagen. Von zwei Groß-Turbogeneratoren mit je 18 700 kVA wurde einer für das Werk Engerthstraße geliefert, der zweite ist noch im Bau, ebenso ein 3000 touriger Turbogenerator für 25 000 kVA für das Werk Simmering. Für den elektrischen Betrieb der Stadtbahn und der Straßenbahn wurden im Berichtsjahre fünf Quecksilberdampf-Großgleichrichter mit je 700 kW in Betrieb gesetzt. Für das Murkraftwerk Pernegg der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-A.-G. sind drei vertikale Schirmgeneratoren für je 8000 kVA im Bau; sie werden im laufenden Geschäftsjahre abgeliefert werden. Für die Stadtgemeinde Reutte wurden die Transformatoren und die vollständige Apparatenanlage für ein zur Stromlieferung nach dem Algäu dienendes 50 kV-Umspannwerk im Anschluß an das Plansee werk geliefert. Die Stadtgemeinden Schwaz und Hall i. T. erteilten im laufenden Geschäftsjahre Aufträge für je eine vollständige Einrichtung eines 25 kV-Umspannwerkes im Anschluß an das Leitungsnetz der Tiwag. Im Berichtsjahre wurden neun Löschtransformatoren für verschiedene Überlandnetze geliefert und im laufenden Geschäftsjahre sind bereits sechs Neubestellungen zu verzeichnen. Die Erweiterung des Dampfkraftwerkes der Stadtgemeinde Sarajevo wird im laufenden Jahr fertiggestellt. Für das Elektrizitätswerk Agram wird noch in diesem Jahre ein Turbogenerator für 14 300 kVA samt Schaltanlage abgeliefert. Für die Električna poduzeča društvo s. o. j. in Split wurden zwei Groß-Transformatoren und die vollständige 10 kV-Schaltanlage des Umspannwerkes Split geliefert. Aus Jugoslawien, Bulgarien und Rumänien liefen Bestellungen auf die elektrischen Einrichtungen für eine Reihe mittelgroßer Elektrizitätswerke mit Dieselmotoren- oder Wasserturbinenantrieb ein.

Die Bahnabteilung war im Berichtsjahr gut beschäftigt. Von den im Jahre 1925 von den ÖBB bestellten zehn schweren 1700 PS-Güterzugslokomotiven mit fünf gekuppelten Achsen wurden im Jahre 1926 acht Stück in Betrieb genommen; eine weitere Lokomotive wurde seither geliefert; die letzte dieser Type ist in Fertigstellung begriffen. Die ebenfalls zur Gänze angelieferten vier Schnellzugslokomotiven versehen auf der Arlberglinie Schnellzugsdienst. Es ging ein Auftrag auf weitere 15 Schnellzugslokomotiven mit 2650 PS ein, die sich derzeit in Ausführung befinden und bei welchen es gelungen ist, bei einem Gewichte von 96 t die Leistung auf 2840 PS zu steigern. Die Bestellung weiterer zehn Stück dieser Maschinen ist zugesichert. Für die Stromerzeugungsanlagen der ÖBB erhielten die ÖSSW den Auftrag auf die elektrische Einrichtung des Stubach-Werkes und zwar vier Generatoren von je 7500 kVA Höchstleistung, die zugehörigen Transformatoren, die vollständige Schaltanlage und die Hilfsbetriebe. Für die Unterwerke Wörgl und Matrei wurden sechs Haupttransformatoren für eine Höchstleistung von 8400 kVA bestellt. Die Unterwerke in Feldkirch und in Hall sind in Betrieb genommen worden. Für die Streckenausrüstungen der ÖBB wurden die Leitungsanlagen der Teilstrecke Jenbach — Wörgl mit rund 68 km Gleislänge und der Teilstrecke Wörgl — Kufstein mit 31·6 km Gleislänge ausgeführt; die Leitungsanlagen der Teilstrecken Feldkirch — Bregenz von rund 52 km Gleislänge und Jenbach — Wörgl sind in anstandslosem Betriebe. In diesem Jahre wurde die Ausführung der weiteren Teilstrecke Wörgl — Kitzbühel von rund 80 km Gleislänge bestellt. Von der Gemeinde Wien — Städtische Straßenbahnen kamen Bestellungen auf 78 Straßenbahnmotoren und 22 Stadtbahnmotoren, ferner 70 Fahrschalter und sonstige Apparate, wie Vielfachsteuerungen, Kupplungen, Scherenstromabnehmer und Höchststromausschalter, ferner die Arbeiten für die Erweiterung des Bahnhofes Michelbeuern, sowie der Einbau von Streckentrennern für die Fahrleitung der Wiener Stadtbahn. Schließlich sind an Bestellungen zu erwähnen: Die elektrische Ausrüstung einer dieselelektrischen Lokomotive von 200 PS für die Ybbstalbahn, sowie verschiedene Grubenlokomotiven.

Die Arbeiten und Lieferungen für den österreichischen Fernkabelbau haben zur Beschäftigung des Kabelwerkes in hohem Maße beigetragen. Im Verein mit den anderen an dem Fernkabelbau beteiligten Firmen wurde im Berichtjahr die Strecke Wien — Passau fertiggestellt. Im Jahre 1927 werden die Strecken Halbthurn — Wien — Linz — Salzburg — Landeck — Feldkirch — Schweizer Grenze und Innsbruck — Scharnitz, Innsbruck — Brenner, Wörgl — Zell a. See gebaut. Die Abteilung für Kleinfabrikate hat es trotz der ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse vermocht, den Umsatz in Motoren, Zählern und Installationsmaterial zu erhöhen, wodurch dem Kleinbauwerk genügend Beschäftigung zugeführt werden konnte. Dagegen war es ungeachtet dieser Umsatzsteigerung nicht möglich, die Motorenabteilung der Werke, die auf serienweise Erzeugung eingestellt ist, voll auszunützen.

Das laufende Geschäftsjahr läßt sich nicht ungünstig an, dürfte aber keine wesentlichen Änderungen bringen. Der gleiche Umsatz wie im Vorjahr wird erzielt werden, wenn außer den noch zu erwartenden Bestellungen für die Elektrisierung der Bundesbahnen die von den Städtischen Elektrizitätswerken der Gemeinde Wien geplanten großzügigen Investitionen verwirklicht werden.

Aus dem Reingewinn von 1·87 Mill. S wird eine Dividende von 6 vH auf das A.-K. von 26·25 Mill. S ausgeschüttet. Aus der Bilanz auf den 31 Dezember 1926, die auf beiden Seiten mit 72·5 Mill. S schließt, sind folgende Bewertungen zu entnehmen: Grundstücke, Gebäude, Maschinen, Werkzeuge und Einrichtungen mit 13·7 Mill. S, Waren mit 23·4 Mill. S. Zu dem A.-K. kommt noch eine Rücklage von 23·75 Mill. S.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	19. VII. 1927	20. VII. 1927	22. VII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	121⅝	121⅛	123

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	51¾-52⅛	52¼-53	51⅛-52
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 22. Juli 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	60	10	0	61	0	0
Wire bars	61	0	0	—	—	—
Standard Kassa	55	10	0	55	11	3
Standard 3 Monate	55	15	0	55	16	3
Zinn:						
Engl. ingots	285	0	0	285	10	0
Standard Kassa	287	10	0	287	12	6
Standard 3 Monate	281	15	0	281	17	6
Blei:						
Engl. pig common	24	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	28	13	9	28	8	9
Remelted	28	15	0	—	—	—
English Swansea	28	3	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 7. August 1927 | Heft 32

INHALT:

Betrachtungen über Einankerumformer an Hand eines einfachen Amperewindungs-Vektordiagrammes. Von Dr. techn. Rudolf Meller, Linz a. D. S. 649.
RUNDSCHAU: Verbrennungskraftmaschinen. S. 659.
Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 659.
Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 659.
Leitungen und Leitungsbau. S. 660. / Installationstechnik. S. 661. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 662.
Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 662. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 663.
PATENTBERICHT. S. 664.
LITERATURBERICHTE. S. 666.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 667.

Betrachtungen über Einankerumformer an Hand eines einfachen Amperewindungs-Vektordiagrammes.

Von Dr. techn. Rudolf **Meller**, Linz a. D.

Zusammenfassung: Es wird ein einfaches Amperewindungs-Vektordiagramm für Einankerumformer abgeleitet, ausgehend von einem gleichstromerregten Phasenumformer, mit Rücksichtnahme auf die Reibungs- und Eisenverluste, und der Einfluß der Lage des Außenfeldes zum Gleichstromankerfelde auf dieses Diagramm erläutert. An Hand des Vektordiagrammes werden die Eigenschaften verschiedener Umformerarten behandelt und zwar des Drehfeldumformers mit Querfeldregelung (Ö. P. 99593), des gewöhnlichen Einankerumformers ohne und mit Wendepolen (anschließend eine Erklärung für deren Neigung zum Pendeln und Abhilfemaßnahmen) und eines neuen Einankerumformers des Verfassers mit Hauptfeld-Nebenschlußerregung und Querfeldregelung (Ö. P. 100416), wobei auch die Regelungsmöglichkeit durch verstärkte Wendepolwicklung und deren Nachteile Erwähnung finden. Weiters wird für diese Umformerarten das Luftfeld in den Stromwendezonen aus dem Diagramm ermittelt und werden Maßnahmen angegeben, wie sich dieses Feld unterdrücken bzw. wirksam vermindern läßt. Schließlich folgt die Ableitung eines Ausdruckes für das synchronisierende Drehmoment aus dem Leerlaufsdiagramme und werden Rückschlüsse auf die Veränderlichkeit und Größe der Eigenschwingungsdauer dieser Umformerarten bei verschiedenen Erregungen gezogen.

A. Allgemeine Betrachtungen verschiedener Umformersysteme.

Bei Einankerumformern pflegt man die magnetischen Felder und deren Amperewindungsverteilung auf rechtwinklige Achsensysteme zu beziehen,[1]) was wohl den Vorteil hat, daß alle auftretenden Feldformen Berücksichtigung finden können, hingegen den Nachteil einer gewissen Unübersichtlichkeit in sich birgt. Der Verfasser hat sich deshalb bereits in zwei Veröffentlichungen über spannungsregelbare Einankerdrehfeldumformer[2]) eines bei Transformatoren und Wechselstrommaschinen gebräuchlicheren Felder- und Amperewindungs-Vektor-Diagrammes bedient, um größere Durchsichtigkeit in der Darstellung der gerade nicht einfachen Verhältnisse bei solchen Maschinen zu erzielen. Es sei hier jedoch wiederholt, daß das Vektor-Diagramm nur die Grundwellen der auftretenden Feldformen in sich aufnehmen kann und alle Oberwellen unberücksichtigt läßt. Dessen wollen wir uns bei den folgenden Ausführungen bewußt bleiben, um nicht in Versuchung zu geraten, den abgeleiteten Diagrammen eine allzugroße Genauigkeit beizumessen. Und doch gestattet gerade dieses Vektor-Diagramm die Reibungs- und Eisenverluste ungleich besser zu berücksichtigen, als die üblichen rechtwinkligen Diagramme. Wir werden sehen, daß gerade die eben erwähnten Verluste beim Betriebe von Einanker-Umformern eine viel wichtigere Rolle spielen, als ihnen gewöhnlich zugemutet wird.

Ehe wir unsere Betrachtungen beginnen, wollen wir das Vektor-Diagramm nochmals auf eine andere Weise, als in den obzitierten Arbeiten, von einem mit Gleichstrom erregten Phasenumformer ausgehend, ableiten und dabei solche Verhältnisse wählen, welche den Übergang auf Wechselstrom-Gleichstrom-Einankerumformer wesentlich erleichtern.

Wir wollen zu diesem Zwecke einen zweipoligen Synchronmotorständer betrachten, dessen in sich geschlossene Gleichstromwicklung an m bzw. n regelmäßig verteilten Punkten angezapft sei. Das als Volltrommel ausgebildete Polrad werde mit Gleichstrom derart erregt, daß im allseitig gleich großen Luftspalte eine rein sinusförmige Feldverteilung herrscht.

Führen wir nun den m Anzapfpunkten symmetrischen m-Phasenstrom zu und bringen die Volltrommel auf Synchronlauf, so können wir den n Anzapfpunkten einen ebenfalls symmetrischen n-Phasenstrom gleicher Periodenzahl entnehmen. Der Einfluß der Ohmschen Ankerwiderstände und der Streufelder verschwindet umsomehr, je höher

[1]) Siehe Starkstromtechnik von Rziha und Seidener.

[2]) Siehe E. u. M. 1926, Heft 9 und Heft 37.

Digitized by Google

die primäre Phasenzahl m und die sekundäre Phasenzahl n gewählt wird, weshalb wir seine Berücksichtigung als unbedeutend in unseren Betrachtungen ganz unterlassen wollen.

Ohne sekundäre Stromentnahme haben wir einen einfachen Synchronmotor im Leerlaufe vor uns, dessen Leistungsabgabe von den Reibungs- und Eisenverlusten ganz aufgezehrt wird. Bei konstanter Primärspannung und Periodenzahl bleiben diese Verluste auch bei verschiedenen Polraderregungen annähernd gleich groß; es gilt das bekannte Synchronmotor-Vektor-Diagramm für konstante Leistungsabgabe nach Abb. 1. Als Felderdiagramm aufgefaßt, stellt der Vektor $\overline{0,1}$ den Amplitudenwert des zur Aufbringung der Gegen-EMK nötigen, sinusförmig verteilten Wechselstrom-Leerlauffeldes dar, Vektor $\overline{3,1}$ den Amplitudenwert des sinusförmigen Polradgleichstromfeldes, Vektor $\overline{0,3}$ den Amplitudenwert des primären Wechselstrom-Ankerfeldes.

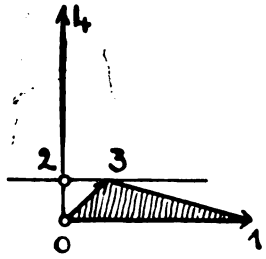


Abb. 1.

Das Ankerfeld $\overline{0,3}$ übt auf das Polraderregefeld $\overline{3,1}$ ein Drehmoment aus, welches dem Flächeninhalte des Dreieckes 0,1,3 proportional ist und den Reibungs- und Eisenverlusten entspricht. Bei verschiedenen Erregungen $\overline{3,1}$ bewegt sich wie bekannt, der Vektorpunkt 3 längs einer zu $\overline{0,1}$ parallelen Geraden gemäß der Flächengleichheit der Leerlaufdreiecke. Im Luftspalt tritt nur das der Primärspannung proportionale Feld $\overline{0,1}$ auf, durch welches auch die Sättigungen der Eisenpfade bestimmt sind. Die Felder $\overline{3,1}$ und $\overline{0,3}$ kommen einzeln nicht zur Entfaltung und können im Vektordiagramme durch ihre magnetomotorischen Kräfte ebenso gut ersetzt werden, wie das aus beiden resultierende Feld $\overline{0,1}$. Sind die Nuten zur Unterbringung der Gleichstromerregung auf der Volltrommel gleichmäßig verteilt, so ist der magnetische Widerstand für das resultierende Feld von dessen Lage zur magnetischen Polradachse unabhängig und bis zu mäßigen Eisensättigungen vorwiegend durch die Luftspaltgröße bestimmt und praktisch gleichbleibend.

Bedeuten:

S gesamte Leiterzahl der angezapften Gleichstromwicklung (reine Serien- oder Parallelwicklung vorausgesetzt),
p Polpaarzahl,
$2a$ Zahl der parallelen Gleichstromankerkreise,
m primäre Phasenzahl,
n sekundäre Phasenzahl,
J_∞ primär effektiver Außenstrom per Phase,
E_∞ primär effektive Spannung,
$J_{m\infty}$ primär effektiver Magnetisierungsstrom,
J_∞' sekundär effektiver Außenstrom pro Phase,
E_∞' sekundär effektive Spannung,
V_{RE} Reibungs- und Eisenverluste in Watt,

so können wir folgende Grundwellenscheitelwerte der wirksamen Amperewindungen im Vektordiagramme Abb. 1 einführen:

$$\text{Vektor } \overline{0,1} = \frac{m}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot J_{m\infty},$$

Vektor $\overline{3,1} = A W_F$ Scheitelwert der sinusförmig verteilten Gleichstromamperewindungen

$$\text{Vektor } \overline{0,3} = \frac{m}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot J_\infty.$$

Bisher haben wir uns nur mit der relativen Lage der Felder bzw. Amperewindungen zueinander im Vektordiagramme befaßt. Nun wollen wir auf die zeitlichen Änderungen von Strom und Spannung in einer Statorphase näher eingehen. Das resultierende Luftfeld $\overline{0,1}$ rotiert mit Synchrongeschwindigkeit um die Ankerwicklung und erzeugt in ihr eine Wechselspannung, welche der aufgedrückten Netzspannung das Gleichgewicht hält. Somit eilt der Netzspannungsvektor $\overline{0,4}$ in der Phase dem Feldvektor $\overline{0,1}$ um 90° elektrisch vor und der primär aufgenommene Strom J_∞ ist zeitlich in Phase mit dem Ankerfelde $\overline{0,3}$. Der Phasenverschiebungswinkel φ_1 zwischen beiden wird von den Vektoren $\overline{0,3}$ und $\overline{0,4}$ eingeschlossen.

Die im gegebenen Falle aufgenommene Leistung ist

$$\frac{m}{2 \sin \frac{\pi}{m}} \cdot E_\infty J_\infty \cos \varphi_1 = V_{RE}$$

(ohne Ohmsche Verluste).

Daraus ergibt sich ein primärer Leerlaufverluststrom:

$$J_\infty = \frac{2 \sin \frac{\pi}{m} V_{RE}}{m E_\infty \cos \varphi_1},$$

ein zugehöriger Amperewindungsvektor

$$\overline{0,3} = \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot \frac{\sin \frac{\pi}{m} V_{RE}}{E_\infty \sqrt{2} \cos \varphi_1}$$

und der Abstand

$$\overline{0,2} = \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot \frac{\sin \frac{\pi}{m}}{E_\infty \sqrt{2}} \cdot V_{RE}$$

in gleichen Maßeinheiten.

Durch diese Angaben ist das Leerlaufdreieck 0,1,3 vollkommen bestimmt.

Wenn wir auf den sekundären Belastungsfall übergehen, müssen wir bedenken, daß das sekundäre Ankerfeld durch das primäre Ankerfeld bis auf die Stärke $\overline{0,3}$ als resultierendes Ankerfeld kompensiert werden muß. (Etwa bei Belastung

Digitized by Google

entstehende, zusätzliche Eisenverluste in den Zähnen, hervorgerufen durch die sich nicht genau überdeckenden beiden Ankerfelder, mögen vorläufig von der Betrachtung ausgeschaltet werden.) Wir erhalten ein AW-Diagramm nach Abb. 2. Der sekundäre Spannungsvektor ist unter den gemachten Voraussetzungen dem primären Netzspannungsvektor $\overline{0,4}$ genau entgegengesetzt gerichtet und durch 0,8 dargestellt. Seine Größe kann aus dem bekannten Spannungspolygone ermittelt werden.

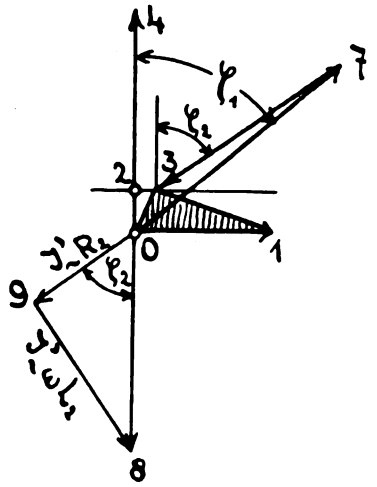


Abb. 2.

Der symmetrisch gedachte Belastungsstrom J_∞' besitze eine Phasenverschiebung φ_2 gegen die induzierte Spannung, wodurch zunächst die Richtung des sekundären AW-Vektors $\overline{7,3}$ gegeben erscheint. Seine Größe bestimmt sich analog Abb. 1 zu

$$\overline{7,3} = \frac{n}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{S}{\pi^2 ap} \cdot J_\infty';$$

ferner ist

$$\overline{0,7} = \frac{m}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{S}{\pi^2 ap} \cdot J_\infty,$$

woraus der zugehörige primäre Phasenstrom J_∞ ermittelt werden kann.

Aus dem Diagramm läßt sich sofort überblicken, daß die primäre Phasenverschiebung φ_1 durch entsprechende Verstärkung der Gleichstromerregung $\overline{3,1}$ auf Null zurückgebracht werden kann,

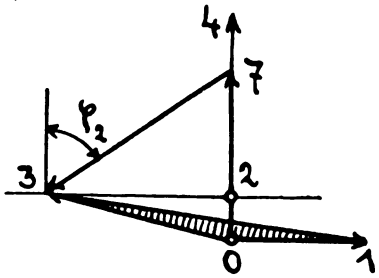


Abb. 3.

wie Abb. 3 zeigt. Auch die Frage nach der Größe des Luftspaltes läßt sich dahin beantworten, daß derselbe bis zu den mechanisch zulässigen Grenzen vermindert werden kann, wenn nur

$$AW_F > \frac{S}{\pi^2 ap} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{m}}{E_\infty \sqrt{2}} \cdot V_{RE}$$

bleibt. Der Vektor $\overline{0,1}$ wird dann auch entsprechend kleiner werden, während $\overline{0,2}$ seine Größe stets beibehält. Der streuungsfrei gedachte Phasenumformer bleibt bei jeder Last im Tritt. Ja, er kann sogar noch mechanische Arbeit W_a (in Watt) nach außen abgeben, wenn jetzt

$$AW_F > \frac{S}{\pi^2 ap} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{m}}{E_\infty \sqrt{2}} (V_{RE} + W_a)$$

gewählt wird.

Auf die Einankerumformer zur Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom übergehend, denken wir uns von nun ab die Gleichstromankerwicklung rotierend und das Volltrommelpolrad durch einen gleichstromerregten Polkranz ersetzt, welcher in den Ankerstromwendezonen Ausnehmungen zur eventuellen Unterbringung von Kommutierungseinrichtungen besitzt. Diese Luftspalterweiterungen haben nachstehende Nebenerscheinungen zur Folge, welche im Vektordiagramme wohl zum Teile, aber nur fallweise berücksichtigt werden könnten:

1. wird die Sinusform der Felder gestört,
2. werden die magnetischen Zahnsättigungen erhöht und bei sekundärer Spannungsregelung mit der Regelung veränderlich, die Leerlauffeld-Amperewindungen und die normalen Eisenverluste wachsen,
3. treten zusätzliche Wirbelstromverluste im Ankereisen auf, welche sich ebenfalls bei der Regelung verändern.
4. treten Reaktionskräfte infolge der Luftspalterweiterungen auf das resultierende Luftfeld $\overline{0,1}$ ein, wie bei einer Reaktionsmaschine mit ausgeprägten Polen.[3])

Schließlich ist das sekundäre Ankerfeld in Dreieckform statt Sinusform verteilt.

Die Feldwicklungen ließen sich auf dem Polkranze wohl sinusförmig verteilen, doch begnügt man sich meist mit rechteckiger oder Trapezfeldform. Wir betrachten nunmehr nur die Grundwellen aller auftretenden Feldformen und ziehen auch obige Nebenerscheinungen nicht in den Gesichtskreis unserer Überlegungen.

Für den leerlaufenden Einankerumformer gelten dann dieselben Beziehungen, wie sie für den leerlaufenden Phasenumformer abgeleitet wurden. Erst bei sekundärer Gleichstrombelastung ändern sich die Verhältnisse, und zwar entsprechend der Lage der Gleichstrombürsten zum äußeren Erregerfelde, denn diese Lage allein bestimmt die Richtung des Vektors $\overline{7,3}$ für das sekundäre Gleichstromankerfeld. Das Leerlaufdreieck 0,1,3 ist in seiner Lage und Form durch den primären Netzspannungs-

[3]) Vgl. Dr. Ing. R. Brüderlin, E. u. M. 1924, S. 555.

Digitized by Google

vektor $\overline{0,4}$, das zugehörige Leerlauffeld $\overline{0,1}$, das Gleichstromerregerfeld $\overline{3,1}$ und die Reibungs- und Eisenverlustwatt nach den bereits abgeleiteten Beziehungen gegeben. Somit bestimmt die relative Lage des Vektors $\overline{7,3}$ zum Vektor 3,1 das jeweilige Diagramm. In seiner einfachsten Form sind die beiden eben genannten Vektoren einander gleichgerichtet, das heißt: das sekundäre Gleichstromankerfeld wird durch das Erregerfeld, welches als Querfeld ausgebildet ist, in seiner Gänze unterstützt (mit Ausnahme der Stromwendezonen). Diesen Fall hat der Verfasser erstmalig vorgeschlagen und in dieser Zeitschrift[4]) eingehend für Hauptstromerregung beschrieben. Abb. 4 zeigt das AW-Vektor-Diagramm hiezu in vereinfachter Form. Der Grundwellenscheitelwert der sekundären Gleichstromankerfeld-AW ergibt sich ganz allgemein zu: $\frac{S}{\pi^2 a p} \cdot J_=$, wenn $J_=$ den sekundär abgenommenen Gleichstrom in Ampere bedeutet, und entspricht der Größe des Vektors $\overline{7,3}$. Im gegebenen Belastungsfalle entwickelt der Um-

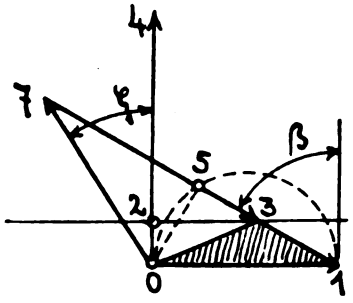


Abb. 4.

former primär einen Amperewindungsscheitelwert $\overline{0,7} = \frac{m}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot J_\sim$, welcher wie $J_\sim$ der Primärspannung um den Winkel φ_1 voreilt. Die sekundäre Gleichspannung E_{sek} wird nicht vom Erregerfelde $\overline{3,1}$, sondern von der Normalkomponente $\overline{0,5}$ des Umformerleerlauffeldes $\overline{0,1}$ induziert und ist dieser proportional, daher gilt

$$E_{sek} = E_= \cos \beta \text{ (prop. } \overline{0,5}\text{)}.$$

$E_=$ ist die höchstmögliche Gleichspannung bei Auflage der Bürsten in den neutralen Zonen. Diese eigenartigen Verhältnisse des induzierenden Feldes reihen den Umformer in die Gruppe der Drehfeldumformer ein, welche von der Gleichstromseite aus überhaupt nicht anlaufen und auch nicht vorübergehend in den Generatorzustand kommen können. Das Diagramm läßt uns noch folgende weitere Eigenschaften ablesen: Die Gleichspannung E_{sek} ist bei konstanter Primärspannung nur von der Erregung des Querfeldes $\overline{3,1}$ und der Größe der Reibungs- und Eisenverluste abhängig. Sind letztere konstant, so bleibt wegen der Flächengleichheit der Leerlaufsdreiecke 0,1,3 auch das Produkt $\overline{0,5} \times \overline{3,1}$ und somit auch das Produkt aus Sekundärspannung mal Querfelderregung konstant. Bei gegebener Querfelderregung ist die Gleichspannung von der Größe des Luftspaltes (prop. $\overline{0,1}$) merkwürdigerweise ganz unabhängig. Aber auch kleinere Änderungen in der Wechselspannung und Periodenzahl blieben ohne Einfluß auf die Sekundärseite, soferne sie die Größe der Reibungs- und Eisenverluste nicht berührten. Bei fester Querfelderregung ist die Gleichspannung von der Gleichstromentnahme unabhängig, wenn von zusätzlichen Eisenverlusten abgesehen wird. Treten solche jedoch auf, so erhöhen sie, ebenso wie eine Ver-

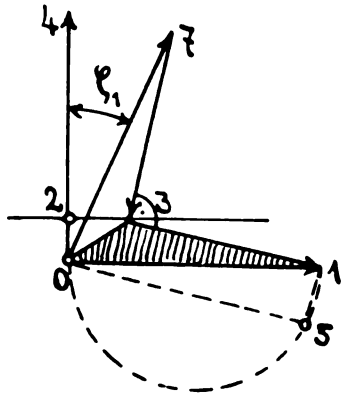


Abb. 5.

größerung der Reibungsverluste im Diagramm, die Sekundärspannung und wirken den Ohmschen Spannungsabfällen entgegen. Äußerst konstante Spannungshaltung und hohe Überlastbarkeit sind die Folge. Belastungsstöße werden leicht aufgenommen, ohne Pendelerscheinungen und ohne Bürstenfeuer auszulösen.

Wir wollen jetzt den gewöhnlich erregten Einankerumformer auf gleiche Weise betrachten und zu diesem Zwecke sein AW-Vektor-Diagramm in

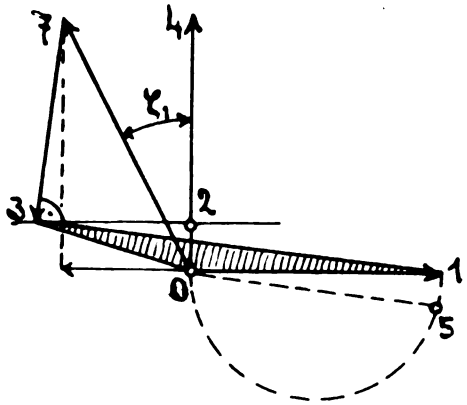


Abb. 6.

Abb. 5 aufstellen. Zeichnen wir wieder unser Leerlaufs-AW-Dreieck 0,1,3 für eine bestimmte Gleichstromerregung $\overline{3,1}$, so wissen wir, daß jetzt das sekundäre Gleichstromankerfeld und seine Amperewindungen $\overline{7,3}$ um 90° elektrisch gegenüber der Außenerregung $\overline{3,1}$ verdreht erscheinen. Der Richtungssinn von $\overline{7,3}$ ergibt sich aus der Überlegung, daß der Vektor des Sekundärstromes unge-

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, Heft 37, S. 657 und Ö. P. Nr. 99593.

Digitized by Google

fähr in Gegenphase zum primären Netzspannungsvektor 0,4 stehen muß. Wir haben Abb. 5 für einen leicht untererregten Einankerumformer gezeichnet, welcher primär einen um Winkel φ_1 nacheilenden Wechselstrom aufnimmt. Die sekundäre Gleichspannung ist wieder 0,5 proportional und im Verhältnisse 0,5 : 0,1 kleiner als die höchste Sekundärspannung, welche auftreten würde, wenn die Gleichstrombürsten genau in die neutralen Zonen des resultierenden Luftfeldes 0,1 zu liegen kämen. Für gleichzeitige Phasenverbesserung gilt das Diagramm des übererregten Einankerumformers nach Abb. 6. Bei beiden Diagrammen sind die Stromwendezonen stets in der Mitte der Pollücken gedacht. Die Veränderung der Erregung 3,1 übt hier, wie bekannt, keinen wesentlichen Einfluß auf die Höhe der Gleichspannung aus, doch bleibt letztere auch bei Leerlauf stets unter dem rechnerisch ermittelten höchsten Werte, welcher der Größe 0,1

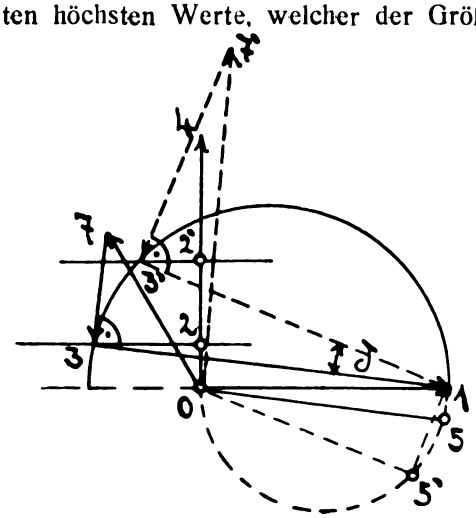


Abb. 7.

proportional ist. Durch Verschieben der Bürsten in die günstigsten Kommutierungszonen, das ist unter die einlaufenden Polkanten, wird der Winkel 1,3,7 kleiner als 90° und die Sekundärspannung noch kleiner. Aber auch die primäre Phasenverbesserung wird kleiner, bzw. die primäre Phasenverschiebung schlechter. Treten durch Belastung des Umformers zusätzliche Wirbelstromverluste im Ankereisen und in den Polschuhen auf, so wächst die Höhe 0,2 des Dreieckes 0,1,3 und in weiterer Folge fällt die Sekundärspannung etwas ab. Wird die Felderregung zudem noch von der Gleichstromseite des Umformers besorgt, so erfährt auch sie eine Schwächung. Diese Verhältnisse werden noch deutlicher, wenn wir den Umformer gleichzeitig zu mechanischer Arbeitsleistung heranziehen.

In Abb. 7 sei zum besseren Vergleiche das Diagramm 0,1,3,7, ohne mechanische Leistungsabgabe und das Diagramm 0,1,3',7' mit mechanischer Leistungsabgabe V_a (in Watt) für denselben Umformer mit Eigenerregung eingezeichnet. Es gilt

$$\overline{2,2'} = \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{m}}{E_\sim \sqrt{2}} \cdot V_a.$$

Der geometrische Ort der Vektorpunkte 3 bezw. 3' ist ein Kreis mit 3,1 bezw. 3',1 als Sehne und dem Mittelpunkte in der Richtung 0,1. Die jeweiligen Sekundärspannungen 0,5 und 0,5' sind den dazugehörigen Erregungen 3,1 und 3',1 direkt proportional. Bei mechanischer Belastung tritt bedeutender Spannungsabfall ein und der Vektor 3,1 erfährt nicht nur eine Verringerung auf 3',1, sondern auch eine Verdrehung um den Winkel δ, was einer Verzögerung der Drehgeschwindigkeit für die Belastungsübergangsperiode gleichkommt. Bei Entlastung muß dann wieder eine entsprechende Beschleunigungsperiode einsetzen. Dasselbe tritt in vermindertem Maße bei plötzlichen Strombelastungsstößen durch die zusätzlichen Verluste ein. Der Umformer wird während der Verzögerungsperiode zum Gleichstromgenerator, welcher von seinen Schwungmassen angetrieben wird. Seine Stromwendung verschlechtert sich wegen des jetzt unausgeglichenen Gleichstromankerfeldes, zusätzliche Ströme unter den

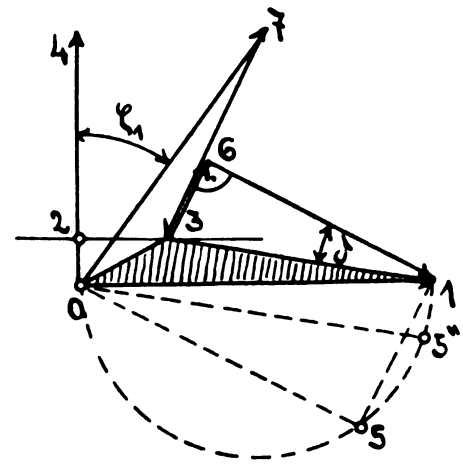


Abb. 8.

Bürsten in den kurzgeschlossenen Ankerwindungen schwächen das Außenfeld noch weiter und die bekannte Neigung zum Pendeln macht sich bemerkbar. Diese Verhältnisse verschlechtern sich bei der üblichen Anordnung von Wendepolen noch weiter.

Um dies zu erkennen, sei im AW-Diagramm Abb. 8 noch die Grundwelle der Wendepolamperewindungen durch den Vektor 3,6 berücksichtigt. Sie wirkt den Gleichstromankerfeld-AW 7,3 genau entgegen und die Außenfeld-AW sind jetzt durch den Vektor 6,1 dargestellt. Halten wir die Felderregung konstant, so wird der Vektor 6,1 bei Leerlauf ungefähr in die Lage 3,1 gelangen, da ja dann das Wendefeld verschwindet. Bei Belastung muß der Umformanker wieder eine verzögernde Verdrehung um den Winkel δ ausführen, was die oben beschriebenen Erscheinungen bei Belastungsstößen bereits ohne Entstehung zusätzlicher Verluste herbeiführt. Das Vorhandensein des Wendepoleisens in den Stromwendezonen begünstigt ein Feuern der Bürsten bei unausgeglichenen Ankerfeldern

Digitized by Google

noch weit mehr und die Rückwirkung der zusätzlichen Kurzschlußströme unter den Bürsten auf das Abbaufeld ist noch kräftiger. Die Erfahrung hat auch gezeigt, daß Einankerumformer mit Wendepolen viel mehr zum Pendeln neigen als solche ohne Wendepole. Bemerkenswert ist noch, daß die Wendepole den Spannungsabfall bei Belastung stärker vergrößern, als ihrem Ohmschen Widerstande entsprechen würde.

Um ruhigen Lauf des Einankerumformers zu

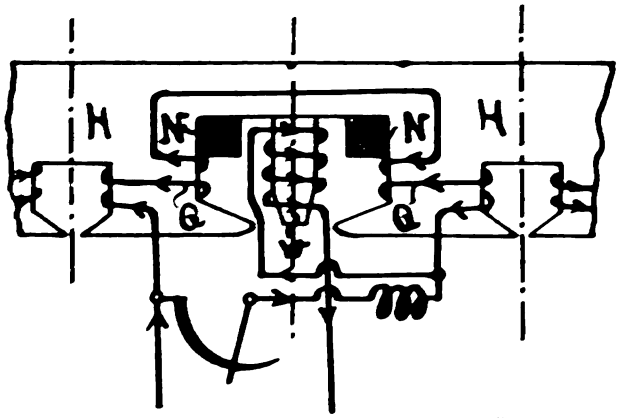


Abb. 9. Querfeldschaltung für Wendepol-Einankerumformer.

erzielen, werden folgende Maßnahmen empfohlen: Lamellieren der Polschuhe, Vergrößern des Hauptpolluftspaltes und damit verbundene Verstärkung der Hauptpolwicklung, Wahl kleinerer Ankerzahnsättigungen, reichliches Vergrößern des Wendepolluftspaltes und damit verbundene Verstärkung der Wendepolwicklung, Anordnung kurz geschlossener Dämpferstäbe. Diese Maßnahmen bewirken teils eine Verringerung der zusätzlichen Verluste, teils eine Verkleinerung des Verzögerungswinkels δ,

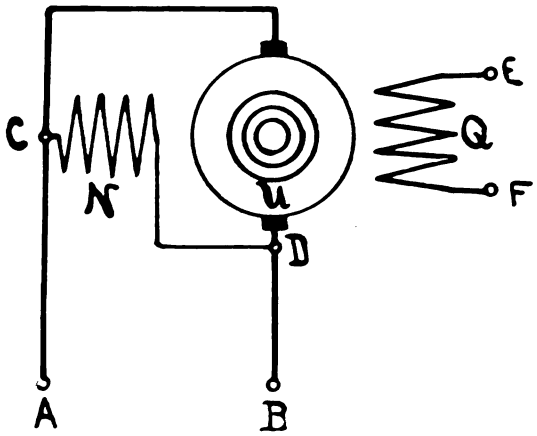


Abb. 10. Schaltbild zum Regelumformer nach Ö. P. Nr. 100416.

ferner eine Verminderung der zusätzlichen Bürstenkurzschlußströme und deren magnetisierender Rückwirkung auf das Hauptpolfeld und schließlich eine rasche Abdämpfung schon eingetretener Schwingungen.

Der Verfasser würde dem Übel auf billigere Weise und wirksamer begegnen, indem er den Verzögerungswinkel δ ganz zum Verschwinden bringt und zwar durch Anordnung einer Hauptstrom-durchflossenen Querfeldwicklung, welche der Wendepolwicklung entgegenwirkt, wie bereits vorhin beschrieben.[5]) Sie kann durch einen Parallelwiderstand gleicher Zeitkonstante leicht auf die gewünschte Wirkung eingestellt werden. Abb. 9 zeigt schematisch eine solche Anordnung für eine Polteilung eines Wendepolumformers. Auch die Wirkung zusätzlicher Verluste bei Belastung läßt sich auf diese Weise wirksam kompensieren. Es genügen im allgemeinen ganz wenige Querfeldwindungen, deren Unterbringung keine Schwierigkeiten bereitet und deren Kupferbedarf durch die Ersparnisse an Hauptpolwicklungskupfer reichlich aufgewogen wird.

Die angegebene Anordnung einer zusätzlichen Querfeldwicklung auf den Hauptpolen eines gewöhnlichen Einankerumformers kann auch dazu verwendet werden, die Gleichspannung bei konstanter primärer Wechselspannung zu verändern, wie dies bereits bei den Drehfeldumformern des Verfassers möglich war. Die spannungserniedrigende Wirkung des Querfeldes wird umso stärker, je mehr das Hauptfeld geschwächt wird. Folgende, ebenfalls vom Verfasser erstmalig angegebene An-

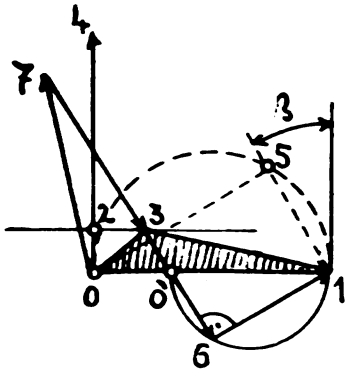


Abb. 11.

ordnung[6]) gestattet, durch einfache Regelung des Querfeldes allein zugleich auch das Hauptfeld in der gewünschten Weise zu beeinflussen. Abb. 10 gibt die grundsätzliche, einfache Schaltung der sekundären Umformerseite wieder. Die Hauptfelderregung N liegt stets im Nebenschluß zu den sekundären Umformerklemmen A, B, während die Querfelderregung Q auf irgend eine Art regelbar gespeist sein kann. Wichtig ist dabei, daß das Querfeld das Gleichstromankerfeld nur außerhalb der Stromwendezonen unterstützt, in den Stromwendezonen hingegen durch geeignete Mittel unterdrückt wird. Am zweckmäßigsten wird bei dieser Umformerart eine Teilung der Querfeldwicklungen vorgenommen, derart, daß sie die Stromwendezonen nicht umschlingen. Im Diagramme ist vor allem zu beachten, daß die Hauptpolerregung N sich gleichzeitig mit der Sekundärspannung und dieser proportional ändert. Die Felderregung 3,1 setzt sich jetzt aus zwei aufeinander senkrechten Komponenten, den Amperewindungs-Grundwellen

[5]) Vgl. a. die Ö. P. Nr. 99593 und Nr. 100416, auf welche die ÖSSW und EBG Lizenzrechte erworben haben.

[6]) Ö. P. Nr. 100416.

Digitized by Google

von N und Q zusammen. Wir beginnen in Abb. 11 wieder mit dem Leerlaufdreieck 0,1,3, zerlegen dann $\overline{3,1}$ in $AW_Q = \overline{3,6}$ und $AW_N'' = \overline{6,1}$, wobei sich der Winkel β einstellt und die Sekundärspannung $E_{sek} = E_= \cos\beta$ proportional $\overline{0,5}$ wird. Nach dem Vorhergehenden ist Vektor $\overline{6,1}$ der Hauptpolerregung stets $\overline{0,5}$ proportional und der Winkel bei 6 ein rechter. Folglich muß sich der

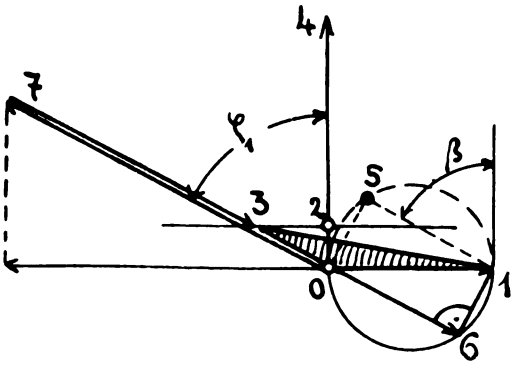


Abb. 12.

Punkt 6 auf einem Kreise mit dem Durchmesser $\overline{(0,1)}$ bewegen. Der Punkt 3 des Leerlaufsdreieckes ändert seine Lage mit der jeweiligen Querfelderregung $\overline{3,6}$ während der Punkt 0' stets seine Lage unter den eingangs gemachten Voraussetzungen beibehält. Die Hinzufügung des AW-Vektors $\overline{7,3}$ der sekundären Belastung erfolgt in gleicher Richtung wie $\overline{3,6}$ worauf sich der primäre AW-Vektor $\overline{0,7}$ ergibt.

Wir können jetzt die Hauptfeldwicklung N so bemessen, daß der Punkt 0' nach 0 zu liegen kommt

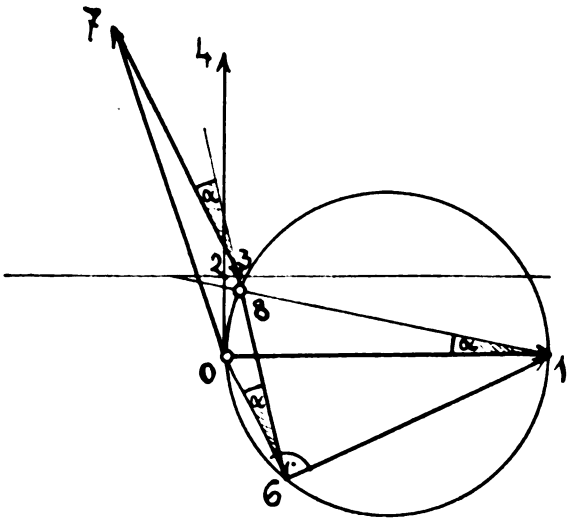


Abb. 13.

und das besondere Diagramm nach Abb. 12 entsteht. Es wird dann $\sphericalangle\, \varphi_1 = \sphericalangle\, \beta$, so daß in diesem Falle $E_{sek} = E_= \cos\varphi_1$ ist. Die primär und sekundär erregenden Amperewindungen wie die zugehörigen Strombeläge decken sich bei jeder Querfelderregung vollständig und es gilt deshalb für die gesamten Ankerkupferverluste V_{Cu} unabhängig von der primär erzielten Phasenverbesserung die bekannte Formel:

$$V_{Cu} = R\left\{J_=^2 + \frac{J_\sim^2}{\sin^2\left(\frac{\pi}{m}\right)} - \frac{4\sqrt{2}\,m}{\pi^2}\cdot J_= J_\sim\right\},$$

bezogen auf den Gleichstromankerwiderstand R.

Beim gewöhnlichen Einankerumformer treten diese geringen Ankerkupferverluste nur bei Normalerregung (das ist bei $\cos\varphi_1 = 1$) auf, bei Übererregung zwecks Phasenverbesserung nehmen sie bekanntlich sehr rasch zu. Während hier die abgegebene Blindleistung zur Verbesserung des Netzleistungsfaktors für eine bestimmte Erregung von der Umformerbelastung nahezu unabhängig ist, steigt beim regelbaren Einankerumformer des Verfassers diese Blindleistung fast proportional mit der Last. Ein bloßer Vergleich der Diagramme in Abb. 12 und Abb. 6 zeigt ferner wesentliche Unterschiede in der Außenfelderregung und Phasenverbesserung zugunsten des regelbaren Umformers. Dabei ist zu bedenken, daß bei übererregten Einankerumformern der Hauptpolluftspalt wegen der ungünstigen Lage der Ankerfelder zueinander ent-

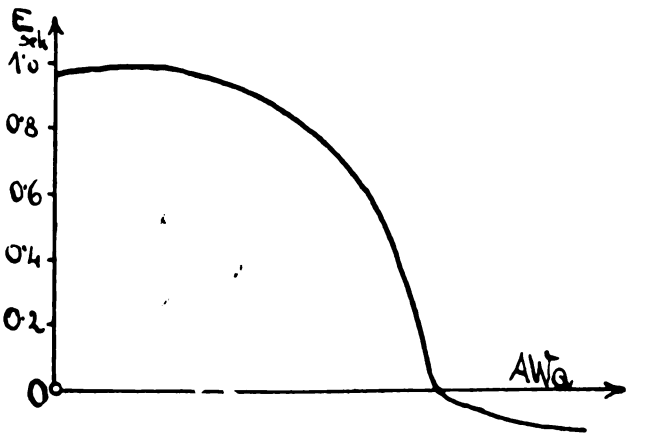


Abb. 14. Spannungscharakteristik.

sprechend größer gewählt werden muß, wodurch im Diagramm der Leerlauffeldvektor $\overline{0,1}$ vergrößert erscheint. Dagegen kann bei Umformern des Verfassers der Luftspalt schon deshalb wesentlich verkleinert werden, weil sich eben die beiden Ankerfelder genau decken und keine Feldverzerrungen zu befürchten sind. Die übliche Spannungsregelung des gewöhnlichen Einankerumformers mit Hilfe von Drosselspulen und Übererregung erscheint demnach doppelt ungünstig: 1. wegen des sehr geringen Regelbereiches, 2. wegen der schlechten Ankerausnützung bei vergrößertem Feldkupferbedarfe.

Wie aus dem Diagramme Abb. 12 zu entnehmen ist, geht der sekundäre Spannungsregelungsbereich eben so tief herunter, wie beim Drehfeldumformer des Verfassers mit Querfeldregelung (Abb. 4). Er läßt sich hier sogar bis zu Null und etwas darüber hinaus erweitern, wenn man die Querfeldwicklung Q gegen die Gleichstromankerfeldachse im Ankerdrehsinne um einen kleinen Winkel α verdreht.

Freilich muß dann die Erregung von Q unbe-

Digitized by Google

dingt durch eine fremde Stromquelle erfolgen. Abb. 13 zeigt das zugehörige Diagramm mit den bereits gewählten Bezeichnungen. Aus der Geometrie ergibt sich, daß alle Querfeldvektoren $\overline{3,6}$ nun durch den Kreispunkt 8 gehen müssen, welcher durch die gewählte Querfeldverdrehung eindeutig bestimmt ist. Die primären und sekundären Ankerfelder überdecken sich nicht mehr genau, doch bleiben die günstigen Verhältnisse bezüglich Phasenverbesserung im großen und ganzen bestehen.

Der Zusammenhang zwischen der Querfelderregung AW_Q (proportional $\overline{3,6}$) und der erzielten Gleichspannung E_{sek} (proportional $\overline{6,1}$) kann aus dem Vektordiagramme leicht entnommen und in ein rechtwinkliges Achsensystem nach Abb. 14 eingetragen werden. Es ergibt sich in dem besonderen Falle ein Regelbereich von zirka 110 vH der Vollspannung, das ist zirka 10 vH über Null hinaus. Zusätzliche Verluste durch Belastung erhöhen im positiven Regelgebiete stets die Gleichspannung etwas, ähnlich wie beim Drehfeldumformer mit Querfeld, wodurch sich auch hier konstante Spannungshaltung und hohe Überlastbarkeit ergeben.

Wir werden jetzt mit Hilfe des AW-Vektordiagrammes untersuchen, wie sich dieser Umformer verhält, wenn das Querfeld bei Belassung

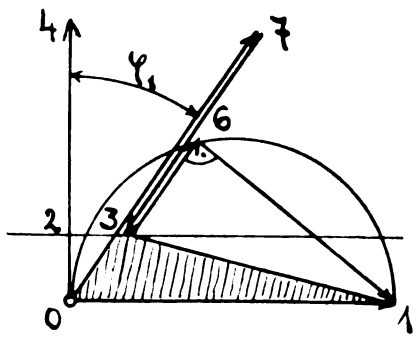


Abb. 15.

der übrigen Schaltung verkehrt erregt wird, also im Sinne einer üblichen Wendepolwicklung wirkt. Der Gedanke ist in Anbetracht eines günstigen Kommutierungsfeldes verlockend und wurde auch bereits mehrmals vorgeschlagen, ohne jedoch einen praktischen durchgreifenden Erfolg zu erzielen. Wendepol- und Querfeldwicklung wurden meist zu einer einzigen Wicklungsgruppe zusammengezogen. Wir wollen hier gleich den günstigsten Fall annehmen, daß die Hauptpolnebenschlußerregung wie in Abb. 12 bemessen ist, daß sich also die primären und sekundären Felder vollkommen decken. Das hier gültige, in Abb. 15 mit den früheren Bezeichnungen wiedergegebene AW-Diagramm, das eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Wendepolumformer-Diagramm in Abb. 8 aufweist, ergibt primär eine nacheilende Phasenverschiebung, welche mit fallender Gleichspannung zunimmt, und zwar gilt wieder $E_{sek} = E_{=} \cos \varphi_1$. Die sekundäre Regelbarkeit wird durch induktive Netzbelastung erkauft. Bei Belastung auftretende zusätzliche Wirbelströme im Ankereisen bewirken eine Spannungserniedrigung, so daß der Umformer größere Spannungsabfälle aufweist, als seinen Ohmschen Verlusten entsprechen würde.

Um die Größe des Regelbereiches beurteilen zu können, sei in Abb. 16 wieder die Charakteristik, das ist die Abhängigkeit der Querfelderregung AW_Q (prop. $\overline{3,6}$) von der Gleichspannung E_{sek} (prop. 6,1), aus dem Diagramm Abb. 15 wie vorhin eingetragen. Wir finden im gegebenen Falle für Fremderregung des Querfeldes eine Regelbarkeit bis auf 60 vH des Höchstspannungswertes herunter, bei Erregung des Querfeldes von den sekundären Umformerklemmen aus eine solche bis auf etwa 40 vH des Höchstwertes herunter. Bei weiterer Verstärkung des Querfeldes fällt der Umformer außer Tritt, da er dann nicht mehr imstande ist, die Reibungs- und Eisenverluste zu decken. Aber auch schon nahe den unteren Grenzen kann durch Überlastung ein Außertrittfallen eintreten. Bei stoßweisen Belastungen wird er wie der Wendepoleinankerumformer zu Pendelungen und Bürstenfeuer neigen. Der verhältnismäßig kleine Regelbereich bei induktiver Phasenverschiebung und geringerer Stabili-

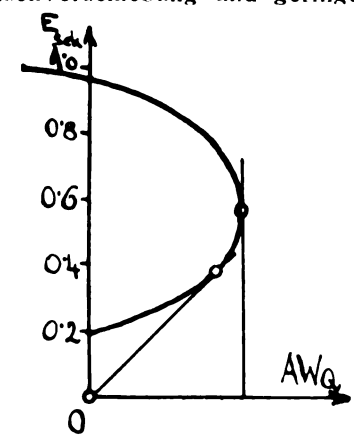


Abb. 16. Spannungscharakteristik.

tät hat offenbar die weitere Entwicklung dieses Umformers nicht als wünschenswert erscheinen lassen.

Es sei der Vollständigkeit halber bemerkt, daß das Amperewindungs-Vektordiagramm naturgemäß auf solche Spaltpolumformer nicht Anwendung finden kann, welche die Gleichspannungsregelung durch Veränderung der Feldkurvenform erzielen, wie dies zum Beispiel bei den Umformern von J. L. Woodbridge durch Überlagern einer dritten Oberwelle bewirkt wird.

Schließlich muß noch nachgetragen werden, daß sich die jeweiligen Reaktionskräfte, hervorgerufen durch die unvermeidlichen, den Bürstenzonen zugeordneten Luftspalterweiterungen in den Diagrammen in gleicher Weise als zusätzliche mechanische Leistungs-Abgaben bzw. -Aufnahmen berücksichtigen lassen wie die bei Belastung auftretenden zusätzlichen Verluste. Die Reaktionskräfte sind jedoch nicht wie letztere von der Belastung abhängig, sondern bei einer gegebenen Maschine lediglich durch die jeweiligen Regelver-

Digitized by Google

hältnisse bedingt, da sich weder die relative Lage des resultierenden Luftfeldes 0,1 zu den Erweiterungen noch seine Größe bei Sekundärlast ändern. Die praktisch aufgenommenen Charakteristiken für Querfelderregung und Gleichspannung zeigten umso größere Abweichungen von den hier unter Vereinfachungen abgeleiteten Kurven, je größer die Hauptpolluftspalte und die Ankerzahnsättigungen gewählt wurden, wie auch laut Vorhergehendem zu erwarten war. Der Verfasser wird in einem späteren Aufsatze auf diese Verhältnisse näher eingehen.

B. Beurteilung der Stromwendung nach dem AW-Vektor-Diagramm.

Das AW-Vektor-Diagramm gibt auch über die von den Grundwellen herrührenden Luftfelder in den Stromwendezonen Aufschluß, insbesonders, ob diese Felder der Stromwendung günstig oder schädlich sind. Bei Gegenwart von Wendepolen müssen diese störenden Felder naturgemäß durch zusätzliche Wendepolwicklungen für die Stromwendezonen ausgelöscht werden, wie dies zum Beispiele im Gleichstrommaschinenbau und Einankerumformerbau durch Vermehrung der Hauptstromwindungen bezüglich der auftretenden Ankerfelder bereits geschieht. Auch wir werden die Hauptstromwicklungen der Wendepole nach den gleichen Grundsätzen bemessen, müssen aber noch die durch die Spannungsregelung bedingten Komponenten des primären Leerlaufdrehfeldes berücksichtigen, welche sich nicht mit der Belastung ändern. Letztere können also nur durch vom Hauptstrom unabhängige Wicklungen kompensiert werden, deren Erregerstrom mit der Spannungsänderung zugleich geregelt wird.

Sind Haupt- und Querfeldwicklungen sinusförmig verteilt, so sind es auch die daraus resultierenden Amperewindungen für den Luftspalt, und die in den Stromwendezonen wirksamen Amperewindungen sind in den fallweise gültigen Diagrammen einfach durch die Größe des Vektors $\overline{5,1}$ gegeben. Ist derselbe gleichgerichtet mit dem sekundären AW-Vektor $\overline{7,3}$, so ist das Feld schädlich, im entgegengesetzten Falle nützlich. Die Erregung der zusätzlichen Wendepolwicklungen erfolgt dann am besten von einem zweiten Bürstensatze aus, welcher gegen den sekundären Arbeitsgleichstrombürstensatz elektrisch um 90° versetzt erscheint. Die Spannung dieses Hilfsbürstensatzes ist der Luftfeldstärke in den Arbeitsbürstenzonen direkt proportional. Es stellt sich dann bei richtiger Schaltung von selbst das richtige Wendefeld ein, auf welche Weise auch die Gleichspannung geregelt werden möge. Dieser zweite Bürstensatz muß auch nicht immer auf dem Hauptkollektor schleifen, sondern kann einem kleineren Hilfskollektor mit getrennter Wicklung zugeordnet werden.[7])

[7]) Der in E. u. M. 1926, Seite 169 bis 173, vom Verfasser beschriebene Einankerdrehfeldumformer für Kranhubwerke weist dieselben Kommutierungsverhältnisse auf und kann leicht mit dieser vorgeschlagenen Wendepolschaltung ausgerüstet werden, da der um 90° versetzte Bürstensatz bereits für die Hubmotorerregung vorhanden ist.

Sind Haupt- und Querfeldwicklungen so angeordnet, daß sie die Stromwendezonen nicht umschlingen, so herrscht in diesen Zonen nur ein Luftfeld, welches von derjenigen Komponente der resultierenden Amperewindungen $\overline{0,3}$ herrührt, welche sich mit den sekundären Amperewindungen $\overline{7,3}$ deckt. Wir wollen diese Komponente für die einzelnen Umformerarten gesondert herauszeichnen und ihren Richtungssinn durch Pfeile andeuten. Abb. 17 zeigt die Verhältnisse für einen Drehfeldumformer mit Querfelderregung. Es ergibt sich die Komponente $\overline{5,3}$ der resultierenden Ankeramperewindungen 0,3 als in den Stromwendezonen wirksam. Sie ist noch für viele andere Spannungseinstellungen als stark ausgezogener Pfeil eingetragen.

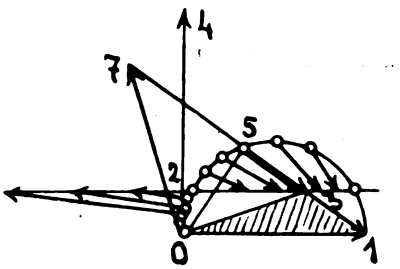


Abb. 17.

Man erkennt daraus, daß ein der Stromwendung günstiges Luftfeld erst für niedere Spannungseinstellungen eintritt. Ein solcher hauptstromerregter Drehfeldumformer wird im sekundären Kurzschlußfalle nicht zum Feuern neigen (wie zum Beispiel ein Lichtbogenschweiß - Drehfeldumformer beim Zünden).

Betrachten wir in Abb. 18 das Vektordiagramm des gewöhnlich erregten Einankerumformers, dessen Feldspulen auch nur die Hauptpolkerne umfassen,

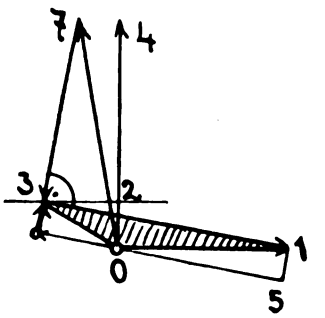


Abb. 18.

ohne die Stromwendezonen zu umschlingen, so erkennen wir, daß das in den Bürstenzonen wirksame Luftfeld wieder durch eine AW-Komponente $\overline{5,1}$ der resultierenden Anker-Amperewindungen $\overline{0,3}$ erregt wird und in diesem Falle stets die Stromwendung begünstigt, gleichgültig ob Über- oder Untererregung vorliegt. Diese Komponente $\overline{5,1}$ wächst mit den Reibungs- und Eisenverlusten des Umformers und ist von der Erregung nahezu unabhängig. Die günstigeren Stromwendungsverhältnisse bei Einankerumformern gegenüber Gleichstrommaschinen finden hiedurch eine weitere Erklärung.

Digitized by Google

Noch günstiger gestaltet sich die Stromwendung beim Einankerumformer des Verfassers mit Hauptfeldnebenschluß- und Querfelderregung nach Abb. 19. Hier fällt das resultierende Ankerfeld und der zugehörige AW-Scheitelwert $\overline{0,3}$ immer mit dem sekundären AW-Scheitelwerte $\overline{7,3}$ zusammen und wirkt diesem in seiner vollen Stärke entgegen. Die in den Stromwendezonen magnetisierenden Amperewindungen sind wieder für mehrere Regelfälle durch Pfeile dargestellt. Von einer zusätzlichen Wendepolerregung kann bei kleinen und

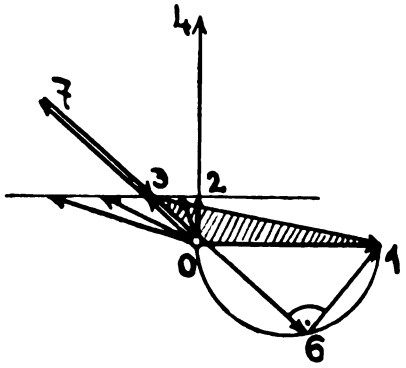


Abb. 19.

mittleren Maschinen ganz abgesehen werden. Durch Vergrößerung des Wendepolluftspaltes und Verkleinerung des Hauptpolluftspaltes läßt sich das Luftfeld in den Stromwendezonen leicht auf einen erträglichen Wert herabdrücken.

C. Beurteilung der Eigenschwingungsdauer nach dem AW-Vektor-Diagramm.

Endlich sei das AW-Vektor-Diagramm zur Bestimmung der Eigenschwingungsdauer von Einankerumformern für verschiedene Erregungsfälle herangezogen. Die Verhältnisse liegen wie bei leerlaufenden Synchronmotoren und wir brauchen nur das jeweilige Leerlaufs-AW-Dreieck zu be-

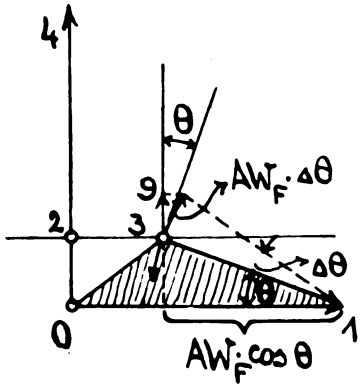


Abb. 20.

trachten. Die sekundäre Belastung der Umformer und die meist vorgesehenen Dämpferkäfige sind auf die Eigenschwingungsdauer von sehr geringem Einflusse und ihre Berücksichtigung soll hier unterbleiben.

Im Leerlaufs-AW-Diagramm nach Abb. 20 bleibe beispielsweise der Außenfeld-AW-Vektor $\overline{3,1}$ hinter dem Leerlauffeld AW-Vektor $\overline{0.1}$ um den Winkel θ zurück, welcher durch die Größe der Reibungs- und Eisenverluste und die Außenfelderregung gegeben ist. Um einen Schwingungsvorgang von außen einzuleiten, vermehren wir plötzlich die Reibungsverluste um V_z. Der Winkel θ vergrößere sich hiebei um den kleinen Winkel $\Delta\theta$. Für sehr kleine Winkel $\Delta\theta$ können wir setzen:

$$\overline{3,9} = \overline{3,1} \cdot \Delta\theta \times \cos\theta$$

und nach früherer Ableitung

$$AW_F \cdot \Delta\theta \cdot \cos\theta = \frac{S}{\pi^2 ap} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{m}}{E_\sim \sqrt{2}} \cdot V_z.$$

Wir nehmen dabei an, daß sich die Felderregung 3,1 während des Schwingungsvorganges nicht ändert, was infolge des höheren Selbstinduktionskoeffizienten der Feldwicklung annähernd zutreffen wird. Bedeuten ferner:

u die minutliche Drehzahl des Umformers,

D_z das den zusätzlichen Reibungsverlusten V_z entsprechende Drehmoment in kgm,

S_m das synchronisierende Drehmoment des Umformers in kgm, bezogen auf eine Elongation gleich der Einheit im Bogenmaß, so gilt:

$$V_z = D_z 9{\cdot}81 \times 2\pi \frac{u}{60},$$

$$S_m = \frac{D_z}{\Delta\theta} = AW_F \cos\theta \cdot \frac{\pi^2 ap}{S} \cdot \frac{E_\sim \sqrt{2}}{\sin\frac{\pi}{m} \cdot 9{\cdot}81 \cdot 2\pi \frac{u}{60}} =$$

$$= AW_F \cos\theta \frac{\pi ap E_\sim 60}{S \sin\frac{\pi}{m} \cdot \sqrt{2} \cdot 9{\cdot}81 \cdot u}.$$

Die Eigschwingungsdauer ergibt sich dann aus der bekannten Formel:

$$T_{sek} = 2\pi \sqrt{\frac{GD^2}{4g \cdot S_m}},$$

worin für GD^2 das Schwungmoment in kgm² und für g die Erdbeschleunigung in m/sec² einzusetzen sind. Wir sehen, das sychronisierende Drehmoment ist AW_F für kleine Winkel θ fast proportional, für größere Winkel θ nimmt es dem $\cos\theta$ entsprechend rascher ab.

Von den behandelten Einankerumformern haben demnach nur die Umformer des Verfassers mit Hauptfeldnebenschlußerregung und leicht schräggestellter Querfelderregung nach Diagramm Abb. 13 für alle Regelfälle annähernd gleichbleibende Schwingungsdauer.

Durch Verringerung der Hauptfelderregung und zweckmäßige Verkleinerung des Hauptpolluftspaltes kann die Eigenschwingungsdauer leicht verlängert werden. Besonders langsame Eigenschwingungen lassen sich bei den beschriebenen

Digitized by Google

Drehfeldumformern mit Querfelderregung dann erzielen, wenn nur deren oberer Gleichspannungsbereich benützt wird.

Schluß.

Der Verfasser hat in obigen Ausführungen bei Vernachlässigung der Oberfelder, der Ohmschen Spannungsabfälle und Streufelder gezeigt, welchen Einfluß die Reibungs- und Eisenverluste einschließlich der zusätzlichen Verluste auf die Wirkungsweise der Einankerumformer ausüben und in diesem Zusammenhange zwei neue spannungsregelbare Umformerarten mit ihren Eigenheiten der Allgemeinheit näher gebracht. Wenn er hiedurch auch einen wirtschaftlichen Ausbau des Einankerumformers im allgemeinen angeregt haben sollte, wäre der Zweck dieser Betrachtungen reichlich erfüllt.

Rundschau.

Verbrennungskraftmaschinen.

Eine neue kurbellose Kolbenmaschine. Wie Dipl. Ing. A. Leitner in der ZVDI, Heft 11 von 1927, berichtet, ist es anscheinend A. G. M. Michell gelungen, die Schwierigkeiten, welche sich bisher bei Maschinen dieser Art mit einer auf der Maschinenwelle fest sitzenden Taumelscheibe und rund um die Welle angeordneten Zylindern hinsichtlich der Kraftübertragung und der Schmierung ergeben, durch Anwendung seines bekannten Drucklagers[1]) zu überwinden. Eine von einer australischen Firma ausgeführte Zylinder-Viertakt-Gasmaschine für Leuchtgasbetrieb von 100 PSe bei 750 U/min trägt auf einer Welle unter 22·5° gegen die zur Wellenachse senkrechte Ebene aufgekeilt eine elliptische Taumelscheibe und zu beiden Seiten der Scheibe sind je vier einfachwirkende Zylinder von 139·7 mm Durchmesser und 165 mm Hub angeordnet, deren Achsen parallel zur Wellenachse verlaufen. Der Arbeitsdruck wird durch Kolbenstangen und Gleitschuhe auf die Scheibe übertragen. Die Gleitschuhe aus Stahl weisen eine mit Weißmetall ausgefüllte ebene Platte und einen Kugelzapfen auf, der am freien Ende der zugehörigen Kolbenstange beweglich gelagert ist. Die Kugelzapfen sind in bezug auf die Gleitflächen so angeordnet, daß, wie beim Michell-Lager, eine keilförmige Ölschichte sich bildet, welche die metallische Berührung der Gleitflächen verhindert und die Reibung beschränkt. Dadurch sind auch sehr große Flächendrucke (bis 700 kg/cm² bei 15 m/s Gleitgeschwindigkeiten wurden bereits anstandslos übertragen) möglich. Natürlich muß für ausgiebige Benetzung der Gleitflächen mit Öl gesorgt werden. Versuche an der beschriebenen Maschine ergaben bei $^5/_4$ Last einen mechanischen Wirkungsgrad von 90 vH, bei $^4/_{10}$ Last betrug er noch immer 74 vH. J.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Die Wärmeabgabe an den Oberflächen von forciert luftgekühlten elektrischen Maschinen. G. E. Luke berichtet über eingehende Versuchsmessungen, die in Vergleich zu älteren veröffentlichten Messungen gezogen werden. Da ein sehr großer Teil (20 bis 75 vH) der gesamten Temperaturerhöhungen in elektrischen Maschinen auf den Temperatursprung entfällt, der zur Wärmeabgabe von Körper auf Luft notwendig ist, beansprucht die Größe der entsprechenden spezifischen Wärmeabgabe (in Watt pro Grad Temperaturerhöhung und Flächeneinheit) unter den verschiedenen Bedingungen größtes Interesse. Die Versuche hierüber wurden in der Weise ausgeführt, daß Luft mit verschiedener Geschwindigkeit durch verschieden ausgebildete, wärmeisolierte Röhren, die mit Widerstandsheizkörper geheizt wurden, strömen gelassen wurde. Die Wärmeabgabe durch die Rohrwände mußte bei stationärem Zustand der erzeugten Wärme gleich sein, wenn man die Strahlungsverluste abzog. Die Bestimmung der Luftgeschwindigkeit erfolgte indirekt durch Messen der Erwärmung der Luft unter Berücksichtigung der spezifischen Wärme der Luft und der Durchströmungsquerschnitte, und zwar erwies sich diese Meßmethode als verhältnismäßig sehr genau. Als allgemeines Ergebnis der Versuche kann angegeben werden, daß die Wärmeabgabe um so besser ist, je mehr turbulent die Luftströmung ist. Infolgedessen zeigen Rohre mit rauher Oberfläche größere Wärmeabgabe als solche mit glatter Oberfläche und in gleicher Weise wirken auch alle anderen Unregelmäßigkeiten der Strömung. Bei plötzlichen Querschnittsänderungen tritt in der Luftströmung die bekannte „vena contracta" der Hydromechanik auf, mit der Strömungsstörungen und damit ebenfalls stärkere Wärmeabgabe verbunden sind. Infolgedessen ist die spezifische Wärmeabgabe bei kleinerer Länge der Luftröhren mit unverändertem Querschnitt größer und erreicht ihr örtliches Maximum immer beim Eintritt in die Röhre. Bei kürzeren Röhren treten wegen der erwähnten Strömungserscheinung die Unterschiede zwischen glatter und rauher Oberfläche zurück. Es wurde gefunden, daß die Wärmeabgabe der $n$ten Potenz der Luftgeschwindigkeit proportional ist, wobei n zwischen 0·70 und 0·93 liegt. Über den Bereich der Temperaturen bei der Untersuchung (25 bis 150° C) nimmt die Wärmeabgabe bei höherer Temperatur und sonst gleichen Verhältnissen leicht ab, etwa verkehrt proportional der Wurzel aus der absoluten Temperatur. B. G.

(Journal of A. I. E. E., November 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1017; 1927, Heft 7, S. 109.

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Verhalten des Differentialschutzes nach Merz-Price in Mehrphasensystemen, insbesondere bei äußerem Erdschluß. Von F. Ahrberg und W. Gaarz. Der Differentialschutz schützt einen Transformator gegen Kurzschluß, Windungsschluß und in besonderen Fällen gegen Gestellschluß, sofern der Fehler zwischen den Stromwandlergruppen auftritt. Um seine selektive Wirkung zu bewahren, muß er jedoch gegen äußere Kurzschlüsse und Erdschlüsse völlig unempfindlich sein. Das richtige Arbeiten des Schutzes ist nun hauptsächlich von der Schaltung der Wandler und Relais abhängig, die durch die Schaltung der Transformatorwicklungen bedingt ist. Die Schaltung der Differentialrelais erfolgt im Dreieck oder im Stern. Besonderen Vorteil bringt jedoch ein neues Dreiphasendifferentialrelais, das lediglich einen Kontakt aufweist und dessen Energiebedarf so gering ist, daß es auch bei Wandlern kleiner Leistung verwendbar ist[1]). Um den schädlichen Einfluß des Stoßkurzschlußstromes auszuschalten, der das Gleichgewicht der Differentialschaltung vorübergehend stört, muß auch hier ein Zeitrelais verwendet werden. Aber auch die Kernform des Transformators ist von großer Bedeutung für das Verhalten des Schutzes. Bei dreikernigen Transformatoren ist der Differentialschutz immer durchführbar, während er bei Manteltransformatoren oder mehrphasig geschalteten Einphasentransformatoren nur dann wirksam werden kann, wenn mindestens eine der Wicklungen im Dreieck geschaltet ist. Bei Stern-Stern Manteltransformatoren bleibt der Fehlerstrom der kranken Phase infolge der Drosselwirkung der gesunden Wicklungen gewöhnlich so klein, daß der Schutz nicht zum Ansprechen kommen kann. Eine Dreieckwicklung hält jedoch auch in diesem Falle die Spannung der defekten Wicklung aufrecht und der

[1]) Vgl. Wiss. Veröff., IV. Pd.

Digitized by Google

Fehlerstrom kommt voll zur Wirkung. Wesentlich ist auch die Erkenntnis, daß die Fehlerströme in allen Wicklungen, die von ihnen durchflossen werden, phasengleich bezw. um 180° verschoben sind, was auch die experimentelle Nachprüfung mit dem Oszillographen ergab.

Das Verhalten des Differentialschutzes in Mehrphasensystemen bei Erdschluß hängt nicht nur allein von den genannten Faktoren, sondern auch noch von der Art der Erdung der Transformatoren und der Netze ab. Die Schaltung der Wandler und der Differentialstromrelais muß verschieden erfolgen, wenn das Netz ungeerdet, direkt oder über einen Ohmschen Widerstand geerdet, mit einem Löschtransformator oder einer Löschdrossel versehen ist. Alle diese Fälle wurden eingehend untersucht und auch zum Teil experimentell nachgeprüft. Abb. 1 zeigt zum Beispiel die Fehlerstromverteilung bei einem ungeerdeten Stern-Dreieck-Transformator der von der Dreieckseite gespeist wird und auf der Sternseite Gestellschluß aufweist. Die Relais

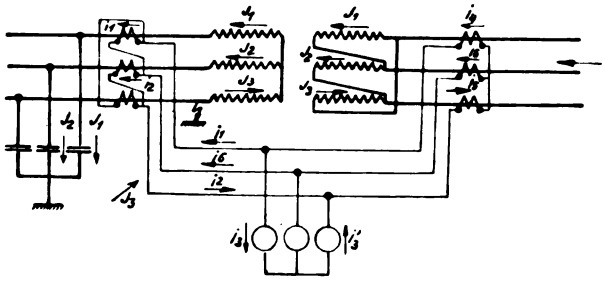


Abb. 1.

sind stromdurchflossen und schalten den Umspanner ab. Es ist aber auch zu ersehen, daß bei einem Erdschluß auf der Dreieckseite nur einer der Primärwandler Strom führt und dieser sich nur dann über die Relais ausgleichen kann, wenn die Sternpunkte der Wandler und Relais verbunden sind. Bei Umspannern deren Schaltung primär und sekundär gleich ist, kann der gleiche Effekt durch Dreieckschaltung beider Wandlergruppen erreicht werden.

Besondere Sorgfalt erfordert die Ausbildung des Schutzes bei geerdeten Transformatoren, da hier jeder äußere Erdschluß eine einphasige Belastung darstellt,

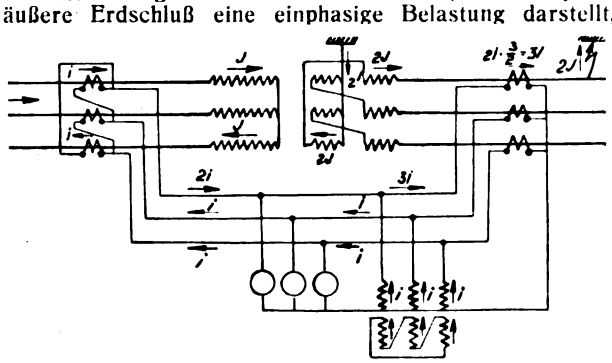


Abb. 2.

auf welche der Schutz bei unrichtiger Schaltung ansprechen würde. In jenen Fällen, in welchen es nicht gelingt, diesen schädlichen Einfluß durch entsprechende Schaltung der Wandler und Relais zu beseitigen kann eine von Neugebauer angegebene Hilfsschaltung angewendet werden. Diese Schaltung, die Abb. 2 für einen Stern-Zickzack-Transformator mit Erdung auf der Zickzackseite zeigt, besteht aus drei kleinen Hilfswandlern, die primär in Stern, sekundär in Dreieck geschaltet sind. Das Wandlergebilde wirkt normal als Drossel, läßt jedoch drei gleichgroße und gleichgerichtete Ströme, wie sie bei Erdschlüssen entstehen, ohne weiteres hindurch und verhindert so ein unrichtiges Ansprechen des Schutzes. Vierleitertransformatoren sind natürlich Transformatoren mit direkter Erdung gleichzuhalten. Auch bei Transformatoren in gelöschten Netzen muß die Schutzschaltung unter Berücksichtigung der gleichen Umstände entworfen werden, nur ist hier der Reststrom in der Regel zu klein, als daß er die Relais bei inneren Erdschlüssen, also Gestellschlüssen zum Ansprechen bringen könnte.

Es ist also dargetan, daß der Differentialschutz nach Merz-Price in allen Fällen bei richtiger Schaltung so ausgeführt werden kann, daß er auf äußere Erdschlüsse nicht anspricht, vorausgesetzt, daß man in der Wahl der Wandler freie Hand hat. Man muß nur die Schutzschaltung jedem einzelnen Fall besonders anpassen. Allerdings muß man mit in Kauf nehmen, daß der Schutz in ungeerdeten Netzen mit kleinem Ladestrom und in gelöschten Netzen auch gegen Gestellschlüsse unempfindlich wird. H. Eigl.

(Wissenschaftliche Veröffentlichungen a. d. Siemenskonzern, Bd. V, Heft 1, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Der moderne Stand der Hochspannungskabeltechnik, namentlich in Frankreich und Italien, bildete bekanntlich einen Gegenstand der Verhandlungen auf dem letzten Congrés de l'Union internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique, Rom 1926.[1]) Da die diesbezüglichen modernen Probleme bekannt sind[2]) soll nur auf die neuesten Ergebnisse, so weit sie in den Vorträgen behandelt werden, kurz eingegangen werden.

Außer über die Methoden der Hochspannungskabelisolierung Pirelli (Emanueli) und Silbermann berichtet Soleri über ein von ihm entworfenes Höchstspannungskabel, bei welchem ähnlich wie beim Pirellikabel durch einen hohlen Leiter dafür gesorgt wird, daß die Imprägnierung der dem Leiter benachbarten Schichte möglichst vollkommen vor sich gehe und daß das Dielektrikum durch Wärmebewegungen nicht leide. Zu diesem Zwecke wird der Kupferleiter als Hohlseil ausgebildet, dessen Inneres aus einem flexiblen durchlässigen Metallkerne, Schlauch aus Drahtgewebe oder dergleichen besteht, um welchen eine Lage besonders durchlässigen Papiers oder Baumwollfäden angeordnet ist. Diese Lage dient einerseits dazu, der Tränkmasse beim Tränkvorgänge einen ungehinderten Zugang zu den im stärksten Kraftfelde ausgesetzten innersten Papierlagen der Isolation zu verschaffen, andererseits dient diese Lage sozusagen als Reservoir für die Tränkmasse, welche von den innersten Schichten der Isolation kapillar angesaugt werden kann, wodurch gerade diese innerste Schichte immer im Zustande vollständiger Imprägnierung erhalten bleiben soll. An einem solchen Einleiterkabel vom Durchmesser unter 55 mm (Isolationsstärke 17·2 mm), das bei einer Spannung von 75 kV eine Maximalbeanspruchung von 4·25 kV/mm aufweist, wurden nachfolgende Proben durchgeführt, ohne daß es zum Durchschlag gekommen wäre. An einer 250 m Länge durch ¼ Stunde 100 kV, an 20 m Länge durch 1 Stunde 100 kV, an einem 10 m-Stück eine Spannungssteigerung bis 240 kV, bei welcher Spannung bloß ein Überschlag an den Endverschlüssen aber keine Beschädigung des Kabels erzielt werden konnte. Eine aus solchen Kabeln gebildete Dreiphasenlinie war in das Netz der Società ellettrica alta Italia eingeschaltet. Bezüglich der Prüfungen ist Soleri der Ansicht, daß ein Kabel, welches bei einer gewissen Spannung nach 2 Stunden nicht durchschlägt, diese Spannung auch dauernd vertragen wird. (Die Erfahrungen widersprechen dem. Der Ber.) Aus diesem Grunde müsse die Spannung bestimmt werden, welche das Kabel 2 Stunden eben noch respektive dauernd eben noch verträgt. Dies geschieht nach Soleri, indem man an einem kurzen Stück mit einer gewissen Spannung beginnt und nach je 2 Stunden die Prüfspannung um einen gewissen Betrag steigert, bis das Stück durchschlägt. An den ganzen Längen sollen nach wie vor Prüfungen bei verhältnismäßig niedrigen Spannungen durch bestimmte Zeiten vorgenommen werden. Ferner sollen Durchschlagsprüfungen an Kabelstücken vorgenommen werden, welche eine Biegeprobe

[1]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1927, Heft 2, S. 19.

[2]) Vgl. Konstantinowsky, E. u. M. 1926, Heft 48, S. 869 ff.

Digitized by Google

hinter sich haben. Die Erdung des neutralen Punktes in Hochspannungsanlagen hält Soleri schon aus rein ökonomischen Gründen für richtig und wichtig.

Palestrino[1]) berichtet über das 130 km lange 22 kV-Kabelnetz der Stadt Turin. Die Kabel, welche von den Firmen Tedeschi, Turin, und Pirelli, Mailand, geliefert wurden, hatten eine Prüfspannung von 50 kV zu passieren. Stücke dieser Kabel konnten bis 350 kV beansprucht werden ohne durchzuschlagen. Die Leiter bestehen aus 19 Drähten je 2·25 mm stark die Isolationsstärke zwischen Leitern sowohl als auch zwischen Leiter und Blei ist 12 mm. Das gesamte Netz weist eine Betriebskapazität von zirka 1 μF auf und trägt daher zur Verbesserung des Leistungsfaktors ganz beträchtlich bei. Als Schutz für das Kabelnetz wurden bei jeder Kabelabzweigung unmittelbar hinter den Schaltern Spulen von 22 000/110 V dreiphasig mit direkt geerdetem Sternpunkt eingeschaltet.

L. Emanuli berichtet über neue Versuche, um die Natur der Gaseinschlüsse in elektrischen Kabeln, ihre Bildung, ihr Verhalten bei starken Feldern aufzuklären. Zu diesem Zweck werden an einem Kabel mit Hohlleiter die dielektrischen Verluste bestimmt. Wird auf das den hohlen Kupferleiter ausfüllende Öl ein Druck ausgeübt, so gelingt es, die in der Kabelisolation enthaltenten Luftbläschen zu komprimieren. Es ergibt sich, daß zwischen dem Verhältnis Luftvolumen zu Kabelvolumen einerseits und der entsprechenden Zunahme des Verlustwinkels andererseits Proportionalität besteht. Die Bildung von Blasen oder das Anwachsen von bereits bestehenden kleinen Luftbläschen unter der Wirkung des elektrischen Feldes wird an zwischen zwei Glasplatten eingeschlossener Tränkmasse und auch an getränkten Kabelpapieren untersucht.

A. Brissonas ist auch der Ansicht, daß der neutrale Punkt in Hochspannungsnetzen über eine Impedanz zu erden sei, weil die Lichtbogen, welche sich bei Erdschluß einer Phase bilden, Hochfrequenzschwingungen hervorrufen. Er verweist im übrigen mit allem Nachdruck darauf, daß die Einrichtung zur Übertragung der Energie durch hochgespannte Gleichströme viel rationeller ist (in einem gegebenen Beispiel viermal rationeller) als die zur Übertragung von Wechselströmen.

F. Marchand berichtet ausführlich über die Vorteile der sogenannten H-Kabel. Bezüglich der Prüfungen an Kabeln ist er der Ansicht, daß die ganzen Längen ½ bis 1 Stunde mit einer Prüfspannung zu prüfen seien, welche einer Maximalbeanspruchung des Dielektrikums von 8 bis 9 kV/mm gleichkommt. Dieser Prüfung soll eine zweite folgen, welche für wenige Minuten das Kabeldielektrikum bis 12 oder 13 kV/mm beansprucht. Die dielektrischen Verluste sollen bis zur 1·5 fachen Betriebsspannung hierauf praktisch konstant bleiben. An kurzen Stücken sollen schließlich Durchschlagsprüfungen bei genau vorgeschriebener Spannungssteigerung vorgenommen werden.

Dr. Konstantinowsky.

(Revue gén. de l'Electr., Bd. 21, Heft 15, 1927.)

Ein neues holländisch-englisches Fernsprechkabel. Dr. U. Meyer. Im Vorjahre ist ein neues Fernsprechkabel zwischen Domburg auf der holländischen Insel Walcheren und Aldeburgh in England ausgelegt worden, da das früher verlegte Pupinkabel und ein Krarupbleikabel für die Sprechverbindungen nicht mehr ausreichten. Das neue von Felten & Guilleaume in Köln-Mühlheim hergestellte Seekabel enthält 4 Vierer mit Papierluftisolation und ist mit einem Bleidoppelmantel umpreßt. Die Kupferleiter der Vierer sind massiv und 2·3 mm stark und mit 0·2 mm starkem Spezialeisendraht umwickelt. Der Kern des Kabels wird durch eine aus sieben Kupferdrähten hergestellte Litze gebildet. Die Bewehrung besteht aus 5·8 mm starken Rundeisendrähten. Die Kabellänge beträgt 156 km. Die Kabellegung erfolgte durch den neuen Kabeldampfer Neptun der Norddeutschen Seekabelwerke in Nordenham. Die spezifische Dämpfung bei $\omega = 5000$ ergab sich zu 0·00975 in der Stammleitung und zu 0·01117 im Vierer. Die mittlere Übersprechdämpfung beträgt 10 und die mittlere Mitsprechdämpfung 7·9, für das Gegennebensprechen sind die entsprechenden Werte 11·9 und 8·7. Die Übersprechdämpfung zwischen der Herzader und den anderen Sprechkreisen ist durchschnittlich größer als 8. Now.

(ETZ, Bd. 47, Heft 48, 1926.)

[1]) L'impresa elettrica, Octobre 1926, p. 718.

Installationstechnik.

Gerätesteckvorrichtungen für elektrische Heizgeräte. Bei Gerätesteckvorrichtungen elektrischer Heizgeräte wird in den letzten Jahren nach den Vorschriften des V. D. E. ein Schutzkasten um die Kontaktstifte gelegt, der beim Einstecken der Gerätedose den Berührungsschutz gewährleistet. Um den Einfluß dieses Schutzkastens auf die Temperatur der Gerätedose festzustellen, hat die AEG im Laboratorium ihrer Heizapparatefabrik umfangreiche Versuche angestellt. Bei diesen wurden an einer Reihe von Bügeleisen die Temperaturen sowohl an der Sohle („unten") als auch an der Litzen-Anschlußstelle („oben") der Gerätedose gemessen und zwar einmal, wenn an dem Bügeleisen der Kontaktschutzkasten anmontiert, ein andermal, wenn er weggelassen war. Die Ergebnisse sind in folgender Zahlentafel zusammengestellt:

Gerätedose	Kontaktschutzkasten	Eisen A 3 kg, 450 W		Eisen B 3 kg, 450 W		Eisen C 3·5 kg, 450 W		Eisen D 3·3 kg, 480 W	
		unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben
I Preßmasse	mit	393	210	277	134	289	142	286	148
	ohne	274	159	229	117	266	136	236	132
II Steatit	mit	298	160	250	141	272	154	269	154
	ohne	208	130	194	121	260	150	214	131
III Steatit	mit	—	—	242	152	260	166	280	179
	ohne	—	—	196	121	209	146	202	134
IV Steatit	mit	—	—	235	121	251	145	242	150
	ohne	—	—	181	112	215	137	221	143
V Steatit armiert	mit	276	264	219	182	254	232	248	221
	ohne	304	234	161	181	212	214	205	211

Es wurden Gerätedosen verschiedener Fabrikate verwendet, teils aus einer Preßmasse, teils aus Steatit, sowie aus Steatit mit einer vernickelten Metallarmierung. Aus den Meßwerten der Zahlentafel ist zunächst zu entnehmen, daß die Metallarmierung die Gerätedose an der Litzenanschlußstelle unzulässig erwärmt. Ferner ist zu erkennen, daß der Kontaktschutzkasten die Temperatur der Gerätedose, sowohl an der Sohle, wie an der Litzenanschlußstelle, ungünstig beeinflußt. Während ohne Schutzkasten Temperaturen von 112 bis 121° gemessen werden, betragen diese Werte mit Schutzkasten 121 bis 152°. Diese Versuchsergebnisse haben die AEG veranlaßt, den Kontaktschutzkasten bei Bügeleisen wegzulassen. An seine Stelle tritt ein an dem Griffbügel befestigter Schutzring, der die Kontaktstifte in ausreichender Höhe umgibt. Durch diesen Ring wird der Berührungsschutz vollkommen gewahrt, indem einpoliges Anstecken der Dose verhindert ist, während durch den Entfall des Kastens die ungünstige Beeinflussung der Temperatur an empfindlichen Stellen des Bügeleisens vermieden wird. Ott.

Isolierrohr mit Metallmantel. Um eisenarmiertes Isolierrohr gegen Rosten zu schützen, wird von den Bergmannwerken die Ummantelung mit einer dünnen Messingplattierung versehen. Diese übt die gleiche Schutzwirkung wie das volle Messingrohr aus, ergibt jedoch letzterem gegenüber eine erhebliche Verbilligung, während das Eisenrohr den Vorteil großer mechanischer Festigkeit bietet. Bei Isolierrohren mit Metallmantel kann dieser durch Zufälle spannungführend werden und Personen bei Berührung gefährden. Um

Digitized by Google

diese Möglichkeit auszuschließen, wird nach Angaben der Bergmannwerke über die Metallumwehrung des Rohres noch eine beliebig ausgeführte Isolierhülle aufgebracht, die nur so stark bemessen ist, daß eine Gefährdung bei Berühren mit Sicherheit vermieden wird; natürlich kann die Isolierung auch derart hergestellt werden, daß sie zugleich den Metallmantel gegen chemische Einflüsse schützt. fl.

(Bergmann-Mitteilungen, 5. Jahrg., Heft 1, 1927.)

Fassungen mit Berührungsschutz der Bergmann-Werke. Derartige Fassungen mit Berührungsschutz und geeignete Schutzmittel, die Fassungen älterer Bauart in solche mit Berührungsschutz verwandeln[1]), gewinnen für die Installationstechnik erhöhte Bedeutung[2]). Von den Bergmannwerken wurden zwei Fassungen mit Berührungsschutz herausgebracht. Beiden gemeinsam ist, daß das gegen Verdrehung gesicherte Fassungsgewinde auf einem im Fassungsmantel befestigten Isolierring angebracht und nicht spannungführend ist, sondern lediglich zum Tragen der Lampe dient. Die Stromzuleitung zum Sockelgewinde der Lampe erfolgt durch einen oberhalb des Gewinderinges angeordneten Außenkontakt. Letzterer wird bei einer Ausführungsform von zwei in der Achsenrichtung herabragenden, entsprechend gekrümmten Flachfedern gebildet, bei der anderen Bauart durch eine Schraubenfeder, in die das Sockelgewinde eingreift. Bei beiden Typen wird die Glühlampe also an ein spannungsloses Fassungsgewinde angesetzt und beim Einschrauben erhält das Lampengewinde erst dann durch den Außenkontakt Spannung, wenn der Sockel selbst von dem Fassungsmantel ganz verdeckt und daher der Berührung entzogen ist. fl.

(Bergmann-Mitteilungen, 5 .Jahrgang, Heft 1, 1927.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Lokomotiven für Spanien und Indien. Die Maschinenfabrik Oerlikon erhielt im Herbst 1926 22 Personen- und Güterzuglokomotiven der Achsfolge C — C für die spanische Nordbahn in Auftrag. Die für 1500 V (1100 — 1800 V) Gleichstrom zu bauenden Lokomotiven besitzen eine Einstundenzugkraft von 16 700 kg, eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h und ein Gewicht von 90 t. Der Antrieb erfolgt durch sechs Tatzenlagermotoren von je 340 PS einstündig bei 33 km/h, 275 PS dauernd bei 35 km/h, 1300 mm Triebraddurchmesser, 1 : 4·94 Vorgelegeübersetzung.

Für die Great Indian Peninsula Ry. liefert die General Electric Company Ltd., London, nach Plänen und unter Mitwirkung der Maschinenfabrik Oerlikon eine 2 C 2-Schnellzuglokomotive für 1500 V Gleichstrom als Probelieferung. Die drei Treibachsen von 1900 mm Triebraddurchmesser werden durch je einen Zwillingsmotor von 2 × 360 PS dauernd bei 56 km/h mittels Hohlwelle und federnder Kupplung, System Oerlikon angetrieben; die Dauerzugkraft der Lokomotive beträgt 10 400 kg, die Höchstgeschwindigkeit 136 km/h. W.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 65, November 1926.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Überwachung von Telephonanlagen zur Instandhaltung der Übertragungsgüte. Von P. E. Erikson und R. A. Mack. Unter Frequenzverzerrung einer Fernsprechanlage für den Weitverkehr ist bekanntlich das Zerrbild im Fernsprechfrequenzband, das durch die unterschiedliche Dämpfung der einzelnen Frequenzen entsteht, zu verstehen. Im Falle, daß Zweidrahtverstärker in der Leitung verwendet werden, kann die Frequenzverzerrung zeitweiligen Änderungen unterworfen sein, je nach dem vorhandenen Spielraum zwischen dem Verstärkungsgrad bei dem der Verstärker arbeitet und dem Pfeifpunkt, der sich aus der Ungenauigkeit des Abgleiches zwischen Leitung und ihrer zugehörigen Nachbildung ergibt. Normalerweise sind diese Verstärker derart eingestellt, daß innerhalb bestimmter Grenzen die Frequenzverzerrung ein Minimum ist, jedoch kann es vorkommen, daß bei Leitungsstörungen dieser Impedanzgleichgewichtszustand gestört wird, wodurch dann die Verstärkungsziffern bei verschiedenen Frequenzen von den normalen Werten abweichen und so unter Umständen eine heftige Frequenzverzerrung verursachen. Der Lautstärkewirkungsgrad einer Telephonanlage bestimmt die Übertragungsgüte des ganzen Systems und soll bei verschiedenen Frequenzen gemessen werden. Es kann jedoch auch die Messung mit einem normalisierten komplexen Klang durchgeführt werden. Für die Überwachung einer Fernsprechanlage hat es sich als vorteilhaft erwiesen, den Lautstärkewirkungsgrad der einzelnen Teile einer Fernsprechanlage getrennt zu messen. Wie derartige Messungen auszuführen sind, wird von den Verfassern ausführlich beschrieben. *a)* Endapparatur-Lautstärkewirkungsgrad. Der Lautstärkewirkungsgrad soll durch den Vergleich mit einem Normalapparat von bekanntem Wirkungsgrad durchgeführt werden, und zwar sollen diese Messungen in bestimmten nicht zu langen Zeiträumen wiederholt werden. *b)* Zentralenverluste. Diese werden mit einem Dämpfungsmesser durch den Vergleich der Zentralendämpfung mit einer bekannten, regulierbaren Dämpfungseinheit bestimmt. Hierbei soll Wechselstrom von 1000 Hertz verwendet werden. *c)* Leitungsdämpfung. Die Messung der Leitungsdämpfung erfordert an jedem Ende der Leitung die gleichen Apparate, welche aus einem Oszillator und einem Empfangsgalvanometer mit Verstärker bestehen. Der eigene Oszillator wird zunächst über eine künstliche Leitung von bekannter Dämpfung an den eigenen Empfangsapparat angeschlossen und der Ausschlag des Galvanometers bestimmt. Alsdann wird der Oszillator am entfernten Ende über die zu messende Leitung und über eine regulierbare künstliche Leitung an diesen Empfangsapparat angeschlossen und die künstliche Leitung solange reguliert bis das Galvanometer den gleichen Ausschlag zeigt wie vorher. Die Differenz der Dämpfungswerte der künstlichen Leitung in beiden Fällen ist dann gleich der Dämpfung der zu messenden Fernleitung. Voraussetzung dabei ist, daß beide Oszillatoren die gleiche Energie liefern. *d)* Verstärkergewinn. Die Messung des Verstärkergewinnes erfolgt mit einem Apparat, der im großen und ganzen demjenigen zur Messung der Zentralenverluste ähnlich ist. Dem Verstärker werden auf beiden Seiten feste künstliche Leitungen bekannter Dämpfung vorgeschaltet und dann die Dämpfung dieses kombinierten Gebildes (Verstärker und Kunstleitungen) mit einer regulierbaren Dämpfung verglichen, der Verstärkergewinn ist dann die Differenz zwischen den, dem Verstärker vorgeschalteten festen Dämpfungen und der regulierbaren bei gleicher Lautstärke im Empfangstelephon oder gleichem Galvanometerausschlag bei Verwendung eines Empfangsgalvanometers. *e)* Gleichförmigkeit der Leitungsimpedanz. Wird die Leitung mit Zwischenverstärkern betrieben, so ist außerordentlich großes Gewicht auf eine Gleichförmigkeit der Leitungsimpedanz zu legen, weil davon in sehr hohem Maße der anwendbare Verstärkungsgrad und die durch den Verstärker verursachte Verzerrung abhängt. Die zu untersuchende Leitung wid über einen Dreiwicklungstransformator an eine Nachbildung angeschlossen und bei verschiedenen Frequenzen die Energie (in Dämpfungseinheiten) gemessen, die bei Erregung des Systems durch einen Oszillator in den neutralen Punkten des Dreiwicklungstransformators vorhanden ist. Die Schaltung ist genau die gleiche, wie sie beim Zweidrahtverstärker benutzt wird. Kelch.

(Technische Mitteilungen der Schweizerischen Telegraphen- und Telephonverwaltung, Jahrg. 5, Heft, 1927.)

[1]) Zum Beispiel „Sava-Schutzring" der AEG, vgl. E. u. M. 1927, Heft 23, S. 468.

[2]) Die vom EVW neu herausgegebenen, ab 1. September d. J. giltigen, Sicherheitsvorschriften schreiben in § 59, Abschnitt 3, für Fassungen einen Berührungsschutz vor, der auch während des Einschraubens der Lampen wirksam sein muß.

Digitized by Google

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Ein die Stromverteilung in linearen Leitern beherrschendes Prinzip stellt F. Wenner auf. In einem System aus linearen, dem Ohmschen Gesetze unterworfenen Zweigen gilt für eine beliebige Verteilung der EMKe über das System der Grundsatz: Man erhält die Stromstärke in einem beliebigen Zweige des Systems, wenn man die gesamten in letzterem wirkenden EMKe durch eine einzige im Zweige wirkende EMK ersetzt, die gleich der bei seiner Unterbrechung an der Unterbrechungsstelle auftretenden Potentialdifferenz ist. Man kann nämlich in einem beliebigen Zweige k einer Leiterverzweigung der angegebenen Art eine Gegen-EMK $-E_k$ einführen, welche, den Strom i^k durch Superposition eines entgegengesetzten Stromes $-i_k$ zum Verschwinden bringt. Ein solcher Zweig kann dann ohne weiteres unterbrochen werden, ohne daß an der Unterbrechungsstelle eine Potentialdifferenz auftritt. Schaltet man jedoch nach der Unterbrechung der Gegen-EMK $-E_k$ wieder aus, so tritt natürlich an der Unterbrechungsstelle eine ihr entgegengesetzte Potentialdifferenz $+E_k$ auf, die dann bei Abwesenheit aller sonstigen in der Leiterverzweigung wirkenden EMKe für sich allein als EMK wirkend gedacht, ebenso wie $-E_k$ den Strom $-i_k$, nunmehr den Strom $+i_k$ erzeugen würde.

Das Prinzip ist natürlich ebenso, wie die Kirchhoffschen Sätze, aus denen es hervorgegangen ist, auch auf Wechsel-EMKe anwendbar, wenn man an Stelle der Ohmschen Widerstände die komplexen Impedanzen einführt. Es ist auch auf Systeme anwendbar, in denen verschiedene Zweige oder Teile eines Zweiges untereinander kapazitiv oder induktiv gekoppelt sind. Ebenso gilt es für Zweige von so großem Querschnitte, daß die Querverteilung des Stromes vom zeitlichen Verlaufe der wirksamen EMK abhängt, wie auch für solche Zweige, die in bezug auf ein konstanes Magnetfeld ihre Lage ändern und dadurch eine EMK erzeugen, wie zum Beispiel Galvanometer- und Telephonzweige und dergleichen. Die in der Leiterverzweigung wirksamen EMKe können beliebigen zeitlichen Verlauf aufweisen, da die Kirchhoffschen Gesetze auch für Augenblickswerte Geltung besitzen. Nur ist notwendig, daß die Potentialdifferenz zwischen zwei Systempunkten linear von der EMK abhängt. Eine Ausnahme hievon ist nur in jenem Zweige zulässig, in welchem die Stromstärke bestimmt werden soll.

1. Beispiel. Spannungsmessung nach Brooks zwischen zwei Punkten einer Leiterverzweigung unter Verwendung eines Voltmeters, dessen Einschaltung eine merkliche Verringerung der Potentialdifferenz bewirkt. Ist V_1 die Voltmeterablesung und V_2 eine zweite Voltmeterablesung, die man erhält, wenn der Widerstand des Voltmeterzweiges verdoppelt wird, so ist die Potentialdifferenz V vor dem Anlegen des Voltmeters

$$V = V_1 . V_2/(V_1 - V_2).$$

Sind i_1 und i_2 die den beiden Voltmeterablesungen entsprechenden Stromstärken, ferner r der Widerstand des Voltmeters und R der Widerstand der Leiterverzweigung zwischen den beiden zu messenden Punkten, so ist unter Anwendung des eingangs angeführten Prinzips

$$i_1 = V/(R + r) = V_1/r;$$

$$i_2 = V/(R + r) = V_2/r;$$

$$V = V_1 (1 + R/r) = V_2 (2 + R/r)$$

und bei Elimination von R/r wieder

$$V = V_1 . V_2/(V_1 - V_2).$$

2. Beispiel. Zwei von einer Zentralstation ausgehende Hochspannungsspeiseleitungen mit den Widerständen r_1 und r_2, die zwei getrennte Gebiete versorgen, zeigen an ihren Endpunkten einen Spannungsunterschied von 260 V. Die Endpunkte sollen durch eine Ausgleichsleitung vom Widerstande ϱ so verbunden werden, daß die eine Speiseleitung um j A weniger und die andere um den gleichen Betrag mehr belastet wird. Nach dem angeführten Prinzip ist

$$j = 260/(r_1 + r_2 + \varrho)$$

daher

$$\varrho = 260/j - (r_1 + r_2)$$

zu machen.

3. Beispiel. Es ist der Strom im Galvanometerzweige einer nahezu abgeglichenen Wheatstoneschen Brücke zu berechnen. An den Knotenpunkten a und c liegt die EMK E; zwischen den Knotenpunkten b und d der Galvanometerzweig mit dem Widerstande G. Der Widerstand im äußeren Kreise ist zu vernachlässigen. Die Widerstände und Spannungsabfälle in den vier Brückenzweigen sind:

Brückenzweig	ab	bc	ad	dc
Widerstand	X	Y	A	B
Spannungsabfall	$EX/(X+Y)$	$EY/(X+Y)$	$EA/(A+B)$	$EB/A+B)$

Die EMK e_g und der Strom i_g im Galvanometerzweige sind daher:

$$e_g = E.\ [X/(X + Y) - A/(A + B)];$$

$$i_g = e_g/R;\ R = G + XY/(X + Y) + AB/(A + B).$$

Der angegebene Wert von R, das ist des Widerstandes der Verzweigung gemessen an einer Unterbrechungsstelle zwischen den Punkten b und d, ist nur bei abgeglichener Brücke genau, sonst aber nur angenähert richtig.

4. Beispiel. Der Kompensationsapparat nach Brooks, Modell 5, auf den hier nicht näher eingegangen werden soll.

5. Beispiel. Ein Galvanometer vom Widerstande G, das mit einer Stromquelle von der EMK E und dem Widerstande X verbunden ist, soll so mit einem Nebenschlusse versehen werden, daß sowohl die Stromentnahme aus der Stromquelle, als auch die Dämpfung des bewegten Systems unverändert bleiben, während die Empfindlichkeit für konstante Ablenkung auf $1/n$ ihres ursprünglichen Betrages vermindert wird. Hiezu wird mit der Stromquelle der Widerstand S, mit dem Galvanometer der Widerstand T in Reihe geschaltet. Der so entstandene Stromkreis $EXSTG$ wird durch den einerseits zwischen S und T, andererseits zwischen E und G angeschlossenen Widerstand P überbrückt. Die ungeänderte Inanspruchnahme der Stromquelle mit dem Strome J liefert:

$$J = E/[X + S + P(T + G)/(P + T + G)] = E/(X + G);$$

$$S + P(T + G)/(P + T + G) = G \quad \ldots\ldots 1)$$

Die Forderung des Empfindlichkeitsverhältnisses liefert:

$$i_g = E . P/(P + T + G) . [X + S + P(T + G)/(P + T + G)] =$$

$$= E/n\,(X + G);\ P/(P + T + G) = 1/n \quad \ldots\ldots 2)$$

Die zweite der Gleichung (2) erhält man nach Division der ersten durch die erste der Gleichungen (1). Die Bedingung des unveränderten Dämpfungswiderstandes ist unter Anwendung des behandelten Prinzips aufzustellen. Ist

$$E' = E . P/(P + X + S)$$

die Spannung an den Klemmen des irgendwo unterbrochenen Galvanometerkreises und R der Widerstand der Schaltung zwischen den Enden der Unterbrechungsstelle, so ist

$$i_g = E . P/R . (P + X + S);$$

nun soll aber R den gleichen Wert, wie ohne S, T und P besitzen, also $R = X + G$ sein, es ist daher

$$i_g = E . P/(X + G)\,(P + S + X);\ P/(P + X + S) = 1/n \quad \ldots 3),$$

wobei man die zweite Gleichung (3) durch Elimination von i_g aus der ersten mit Hilfe der ersten der Gleichungen (2) erhält. Hiemit ergibt sich schließlich

$$S = (Gn - X)/(n + 1);\ P = n(X + G)/(n^2 - 1);$$

$$T = (nX - G)/(n + 1),$$

welche Gleichungen auch R. Edler[1]), wenn auch auf

[1]) E. u. M. 1915, S. 135.

Digitized by Google

einem anderen Wege erhielt. Die Aufgabe wurde zuerst von Volkmann gelöst, dessen Gleichungen aber noch viel komplizierter ausfielen.

6. Beispiel. Ein Millivoltmeter, von dem nichts bekannt ist, als daß es nach Bruchteilen von Volt richtig geteilt ist und bei 2 Ohm Vorschaltwiderstand und 0·15 V Spannung den vollen Skalenausschlag liefert, soll auf den zehnfachen Meßbereich eingerichtet werden. Werden zwei Widerstände A und B in Reihe geschaltet und das Millivoltmeter ohne weiteren Vorschaltwiderstand an die Enden von B angelegt, so gelten die Beziehungen $B/(A+B) = 0{\cdot}1$ und $AB/(A+B) = 20$, woraus man $A = 200\ \Omega$ und $B = 22{\cdot}22\ \Omega$ erhält.

7. Beispiel. Es ist der Strom im Telephonkreise der Induktionswage von Hughes[1]) nach Abb. 3 bei nahezu abgeglichener Brücke zu bestimmen. E ist die

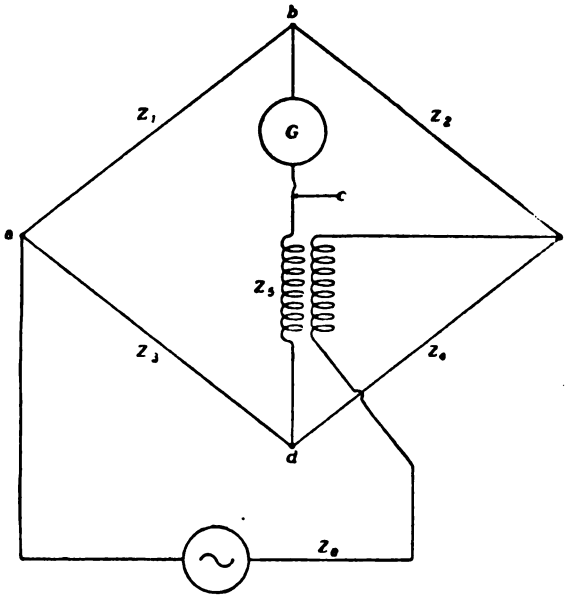


Abb. 3.

Wechsel-EMK des Generators, ig der Strom im Telephonkreise bd; Z_1 bis Z_6 komplexe Impedanzen und $M_{5,6}$ die imaginäre, wechselseitige Induktivität zwischen den Zweigen 5 und 6. Ist der Telephonzweig zwischen b und c unterbrochen, so ist der Gesamtstrom gleich

$$E.(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4)/Z_n^2,$$

worin

$$Z_n^2 = Z_6(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) + (Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4)$$

ist, und der Potentialabfall zwischen d und c ist das $M_{5,6}$-fache dieses Stromes. Der Potentialabfall a—d ist

$$E.Z_3(Z_1 + Z_2)/Z_n^2$$

und der von $a-b$ ist

$$E.Z_1(Z_3 + Z_4)/Z_n^2.$$

Das Potential an den Telephonklemmen ist gleich dem von $a-b$ plus dem von $d-c$ und minus dem von $a-b$. Es ist also:

$$ig = E.[(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4)M_{5,6} + Z_1Z_3 - Z_1Z_4]/Z_m Z_n^2;$$

$$Z_m = Z_5 + (Z_1 + Z_3)(Z_2 + Z_4)/(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4).$$

Z_m ist die Impedanz gemessen an den Enden einer Unterbrechungsstelle in Telephonzweige bei nahezu abgeglichener Brücke oder sehr hoher Impedanz in der Stromquelle.

8. Beispiel. Bestimmung der Stromstärke im Telephonkreise der Andersonschen Brücke[2]) bei nahezu abgeglichener Brücke. Die Lösung erfolgt analog, wie im vorhergehenden Beispiele. R. H. (Scientif. Papers of the Bureau of Standards, Nr. 531.)

[1]) Proc. Phys. Soc., 3, S. 81: 1880.
[2]) Phil. Mag., 5, Ser. 31, S. 329, 1891.

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

Regelung von Gleichstrommaschinen.

(Fortsetzung aus Heft 29, Seite 605.)

Eine Querfeldgleichstrommaschine, besonders für Fahrzeugbeleuchtung, die also auf Lampen und Batterien arbeitet und deren Hauptfeld eine Nebenschlußwicklung und zwei einander entgegengesetzt wirkende Reihenschlußwicklungen aufweist, wird von der Firma Ganzsche Elektricitäts-Actien-Gesellschaft in Budapest angegeben. Erfindungsgemäß ist der Lampenstromkreis l (Abb. 2) lediglich an die die Ankerrückwirkung schwächende Reihenschlußerregerwicklung p und die Batterie d an die andere, die Ankerrückwirkung unterstützende Reihenschlußerregerwicklung n des Hauptfeldes F der Maschine geschaltet. Die von der Batteriespannung gespeiste Nebenschlußwicklung s erzeugt an den Bürsten b, b des Ankers a eine Spannung, deren Größe von der Umlaufzahl des Ankers abhängt. Bei Änderung der Drehrichtung ändert sich außer der Richtung dieser Spannung, infolge der Umkehr der Stromrichtung in den Spulen m, m, auch die Richtung des Querfeldes. Die Wirkungen dieser beiden Änderungen auf die durch das Querfeld an den

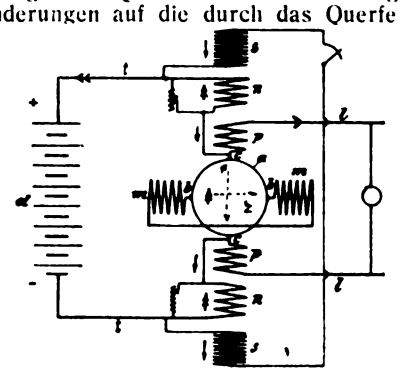


Abb. 2.

Bürsten c, c erzeugte Nutzspannung heben sich also gegenseitig auf, so daß deren Sinn unverändert bleibt. Ist E die Nutzklemmenspannung und R der Widerstand des Nutzstromkreises l, l so ist der in diesem fließende Strom $J = \frac{E}{R}$. Die Spannung im Batteriestromkreis t, t ergibt sich aus dem Unterschied der Dynamonutzspannung E und Klemmenspannung e der Batterie. Ist r der Wirkwiderstand dieses Stromkreises so ist die Stromstärke desselben $i = \frac{E-e}{r}$. Hieraus ist ersichtlich, daß während in dem Nutzstromkreis l, l sich die Stromstärke proportional mit der Dynamonutzspannung E ändert, die in dem Batteriekreise t, t bei Änderung der Klemmenspannung e auftretende Veränderung der Stromstärke bedeutend größer ist, als dies der Proportionalität mit der Änderung der Dynamonutzspannung E entsprechen würde. Steigt diese also bei Zunahme der Umlaufzahl, so wird infolge des raschen Anwachsens des Ladestromes der Sammelbatterie die Amperewindungszahl der Reihenschlußfeldwicklung n stark wachsen und das Hauptfeld F herunterdrücken, so daß bei verhältnismäßig geringem Ansteigen der Drehzahl das Hauptfeld sehr stark geschwächt wird. (Ö. P. Nr. 106158.)

Eine Erfindung der ÖSSW in Wien betrifft eine Anordnung zur Erzeugung einer konstanten oder nahezu konstanten Spannung durch Gleichstromgeneratoren veränderlicher Drehzahl. Erfindungsgemäß wird die konstante Spannung durch zwei gegeneinander geschaltete Gleichstromgeneratoren erzeugt, deren die Spannung in Abhängigkeit von der Drehzahl darstellende Kennlinien parallel verlaufen. Abweichungen, die besonders im ersten Teil der Kennlinien infolge der magnetischen Verhältnisse im Erregerkreis auftreten, lassen sich dadurch beseitigen, daß man auf einen der beiden Generatoren oder auch auf beide zusätzliche Wicklungen legt, die bei zu großem Spannungsunterschied das Feld des Generators mit der höheren Spannung schwächen, das des anderen stärken. (Ö. P. Nr. 103631.)

Digitized by Google

Eine Erfindung der SSW betrifft eine Schaltvorrichtung zum Parallelschalten von Gleichstromerzeugern veränderlicher Drehzahl mit Akkumulatoren. In Windkraftanlagen, bei welchen mit der in der Sammlerbatterie aufgespeicherten Energie besonders in windstillen Perioden sehr haushälterisch umgegangen werden muß, ist die Forderung zu erfüllen, daß während des Stillstandes des Stromerzeugers neben der Speisung der Nutzstromkreise keine Energie für die Erregerwicklungen der Schaltvorrichtung aus der Batterie entnommen wird. Dies wird durch die Anordnung gemäß der Erfindung erreicht, bei welcher die Hauptwicklung eines polarisierten Relais, welches das Parallelschaltschütz steuert, mittels eines parallel zum Stromerzeuger geschalteten Hilfsschützes vor dem Parallelschalten zwischen Stromerzeuger und Batterie, nach dem Parallelschalten ohne Änderung der Stromrichtung parallel zur Gegenkompoundwicklung des Stromerzeugers geschaltet wird, so daß das Relais einerseits die Differenzspannung zwischen Erzeuger und Batterie mißt und andererseits sich die Stromrichtung in seiner Hauptwicklung bei Rückstrom umkehrt.

(D. R. P. Nr. 434458.)

Regelung von Gleichstrommotoren.

Eine Erfindung der AEG in Berlin bezieht sich auf zwei voneinander unabhängige Antriebe, die elektrisch oder mechanisch zu kuppeln sind, wie dies zum Beispiel bei Greifersteuerungen erforderlich ist, bei welchen für das Schließen und Öffnen des Greifers je ein besonderes Triebwerk vorgesehen ist. Bei solchen Steuerungen besteht die Gefahr, daß der Führer das Kuppeln bei verschieden geschalteten Anlaßwiderständen der Motoren vornimmt, und den auf schnelleren Lauf geschalteten Motor überlastet. Gemäß der Erfindung ist deswegen ein von der Differenz bestimmter elektrischer Betriebsgrößen der beiden Antriebsmotoren abhängiger Elektromagnet (Differentialrelais) oder ein von diesem gesteuertes, die Kupplung schaltendes Schütz mit einem Hilfskontakt vorgesehen, der bei gleicher Belastung der beiden Antriebsmotoren diese miteinander kuppelt. Durch die Erfindung wird also das Einschalten der Kupplung bei ungleicher Belastung in Abhängigkeit von den tatsächlichen inneren Verhältnissen der Antriebsmaschinen verhindert, was den Vorteil hat, daß man auch Zufälligkeiten, zum Beispiel ungleich bemessene Anlaßwiderstände mit der Sicherheitsvorrichtung umfaßt. (D. R. P. Nr. 440633.)

Bei Kranen mit zwei oder mehr gleichzeitig arbeitenden Hubwerken, insbesondere Lokomotivhebekranen, wird häufig zur Aufnahme der Last eine mit ihren beiden Enden an den Kranhaken zweier Hubwerke befestigte Traverse verwendet. Gegenstand einer Erfindung der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien ist eine Einrichtung, welche das Arbeiten mit einem mit zwei Hubwerken versehenen Kran nur so lange ermöglicht, als die Hub- oder Höhendifferenz zwischen beiden Haken einem bestimmten, in bezug auf die Schräglage der Traverse als noch zulässig festgesetzten Wert nicht überschreitet und welche eine Stillsetzung der Hubwerke bewirkt, sobald dieser Wert erreicht, also eine gewisse noch als unschädlich erachtete Schiefstellung der Traverse eingetreten ist. Erfindungsgemäß wird die Stillsetzung der Hubwerke, durch einen an beliebiger Stelle der Traverse angebrachten Pendelschalter bei Erreichung der zulässigen Grenzlage erreicht. Dieser unterbricht den Stromkreis des Hubmotors oder die Zuleitung zur gesamten elektrischen Kranausrüstung. (Ö. P. 105299.)

Bei mancherlei Arbeitsmaschinen, wie zum Beispiel Kalandern, Rotationsmaschinen und dergleichen, ist es erforderlich, für bestimmte Arbeitsvorgänge die Maschine sehr langsam laufen zu lassen. Um dies wirtschaftlich und einwandfrei durchführen zu können, verwendet man für die normalen Arbeitsgeschwindigkeiten einen großen Hauptmotor, während die Hilfsgeschwindigkeit (bei Rotationsmaschinen zum Beispiel beim Einziehen) durch einen kleinen Hilfsmotor erreicht wird, der mit dem Hauptmotor durch eine Überholungskupplung verbunden ist. Zum schnellen Stillsetzen ist noch ein Bremsmagnet nötig. Gemäß einer Erfindung der SSW werden Haupt- und Hilfsmotor durch ein Schütz in Reihe an das Netz gelegt. Durch Drücken auf einen Einschaltknopf 15 (Abb. 3) erhält die Wicklung 16 des Hauptschützes Strom, so daß seine Kontakte 13 geschlossen werden und Haupt- und Hilfsmotor 11 bezw. 12 ans Netz legen; außerdem wird an den Kontakten 18 der Bremslüftmagnet betätigt. Da der vom Hilfsmotor 12 aufgenommene Strom zur Inbetriebsetzung des Hauptmotors 11 nicht ausreicht, läuft bloß der erstere an. Um

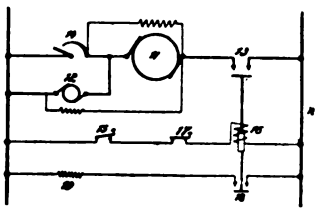


Abb. 8.

die Geschwindigkeit des Antriebes zu steigern, wird der Anlasser 14 des Hauptmotors parallel zum Hilfsmotor geschaltet, wodurch dieser stufenweise kurzgeschlossen werden kann. In dem Maße wie der Hauptmotor seine Drehzahl erhöht, sinkt jene des Hilfsmotors, so daß mittels der Überholungskupplung ein stoßfreier Übergang von der Hilfs- zur Hauptgeschwindigkeit erzielt wird. Durch Drücken auf den Ausschaltknopf 17 wird der Stromkreis des Schützes 16 unterbrochen und die Maschine durch Einfallen der Bremse sofort stillgesetzt.

(Ö. P. Nr. 106169.)

Gegenstand einer Erfindung der AEG in Berlin ist eine Einrichtung zum gleichmäßigen Steuern mehrerer getrennt voneinander elektromotorisch angetriebener Apparate, mit deren beweglichen Teilen Einstellvorrichtungen mit als Spannungsteiler geschalteten Widerständen mechanisch gekuppelt sind. Diese Einfachheit und Betriebssicherheit gewährleistende Einrichtung besteht im wesentlichen darin, daß die Verstellvorrichtungen über Relais derart miteinander verbunden sind, daß die letzteren bei nicht übereinstimmender gegenseitiger Stellung der Apparate zueinander von den die Apparate antreibenden Elektromotoren bloß die jeweils voreilenden so lange umsteuern, bis die gegenseitige Stellung sämtlicher Apparate wieder übereinstimmt.

(D. R. P. Nr. 435801.)

Eine Erfindung der SSW in Berlin betrifft eine Regelvorrichtung zum Aufrechterhalten bestimmter Drehzahlverhältnisse von zwei oder mehreren Motoren. Erfindungsgemäß wird der angestrebte Zweck dadurch erreicht, daß eine auf mechanischem oder elektrischem Wege aus den Motordrehzahlen gebildete Geschwindigkeits-Komponente in Verbindung einer Vergleichsdrehzahl in an sich bekannter Weise mechanisch oder elektrisch auf einen Drehzahlregler wirkt. In einem Ausführungsbeispiel sind 1 und 2 (Abb. 4) zwei Antriebsmotoren, deren Umdrehungen durch die Wellen 3 und 4 auf ein Differenzialgetriebe 5 übertragen werden. Das zugehörige Planetenrad läuft dann mit der Differenz der

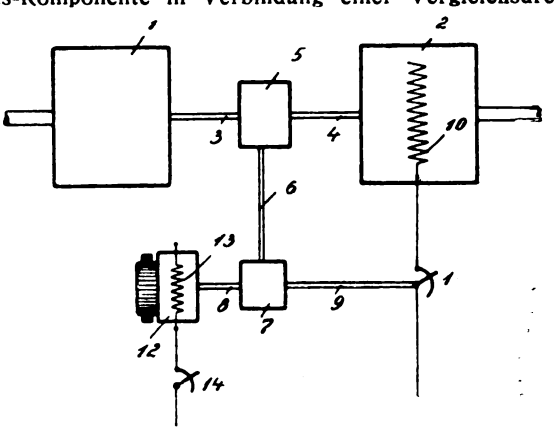


Abb. 4.

Digitized by Google

Drehzahlen der beiden Motoren um. Diese Differenzdrehzahl wird durch die Welle 6 auf ein Rad des Differentialgetriebes 7 übertragen, dessen Gegenrad durch die Welle 8 mit der Vergleichsgeschwindigkeit gedreht wird. Mit dem Planetenrad steht die Welle 9 in Verbindung, die einen vor der Magnetwicklung 10 des Motors 2 liegenden Widerstand 11 verstellt. Die einstellbare Vergleichsdrehzahl wird der Welle 8 beispielsweise durch einen Gleichstrommotor 12 mit Federregler 14 erteilt. Eine wesentlich andere Charakteristik erhält der Antrieb, wenn das Differentialgetriebe so eingerichtet ist, daß die Welle 6 mit der Summe der Drehzahlen der Motoren 1 und 2 läuft. Die Herstellung der Geschwindigkeits-Komponente kann auch elektrisch erfolgen, indem die beiden Motoren 1 und 2 mit Schleifringen versehen werden, an die der feststehende und umlaufende Teil eines doppelt gespeisten Asynchronmotors angeschlossen ist. Die Umlaufzahl der Welle dieses Asynchronmotors entspricht dann je nach der Schaltung der Summe oder der Differenz der Periodenzahlen, der aus den Motoren 1 und 2 entnommenen Drehströme und damit auch deren Drehzahlen. Der Asynchronmotor tritt an die Stelle des Differentialgetriebes 5, die Wirkungsweise ist sonst die gleiche. (Ö. P. Nr. 104573.)

Eine Erfindung der Ö S S W in Wien bezieht sich auf Anordnungen zur Sicherung des Gleichlaufes kommutierender Maschinen, zum Beispiel Gleichstrommaschinen, die zu Schleifringen führende Anzapfungen im Anker haben und schleifringseitig als Synchronmaschinen elektrisch verbunden sind. Bei solchen Maschinen treten etwa durch ungleiche Lastverteilung Kommutierungsschwierigkeiten auf, die auch durch normale Wendepole nicht zu beseitigen sind. Erfindungsgemäß werden die im Gleichlauf zu haltenden Maschinen mit zusätzlichen, von den synchronisierenden Strömen abhängigen Wendepol- und Kompensationserregungen versehen. Die Wendefelder werden bei allen Schwankungen des Gleichlaufs selbsttätig so beeinflußt, daß sie deren schädliche Rückwirkungen auf die Kommutierung unterdrücken. Besonders vorteilhaft ist die Anordnung dann, wenn die in Gleichlauf zu haltenden Maschinen in Serie geschaltet werden. 1 und 2 (Abb. 5) sind die zum Beispiel die beiden Walzen eines Glättwalzwerkes antreibenden in Reihe geschalteten Gleichstrommotoren mit den gewöhnlichen Reihenschlußwendepolwicklungen 3, 4. Die Feldwicklungen sind nicht dargestellt. Die Ankerwicklungen sind mit Schleifringen verbunden und diese über einen Transformator 5 miteinander elektrisch gekuppelt. In den Phasenleitungen liegt unmittelbar oder über Stromwandler in Reihe geschaltet die Erregerwicklung einer Kommutatormaschine 6, welche kollektorseitig die zusätzlichen Wendepolwicklungen 7 und 8 der Gleichstrommotoren 1 und 2 speist. Die vom Läufer 9 erregte mit unbewickeltem Ständer 10 versehene Kommutatormaschine wird entgegen der Umlaufrichtung des von den synchronisierenden Strömen erregten Drehfeldes mit der entsprechenden synchronen Drehzahl angetrieben, so daß das Feld im Raume stillsteht und in der Kollektorwicklung 14 einen Gleichstrom induziert. (Ö. P. Nr. 104955.)

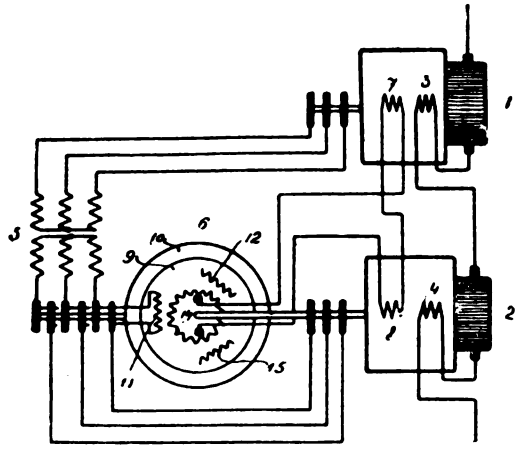


Abb. 5.

Bei Anlagen, bei welchen ein oder mehrere Gleichstrommotoren hintereinander in den Stromkreis einer in der Spannung regulierbaren Dynamomaschine geschaltet sind, sind während des Betriebes die Spannungsunterschiede an den Klemmen der Motoren verhältnismäßig gering, doch tritt die gesamte Spannung bei Unterbrechung des Motorstromkreises an der Unterbrechungsstelle auf, falls nicht der Stromkreis von der Primärmaschine abgeschaltet wird. Gemäß einer Erfindung der S S W in Berlin wird ein selbsttätiger Schalter verwendet, der bei Unterbrechung des Betriebsstromes den Stromkreis von der Dynamo abschaltet. Der mit einer im Schließsinne wirkenden Feder versehene Schalter wird erfindungsgemäß von zwei Magnetspulen beeinflußt, von welchen die eine vom Betriebsstrom, die andere vom Erregerstrom durchflossen wird, und deren Zugkräfte in entgegengesetzter Richtung wirken. Im Falle der Unterbrechung des Betriebsstromes dient die allein wirksame Zugkraft der Erregerstromspule dazu, um den Betriebsstromkreis von der Dynamo abzuschalten. (Dr. P. Nr. 439085.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3502 a **Elektrische Leitungsberechnung.** Von Dipl. Ing. G ö p p e r, Mannheim. Verlag Bonness und Hachfeld, Potsdam und Leipzig. Zwei Briefe zu je 0·65 Mk.

Im Rahmen der technischen Unterrichtsbriefe, System Karnack-Hachfeld, sind zwei Briefe „Elektrische Leitungsberechnung" erschienen, die dem Installateur und verwandten Berufen im Selbstunterrichte jene Kenntnisse vermitteln sollen, die für die Ermittlung der notwendigen Querschnitte einfacher Beleuchtungs- und Kraftanlagen erforderlich sind. Nach Erläuterung der Grundbegriffe werden die einzelnen Erscheinungen, wie Spannungsabfall, Erwärmung der Leiter, Leitungsverluste behandelt, ihre Anwendung an Beispielen gezeigt und das vermittelte Wissen in Fragen und Antworten geübt. Für die Berechnung von Freileitungen kann lediglich die Querschnittsermittlung geboten werden. Dank der anregenden Anordnung des Stoffes dürften die Schriften ihren Zweck wohl erfüllen.

Ing. V. H o r w a t i t s c h.

1720 **Costruzioni elettromeccaniche.** Berechnung und Konstruktion elektrischer Maschinen. Von Prof. E. M o r e l l i, Turin, 25 × 16 cm, Verlag des Unione tipografico, Turin.

Der rührige Verfasser dieses Sammelwerkes[1]) hat vom dritten Bande, der sich mit den Anwendungen der Elektrizität befaßt, neuerdings die Seiten 1233 bis 1408 mit 159 Textabb. und 16 Tafeln (Preis geh. 30 Lire) herausgebracht. Sie enthalten im 8. und 9. Teil die Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft, im Bergbau, sowie in der Technologie der Metalle und des Holzes. Hinsichtlich der Landwirtschaft wird die elektrisch betriebene Futterschneidmaschine, ebenso aber auch der Motorpflug, hinsichtlich des Bergbaues die Förderanlage, der Grubenventilator, die Gesteinsbohr- und Sägemaschine, aber auch die Fernzündung der Minen und der elektromagnetische Separator behandelt. Im erwähnten technologischen Kapitel werden die Schmelzöfen, die Walzwerke, Hämmer, sowie der Einzelantrieb der Metall- und Holzbearbeitungsmaschinen erörtert.

Die Beschreibungen werden durch einschlägige Berechnungen ergänzt. Erwähnt sei hier zum Beispiel die Ermittlung der Schwungmomente von Walzenstraßen, die einen klaren Einblick in die zu beherrschenden Belastungsstöße gewährt. Dr. B a u d i s c h.

[1]) Vgl. die vorlaufenden Besprechungen, E. u. M. 1925, Seite 498, 878; 1926, Seite 468, 688.

Digitized by Google

3540 **Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik.** Von Dr. Ing. P. Schimpke und Hans A. Horn. 1. Band: Autogene Schweiß- und Schneidtechnik. Mit 111 Textabbildungen und 3 Zahlentafeln. Preis geb. Mk. 7·50. 2. Band: Elektrische Schweißtechnik. Mit 255 Textabb. und 20 Zahlentafeln. Preis geb. Mk. 13·50. Verlag Julius Springer, Berlin 1924 und 1926.

Trotz zahlreicher Neuerscheinungen auf dem Büchermarkt, namentlich über das elektrische Schweißen, dürften die vorliegenden beiden Bände als vollständige Darstellung sowohl des autogenen als auch des elektrischen Schweißens allen willkommen sein, die sich beruflich mit dem Gegenstand zu beschäftigen haben. Man findet in den beiden Bänden mäßigen Umfanges alles sorgfältig zusammengestellt und mit ausgezeichneten Abbildungen erläutert, was nach dem derzeitigen Stande der in fortwährender Entwicklung begriffenen Schweißtechnik von Wichtigkeit ist. Die Art der Darstellung ist durchaus elementar und setzt keine besonderen Vorkenntnisse voraus. Wenn das Buch so einerseits dem Schweißer und Werkführer einen sehr brauchbaren Berater abgibt, dürfte andererseits auch der Ingenieur und Leiter von Schweißkursen daraus vielfache Belehrung und Anregung schöpfen. So werden zum Beispiel in dem Kapitel „Festigkeitsuntersuchungen" beim elektrischen Schweißen die Versuche von Füchsel, Bock, Schmatz, Diegel, Neese, Höhn und der Hamburger Forschungsgemeinschaft ausführlich besprochen. Auch die metallographische und chemische Prüfmethode wird behandelt. Das Buch erhebt sich über das Niveau eines Lehrbuches zu einer Darstellung der technologisch interessanten Fragen, die durch die stürmische Entwicklung der Schweißtechnik aufgerollt wurden. Conrad.

Eingegangene Bücher.

Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen. Im Einverständnis mit dem Verbande Deutscher Elektrotechniker. Von Prof. Dr. Ing. e. h. G. Dettmar. 302 Seiten. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis geh. Mk. 7·50; geb. Mk. 8·75.

Berichtigung.

Fortschritte und Neuerungen im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen. Von F. Niethammer, Prag. E. u. M. 1927, Heft 29.

Die Fußnote 23 auf Seite 596 d. H. ist an unrichtiger Stelle angebracht. Sie gehört zu dem Worte „Laval-Zentrifuge" in Zeile 6 von unten, denn die dort bezogenen Notizen (E. u. M. 1926, S. 816 und 1927, S. 194) beziehen sich auf die Reinigung von Öl nach dem Schleuderverfahren mit der Ölzentrifuge System „De Laval". D. S.

Wirtschaftliche Nachrichten.

AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien. (Aus dem Geschäftsbericht für das Jahr 1926.) Im verflossenen Geschäftsjahr 1926 wurde trotzdem die allgemeine wirtschaftliche Krise und die Preislage der elektrotechnischen Erzeugnisse gegenüber dem Vorjahr sich nicht gebessert hat, bereits die in der Vorkriegszeit erzielte höchste Umsatzziffer überschritten. Dank der Intensivität der Werbetätigkeit war es möglich, den durch das Fehlen einer namhaften industriellen Investitions-Tätigkeit aufscheinenden Ausfall von Aufträgen für Reihenfabrikation wettzumachen und den hochqualifizierten, nunmehr drei Dezennien bewährten technischen und kaufmännischen Apparat des Unternehmens, ohne welchen der schwere Konkurrenzkampf in der Elektroindustrie nicht geführt werden kann, zu erhalten. Die Fabrik Stadlau und die angegliederten Werkstätten waren nicht voll beschäftigt. Der Entfaltung der Tätigkeit in dem laut Verträgen mit der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, der AEG-Union vorbehaltenen Ausland stellten sich die größten Hindernisse in den Weg. Die tschechoslowakische Republik und Ungarn schützen durch Zölle und administrative Maßnahmen ihre eigenen, selbst nicht voll beschäftigten Industrien. Der Geschäftsumfang im Auslande konnte in der Hauptsache durch Spezialerzeugnisse aufrecht erhalten werden. Durch den Ankauf der Maschinenfabrik der Bergmannwerke Elektrizitäts-Ges. m. b. H., Bodenbach, und die Verbindung mit der Böhm.-mähr. elektrotechnischen Werke Fr. Křižik A.-G., bezüglich welcher die Verträge seither abgeschlossen wurden, kann das Unternehmen sich in der tschechoslowakischen Republik in Zukunft auf eine bodenständige Fabrikation stützen.[1]) In der Gesamtorganisation waren am Jahresende 2470 Angestellte und Arbeiter beschäftigt.

Die Bahnabteilung war im verflossenen Jahre voll beschäftigt. Für die ÖBB sind Fahrleitungen mit rund 86 km und Übertragungsleitungen von 28 km Trassenlänge ausgeführt worden, auch ging der Auftrag auf den Bau der Fahrleitung der Strecke Innsbruck — Brenner mit 73 km Geleiselänge ein. Die im Vorjahre bestellten fünf schweren Verschublokomotiven wurden mit bestem Erfolg abgeliefert. Seither wurden weitere fünf Lokomotiven dieser Bauart von den ÖBB bestellt. Die im Vorjahre ausgelieferten 20 Stück 1-C-1-Lokomotiven sind definitiv von den ÖBB übernommen worden. Die Fabrikation der in Arbeit befindlichen 17 fünfachsigen schweren Güterzugslokomotiven ist programmäßig vorgeschritten. Für die Gemeinde Wien — Städtische Straßenbahnen erhielt die AEG-Union den Auftrag auf die Lieferung von 65 Stück Leichtgewichtsmotoren und von 65 Fahrschaltern. Für Rechnung der Bundesbahnen werden gemeinsam mit der Grazer Waggonfabrik eine regelspurige dieselelektrische Lokomotive, gemeinsam mit den Österreichischen Industriewerken vorm. Warchalowski, Eissler & Co. zwei benzinelektrische Revisionswagen geliefert.

Der Ausbau der österreichischen Wasserkräfte wurde auch im abgelaufenen Geschäftsjahre fortgeführt. In erster Linie ist der Auftrag der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. auf die Lieferung einer aus Drehstromgenerator und Transformator bestehenden Gruppe von 25 000 kVA-Leistung zu nennen, deren Aufstellung durch das seitens der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. mit dem Bayernwerk getroffene Stromlieferungsübereinkommen bedingt war. Der Generator stellt die größte bis jetzt in Österreich gebaute Einheit mit der in Frage kommenden Tourenzahl (500 U/min) und Konstruktion (Rotor mit ausgeprägten Polen) dar. Die im Vorjahr von derselben Gesellschaft für das Achensee-Kraftwerk bestellten drei Gruppen zu je 5000 kVA, die der Bahnstromlieferung dienen sollen, wurden im abgelaufenen Jahre geliefert und deren Montage an Ort und Stelle inzwischen durchgeführt. Von der gleichen Gesellschaft ging auch der Auftrag für ein großes, nächst Innsbruck zu errichtendes Freiluft-Umspannwerk ein, welches die Übertragungsspannung von 115 000 V auf 25 000 V herabzusetzen hat, mit welcher Spannung die Stadt Innsbruck durch das Achensee-Kraftwerk beliefert wird.

Der in Aussicht stehende Strombezug seitens der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. hat die Stadt Innsbruck veranlaßt, in ihrer Stromerzeugungsanlage Siliwerke die bisher verwendeten Zweiphasen-Generatoren durch Drehstrom-Generatoren zu ersetzen. Zunächst wurde ein Drehstrom-Generator für 7500 kVA samt zugehörigem Transformator und Schaltanlage bestellt, durch welchen zwei ältere Maschinensätze ersetzt werden. Die seitens der Oberösterreichischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-A.-G. bestellte dritte Maschineneinheit von 13 000 kVA-Leistung für deren Kraftwerk Partenstein samt Transformator und Schalteinrichtungen wurde im abgelaufenen Geschäftsjahr geliefert und in Betrieb gesetzt und ermöglicht es dem genannten Unternehmen, die Stromlieferung an die Städtischen Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien um ein wesentliches zu steigern. Die letzteren bestellten eine Erweiterung der Freiluftstation Wien-Nord um eine Leistung von 18 000 kVA, die zusammen mit den bereits gelieferten Transformatoren eine Gesamtleistung von 66 000 kVA ergeben. Im Zuge der fortschreitenden Elektrifizierung der österreichischen Bundesbahnen wurde dem Unternehmen die gesamte elektrische Ausrüstung des Mallnitz-Kraftwerkes übertragen, zwei Einphasen-Generatoren und

[1]) Vgl. Heft 14 d. J., S. 288.

Digitized by Google

zwei Transformatoren für je 5000 kVA, sowie die gesamte Schaltanlage nebst Eigenbedarfsanlage.

Die Gemeinde Wien erteilte Aufträge auf eine komplette Umformerstation (drei Konverter je 2000 kW samt zugehörigen Transformatoren und Schaltanlagen), ferner auf zwei größere Schaltstationen und ein Großgleichrichteraggregat zur Ergänzung der Gleichrichterstationen zur Versorgung der Stadtbahn. Die Beschäftigung auf dem Gebiete des Baues von Überlandnetzen hat nachgelassen, da die dichter besiedelten Gebiete durchwegs bereits versorgt sind. Immerhin ist auch auf diesem Gebiete auf mehrere größere Ausführungen, insbesondere für die Niederösterreichische Elektrizitäts-Wirtschafts-A.-G. hinzuweisen. Der Betrieb der ausgedehnten und vielfach zusammengeschlossenen Netze läßt die Bedeutung der Schutzeinrichtungen für diese Netze immer klarer erkennen. Es war möglich, auf diesem Gebiete namhafte Aufträge für Distanzschutz und Erdstromlöschspulen, System Petersen, hereinzubringen.

Die Spezialabteilung für Hebezeuge, Werkzeugmaschinen und Schweißanlagen konnte den Umsatz des Vorjahres erhalten. Von größeren Aufträgen ist die elektrische Ausrüstung einer großen Holzverladeanlage für die „Steyrermühl" Papierfabriks- und Verlagsgesellschaft und die elektrische Ausrüstung eines für die Donauregulierungs-Kommission bestimmten Baggerschiffes (Schutenentleerers) zu erwähnen. Dieses Schiff bildet zusammen mit dem im Vorjahre gelieferten Schwimmbagger eine Arbeitseinheit, welche die erste europäische Flußbaggeranlage ist, die vollständig mit elektrischen Einzelantrieben ausgestattet wurde. An das Eisenwerk Witkowitz lieferte die tschechoslowakische Tochtergesellschaft 20 elektrische Regulierantriebe für große Drehbänke. Es konnten mehr als 150 elektrische Ausrüstungen für Aufzüge abgesetzt werden. Durch die Entwicklung einer neuen Dynamomaschine für elektrisches Lichtbogenschweißen hat dieser Geschäftszweig eine wesentliche Förderung erhalten. Die Dampfturbinen-Abteilung erhielt größere Turbo-Aggregate, u. a. für die Zementfabrik Spalato, für die Premier-Petroleum-Industrie in Boryslaw, für die Kammgarnspinnerei in Vöslau in Verbindung mit einer 115 m³ Ruths-Speicheranlage, durch die tschechoslowakische Gesellschaft größere Turbo-Generatoren, u. a. für den Westböhmischen Bergbau-Aktien-Verein in Pilsen, Textilwerke Mautner in Nachod, Zementfabrik Königshof, Papierfabrik Arnau in Auftrag. Die im Vorjahre an die Neusiedler Papierfabriks-A.-G. in Stuppach gelieferte zweigehäusige Hochdruck-Anzapfturbine mit Zahnradgetriebe wurde in Betrieb gesetzt und hat den Betriebsanforderungen voll entsprochen. Auf dem Gebiete des Feuerungsbaues konnten größere Aufträge, unter anderem drei Kaskadenroste für die Nordböhmische Kohlengewerkschaft in Brüx, zwei Kaskadenroste für den Westböhmischen Bergbau-Aktien-Verein in Pilsen, ein Kaskadenrost für die Gemeinde Wien, Gaswerk Simmering, und ein Kaskadenrost für Acieries et Domaines de Resita s. a. hereingebracht werden. Die Beschäftigung für die Elektrifizierung im ostgalizischen Rohölgebiet war auch im abgelaufenen Geschäftsjahre befriedigend. Die Zementfabrik Majdan bestellte eine Transformatorenstation und 30 motorische Antriebe, die Zementfabrik Dalmatia in Sucurac zwei Transformatorenstationen und Kraftverteilungsanlagen, die Zementfabrik Königshof umfangreiche elektrische Einrichtungen. Von der „Steyrermühl" Papierfabriks- und Verlagsgesellschaft ging ein weiterer Auftrag auf den elektrischen Antrieb einer kombinierten Zeitungsdruck- und Farbendruckmaschine und von der Druckerei „Vorwärts" die Bestellung der vollständigen elektrischen Automatisierung einer Vierrollen-Rotationsmaschine ein. Die Verwendung elektrischer Energie für industrielle Beheizung, Warmwasser- und Dampferzeugung und für Glühöfen für industrielle Zwecke führte zu lohnender Beschäftigung. Es wurden größere Elektrodampfkessel für die Alpine Montan-Gesellschaft in Fohnsdorf und für die Spinnerei und Weberei der Firma Jenny & Schindler in Bregenz und eine große Anzahl von Warmwasserspeichern geliefert. Der Bedarf der heimischen Landwirtschaft ließ zu wünschen übrig. Das Interesse für Motorisierung in landwirtschaftlichen Betrieben hat merklich abgenommen.

Aus dem Reingewinn von 370 515 S werden 5 vH Dividende auf das A.-K. von 7·2 Mill. S (bei 4·8 Mill. S Rücklagen) verteilt. Die Bilanz auf den 31. Dezember 1926 schließt auf beiden Seiten mit rund 27 Mill. S. Bewertet sind Gebäude und Grundstücke mit 9·8 Mill. S, Maschinen, Werkzeuge und Utensilien mit 2·4 Mill. S, Vorräte mit 6·2 Mill. S. Inventar, Fuhrpark, Modelle und Patente sind auf je 1 S abgeschrieben.

Elektrizitäts A.-G. vorm. Schuckert & Co. (Aus dem Bericht für das Zwischengeschäftsjahr vom 1. Oktober 1926 bis 31. März 1927.) Zur Begründung der Fusion mit der Continentalen Gesellschaft für elektrische Unternehmungen[1]) wird die Gleichartigkeit der Aufgaben beider Gesellschaften und die Möglichkeit der Ersparnis von General- und Verwaltungskosten angeführt. Der Aktienumtausch erfolgt derart, daß für je nom. Mk. 750 Continentale Mk. 700 Schuckert-Aktien gewährt werden. Die Zwischenbilanz schließt mit mit Mk. 156 847 Reingewinn ab; (ganzes Vorjahr Mk. 3·62 Mill.) er kommt zum Vortrag (i. V. 7 vH). In der Bilanz hat sich der Aktivposten Vorzugsaktien befreundeter Gesellschaften durch Umtausch von V.-A. der Montangruppe (Rhein-Elbe-Union) gegen solche der Elektrogruppe um Mk. 1·05 Mill. erhöht.

(Frankf. Zeitg.)

[1]) Vgl. Heft 30 d. J., S. 628.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	25. VII. 1927	27. VII. 1927	29. VII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hamburg, Bremen od. Rotterdam	124	124	124
(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg			
Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	52-52½	51-52	51½-52½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	90—95	90—95	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 29. Juli 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	0	0	61	10	0
Wire bars	61	10	0	—	-	
Standard Kassa	56	0	0	56	1	3
Standard 3 Monate	56	5	0	56	6	3
Zinn:						
Engl. ingots	290	10	0	291	0	0
Standard Kassa	292	0	0	292	5	0
Standard 3 Monate	287	5	0	287	10	0
Blei:						
Engl. pig common	25	10	0	—	—	-
Zink:						
Ordinary brands	29	10	0	29	0	0
Remelted	28	15	0	—	—	
English Swansea	30	0	0	—	—	-

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 6 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 14. August 1927 | Heft 33

INHALT: *Die veränderliche Hauptstrom-Phasenkompensierung bei Kaskadenschaltung von Asynchronmotoren mit Mehrphasen-Kommutatornebenschlußmaschinen. Von Dr. Ing. L. Dreyfus, Västeras. S. 669.*
RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Damfturbinen, Dampfkessel. S. 675. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 676. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 676. Elektrische Apparate. S. 678.
PATENTBERICHT. S. 678.
CHRONIK. S. 679.
LITERATURBERICHTE. S. 681.
BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 682.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 683.

Die veränderliche Hauptstrom-Phasenkompensierung bei Kaskadenschaltung von Asynchronmotoren mit Mehrphasen-Kommutatornebenschlußmaschinen.

Von Dr. Ing. L. **Dreyfus**, Västeras.

Die folgende Untersuchung beschränkt sich auf die Lösung eines besonderen Problemes, das bei der Kaskadenschaltung von Drehstrommotoren mit Drehstromkommutatorshuntmaschinen eine hervorragende Rolle spielt. Bekanntlich erfordert die „verlustfreie" Tourenregelung, Kompoundierung und Kompensierung synchroner Mehrphasenmotoren, daß dem Sekundärkreis eine Spannung E_2 von passender Größe und Phase aufgedrückt wird. Man kann leicht zeigen, daß diese Spannung für eine bestimmte Drehzahleinstellung nicht konstant sein darf, sondern daß sie eine Komponente enthalten muß, die dem primären oder sekundären Hauptstrom proportional ist. Wir bezeichnen eine derartige Spannung als „Hauptstrom-" oder „Serienspannung". Merkwürdigerweise darf aber diese Hauptstromspannung ihrerseits nicht für alle Drehzahleinstellungen dieselbe Größe besitzen; vielmehr muß sie eine Komponente enthalten, die mit dem Unterschied zwischen Leerlauftourenzahl und synchroner Tourenzahl zunimmt. Versucht man ohne diese Komponente auszukommen, ergeben sich bei Belastung sehr ungünstige Leistungsfaktoren, sobald die Leerlauftourenzahl erheblich vom Synchronismus abweicht. Mit Rücksicht hierauf bezeichne ich diese Serienspannung als die „veränderliche Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung". Das ist zwar ein langes Wort, doch drückt es wenigstens aus, worum es sich handelt. Im folgenden wird zuerst die Größe und Phase dieser Spannung nach einer besonders einfachen Methode berechnet. Darauf werden einige Regulierschaltungen beschrieben, mit denen man den Forderungen der Theorie gerecht wird.

I. Analytische Theorie.

Die Spannungsdiagramme der Primär- und Sekundärseite des Drehstrommotors können bekanntlich durch folgende Gleichungen beschrieben werden:

$$\dot{E}_1 = \dot{J}_1 (r_1 - j x_1) - j \dot{J}_2 x_{21} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

$$\dot{E}_2 = \dot{J}_2 (r_2 - j x_2 s) - j \dot{J}_1 x_{12} s \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Dabei bedeuten:

E_1 u. $\dot{E}_2$ die Zeitvektoren für die primäre und sekundäre Klemmenspannung (pro Phase),

J_1 u. $\dot{J}_2$ die Zeitvektoren für den primären und sekundären Hauptstrom,

r_1 u. r_2 die Ohmschen Phasenwiderstände,

x_1 u. x_2 die totalen Reaktanzen einschließlich Streureaktanz (berechnet, wie alle Reaktanzen, für die Netzperiodenzahl),

$x_{12} = x_{21}$ die Wechselreaktanz zwischen Stator und Rotor, welche den Koeffizienten

$\sigma = 1 - \frac{x_{12} \cdot x_{21}}{x_1 \cdot x_2}$ für die Gesamtstreuung bestimmt,

s_0 und s die Schlüpfung bei Leerlauf und Belastung.

Die Sekundärspannung E_2 wird durch Kaskadenschaltung mit einer Drehstromkommutatormaschine erzeugt; sie ist in der Regel entweder so gut wie unabhängig von der Schlüpfung, oder aber proportional der Drehzahl des Hauptmotors, das heißt, proportional $1 - s$. Beide Fälle sind gemeinsam zu behandeln, wenn E_2 proportional $1 - \frac{s}{s_K}$ gesetzt wird, wobei s_K entweder gleich ∞ oder gleich 1 ist. Wir schreiben daher:

$$\dot{E}_2 = [\dot{E}_1 \dot{\varkappa} + \dot{J}_1 \dot{y}_{12} - \dot{J}_2 y_2] \cdot \left(1 - \frac{s}{s_K}\right) \quad . \quad (3).$$

Die erste Komponente $\dot{E}_1 \dot{\varkappa} \left(1 - \frac{s}{s_K}\right)$ bestimmt lediglich die Leerlaufschlüpfung s_0 und die Leerlaufströme $\dot{J}_{10}$ und $\dot{J}_{20}$. Der Leistungsfaktor bei Belastung und die Drehzahlcharakteristik (Kompoundierung) werden durch die beiden Hauptstromspannungen bestimmt, welche den zweiten

Digitized by Google

und dritten Summanden in Gleichung (3) bilden. Sowohl $\dot{x}$ als $\dot{y}_{12}$ und $\dot{y}_2$ sind im allgemeinen komplexe Größen.

Der Vereinfachung der Rechnung dient die Einführung eines neuen Parameters

$$p = \frac{s}{1-\frac{s}{s_K}} - \frac{s_0}{1-\frac{s_0}{s_K}} \quad \ldots \ldots (4),$$

welcher die Eigenschaft hat, daß er für alle Leerlaufdrehzahlen gleich Null und für $s = s_K$ gleich unendlich wird. Setzt man außerdem

$$p_0 = \frac{s_0}{1-\frac{s_0}{s_K}} \quad \ldots \ldots (4a),$$

so erhalten die Spannungsgleichungen (1) und (2) folgende Form:

$$\dot{E}_1 = \dot{J}_1 (r_1 - j x_1) - j \dot{J}_2 x_{21} \quad \ldots (1),$$

$$\dot{E}_1 \dot{x} = -\dot{J}_1 [\dot{y}_{12} + j x_{12} (p + p_0)] + \\ + \dot{J}_2 \left[r_2 + \dot{y}_2 + \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) (p + p_0) \right] \quad \ldots (5).$$

Ich will annehmen, die Leerlaufströme J_{10} und J_{20} stimmten für alle Toureneinstellungen überein, was durch entsprechende Regelung von $\dot{x}$ leicht zu erreichen ist. Wir wollen aber außerdem fordern,

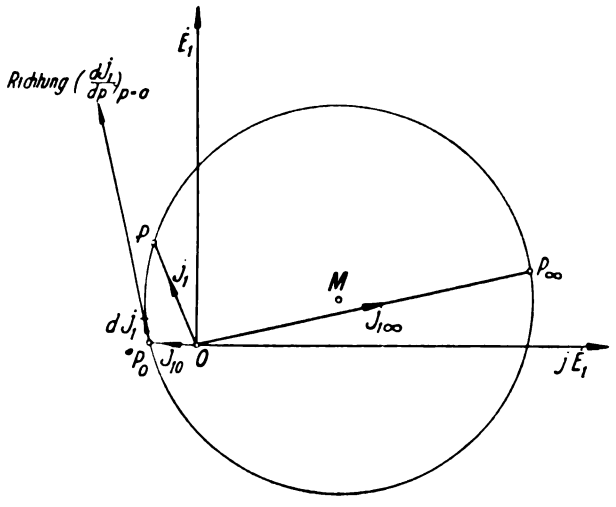


Abb. 1.

daß auch bei Belastung der Leistungsfaktor des Primärstromes nur von der Last, aber nicht von der Toureneinstellung abhängig ist. Diese Forderung wird erfüllt, wenn bereits der Differentialquotient $\frac{d\dot{J}_1}{dp}$ für $p = 0$, das heißt für Leerlauf, auf allen Tourenstufen denselben Wert besitzt. Denn der Differentialquotient

$$\left(\frac{d\dot{J}_1}{dp}\right)_{p=0}$$

bestimmt die Tangente des Primärstrom-Diagrammes im Leerlaufpunkt (Abb. 1).[1]) Wir differentieren also Gleichung (1) und (5) für $p = 0$ und erhalten:

aus Gleichung (1)

$$0 = \left(\frac{d\dot{J}_1}{dp}\right)_{p=0} \cdot [r_1 - j x_1] - j \left(\frac{d\dot{J}_2}{dp}\right)_{p=0} x_{21},$$

aus Gleichung (2)

$$j \dot{J}_{10} x_{12} - \dot{J}_{20} \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) = \\ = -\left(\frac{d\dot{J}_1}{dp}\right)_{p=0} \cdot [\dot{y}_{12} + j x_{12} p_0] \\ + \left(\frac{d\dot{J}_2}{dp}\right)_{p=0} \cdot \left[r_2 + \dot{y}_2 + \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) p_0 \right].$$

Die Lösung lautet in Determinantenform:

$$\left(\frac{d\dot{J}_1}{dp}\right)_{p=0} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & -j x_{21} \\ j \dot{J}_{10} x_{12} - \dot{J}_{20} \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) & r_2 + \dot{y}_2 + \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) p_0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} r_1 - j x_1 & -j x_{21} \\ -\dot{y}_{12} - j x_{12} p_0 & r_2 + \dot{y}_2 + \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) p_0 \end{vmatrix}} \quad \ldots (6).$$

Hierin ist der Zähler unabhängig von der Leerlauftourenzahl (p_0). Soll dasselbe für den ganzen Ausdruck gelten, sind $\dot{y}_{12}$ und $\dot{y}_2$ so zu bestimmen, daß auch im Nenner p_0 verschwindet. Das ist nur möglich, wenn $\dot{y}_{12}$ und $\dot{y}_2$ je eine p_0 proportionale Komponente $\dot{y}_{12}'$ respektive $\dot{y}_2'$ enthalten, und wenn außerdem die Bedingung

$$0 = (r_1 - j x_1) \cdot \left[\dot{y}_2' + \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) p_0 \right] - \\ - j x_{21} \cdot [\dot{y}_{12}' + j x_{12} p_0] \quad \ldots \ldots (7)$$

erfüllt ist. Wir haben daher zu untersuchen, welches Gesetz diese Gleichung der veränderlichen Hauptstrom-Kompensierungsspannung auferlegt.

Zunächst ergibt sich aus Gleichung (7):

$$\dot{y}_2' \frac{r_1 - j x_1}{\frac{r_2}{s_K} - j x_2} + \dot{y}_{12} \frac{-j x_{21}}{\frac{r_2}{s_K} - j x_2} = \\ = -p_0 \left[r_1 - j x_1 + \frac{x_{12} x_{21}}{\frac{r_2}{s_K} - j x_2} \right] \quad \ldots (8).$$

Nun ist aber der letzte Ausdruck in der obigen Klammer nichts anderes als die resultierende Impedanz des Asynchronmotors, bezogen auf die Primärseite für $p = \infty$, das heißt $s = s_K$. Wir be-

[1]) Streng genommen bestimmt freilich $\left(\frac{d\dot{J}_1}{dp}\right)_{p=0}$ auch gleichzeitig die Kompoundierung, worauf ich aber in diesem Zusammenhang nicht einzugehen brauche.

Digitized by Google

zeichnen diese Impedanz mit

$$\dot{z}_\infty = r_\infty - \mathrm{j}\, x_\infty \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

und entwickeln für $s_K = \infty$

$$\dot{z}_\infty = r_1 - \mathrm{j}\, x_1 \sigma \quad \ldots\ldots \quad (9a)$$

bezw. für $s_K = 1$

$$\left.\begin{aligned} \dot{z}_\infty = r_1 + r_2 \frac{x_1}{x_2} \cdot \frac{1-\sigma}{1+\left(\frac{r_2}{x_2}\right)^2} - \mathrm{j}\, x_1 \cdot \frac{\sigma + \left(\frac{r_2}{x_2}\right)^2}{1+\left(\frac{r_2}{x_2}\right)^2} \\ \doteq r_1 + r_2 \frac{x_1}{x_2}(1-\sigma) - \mathrm{j}\, x_1 \sigma. \end{aligned}\right\} \quad (9b).$$

Damit erhalten wir Gleichung (8) in der endgültigen Form

$$\dot{y}_{12}' \frac{x_{21}}{x_2 + \mathrm{j}\frac{r_2}{s_K}} + \dot{y}_2' \frac{x_1 + \mathrm{j}\, r_1}{x_2 + \mathrm{j}\frac{r_2}{s_K}} = -p_0 \dot{z}_\infty \quad (10).$$

Schon allein der Aufbau dieser Gleichung läßt uns einen wichtigen Schluß ziehen: Offenbar kann man bei der Erzeugung der veränderlichen Hauptstromkompensierungsspannung ebensogut vom Primärstrom ($\dot{y}_{12}'$), als vom Sekundärstrom ($\dot{y}_2'$) ausgehen. Man hat also stets freie Hand, die für die wirkliche Ausführung einfachste Schaltung zu wählen, was im allgemeinen zu der speziellen Annahme

$$\dot{y}_2' = 0$$

führt.

Untersucht man hierfür Größe und Phase der Zusatzspannung

$$\dot{E}_2' = [\dot{J}_1 \dot{y}_{12}' - \dot{J}_2 \dot{y}_2'] \cdot \left(1 - \frac{s}{s_K}\right) \quad . (11),$$

welche gemäß Gleichung (3) und (10) bei jeder Drehzahleinstellung dieselbe Strom-Kompensierung bewirkt, so ergibt sich

$$\dot{E}_2' = -\dot{J}_1 \dot{z}_\infty s_0 \frac{x_2 + \mathrm{j}\frac{r_2}{s_K}}{x_{21}} \cdot \frac{1 - \frac{s}{s_K}}{1 - \frac{s_0}{s_K}} \quad . (12)$$

oder ohne Rücksicht auf die Phase näherungsweise

$$E_2'\left(\frac{N_1}{N_2}\right) = J_1 \cdot x_1 \sigma \cdot s_0 \quad \ldots \quad (12a).$$

Das ist ein wichtiges Resultat. Mit Worten kann es wie folgt ausgedrückt werden: Die erforderliche Hauptstromspannung (im Verhältnis $\frac{N_1}{N_2}$ der Windungszahlen auf die Primärseite reduziert) beträgt ungefähr $100 \cdot s$ vH der gesamten Streuspannung $\dot{J}_1 \cdot x_1 \sigma$.

Was schließlich die Phase dieser Hauptstromspannung betrifft, so verweise ich auf die graphische Darstellung in Abb. 2 *a* und *b*. In Abb. 2 *a* bedeutet:

$\dot{J}_{10}$ den Primärstrom bei Leerlauf $p = 0$ $(s = s_0)$,

$\dot{J}_{1\infty}$ „ „ „ $p = \infty$ $(s = s_K)$,

$\dot{J}$ „ „ „ Belastung,

$\varphi_\infty = \operatorname{arctg} \frac{x_\infty}{r_\infty}$,

$\varphi_{2K} = \operatorname{arctg} \frac{r_2}{x_2 s_K}$,

$\dot{E}_{20}$ die Sekundärspannung bei Leerlauf $p = 0$ $(s = s_0)$,

$\dot{E}_2$ die Sekundärspannung bei Belastung.

Die Zusatzspannung $\Delta \dot{E}_2'$ entspricht nur der Stromdifferenz $\dot{J}_1 - \dot{J}_{10}$.

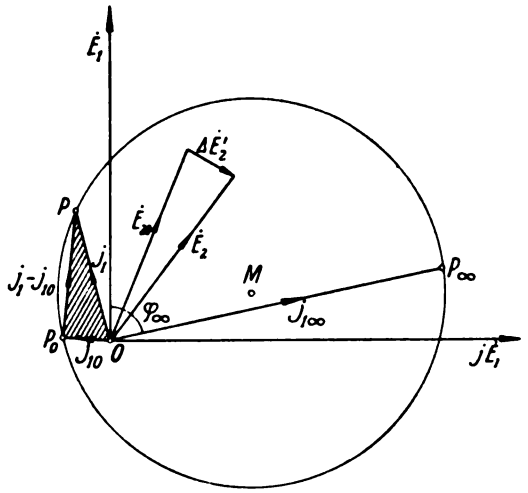


Abb. 2 *a*.

Abb. 2 *b* zeigt das Spannungsdiagramm in (für $s_K = 1$) etwas verändertem Maßstabe. An Stelle von $\Delta \dot{E}_2'$ ist die phasengleiche Spannung

$$\Delta \dot{E}_2' \frac{1 - \frac{s_0}{s_K}}{1 - \frac{s}{s_K}} = -(\dot{J}_1 - \dot{J}_{10}) \cdot \dot{z}_\infty s_0 \frac{x_2 + j\frac{r_2}{s_K}}{x_{21}} \quad (13)$$

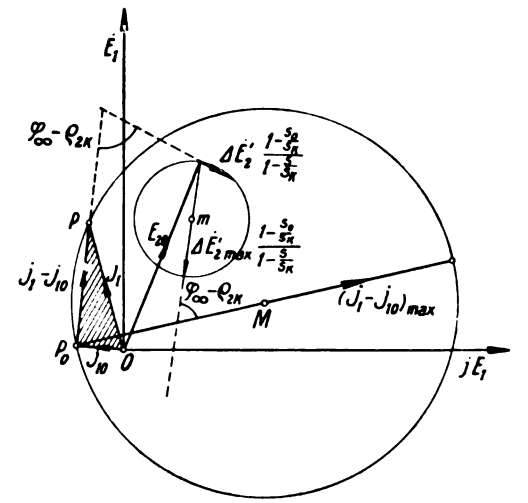


Abb. 2 *b*.

aufgezeichnet. Diese Spannung steht zum Primärstrom, oder richtiger zu $\dot{J}_1 - \dot{J}_{10}$, in einem konstanten Verhältnis. Der Endpunkt des Spannungsvektors beschreibt daher bei steigender Belastung eine Kurve von gleicher Form wie der Vektor des Primärstromes. In Abb. 2 *b* ist diese Kurve ein Kreis, dessen Durchmesser im Stromdiagramm $(\dot{J}_1 - \dot{J}_{10})_{max}$ und daher im Spannungsdiagramm

Digitized by Google

$$(\Delta \dot{E}_2')_{max} \cdot \frac{1-\frac{s_0}{s_k}}{1-\frac{s}{s_K}} =$$

$$-(\dot{J}_1-\dot{J}_{10})_{max} \cdot \dot{z}_\infty s_0 \cdot \frac{\sqrt{x_2^2+\left(\frac{r_2}{s_K}\right)^2}}{x_{21}} \quad (13\,a)$$

beträgt. Beide Durchmesser schließen den Winkel $\varphi_\infty - \varrho_{2K}$ ein. Mit der Ableitung dieses Zusammenhanges haben wir die Aufgabe gelöst, Größe und Phase der veränderlichen Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung zu ermitteln. Obgleich es schon aus Gleichung (12) und (13) deutlich hervorgeht, will ich doch noch besonders darauf aufmerksam machen, daß $\dot{E}_2'$ und $\Delta\dot{E}_2'$ ebenso wie s_0 für Über- und Untersynchronismus entgegengesetzte Richtung besitzen.

II. Schaltungen zur Erzeugung der veränderlichen Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung.

Daß man die Gesetze der Hauptstrom-Phasenkompensierung verhältnismäßig spät entdeckte,[2]) hat einen sehr einfachen Grund. Bei der ältesten und bis vor kurzem so gut wie ausschließlich angewandten Kaskadenschaltung erhielt man nämlich die Hauptstrom-Phasenkompensierung sozusagen geschenkt.

Diese Schaltung, deren Prinzip Abb. 3 angibt, ist allgemein bekannt unter dem Namen Krämer- bzw. Scherbius-Kaskade. Die Kommutatormaschine ist entweder mit dem Hauptmotor gekoppelt

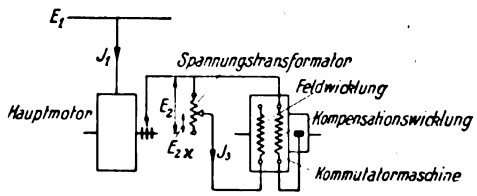


Abb. 3.

($s_K = 1$) oder mit einer anderen Maschine — gewöhnlich einem Asynchron- oder Synchrongenerator — welche die Tourenzahl annähernd oder genau konstant hält ($s_K = \infty$). Die Kommutatormaschine besitzt eine Kompensationswicklung, welche die Ankerrückwirkung aufhebt und eine Erregerwicklung (Strom J_3), welche das Hauptfeld erregt. Durch Rotation der Ankerleiter in diesem Feld entsteht eine Spannung

$$\dot{E}_{32} = -j\dot{J}_3 c_{32}\left(1-\frac{s}{s_K}\right) \quad \ldots (14),$$

die für unsere Zwecke der Sekundärspannung $\dot{E}_2$ des Hauptmotors gleichgesetzt werden kann.

Im folgenden bezeichnet:

r_3 und x_3 s Widerstand und Reaktanz der Erregerwicklung,

$\dot{E}_3 = \dot{E}_2 \varkappa$ Klemmenspannung der Erregerwicklung.

[2]) Dreyfus: „Die Anwendung des mehrphasigen Frequenzumformers zur Tourenregelung von Drehstrommotoren unter gleichzeitiger Kompensierung der Phasenverschiebung"; Arch. f. El., XV. Bd., 1925, Heft 1

Dann beträgt der Erregerstrom

$$\dot{J}_3 = \frac{\dot{E}_3}{r_3 - j x_3 s} = \frac{\dot{E}_2 \varkappa}{r_3 - j x_3 s} \quad \ldots (15).$$

Setzt man weiter für Leerlauf näherungsweise

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{32} = \frac{c_{32}\varkappa}{x_3 s_0 + j r_3}\left(1-\frac{s_0}{s_K}\right)\dot{E}_2 \quad (16),$$

so ergibt sich:

$$\frac{c_{32}\varkappa}{x_3 + j\frac{r_3}{s_0}} = \frac{s_0}{1-\frac{s_0}{s_K}} \quad \ldots (17).$$

Auf der anderen Seite ist gemäß Gleichung (1) und (2)

$$\dot{E}_2 = \dot{J}_2(r_2 - j x_2 s) = -j\dot{J}_1 x_{12} s$$

$$= \frac{\dot{E}_1 - \dot{J}_1(r_1 - j x_1)}{-j x_{21}}(r_2 - j x_2 s) - j\dot{J}_1 x_{12} s$$

$$= \frac{r_2 - j x_2 s}{-j x_{21}}\left[\dot{E}_1 - \dot{J}_1\left(r_1 - j x_1 + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{x_{12} x_{21}}{\frac{r_2}{s} - j x_2}\right)\right]$$

oder

$$\dot{E}_2 = \frac{x_2 + j\frac{r_2}{s}}{x_{21}}[\dot{E}_1 - \dot{J}_1 \dot{z}] . s \quad \ldots (18),$$

wobei $\dot{z}$ die scheinbare Primärimpedanz des Hauptmotors bei der Schlüpfung s bezeichnet. Schließlich folgt aus Gleichung (14), (15) und (18)

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{32} = \frac{c_{32}\varkappa}{x_{21}} \frac{x_2 + j\frac{r_2}{s}}{x_3 + j\frac{r_3}{s}}\left(1-\frac{s}{s_K}\right) . [\dot{E}_1 - \dot{J}_1 \dot{z}] \quad \ldots (19).$$

Wenn wir nun den Gültigkeitsbereich unserer Betrachtungen auf größere Schlüpfungen (zum Beispiel $s > 0{\cdot}2$) beschränken, das heißt gerade auf das Gebiet, für welches die Bedeutung der Hauptstrom-Phasenkompensierung am größten ist, machen wir eine überraschende Entdeckung. Hier gilt nämlich näherungsweise

$$(\dot{z})_{s>0{\cdot}2} \doteqdot \dot{z}_\infty = r_1 - j x_1 \sigma$$

und

$$\left(\frac{x_3 + j\frac{r_3}{s_0}}{x_3 + j\frac{r_3}{s}}\right)_{s>0{\cdot}2} \doteqdot 1.$$

Bedient man sich dieser Näherungsgleichungen nebst Gleichung (17), so erhält man als Schlußgleichung

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{32} = [\dot{E}_1 - \dot{J}_1 \dot{z}_\infty] . s_0 \frac{x_2 + j\frac{r_2}{s}}{x_{21}} \frac{1-\frac{s}{s_K}}{1-\frac{s_0}{s_K}} \quad (20).$$

In dieser Gleichung stimmt die Hauptstrom-Spannungskomponente vollständig mit der Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung nach Glei-

Digitized by Google

chung (12) überein. Kaskadenschaltungen nach Abb. 3 erzeugen somit bei größeren Abweichungen von der synchronen Drehzahl gerade die richtige Serienspannung ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel und darin liegt der Grund, warum die in diesem Aufsatz behandelte Frage so spät aufgerollt wurde. Die Umformung der Schleifringspannung E_2 in die Erregerspannung E_3 kann natürlich auf sehr verschiedene Weise erfolgen. Brown-Boveris moderne Kaskadenschaltungen mit Drehstromerregermaschinen geben verschiedene Beispiele hierfür. Die Hauptsache bleibt aber immer, daß

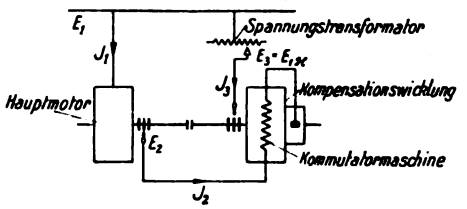


Abb. 4.

der Erregerkreis auf irgend eine Weise an eine der Schleifringspannung proportionale Spannung gelegt wird.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei zwei anderen Kaskadenschaltungen, welche während der letzten Jahre von den SSW und der ASEA entwickelt wurden.

Abb. 4 zeigt ein Prinzipschema der SSW-Kaskade. Das Hauptfeld der Kommutatormaschine wird durch eine an Schleifringe angeschlossene Mehrphasenwicklung erregt. Sind beide Hauptmaschinen direkt gekuppelt ($s_K = 1$), so stimmt die Periodenzahl der Erregerspannung E_3 mit der Netzperiodenzahl überein. Es ist dann möglich, die Tourenzahl des Hauptmotors mit Hilfe eines ans Netz angeschlossenen Transformators mit regelbarer Sekundärspannung zu variieren, und dieser

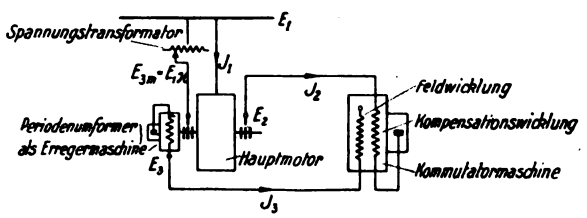


Abb. 5.

Transformator braucht nur für die Erregerleistung bemessen zu werden.

Bei dieser Anordnung wird dem Sekundärkreis des Hauptmotors, wie früher (Gleichung 14), eine Spannung

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{32} = -\mathrm{j}\,\dot{J}_3\,c_{32}\left(1-\frac{s}{s_K}\right)$$

aufgedrückt, nur mit dem Unterschiede, daß jetzt der Erregerstrom

$$J_3 = \frac{\dot{E}_1\,\dot{\varkappa}}{r_3 - \mathrm{j}\,x_3} \quad \ldots\ldots (21)$$

beträgt. Somit ergibt sich nunmehr:

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_1\,\dot{\varkappa}\,\frac{c_{32}}{x_3 + \mathrm{j}\,r_3}\left(1-\frac{s}{s_K}\right) \quad \ldots (22)$$

und diese Spannung ist vollständig konstant; sie enthält überhaupt keine Hauptstrom-Komponente.

Auf ganz ähnliche Weise liegen die Verhältnisse für die ASEA-Kaskade, deren Prinzipschema Abb. 5 zeigt. Die Kommutatormaschine ist von gleicher Bauart wie bei der Krämer- und Scherbius-Kaskade; das heißt, sie besitzt eine besondere Feldwicklung (Strom J_3) im Stator, welche mit der Schlüpfungsfrequenz erregt werden muß. Die Er-

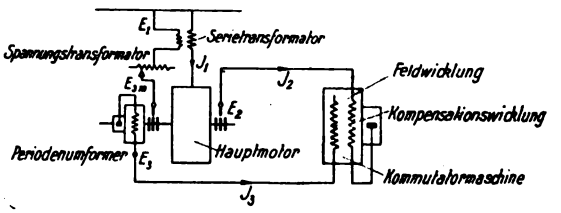


Abb. 6.

regerspannung E_3 erzeugt ein kleiner Periodenumformer, der mit dem Hauptmotor für relativen Synchronismus gekuppelt ist und drei Wicklungen besitzt: Der Schleifringwicklung wird eine Spannung $\dot{E}_{3m} = \dot{E}_1\,\dot{\varkappa}$ von der Netzperiodenzahl aufgedrückt. Diese Spannung wird in der Kommutatorwicklung in eine Spannung $\mathrm{j}\,\dot{E}_{3m}\frac{r_3}{x_3}$ und in der Statorwicklung in eine Spannung $\dot{E}_{3m}.s$ umgeformt. Beide Spannungen besitzen die Schlüpfungsfrequenz. Der Feldstrom J_3 wird somit:

$$\dot{J}_3 = \frac{\dot{E}_3}{r_3 - \mathrm{j}\,x_3\,s} = \dot{E}_1\,\dot{\varkappa}\,\frac{\mathrm{j}\,\frac{r_3}{x_3} + s}{r_3 - \mathrm{j}\,x_3\,s}$$

$$= \mathrm{j}\,\frac{\dot{E}_1}{x_3}.\dot{\varkappa} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (23)$$

und die Rotationsspannung der Kommutatormaschine

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{32} = -\mathrm{j}\,c_{32}\,\dot{J}_3\left(1-\frac{s}{s_K}\right) =$$

$$= \dot{E}_1\,\dot{\varkappa}\,\frac{c_{32}}{x_3}\left(1-\frac{s}{s_K}\right) \quad \ldots\ldots (24).$$

Also fehlt auch hier einstweilen die mit der Leerlauftourenzahl veränderliche Komponente, die für die Hauptstrom-Phasenkompensierung benötigt wird.

Es gilt nun diesen Mangel an Hand der im ersten Abschnitt entwickelten Theorie zu beseitigen

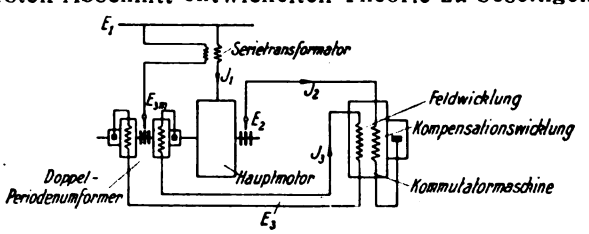


Abb. 7.

und ich werde im folgenden einige Schaltungen beschreiben, die ich zu diesem Zwecke vorgeschlagen habe. Meistens können diese mit sinngemäßen Änderungen auch auf die SSW-Kaskade übertragen werden.

Digitized by Google

Wird die Tourenzahl mit Hilfe eines vom Hauptsatz gespeisten, regelbaren Spannungstransformators eingestellt (Abb. 4 und 5), so erzeugt man die erforderliche Hauptstrom-Spannung am einfachsten in einem Serientransformator (Abb. 6). Die Primärwicklung wird vom primären Hauptstrom J_1 durchflossen, die Sekundärwicklung liegt in Reihe zur Primärwicklung des Spannungstransformators. Macht man die Wechselreaktanz zwischen den Wicklungen des Serientransformators gleich $r_\infty \cdot s_0$, so wird der Gleichung (12) auf allen Tourenstufen Genüge geleistet.

Man kann den Spannungstransformator entbehren und gleichzeitig eine kontinuierliche Drehzahlregelung erreichen, wenn man den Perioden-

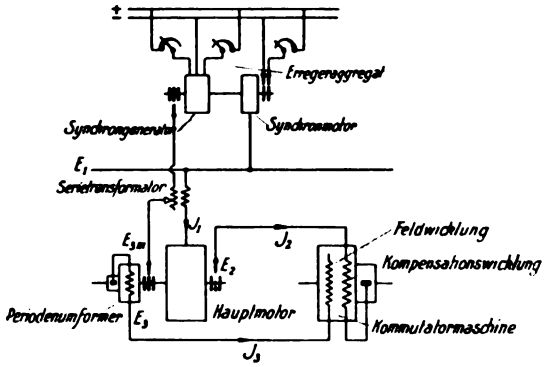


Abb. 8.

umformer in zwei Maschinen unterteilt, deren Statoren mit Bürstenstern in entgegengesetzter Richtung verdreht werden können (Abb. 7). Auf diese Weise erzielt man nämlich dieselbe Wirkung wie mit einem „Doppel-Potentialregler", nur mit dem Unterschied, daß außer der Größe der Spannung auch deren Frequenz umgeformt wird. Aus

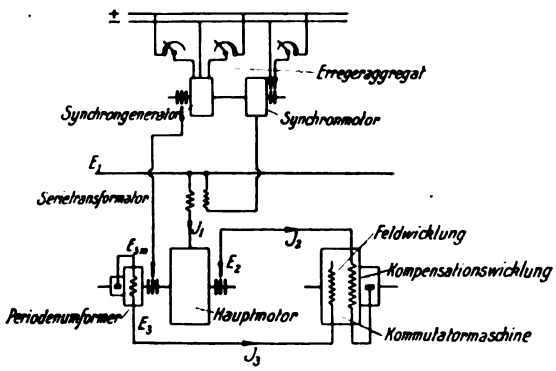


Abb. 9.

Gründen, die für den Eingeweihten keiner Erklärung bedürfen, macht man dabei die Spannungen der beiden Teilmaschinen nicht genau gleich.

Nicht ganz so einfach liegen die Verhältnisse, falls man die regelbare Erregerspannung E_{3m} durch ein besonderes Erregeraggregat erzeugen läßt, welches dann meist aus Synchronmotor und Synchrongenerator besteht (Abb. 8). Um gleichzeitig Größe und Phase der Generatorspannung regeln zu können, empfiehlt es sich, die Feldwicklung zweiphasig auszuführen. Auch bei dieser Schaltung kann man den Serientransformator dem Periodenumformer vorschalten. Indessen wird es nun nötig, gleichzeitig mit der Regelung der Generatorspannung auch das Übersetzungsverhältnis des Serientransformators zu verändern, am besten ebenso feinstufig oder wenigstens nicht mit allzu großen Sprüngen.

Dies bedeutet eine Komplikation, die man eventuell dadurch vermeiden kann, daß man den Serientransformator vor dem Synchronmotor einbaut. Gemäß Abb. 2 ist ja als Hauptforderung anzusehen, daß bei steigender Belastung der Sekundärspannungsvektor $\dot{E}_2$ um einen gewissen Winkel ψ im Sinne einer Nacheilung verdreht wird. Auf diese Weise wird die zu E_1 senkrechte Spannungskomponente, welche die Kompensierung der Phasenverschiebung bewirkt, bei Untersynchronismus vergrößert, bei Übersynchronismus verkleinert. In Abb. 9 besitzt der Synchronmotor nur eine Feldwicklung. Die Erregerspannung E_{3m} wird dann für eine bestimmte Belastung auf allen Tourenstufen um ein und denselben Winkel ψ zurückbleiben. Führt man dagegen auch das Motorfeld zweiphasig aus, so wird es möglich, ψ in genauer Übereinstimmung mit Abb. 2 nachzuregeln. Der

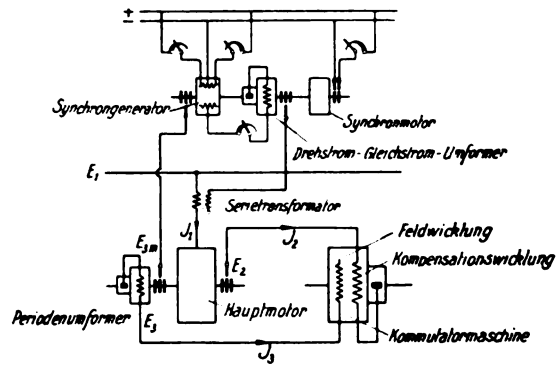


Abb. 10.

Vorteil der Schaltung nach Abb. 9 gegen Abb. 8 besteht darin, daß das Übersetzungsverhältnis des Serientransformators nicht verändert zu werden braucht.

Handelt es sich um große Maschinenaggregate, so dürfen auch die Reguliereinrichtungen mehr kosten und man kann dann manche sehr vollkommene Lösungen anwenden, die für kleinere Leistungen nicht in Betracht kommen. Besonders naheliegend ist der Gedanke, einen Schnellregler zur Beeinflussung der Phasenverschiebung zu benützen. Die AEG und wahrscheinlich auch andere Firmen bauen derartige Blindleistungsregler, durch die man die eine Phase des Generatorfeldes automatisch so regeln kann, daß die Blindleistung entweder konstant bleibt oder sich proportional der Wirkleistung ändert. Die Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung wird so schon im Synchrongenerator erzeugt und der Serientransformator wird überflüssig. Verwendet man für jede Phase des Generatorfeldes je einen derartigen Regler, so können Blind- und Wirkleistung unabhängig von einander geregelt werden

Digitized by Google

Schließlich kann man sich auch der bekannten Danielsonschen Kompoundierungsmaschine oder eines ähnlich arbeitenden Periodenumformers bedienen, um die Erzeugung der variablen Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung in den Synchrongenerator zu verlegen (Abb. 10).[3]) In diesem Falle speist man die Schleifringwicklung des Umformers über einen Serientransformator mit einem dem Primärstrom J_1 proportionalen Strom. Der Kommutator erhält am besten einen mehrphasigen Bürstensatz, der über regelbare Widerstände ein ebenfalls mehrphasiges Zusatzfeld im Synchrongenerator erregt. Dieses folgt jeder Änderung des Primärstromes J_1 (sei es hinsichtlich Größe oder Phase) mit einer proportionalen Änderung (seiner

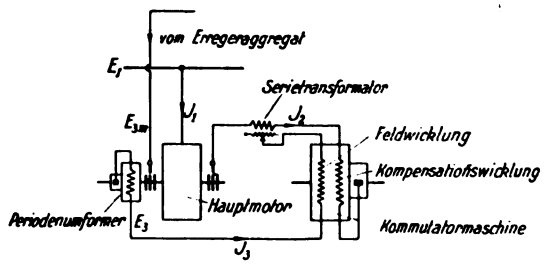


Abb. 11.

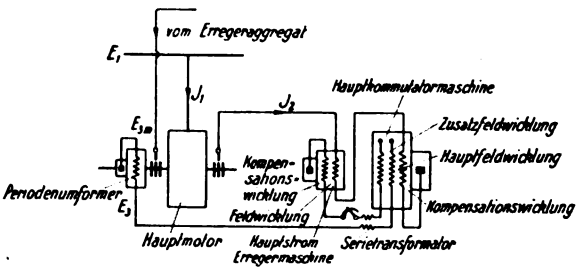


Abb. 12.

Stärke oder Feldachse) und die auf diese Weise erzeugte Zusatzspannung des Generators ist die verlangte Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung. Die Änderung ihrer Größe, die Gleichung (12) vorschreibt, erfolgt mittels der Widerstände im Zusatzfeldkreis und zwar gleichzeitig mit der Betätigung der Widerstände im Hauptfeld, welche die Tourenregelung beherrschen.

Alle bisher durchgesprochenen Schaltungen hatten das eine gemeinsam, daß sie die variable Hauptstrom-Phasenkompensierung aus dem Primärstrom herleiteten. Natürlich steht prinzipiell nichts im Wege, statt dessen vom Sekundärstrome auszugehen. Bei kleinen Aggregaten kann eine Schaltung nach Abb. 11 genügen. Sie unterscheidet sich von Abb. 8 nur dadurch, daß der regelbare Serientransformator im Sekundärkreis liegt anstatt im Primärkreis.

Bei größeren Aggregaten dürfte man es vorziehen, die Serienspannung in einer besonderen Erregermaschine von gleicher Bauart wie die Haupt-Kommutatormaschine, zu erzeugen (Abb. 12). Ihre Feldwicklung führt den sekundären Hauptstrom, die Ankerrückwirkung ist durch eine Kompensationswicklung aufgehoben. Diese Erregermaschine speist eine besondere Feldwicklung im Stator der Haupt-Kommutatorenmaschine mit einem Strom J_4, der durch Widerstände in Abhängigkeit von der Leerlaufdrehzahl des Hauptmotors geregelt wird. Ein kleiner Serientransformator setzt der induktiven Kopplung der Felder 3 und 4 innerhalb der Kommutatormaschine eine gleich starke, aber umgekehrte Kopplung entgegen.

Es wäre ein Leichtes, noch weitere Schaltungen anzugeben, welche demselben Zwecke dienen. Doch dürften die mitgeteilten Beispiele das Regulierproblem von genügend vielen Seiten beleuchten. Spezielle Fälle fordern natürlich, wie überall, spezielle Hilfsmittel. Doch fallen solche außerhalb des Rahmens dieser orientierenden Abhandlung.

[3]) Der Periodenumformer in Abb. 10 ist von gleicher Bauart wie die Kommutatormaschine in Abb. 4. Jedoch könnte die Statorwicklung (Kompensationswicklung) auch fehlen.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Leistungsversuche an einer 11 000 kW-Zoelly-Dampfturbine. Von Prof. Dr. A. Stodola. Zur Feststellung des „Schaufel"- oder hydraulischen Wirkungsgrades, der das eigentliche Maß für die Güte der Energieumwandlung in der Schaufel bildet, wurden an einer von Escher, Wyss & Co. in Zürich Ende 1926 im Kraftwerke Wehrden (bei Saarbrücken) aufgestellten Turbine Versuche angestellt, die auch Vergleiche zwischen den Leistungen ein- und mehrgehäusiger Turbinen ermöglichen und auch Anhaltspunkte geben, welcher der beiden Bauarten im Einzelfall der Vorzug zu geben ist. Die mit 3000 U/min laufende Turbine weist in einem einzigen Gehäuse zehn Gleichdruckstufen mit mittleren Beaufschlagungsdurchmessern von 1200 bis 1600 mm auf. Die ersten fünf sehr kräftigen Kränze mit eingegossenen Leitschaufeln sind mit den Zwischenböden durch Nieten verbunden und alle Leitkränze greifen zur Versteifung ineinander. Das Abdampfgehäuse ist so ausgebildet, daß der Dampfstrom nur mit einer Ablenkung von 90° in das lotrecht abfallende Abdampfrohr eintritt, der Abdampfstrom ist geteilt. Im übrigen sind die bewährten Einzelheiten der Zoelly-Turbine (Kohlenstopfbüchsen, mehrfaches Kammlager, Reglergetriebe mit ständigem, aber geringem Öldurchfluß) beibehalten. Die Versuche ergaben mit 14·7 bis 13·5 ata Dampfdruck und 323 bis 350° C Dampftemperatur vor dem Regelventil, sowie einem Kondensatorgegendruck von 0·024 bis 0·045 ata bei Leerlauf, 5477, 7966 und 10 975 kW Leistung an den Stromerzeugerklemmen, bezw. 300, 5956, 8509 und 11 571 kW Leistung an der Kupplung, einen Dampfverbrauch von 16·0, 4·707, 4·485 und 4·44 kg/kWh bezogen auf die Leistung an der Kupplung. Der Kraftverbrauch der Kondensation ist bei den vorstehenden Zahlen nicht abgezogen. Der mittlere Schaufelwirkungsgrad wurde mit 0·831 bis 0·839 ermittelt. Der beste Schaufelwirkungsgrad ist in der sechsten Stufe rund 90 vH. Die Kennzahl der Turbine $\left(\frac{\Sigma u^2}{Had}\right)$ beträgt 2071, die Ergebnisse der Untersuchungen sind daher recht beachtenswert. (ZVDI, Bd. 71, Heft 22, 1927.)

Verbesserungen in der Salzsäurereinigung von Kondensatoren. Dr. J. Hausen. Oberflächenkondensatoren werden von Wassersteinablagerungen vielfach durch Ausspülen mit verdünnter Salzsäure gereinigt. Salzsäure übt jedoch eine starke materialangreifende

Digitized by Google

Wirkung auf Metalle aus, welche teils rein chemischer Natur ist, teils durch die elektrochemischen Vorgänge innerhalb des Kondensators hervorgerufen wird. Für die kurzzeitige Einwirkung der Reinigungssäure spielen insbesondere die letztgenannten Vorgänge eine Rolle. Sie bestehen darin, daß in dem durch eisernen Rohrboden, Messingkühlrohre und Reinigungssäure gebildeten Element das Eisen zunächst die Rolle der Lösungselektrode spielt und in Lösung geht. Dieser Vorgang verläuft solange, bis sich die Eisenoberfläche mit graphitischem Kohlenstoff bedeckt hat. Alsdann gelangt ein System Kohlenstoff/Salzsäure/Messing zur Ausbildung, in welchem nunmehr das Messing als Lösungselektrode fungiert. Die Folge ist eine erhebliche Messingkorrosion, die im Endeffekt auf eine Entzinkung des Messings hinausläuft. Zur Vermeidung des Materialangriffes ist es daher in erster Linie erforderlich, den Salzsäureangriff des Eisens zu unterbinden. Dieses Ziel kann durch den Zusatz kolloider Stoffe zur Reinigungssäure erreicht werden. Der Mechanismus dieser Schutzwirkung ist noch wenig aufgeklärt. Offenbar hat man es mit Adsorptionserscheinungen zu tun, welche eine Flockung der gebildeten Eisensole verhindern. Für die praktische Verwendung passender Schutzstoffe ist in erster Linie die Frage von Interesse, in welchem Ausmaß der Eisenangriff durch sie gehemmt werden kann. Versuche der Westfälischen Berggewerkschaftskasse Bochum mit einem geeigneten Kolloid haben gezeigt, daß bereits ein Zusatz von 0·6 l/m³ die Einwirkung der Säure auf Eisen auf einen Bruchteil herabsetzt, ohne ihr Lösungsvermögen für Wasserstein zu beeinträchtigen. Erst bei 50° ist die Anfressung gleich stark, wie bei 15° ohne Kolloidzusatz. Man ist also in der Tat auf diesem Wege in der Lage, die Kondensatorreinigung mit Salzsäure ihrer materialangreifenden Wirkungen zu berauben und sie durch Anwendung höherer Temperaturen zeitlich stark einzuschränken. Durch entsprechende Regelung der Menge des Kolloidzusatzes hat man es in der Hand, den Angriff weitgehend herabzusetzen. Die praktische Ausführung des Verfahrens kombiniert mit der chemischen Reinigung die Schutzwirkung passend abgestimmter Ströme, welche den Korrosionsströmen entgegenwirken, und benutzt eine besondere Arbeitsweise, um eine Bewegung der Reinigungssäure ohne Umpumpen zu erzielen. Das geschilderte Verfahren ist mit gutem Erfolg bei Kondensatoren, Vorwärmern, Dampfkesseln, Warmwasseranlagen usw. angewandt worden. Zum Schluß wird das Resultat einer nach dem beschriebenen Verfahren vorgenommenen Reinigung mitgeteilt.

(Elektrotechn. Anzeiger 44, Nr. 40, 1927.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Über Kontaktwiderstände. Ragmar Holm betrachtet den Kontaktwiderstand als vorwiegend durch eine außerordentliche Verkleinerung des Stromquerschnittes an der Kontaktstelle hervorgerufen. Nach seiner Auffassung erfolgt der Stromübergang bei einem Kontakt durch eine große Zahl von winzigen Flächen und der Kontaktwiderstand ist der denselben zugeordnete metallische Einschnürungswiderstand. Die Summe dieser stromdurchflossenen Flächen bildet aber nur einen kleinen Teil der unter dem Kontaktdrucke entstehenden mechanischen Eindruckfläche.

Das Verhalten von derartigen „Siebwiderständen" wird mathematisch behandelt und mit den Ergebnissen der Messungen verglichen. Bei geringen Strömen bleibt der Kontaktwiderstand konstant. Mit steigendem Strome wird der Einfluß der veränderten Leitfähigkeit infolge Temperaturerhöhung sichtbar. Bei Metallen steigt daher der Kontaktwiderstand, bei Kohle sinkt er. Bei weiterer Stromsteigerung und Temperaturerhöhung der Siebstellen tritt eine Art plastischen Nachgebens des Materiales an diesen Stellen ein, eine nicht mehr reversible Vergrößerung des Leitquerschnittes und ein weiteres Sinken des Widerstandes. Schließlich strebt der Vorgang mit stets steigendem Strome einem konstanten Spannungsverlust, also einem reziprok zum Strome fallenden Kontaktwiderstand zu. (Aufsteigende Charakteristik.) Bei Verkleinerung des Stromes tritt ein kleinerer Widerstand auf, der umso besser den Einfluß des Temperaturkoeffizienten zeigt. Dieser Teil der Widerstandslinie ist reversibel. (Absteigende Charakteristik). Die Messungen wurden an kleinen runden Stäbchen, welche sorgfältig gereinigt waren, vorgenommen. Die Kontaktwiderstände wurden vor den Messungen normiert, das heißt vornehmlich durch leichte Erschütterungen in eine Art geordneten Zustand gebracht. Untersucht wurden Kontakte zwischen gleichen Materialien, und zwar bei Kohle, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Ta, Pt. Die Endwerte der konstanten Verlustspannung, der die Kontakte bei steigender Stromstärke zustreben, betragen zum Beispiel je Kontakt bei Kupfer 0·092, bei Tantal 0·255, bei Kohle 1·6 V. Die aus den absteigenden Charakteristiken sich ergebenden Übertemperaturen der Kontaktstellen ergaben zum Beispiel 680° bei Eisen, 360° bei Kupfer. Der Verfasser bespricht die Erklärungsversuche anderer Forscher, zum Beispiel der Kontaktwiderstand als Ausbreitungswiderstand der vollen mechanischen Eindruckstelle, als Widerstand einer nichtmetallischen Zwischenschichte, durch Elektronenübertritt usw. Allen diesen Erklärungsversuchen mangelt die Anpassungsfähigkeit an die Meßresultate des Verfassers, wenn ihnen auch ein teilweiser Einfluß immerhin doch zufallen kann. Kr.

(Zeitschrift f. techn. Physik, 1927, Heft 4.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die Lokomotiven EBB 101 — 180 der Compagnie de Chemin de fer de Paris — Orléans und ihre Leistungen im Betrieb. P. Bellasi berichtet über die Ergebnisse der Probefahrten und des Betriebs mit den BB-Lokomotiven, von denen die Maschinenfabrik Oerlikon 80 zu liefern und 40 dem Betrieb bereits übergeben hat[1]). Sie sind für schwere Güterzüge von 800 bis 1200 t bei 30 bis 40 km/h, maximal 50 km/h, leichte Güterzüge von 350 bis 500 t, und Personenzüge von 250 bis 350 t bei normal 65, maximal 90 km/h und Schnellzüge von 300 bis 500 t bei normal 75, maximal 90 km/h bestimmt. Die vier Motoren leisten bei 1350 V 1800 PS 1 Stunde und 1500 PS dauernd bei 46 km/h bezw. 48·5 km/h.

Größte Anfahrzugkraft	**21 600 kg**
Übersetzung der Zahnräder	**1 : 3·47**
Höchstgeschwindigkeit	**100 km/h**
Länge über Puffer	**12 580 mm**
Gesamter Radstand	**8 740 „**
Raddurchmesser	**1 350 „**
Dienstgewicht	**76 760 kg**
Elektr. Ausrüstung st Zahnräder	**32 260 „**
Mechanischer Teil	**44 500 „**
Abgefedertes Gewicht	**55 370 „**
Drehgestell komplett	**20 235 „**
davon abgefedert	**9 540 „**

Bei Anfahrversuchen mit 578 t Anhängegewicht wurde der Motorstrom bei allen Gruppierungen (alle Motoren in Reihe, zwei Gruppen zu zwei Motoren in Reihe und alle Motoren parallel) auf 250 A gehalten und die Zwischenstufen für Feldschwächung überschaltet. Die mittels registrierender Strommesser gemessenen Stromschwankungen zwischen den einzelnen Stellungen sind bei Parallelschaltung am größten, betragen jedoch im Mittel nur 22 A je Motor entsprechend 950 kg Zugkraftsprung. Der größte Sprung betrug 35 A je Motor entsprechend zirka 1500 kg. Auf 8 vT Steigerung wurden in 4′ 20″ 42 km/h und auf 7 vT in 3′ 37·5 km/h erreicht. Ein Zug von 290 t wurde in 1·2 vT bei 250 A/Motor mit 0·2 m/s² und in der Ebene mit 350 A/Motor mit 0·38 m/s² beschleunigt. Die Laufeigenschaften der Lokomotive wurden mit dem Registrierapparat Hallade bestimmt, der die lotrechten und wagrechten Ausschläge mißt. Der Apparat wurde zunächst im vorderen Führerstand der allein fahrenden Lokomotive und dann zu Vergleichszwecken in dem dritten Abteil eines vierachsigen Personenwagens I. Klasse aufgestellt. Bei Geschwindigkeiten zwischen 92 und 102 km/h waren die Ausschläge in der Lokomotive 1·38 bis 3·82 größer, wobei zu beachten ist, daß die gleichen Geschwindigkeiten nicht immer auf dem gleichen Streckenteil be-

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 8.

Digitized by Google

obachtet wurden. Immerhin zeigen diese Versuche die gute Verwendbarkeit der Lokomotive für hohe Geschwindigkeiten. Der Wattverbrauch ohne Hilfsbetriebe bei zirka 1400 V und 45 km/h beträgt 12 Wh/tkm bei 578 t Anhängegewicht.

Die Motoren haben Eigenkühlung und einteilige Gehäuse. Die Anker laufen in Ringschmierlagern mit Bronzeschalen, die Tatzenlager haben Stahlgußschalen mit Dochtschmierung. Versuchsweise wurde mehrmals das Lageröl erst nach 50 000 km ausgewechselt, ohne daß vorzeitige Abnutzungen aufgetreten wären. Nachfüllung von Öl wird besonders bei den Ankerlagern erst nach mehreren 1000 km nötig. Eine wesentliche Lagerabnutzung konnte, trotzdem manche Lokomotiven 75 000 km bei Tagesleistungen von mehr als 700 km zurückgelegt haben, nicht festgestellt werden. Desgleichen sind die Zahnräder, die nur auf einer Lokomotive beidseitig und federnd angeordnet sind, bis jetzt noch kaum abgenutzt. Die Schaltung der Motoren erfolgt durch elektro-pneumatisch betätigte Hüpfer ohne einen besonderen Hauptschalter. Bei Kurzschlußversuchen wurden 6000 A bei 1500 V mehrmals hintereinander einwandfrei abgeschaltet. Die oszillographisch aufgenommene Unterbrechungszeit betrug 0·4″. Die Abschaltung erfolgt in zwei Stufen, indem zuerst die Vorschaltwiderstände vorgeschaltet werden und dann erst der Strom unterbrochen wird. W l.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 70/71, April/Mai 1927.)

Die neue Cz-Zahnradlokomotive der Berner Oberland-Bahn. Von P. Altorfer. Die Berner Oberland-Bahn umfaßt die Reibungsstrecke Interlaken — Zweilütschinen mit 25 vT maßgebender Steigung und die anschließenden gemischten Reibungs- und Zahnstrecken Zweilütschinen — Lauterbrunnen mit 90 vT und Zweilütschinen — Grindelwald mit 120 vT maßgebender Steigung. Die Linien sind meterspurig und werden seit 1914 mit 1500 V Gleichstrom elektrisch betrieben, wozu acht elektrische Lokomotiven der Achsfolge Cz für gemischten Reibungs- und Zahnbetrieb in Verwendung stehen. Zur Bewältigung des gestiegenen Verkehres wurde im Jahre 1926 eine weitere Lokomotive gleicher Bauart, jedoch gesteigerter Leistung an die Maschinenfabrik Oerlikon in Auftrag gegeben; der mechanische Teil ist Lieferung der Lokomotivfabrik Winterthur. — Die Lokomotiven besitzen unabhängigen Reibungs- und Zahnantrieb, je mit doppeltem Vorgelege, der erstere mit Stangenantrieb auf die drei gekuppelten Reibungsachsen, der letztere auf ein Triebzahnrad wirkend; eine Reibungsachse trägt ein lose auf ihr sitzendes Bremszahnrad. Die beiden untereinander gleichen Triebmotoren, der eine für den Reibungs-, der andere für den Zahnantrieb, sind offene vierpolige Gleichstrom-Reihenschlußmotoren mit Eigenlüftung. Auf der Reibungsstrecke arbeitet der Motor des Reibungsantriebes allein; die Zahnstangeneinfahrt erfolgt mittels einer Zwischenschaltung, wonach auf der Zahnstrecke beide Motoren in Reihe geschaltet, der Reibungsmotor mit geshuntetem Feld, arbeiten. Die Talfahrt erfolgt mit elektrischer Kurzschlußbremsung für das ganze Zugsgewicht.

Die Hauptdaten der neuen Lokomotive sind:

Spurweite	1000 mm
Reibungstriebraddurchmesser	910 „
Triebzahnraddurchmesser (27 Zähne zu 100 mm Teilung)	860 „
Übersetzung des Reibungsantriebes	1 : 4·26
„ „ Zahnantriebes	1 : 6
Breite des Lokomotivkastens	2750 mm
Höhe der Dachkante über S. O.	3182 „
Länge über Puffer	8240 „
Einstundenleistung der Triebmotoren:	je 410 PS bei 1500 V, 590 U. p. m.
Dauerleistung der Triebmotoren:	je 310 PS bei 1500 V, 630 U. p. m.
Gewicht des mech. Teiles	20·2 t
„ der elektr. Ausrüstung	16·3 t
Gesamtgewicht	36·5 t

Das angehängte Zugsgewicht für die Reibungsstrecke beträgt 125 t bei einer höchsten Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h, wogegen auf den Zahnstrecken von 90 vT und 120 vT angehängte Zugsgewichte von 90 t bezw. 60 t mit einer Fahrgeschwindigkeit von 10 bis 12 km/h zulässig sind. W.

(Bulletin Oerlikon Nr. 65, November 1926.)

Die Nutzbremsung von Gleichstromlokomotiven. A. Bredenberg berichtet darüber der Jahresversammlung 1926 des A. J. E. E.[1]) Das Anwendungsgebiet der Nutzbremsung ist die Talfahrtbremsung schwerer Züge auf langen Gefällen stärkerer Neigung zur Ermöglichung höherer Fahrgeschwindigkeit bei erhöhter Sicherheit, zur Ersparnis an Radreifen und Bremsklötzen und zur Rücklieferung von Energie. Diesen Vorteilen gegenüber zu halten ist der Aufwand an Gewicht und Anschaffungskosten und an Erhaltung der zusätzlichen Ausrüstung. Die Nutzbremsung ersetzt nicht die durchgehende Druckluftbremse, sondern ist als Ergänzung derselben zur Erzielung der angeführten betrieblichen Vorteile zu betrachten.

Um die Spannung eines Reihenschlußmotors bis zur Rücklieferung von Strom an den Fahrdraht zu steigern, ist es notwendig, sein Feld fremd zu erregen und diese Erregung so zu regulieren, daß sich unabhängig von Spannungsschwankungen im Netz und von Änderungen des Gefälles ein stoßfreier Bremsbetrieb ergibt. Hiebei kann die Fremderregung des Feldes der rückarbeitenden Motoren durch einen besonderen Erregergenerator oder durch Verwendung eines oder mehrerer der Triebmotoren als Erreger für die übrigen erfolgen.

Die Fremderregung mittels Erregerumformers wurde in größerem Maßstabe erstmalig an den Güterzuglokomotiven der Chicago—Milwaukee—St. Paul-Bahn angewendet;[2]) die Schaltung ist daselbst so getroffen, daß der Erregergenerator, selbst die Summe des Feldstromes und des rückgelieferten (Anker-) Stromes der Triebmotoren führend, durch den letzteren gegenkompoundiert wird. An den Lokomotiven der Mexikanischen Eisenbahn erfolgt die Gegenkompoundierung durch einen von der Summe des Feld- und Ankerstromes der Triebmotoren durchflossenen Ausgleichswiderstand, wogegen der Erregergenerator nur den Feldstrom führt. Nebst dem Vorzug eines Erregergenerators für kleinere Stromstärke und größere Spannung ist die zweite Anordnung durch eine Charakteristik mit praktisch unveränderlicher Geschwindigkeit und durch einfache Steuerung ausgezeichnet. Die Heranziehung eines Teiles der Triebmotoren als selbsterregte Generatoren zur Erregung der übrigen rückarbeitenden Motoren wurde erstmalig an den vorgelegelosen Schnellzuglokomotiven der Chicago — Milwaukee — St. Paul-Bahn, weiters an den Lokomotiven der Paulista-Bahn[3]) und der Spanischen Nordbahn angewendet.

Die Bremsung mittels Erregung durch einen Teil der Triebmotoren gestattet die Talfahrt des mit derselben Lokomotive bergwärts beförderten Zugsgewichtes, jedoch mit umso mehr verminderter Fahrgeschwindigkeit, je stärker die Neigung ist. Bei Erregung mittels besonderen Erregergenerators können erheblich schwerere Züge mit etwas höherer Fahrgeschwindigkeit als bergwärts befördert abgebremst werden. Das erstere Verfahren eignet sich daher vor allem für Strecken geringer Neigung (10 bis 15 vT) und für kurze Strecken größerer Neigung, auf denen die herabgesetzte Fahrgeschwindigkeit nicht ins Gewicht fällt, wogegen das Anwendungsgebiet der Bremsung durch besonderen Erregergenerator die Lokomotiven mit drei Geschwindigkeitsstufen und die langen Bergstrecken größerer Neigung (20 vT und mehr) so wie überhaupt alle Strecken sind, auf denen die höchste zulässige Streckengeschwindigkeit in der Talfahrt ausgenützt werden soll. W.

(Gen. El. Rev., Bd. 29, Heft 8, 1926.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, Heft 12, S. 232.

[2]) Vgl. Seefehlner, E. u. M. 1917, S. 405 ff; 1918, S. 117.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 218.

Digitized by Google

Elektrische Apparate.

Ein mechanischer Wechselstromgleichrichter wird von Ing. Fritz Tellert beschrieben. Es handelt sich um einen Pendelgleichrichter mit zwei polarisierten Schwingfedersystemen, die durch ein dünnes Stahlstäbchen *S* (Abb. 1) miteinander gekuppelt sind. Die mechanischen Eigenfrequenzen der beiden Schwingsysteme sind etwas voneinander verschieden: die eine liegt etwas oberhalb, die andere um ebensoviel unterhalb der mittleren Frequenz, für die der Apparat gebaut ist. Die mechanische Kopplung bewirkt eine Übereinanderlagerung der beiden Resonanzkurven, wodurch eine gemeinsame verbreiterte und abgeflachte Resonanzkurve entsteht, die eine geringere Frequenzempfindlichkeit gegenüber den einfachen Apparaten mit sich bringt. Die Wirkung des Wechselstrom-Magnetsystemes *E* wird dadurch erhöht, daß die Federenden mit messerschneidenartigen Endstücken versehen sind, die in entsprechende Schlitze der Polkerne einschwingen. Die festen Kontakte sind einstellbar und zur Erzielung eines ruhigen und möglichst funkenfreien Ganges auf Federn angebracht, deren Ausweichung in der Richtung gegen das schwingende System durch einen Anschlag begrenzt ist, so daß die einmal gewählte Kontakteinstellung während des Betriebes ungeachtet der Federung ungeändert bleibt. Die Erregerspulen sind zur Erzielung der erforderlichen Phaseneinstellung über einen $2\,\mu$F-Kondensator an die Wechselstromquelle angeschlossen. Die Funkenbildung an den Kontakten wird durch parallelgeschaltete Kondensatoren gemildert. Die Bedingungen eines guten Gleichrichters sind:

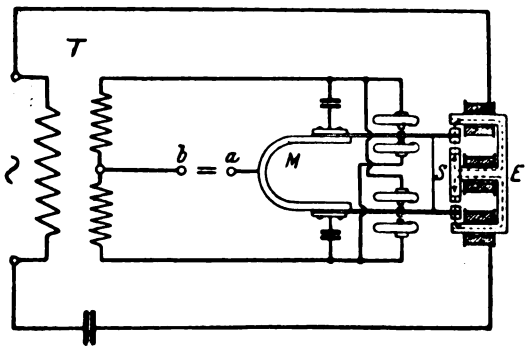


Abb. 1.

1. Bei Belastung mit ohmschem Widerstand muß das schwingende System durch seine Ruhelage gehen, wenn die Wechselspannung $e = 0$ ist. Da im Resonanzpunkt die Phase der mechanischen Geschwindigkeit gleich Null ist, das heißt, dem Scheitelwert der Geschwindigkeit beim Durchgange durch die Ruhelage der Scheitelwert der Kraft und somit auch der des Erregerstromes entspricht, muß zur Erfüllung dieser Bedingung die Phase des Erregerstromes um 90° gegen die Phase der EMK verschoben werden, was durch die Vorschaltung der Kapazität von $2\,\mu$F erzielt wird. Der Kontakt sollte theoretisch schon im Augenblicke des Durchganges der Schwingfeder durch die Ruhelage hergestellt werden; praktisch wird jedoch zur Vermeidung von Kurzschlüssen nur eine möglichst enge Kontaktstellung gewählt werden können, so daß ein ganz funkenfreier Gang nicht erreichbar ist. Bei Reaktanzen im Transformatorenkreise, also auch schon, wenn der Transformator eine größere Streuung besitzt, verschlechtern sich die Verhältnisse erheblich mit der Abnahme des Widerstandes im Gleichstromkreise. Man verwendet daher zweckmäßig Transformatoren mit viel Eisen und wenig Kupfer. Die Wicklung wird am besten unterteilt und die Sektionen der beiden Sekundärhälften werden gemischt angeordnet.

2. Belastung auf Verbraucher mit Gegenspannung (Akkumulatorenladung). In diesem Falle darf der Kontakt erst geschlossen werden, wenn die ansteigende Wechsel-EMK *e* gleich der Gegenspannung geworden ist, und ist zu öffnen, wenn die nach Erreichung des Scheitelwertes wieder absteigende EMK ebenfalls wieder gleich der Gegenspannung geworden ist. Wird der Kontakt später geschlossen oder früher geöffnet, so wird der Gleichrichter nicht voll ausgenützt; ebenso im entgegengesetzten Falle, in welchem der Ladungsperiode eine Entladungsperiode entweder vorausgeht oder nachfolgt. In beiden Fällen wird ferner der Strom nicht beim Nullwerte unterbrochen und es tritt Funkenbildung auf. Man hat daher die beiden Kontakte etwas weiter voneinander und zwar auf möglichst funkenfreien Gang oder auf höchste Gleichstromleistung einzustellen. Die Änderung der Gegenspannung während der Akkumulatorenladung von 2·2 auf 2·75 V je Zelle bleibt jedoch praktisch ohne wesentlichen Einfluß, wenn man zu Beginn der Ladung den Ladestrom um etwa 10 vH höher als normal einstellt. Gegen Ende der Ladung sinkt er dann auf etwa 15 vH unter den Normalwert. Zur Ladung verschiedener Zellenzahlen empfehlen sich aus wirtschaftlichen Gründen entsprechende Anzapfungen der Sekundärwicklung. Die Phaseneinstellung des schwingenden Systemes muß natürlich denselben Bedingungen wie ohne Gegenspannung entsprechen. Die meisten bisherigen Pendelgleichrichter versagen deshalb schon bei geringen Änderungen der Frequenz des speisenden Wechselstromnetzes, während die vorgeschlagene Ausführungsform, wie eingangs erwähnt, gegen Frequenzschwankungen weniger empfindlich ist. (Eine analoge Wirkung ließe sich wohl auch durch eine stärkere Dämpfung des schwingenden Systemes erzielen. D. Ber.) Die unter verschiedenen Betriebsverhältnissen gewonnenen Oszillogramme bestätigen die obigen Folgerungen und zeigen, daß der Gleichrichter des Verfassers den gestellten Bedingungen gut entspricht. Bemerkenswert erscheint, daß die Unterbrechung eines Kontaktes in der einen Hälfte der Sekundärwicklung bei ungleicher Einstellung der Kontakte beider Schwingfedern im noch geschlossenen Stromkreise der anderen Sekundärwicklung eine hohe gedämpfte Oberwelle erzeugt. Der Verfasser führt dies auf die Streuung des Transformators zurück, die zusammen mit den den Funkenstrecken parallel geschalteten Kondensatoren einen Schwingungskreis bildet, der durch die bei noch ziemlich hoher Stromstärke erfolgende Unterbrechung der zweiten Wicklungshälfte angestoßen wird. (Durch richtige Einstellung beider Kontaktpaare dürften diese Oberwellen vermieden werden. D. Ber.) Auch beim Doppelpendel-Gleichrichter besteht die Möglichkeit des Weiterarbeitens unter Rückentladung der Batterie beim Ausbleiben der Netzspannung; jedoch nur dann, wenn an seinen Netzklemmen kein genügend kleiner Widerstand parallel geschaltet ist, also mit dem Gleichrichter nur wenige niedrigkerzige Glühlampen eingeschaltet bleiben. Bei größeren Gleichrichtern wird dies durch Rückstromrelais verhindert. Der Wirkungsgrad kann bis 85 und 88 vH betragen, während andere als Pendelgleichrichter kaum 65 vH erreichen. Apparate dieser Art werden von C. Joh. Fritze, Dresden-A, bis zu Leistungen von 300 W gebaut. Eine kleine Type für Radioanlagen erlaubt die gleichzeitige Ladung einer Heiz- und einer Anodenbatterie. Andere Typen werden mit Anzapfungen für 6, 10 und 15 Zellen in Reihenschaltung gebaut. Die Anschaffungskosten sollen sich auf 120 bis 150 Mk. belaufen. Der Verfasser hält auch die Verwendung dieser Gleichrichter in der Galvanotechnik für aussichtsreich, da die Kontakte noch für mehr als 50 A ausgeführt werden können. R. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 14. 1927.)

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

(Fortsetzung aus Heft 32, Seite 664.)

Einrichtungen zur Fernschaltung.

Zum Fernbewegen, beliebiger Gegenstände werden Differentialmotoren verwendet, deren Einstellung durch zwei Wechsel- oder Drehfelder erfolgt, deren Frequenzen im entgegengesetzten Sinne regelbar sind. Diese Drehfelder wurden bisher in Generatoren mit regelbarer Drehzahl erzeugt. Gemäß einem Vorschlag der Gesellschaft für Elektrische Apparate m. b. H. in Berlin-Marienfelde werden statt der Generatoren zwei

Digitized by Google

regelbare Schwingungskreise vorgesehen, die über an sich bekannte Mittel zur Erzeugung von Phasenverschiebungen mit der Feld- und Ankerwicklung des oder der den Gegenstand bewegenden Differentialmotoren verbunden sind. Zweckmäßigerweise werden dabei gleichartige Elemente beider Schwingungskreise (Kapazitäten oder Selbstinduktionen) durch eine gemeinsame Vorrichtung im entgegengesetzten Sinne geregelt.
(D. R. P. Nr. 435800.)

Die genannte Firma gibt eine weitere Anordnung zum Fernsteuern eines einen Gegenstand einstellenden Motors an, die geeignet ist, eine zu übertragende Bewegung genau nachzubilden. Erfindungsgemäß wird die Einstellung des Regelorganes für den Motor außer von der Geschwindigkeit der nachzubildenden Bewegung auch von der von dem Motor ausgeführten Bewegung beeinflußt. Für diesen Zweck sind zwei Gruppen von Mitteln vorgesehen, welche das Regelorgan des Steuermotors derart beeinflussen, daß sich der Motor entsprechend der an der einen Gruppe eingestellten Geschwindigkeit und entsprechend der an der anderen Gruppe wirksamen Differenz des eingestellten und des ausgeführten Bewegungsbetrages bewegt.
(D. R. P. Nr. 439946.)

Eine Erfindung der Firma Vickers Limited in Westminster betrifft schrittweise bewegte Elektromotoren, zum Beispiel für sympathische Bewegungen, bei welchen im induzierten Teil (Ständer) Erregerwicklungen angeordnet sind, die von einem Steuerapparat der Reihe nach gespeist werden und bei denen der induzierte Teil (Läufer) je nachdem Ständerspulen erregt sind, seine Lage zum Ständer einnimmt. Bei solchen Motoren treten, besonders bei höheren Geschwindigkeiten, solche Pendelungen um die vorgeschriebene Lage ein, daß sie außer Tritt fallen. Erfindungsgemäß wird zur Vermeidung dieser Übelstände der induzierte Teil (vorzugsweise der Läufer) des Motors aus Lamellen von magnetischem Material (die durch Zwischenlagen aus unmagnetischem Material voneinander getrennt sind) derart aufgebaut, daß die Schichten parallel mit der Drehachse des Rotors verlaufen. Vorzugsweise werden die Lamellen so angeordnet, daß sie sich im wesentlichen in der Richtung des Kraftlinienweges von Pol zu Pol des induzierenden Teiles des Ständers erstrecken. In den Lagen, in welchen die Schichtung der Lamellen mit dem Kraftlinienfluß der erregten Ständerspulen übereinstimmt, ist der magnetische Widerstand des Rotors sehr gering und leistet gegen eine Verschiebung aus dieser Lage einen erheblichen Widerstand. Der Ständer erhält vorzugsweise für jedes Polpaar drei um 120° elektrisch gegeneinander versetzte Spulen. Um Pendelungen mit Sicherheit auszuschließen, kann man die Spulen mit jeweils zum Magnetfluß senkrechter Achse über geeignet bemessene induktionsfreie Widerstände oder Kondensatoren oder beide kurzschließen. Bewegt sich nun eine Spule, deren Achse senkrecht zum Felde liegt, so durchfließt die Kurzschlußkreise ein Strom, der den Rotor bremst. Abb. 6 zeigt die Schichtung der Lamellen bei einem vierpoligen Motor.

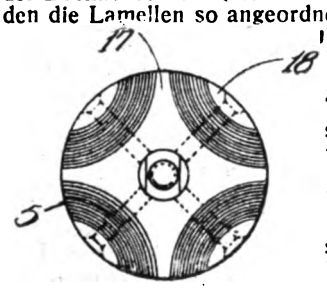


Abb. 6.

(D. R. P. Nr. 440758.)

Eine Eigenart einer von der Firma Österreichische Brown Boveri-Werke A.-G. in Wien vorgeschlagenen Schaltung zur Fernsteuerung von Schaltvorrichtungen in beliebiger Gruppenzahl besteht darin, daß bei Verwendung von nur zwei Verbindungsleitungen (bezw. einer und Erde als Rückleitung) eine beliebige Anzahl örtlich nahe beieinander liegender Schalteinrichtungen von einer Kommandostelle aus betätigt werden können und daß die Rückmeldung einerseits der eingeleiteten in Gang befindlichen Schaltvorgänge, andererseits deren ordnungsmäßige Beendigung ebenfalls durch die vorerwähnte, für die Steuerung der Schalteinrichtungen vorhandene Leitung erfolgt. Eine weitere Eigenart besteht darin, daß eine vom Aufstellungsort der Schalteinrichtung in die Kommandostelle führende oder eine in der Nähe des Aufstellungsortes vorbei- und zur Kommandostelle gehende, beliebige Prüfleitung fallweise für die Einleitung der Schaltvorgänge bezw. deren Kontrolle herangezogen werden kann. Die Erfindung gestattet zum Beispiel bei Aufstellung von neuen Speisepunktstationen, die bisher zwischen einem bestehenden Speisepunkt und der Zentrale bereits vorhandene Meldeeinrichtung, etwa ein Voltmeter, das in der Zentrale die Spannung dieses Speisepunktes anzeigt und die zugehörige Meßleitung für die Fernsteuerung der neuen Anlage und Kontrolle der vorgenommenen Schaltungen zu verwenden, wobei jedoch seine bisherige Funktion nicht beeinträchtigt, sondern nur für die jeweilige Dauer der Schaltvorgänge unterbrochen wird. Die Empfindlichkeit des vorhandenen Instrumentes kann durch die von der fernbetätigten Steuereinrichtung zwangläufig in der Meßleitung eingeleiteten Schaltungen so verändert werden, daß durch die Änderung der Anzeige des Instrumentes der vor sich gehende Schaltvorgang angezeigt wird. Bei mehreren möglichen Schaltvorgängen wird jedem derselben eine bestimmte Änderung der Empfindlichkeit des Instrumentes zugeordnet. (Ö. P. Nr. 105983.)

Eine elektrische Fernbetätigungsvorrichtung für einen oder mehrere je verschiedene Arbeitsstellungen besitzende Apparate, insbesondere für automatische Unterstationen ist Gegenstand einer Erfindung der Firma Società italiana Ernesto Breda per costruzzioni meccaniche in Mailand. Erfindungsgemäß wird, zum Zwecke, die bisher notwendige Zahl von Übertragungsleitungen wesentlich zu vermindern, eine der Stromzuleitungen des den kontrollierten Apparat antreibenden Schaltmotors in m parallel geschaltete Leiter unterteilt, die einerseits an m Schalter der Betätigungsvorrichtung, andererseits an m von dem gesteuerten Apparat betätigte Schalter angeschlossen sind. Hiebei entspricht jeder Schaltstellung auf der Seite der Betätigungsvorrichtung eine Gruppe von n geschlossenen Schaltern und auf der Seite des kontrollierten Apparates eine der vorgenannten entsprechende Gruppe von offenen Schaltern. Die Zahl der erzielbaren verschiedenen Stellungen ist durch die Anzahl der Kombinationen von m Schaltern gegeben, die zu Gruppen von je n Schaltern vereinigt sind, nach der Formel

$$\frac{m\,(m-1)\,(m-2)\,\ldots\,[m-(n-1)]}{1.2.3\,\ldots\,m}.$$

Die Bewegungsrichtung des zu steuernden Apparates wird mittels eines Umschalters von Hand aus an der Stellvorrichtung bestimmt, durch den die Stromrichtung im Erregungsstromkreis des Motors geändert wird. Bringt man die Stellvorrichtung beispielsweise in eine bestimmte Stellung, in welcher drei bestimmte Schalter geschlossen sind, so ist der Stromkreis des Schaltmotors bei allen Stellungen außerhalb dieser eingestellten Stellung geschlossen, so daß der Motor sich so lange dreht, bis diese Stellung erreicht wird, in welcher sich dann die entsprechenden Schalter an dem gesteuerten Apparat öffnen und den Motorstromkreis unterbrechen.
(D. R. P. Nr. 105960.)

(Fortsetzung folgt.)

Chronik.

50 Jahre Deutsches Patentamt. Am 1. Juli 1877 trat das am 25. Mai 1877 erlassene Patentgesetz in Kraft, mit welchem der Schutz der Erfindungen im ganzen Deutschen Reiche einheitlich geregelt wurde, und in diesem Zeitpunkt nahm auch das damalige kaiserliche Patentamt, das jetzige „Reichspatentamt" seine Tätigkeit auf. Daß Deutschland erst so spät in die Reihe jener Staaten trat, welche den Erfindungen und den Erfindern einen ausreichenden Schutz angedeihen lassen (Patentgesetze bestanden zwar schon in den einzelnen deutschen Ländern, aber ein Schutz war dem Erfinder

Digitized by Google

keineswegs gesichert), hing außer mit den politischen Verhältnissen auch damit zusammen, daß noch in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in Deutschland eine starke Strömung gegen den Schutz von Erfindungen überhaupt bestand. Dem Verein deutscher Ingenieure, vor allem aber Werner von Siemens, ist es zu verdanken, daß alle Hindernisse so bald nach der Einigung des Reiches überwunden und ein Gesetz geschaffen wurde, das an dem Aufschwung der deutschen Industrie in den letzten 50 Jahren einen bedeutenden Anteil hat.

Schon in dem Gesetze vom Jahre 1877 waren die Grundlagen des Patenterteilungsverfahrens (Vorprüfung und Aufgebot bezw. Auslegung der Anmeldungen) enthalten, die sich in der Folge sehr gut bewährten und auch einer ganzen Reihe von Staaten, so auch Österreich, als Richtschnur für ihre Patentgesetzgebung dienten. Eigenartig war nur die Organisation des Amtes zur Zeit der Gründung, da außer dem Präsidenten die Mitglieder nur nebenamtlich tätig waren. Man hatte dadurch allerdings die Möglichkeit, die bedeutendsten Fachleute, wie Werner von Siemens selbst, für die unmittelbare Mitarbeit heranzuziehen, doch konnte natürlich dieses System auf die Dauer nicht aufrecht erhalten werden.

Im Jahre 1891 bei der ersten Novellierung des Gesetzes ging man daher auch zunächst dazu über, in der ersten Instanz (Anmeldeabteilung) ausschließlich Mitglieder zu verwenden, die hauptamtlich tätig sind, und auch in den Beschwerdeabteilungen und Nichtigkeitsabteilung traten die nebenamtlichen Mitglieder immer mehr zurück. Seither hat das Gesetz noch eine Reihe von Abänderungen erfahren, seine Grundzüge sind aber, da sie sich eben als zweckmäßig erwiesen, voll erhalten geblieben.

Die Geschäftstätigkeit des Amtes hat sich sehr rasch entwickelt und die Zahl von über 1·3 Mill. Patentanmeldungen in den verflossenen 50 Jahren ist wohl der beste Beweis dafür, daß von dem Gesetz reichlich Gebrauch gemacht wurde. Erteilt wurden bisher etwa 450 000 Patente, durch die Prüfung der Anmeldungen sind also etwa $^2/_3$ davon weggefallen und damit sind auch viele Erfinder vor langwierigen und kostspieligen Prozessen bewahrt worden, die bei dem reinen Anmeldesystem (ohne Prüfung und Auslegung, wie es zum Beispiel heute noch in Frankreich besteht) unbedingt zu erwarten waren. Das Amt hat also auch in dieser Richtung im Interesse der gesamten Volkswirtschaft gearbeitet. Welche wichtige Rolle die Elektrotechnik im Patentwesen, bezw. das letztere in der Elektrotechnik spielt, ist an dieser Stelle wiederholt besprochen worden.[1]) Im Jahre 1891 übernahm das Patentamt auch die mit der Schaffung des Gebrauchsmustergesetzes verbundenen Aufgaben und es wurden bisher etwa 1 Mill. Gebrauchsmuster eingetragen. 1894 wurde seine Tätigkeit noch durch das Warenzeichengesetz erweitert, auf Grund dessen bisher über 350 000 Warenzeichen eingetragen wurden. Damit sind die Hauptaufgaben des Patentamtes geschildert, das heute über einen Personalstand von etwa 800 Beamten, darunter über 170 technische und rechtskundige Mitglieder, verfügt und seit 22 Jahren auch ein seiner Bedeutung entsprechendes Heim besitzt. Erwähnt sei noch, daß das Patentamt — wenn auch unter Widerspruch der beteiligten Kreise — schon seit vielen Jahren recht beträchtliche Überschüsse ausgewiesen hat.

Bei einer auch noch so knappen Würdigung der Tätigkeit des Deutschen Patentamtes darf schließlich auch dessen Bibliothek nicht unbesprochen bleiben, die abgesehen davon, daß sie die lückenlosen Reihen der Patentschriften aller Länder enthält, auch über sehr reichhaltige Bücher- und Zeitschriftenbestände auf allen Gebieten der Technik verfügt, und so nicht nur für Nachforschungen im Zusammenhang mit Erfindungen und Patenten, sondern auch für wissenschaftliche Arbeiten von großem Werte ist. Viele Jahre hat das Amt seine Literatur durch die Fortführung des bekannten „Repertorium der technischen Journalliteratur" von Kerl verarbeitet und in allerletzter Zeit ist durch die Schaffung einer Literaturnachweisstelle, zunächst für die chemische Literatur, wieder ein Schritt geschehen, um die Einrichtungen des Amtes der gesamten Industrie nutzbar zu machen.

Die Entwicklung der Technik sichert dem Deutschen Patentamte, das auf der ganzen Erde hohes Ansehen genießt, auch für die Zukunft reiche Arbeit, die wie bisher zunächst für das deutsche Wirtschaftsleben, im weiteren Sinne aber für die gesamte Weltwirtschaft von Nutzen sein wird. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 26, S. 533.

Die Tätigkeit der Gesellschaft für Wärmewirtschaft (GW) in Wien im Geschäftsjahr 1925/26. Aus dem in der Hauptversammlung am 21. Juni 1926 erstatteten Berichte geht hervor: In Fortsetzung der Belehrungstätigkeit der GW wurden folgende Kurse abgehalten: Ein Wärmewirtschaftskurs für Betriebsbeamte als 30stündiger Abendkurs, gemeinsam mit der Lehrkanzel für Technologie der Brennstoffe, in welchem auf Grund von Anregungen aus der Praxis das Gebiet der Dampfwirtschaft besonders berücksichtigt war, in Gemeinschaft mit der technischen Bundeslehranstalt, Wien I, ein zehnstündiger Kurs für Brennstoffbeurteilung (dreimal) und wärmewirtschaftliche Fortbildungskurse für Kesselheizer. Die Fortsetzung der vor 3 Jahren begonnenen Kurse für Gewerbeschullehrer, welche gemeinsam mit dem Bundesministerium für Handel und Verkehr veranstaltet werden, brachte im Berichtsabschnitt die Behandlung der Starkstromwirtschaft.

Die Ausstellungstätigkeit der GW erstreckte sich auf die Beteiligung an der betriebstechnischen Wanderausstellung in Reichenberg und Wien, sowie an der Wiener Herbstkohlenmesse. Die in den Räumen der Lehrkanzel für Technologie der Brennstoffe an der Wiener Technischen Hochschule untergebrachte Ausstellung wärmetechnischer Meßgeräte wird weitergeführt.

Aus der Tätigkeit der Arbeitsausschüsse, welche 54 Sitzungen abhielten, sei angeführt: Die Arbeiten des Ausschusses für feste Brennstoffe wurden dadurch verzögert, daß man auf die parallel laufenden Arbeiten in auswärtigen Körperschaften zuwarten mußte. Die in Angriff genommene Aufstellung eines Katasters der österreichischen Kohlen ist dadurch behindert, daß der Verein der Bergwerksbesitzer Österreichs seine einschlägigen Vorarbeiten noch immer nicht zum Abschluß bringen konnte. Der Arbeitsausschuß für industrielle Feuerungen hat die Ausarbeitung eines Merkblattes über Rauchverminderung in Angriff genommen. Der Arbeitsausschuß für Dampfkesselbetrieb hat die Ausarbeitung eines umfassenden Merkblattes über Kesselspeisewasser beendet. Diese Arbeiten gaben auch Gelegenheit zu einer Untersuchung einer bestehenden Wasserreinigungsanlage, ferner zu einer Diskussion über Kesselsteingegenmittel. Ferner wurde die Sammlung von Daten über das Verhalten fester Brennstoffe in verschiedenen Rostfeuerungen übernommen. Der Arbeitsausschuß für Wärmeleitung hat die Merkblätter über Anlage und Betrieb von Dampf- und Wasserrohrleitungen einer Neubearbeitung unterzogen. Der Arbeitsausschuß für Wärmeschutz wird das Merkblatt „Wärmeschutz" umarbeiten. Der Arbeitsausschuß für Textilindustrie hat unter anderem die Frage der Mindestspannungen in der Textilindustrie in Beratung gezogen. Der Arbeitsausschuß für Abfallenergien hat seine Beratungen über Fragen der Abdampfentölung und der Frischdampfreinigung fortgesetzt, welche den innigen Zusammenhang zwischen Speisewasserbehandlung, Betriebsweise der Kessel, Frischdampfreinigung, Schmierung und Abdampfentölung und seine Bedeutung für die häufig so unbefriedigenden Entölungseffekte in der Praxis zeigten. Es wurde die Aufstellung eines diesen Bereich umfassenden Merkblattes beschlossen. Der Arbeitsausschuß für Meßwesen hat die Bearbeitung eines Merkblattes über Vermeidung von Meßfehlern fortgesetzt. Auch die Aufstellung von Richtlinien für betriebsmäßige Eichung wärmetechnischer Meßgeräte wurde eingeleitet. Im Zusammenhang mit den Arbeiten des letztgenannten Ausschusses ist zu erwähnen, daß durch eine mit der wissenschaftlichen Abteilung des Österreichischen Vereines Deutscher Ingenieure getroffene Vereinbarung eine verstärkte Mit-

Digitized by Google

arbeit der österreichischen Fachkreise bei der weiteren gemeinsamen Ausgestaltung der Regeln für Leistungsversuche an Kraftmaschinen vorgesehen wurde. Als Träger dieser Gemeinschaftsarbeit zwischen dem Verein deutscher Ingenieure und den österreichischen Fachkreisen wurde für den Bereich ihres Arbeitsgebietes die GW bestimmt.

Die Zahl der von der GW herausgegebenen bezugsfertigen Merkblätter hat sich im Berichtsabschnitte auf 20 gesteigert. Die Auskunfts- und Beratungstätigkeit der Geschäftsstelle hat insofern eine Ausdehnung zu verzeichnen, als von verschiedenen Industrien auf ihre Mitwirkung neuerdings auch bei verschiedenen Untersuchungen, ferner auch bei Betriebsumstellungen größeren Umfanges Wert gelegt wird. Die Mitwirkung der GW erfolgt in solchen Fällen in engem Einvernehmen mit den mit der Durchführung dieser Aufgaben betrauten Fachleuten. Vom Hauptverband der Industrie wurde die Geschäftsstelle auch im Berichtsabschnitt wiederholt als beratende Stelle herangezogen, zum Beispiel im Rahmen der Aktion zur Förderung des Absatzes der Inlandkohle und bei den Beratungen über die Neubearbeitung des Dampfkesselgesetzes.

Literaturberichte.

3558 **Meßtechnische Übungen der Elektrotechnik** von Konrad Gruhn. 176 Seiten. Verlag Julius Springer, Berlin—Wien 1927. Mk. 10·50.

Das Buch bildet eine Ergänzung zu dem von dem gleichen Verfasser herrührenden „Leitfaden über die elektrotechnischen Meßinstrumente". Der Hauptsache nach Unterrichtszwecken dienend, hat der Verfasser aus der übergroßen Zahl von Versuchsmethoden zur Darstellung jene ausgewählt, die typisch und lehrreich sind; hiebei dienten ihm als Leitstern die Erfahrungen, die er sich im elektrotechnischen Laboratorium der Technischen Lehranstalten der Stadt Dresden erwarb.

Durch den planmäßigen Aufbau des Stoffes wird dem Studierenden das Verständnis für das Dargebotene sehr erleichtert. Nach ein paar kurzen einleitenden Worten über Zweck des Versuches und über die hiezu dienenden Meßeinrichtungen erörtert der Verfasser das Meßprinzip und die Theorie des Versuches. Indem der Verfasser die besondere Versuchsausführung näher beschreibt, durch praktische Winke ergänzt und die Versuchsergebnisse in Tabellenform zusammengestellt oder graphisch darstellt, gewinnt der Studierende einen innigen Einblick in die für die Methode geltenden Zusammenhänge und lernt die Fehlerquellen kennen, die bei der Messung zu vermeiden sind. Die in dem Texte eingestreuten Übungsfragen sind sehr lehrreich und würden noch besser ihrem didaktischen Zwecke entsprechen, wenn anhangsweise die Lösungen dieser Fragen angegeben sein würden, damit der Studierende die Überzeugung gewinnt, daß er das Vorangegangene richtig erfaßt habe.

Aus dem Inhaltsverzeichnis ist zu entnehmen, daß nicht nur die für den zukünftigen Starkstromtechniker wichtigsten Meßmethoden- und Einrichtungen berücksichtigt wurden, sondern auch für den Schwachstromtechniker und für die Hochfrequenztechniker. Im Anhange beschreibt der Verfasser eine Reihe von neueren Meßeinrichtungen, die in der Praxis Eingang gefunden haben. Das Buch kann den Studierenden, aber auch den Prüffeldingenieuren wärmstens empfohlen werden.

Kusminsky.

2049 **Jahrbuch der Elektrotechnik.** Übersicht über die wichtigeren Erscheinungen auf dem Gesamtgebiet der Elektrotechnik. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von Dr. Karl Strecker. 14. Jahrgang. Das Jahr 1925. Druck und Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1927.

Bei einem Werke, das wie das vorliegende, sich alljährlich wiederholt[1]), muß es als großer Vorzug bezeichnet werden, daß es die im Laufe der Zeit gefundene Form und Einteilung mit großer Treue beibehält und so immer wieder in bekannter und gewohnter Struktur vor den Leser tritt, ihm den Gebrauch auf solche Weise wesentlich erleichternd, eine wichtige Eigenschaft bei einem Nachschlagewerk. Von Bedeutung aber ist auch, daß die Form nicht verknöchert, daß das Festhalten an ihr nicht zum Verschmähen wünschenswerter Verbesserungen führt. Es kann mit Befriedigung festgestellt werden, daß dies beim „Jahrbuch" nicht der Fall ist, daß es, während Inhalt und textliche Gestaltung den bewährten und bekannten Grundsätzen treu blieben, nun seine Einrichtungen ausgestaltet, die auch der jährlich dazukommenden Schar neuer Leser und jenen, die es nur selten benützen, ein rasches und leichtes Zurechtfinden möglich machen. Das Sachverzeichnis, das im Vorjahr nur die Überschriften der Absätze enthielt, hat seinen Umfang mehr als verdoppelt und die erwähnten Überschriften sind nun allesamt auch ins Inhaltsverzeichnis eingegangen, was dessen Brauchbarkeit nicht unerheblich erhöht. Dennoch muß man dem Sachverzeichnis eine noch sorgfältigere Durcharbeitung wünschen, soll es seine Aufgabe, alle Aufsätze, die einen Gegenstand betreffen, an einer Stelle gesammelt anzuführen, erfüllen. Als Beispiel sei das Stichwort „Holzmaste" erwähnt, bei welchem die Seite 173 nicht genannt ist, obwohl sie 22 Hinweise auf Literaturstellen über dieses Thema enthält. Ähnliches gilt für „Kabelverlegung" und die Seite 174.

Der wachsende Umfang des Jahrbuches hat den Herausgeber veranlaßt, die Kapitel „Ausstellungen und Messen", „Vereinswesen und Kongresse" ganz, sowie „Technisch-Wirtschaftliches" teilweise zu streichen. Es ist auch erfreulicherweise gelungen, nicht nur die beiden im Vorjahre ausgebliebenen Kapitel nachzutragen, sondern den Erscheinungstermin ohne Opfer an Vollständigkeit zu halten. Es ist nur zu wünschen, daß die fortschreitende Entwicklung dieses bewährten Buches anhalten möge, um den mit dem Umfang literarischer Betätigung steigenden Anforderungen stets gerecht zu bleiben.

A. Fritz.

3554 **Riduttori** (Übersetzungsgetriebe). Von Ottorino Pomini. 560 Seiten mit 388 Abb. und 40 Tabellen. Verlag Ulrico Hoepli, Mailand 1927. Preis geh. 58 Lire.

Das Buch füllt eine Lücke in der technischen Literatur aus, da Zahnradgetriebe, die besonders durch ihre gesteigerte Anwendung beim Antrieb von Stromerzeugern und anderen Maschinen durch Dampfturbinen und große schnellaufende Elektromotoren ein sehr wichtiger Maschinenteil geworden sind, zwar in Zeitschriftenaufsätzen und in den Werken über Zahnräder behandelt wurden, aber eine zusammenfassende Darstellung bisher fehlte. Das Buch enthält in fünf Hauptabschnitten die Berechnung der Getriebe einschließlich der Wellen, die in Betracht kommenden Werkstoffe, ferner eine Beschreibung einer großen Zahl ausgeführter Getriebe, darunter sehr viele nach Entwürfen des Verfassers, Tafeln über Getriebereihen und schließlich zehn vollständig durchgerechnete Beispiele. Neben dem vorhandenen Schrifttum, vorwiegend dem deutschen sind auch viele eigene Untersuchungen und Erfahrungen des Verfassers verarbeitet. Von einer gewissen Breite der Schreibweise und den vielfachen, zwar sehr interessanten, aber nicht zum eigentlichen Thema gehörigen Abschweifungen abgesehen, entspricht das Buch in jeder Hinsicht den guten deutschen Werken über Maschinenelemente. Es kann dem Konstrukteur von Übersetzungsgetrieben als wertvoller Behelf auf das Beste empfohlen werden. Besonders hervorzuheben ist, daß die Zeichnungen ausgeführter Getriebe ausnahmslos mit Maßzahlen versehen sind. Auch die Ausstattung des Buches ist gut.

Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

3549 Unsere Technik und Amerika. Von Emo Descovich. 78 Seiten mit 22 Abb. Verlag von Dieck & Co. (Frankh'sTech. Verlag), Stuttgart 1927. Preis geh. Mk. 1·80, geb. Mk. 2·20.

Der durch seine populärwissenschaftlichen Abhandlungen bekannte Verfasser schildert hier in kurzem und auf gemeinverständlicher Basis die Methoden der wissenschaftlichen Betriebsführung, in deren Anwendung heute Amerika führend ist. Ansätze hiezu sind aber auch

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Heft 34, Seite 624.

Digitized by Google

in Europa bereits vorhanden. Eine Weiterentwicklung in einer durch die lokale Eigenart geforderten Weise könnte auch unseren Kontinent nach Ansicht des Verfassers wieder Amerika ebenbürtig zur Seite stellen.
Schw.

3290 Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure. Teil I: Differentialrechnung und Grundformeln der Integralrechnung nebst Anwendungen. Von R. Rothe. 2. Auflage. Mit 155 Textabb. B. G. Teubner, Leipzig-Berlin. Teubners technische Leitfaden Bd. 21.

Gegenüber der 1. Auflage hat das Buch eine Reihe von Verbesserungen, Ergänzungen, sowie neue Aufgaben erhalten. Es genügt daher auf die in E. u. M. 1926, S. 240, veröffentlichte Besprechung hinzuweisen.

Die vierzigjährige Geschichte des Transformators 1885 — 1925. 41 Seiten mit 33 Abb. Ganz'sche Electricitäts-Actien-Gesellschaft, Budapest. Von den in der Zeitschrift, Jhg. 1925, S. 1011, besprochenen Arbeiten der Ganz'schen Ingenieure Zipernowsky, Déri und Bláthy ausgehend, wird die Entwicklung des Transformators geschildert und auch die Tätigkeit der Firma Ganz auf dem Gebiete des Zentralenbaues und der Kraftverteilung, soweit sie mit dem Transformator zusammenhängt, gestreift.

3487 Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung, bearbeitet und herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, 19 Seiten mit einer Tafel. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis Mk. 1·—.

Die kleine Schrift behandelt zuerst die Anforderungen an Kühl- und Schmiermittel im allgemeinen, sowie an Bohröle und Emulsionen im besonderen, dann werden die wichtigsten Kühl- und Schmiermittel nebst ihren Eigenschaften angeführt und deren Anwendung bei den verschiedenen Bearbeitungsarten der einzelnen Metalle erläutert, schließlich wird auch die Wiedergewinnung der Bohröle besprochen. Eine Tafel gibt eine Übersicht von erprobten Kühl- und Schmiermitteln für verschiedene Zwecke. Die Schrift wird den Betriebsleitern und auch den an Metallbearbeitungsmaschinen selbst Arbeitenden recht gute Dienste leisten.

Fließende Fertigung. Eine Einführung in Wesen und Art des Fließbetriebes. Von Dipl. Ing. H. Schaefer. Bibliothek der ges. Technik, Band 362, 121 Seiten. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1927. Preis Mk. 3·90.

Mechanische Schwingungen und ihre Messung. Von Dr. Ing. J. Geiger. 305 Seiten mit 290 Textabb. und 2 Tafeln. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 24·—.

Die elektrischen Einrichtungen für den Eigenbedarf großer Kraftwerke. Von Obering. Friedrich Titze. 160 Seiten mit 89 Textabb. Verlag J. Springer. Berlin 1927. Preis geb. Mk. 12·—.

Berichterstattung der Basler Sondertagung der Weltkraftkonferenz 1926. Zwei Bände oktav, enthaltend zirka 2800 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und Tafeln. Preis Fr. 125·—. Verlag Emil Birkhäuser & Cie., Basel.

Controllers for Electric Motors. A Treatise on the Modern Industrial Controller, together with Typical Applications to the Industries. Von Henry Duvall James, B. S., M. E. Second Edition-Completely Revised and Enlarged. 522 pages, 444 ill. Verlag Chapman & Hall, Ltd. London 1927. Preis 21 s.

Electric Switch and Controlling Gear. Von Charles C. Garrard. Third Edition. Revised and Enlarged. 783 pages. Verlag Ernest Benn, Ltd., London 1927. Preis 63 s.

Electrotechnische Constructie. Von C. Feldmann. Deel I: Gelijkstroom. Technische Boekhandel en Drukkerij J. Waltmann Jr., Delft 1927.

Das Telephon und sein Werden. Von August Roth. Mit einem Geleitwort von Dr. Ing. e. h. E. Feyerabend. 148 Seiten mit 33 Abb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 4·50.

Die Teilung der Zahnräder und ihre einfachste rechnerische Bestimmung. Von Ing. G. Hönnicke. 115 Seiten mit 26 Textabb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 6·—.

Die Handhabung des Rechenschiebers. Von Dipl. Ing. Dr. H. Schütze. 48 Seiten mit 40 Abb. und 100 praktischen Übungsbeispielen. Verlag Dieck & Co., Stuttgart. Preis Mk. 1·20.

Der Elektromotor. *a*) Gleichstrommotoren. Von Dipl. Ing. Conrad Aron. Technische Fachbücher. Von Dipl. Ing. **A. Meyer.** Heft 18 *a*. 126 Seiten mit 44 Textabb. und 113 Aufgaben nebst Lösungen. C. W. Kreidel's Verlag, München. Preis Mk. 2·25.

Hebetechnik. Von Dipl. Ing. H. R. Müller. Technische Fachbücher. Von Dipl. Ing. **A. Meyer.** Heft 8. 124 Seiten mit 44 Textabb. und 118 Aufgaben nebst Lösungen. C. W. Kreidel's Verlag, München. Preis Mk. 2·25.

Neue Druckschriften.

Donau-Großkraftwerk Wien. Von Ing. H. Schubert. 24 Seiten mit 2 Tafeln. Im Selbstverlag der Bauunternehmung H. Rella & Co., Wien 1927.

Die Schrift enthält eine allgemeine Beschreibung eines Projektes zur Ausnutzung der Donauwasserkraft auf der Strecke von Klosterneuburg bis Hainburg in drei Werken mit einer Gesamtjahreserzeugungsmöglichkeit von 940 Mill. kWh. Für das Werk I (Spitzendeckungswerk gegenüber dem Praterspitz) sind acht Maschinensätze, aus Kaplanturbinen mit vertikaler Welle und Schirmgeneratoren bestehend, von je 15 000 kVA vorgesehen, für das Werk II (Laufwerk bei Orth) sechs Sätze gleicher Bauart von je 10 700 kVA. Als Anlagekosten je installiertes kW werden 1370 S errechnet, bei einem Strompreis von 3·3 g/kWh ist bei dem voraussichtlich zu gewärtigenden Stromverbrauch eine Amortisation der Anlagen bereits in 18 Jahren möglich.

DIN-Normblattverzeichnis. Stand der Normung Frühjahr 1927. 203 Seiten, DIN-Format A 5. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis Mk. 2·—.

Die Neuausgabe, die trotz des Wegfalls der allgemeinen Einleitung — diese erscheint als besondere Werbeschrift „Die deutsche Normung" und wird kostenlos abgegeben — den gleichen Umfang hat wie die vorhergehende[1]), umfaßt wieder ein systematisches Verzeichnis der fertiggestellten und in Arbeit stehenden Normblätter, eine Übersicht über die Normblattänderungen seit dem Erscheinen der letzten Ausgabe, ein fortlaufendes Nummern- und ein alphabetisches Stichwortverzeichnis.

Briefe an die Schriftleitung.

Zur Ermittlung der Hauptdimensionen von Synchronmaschinen. Von Prof. V. S. Kulebakin. E. u. M. 1926, Heft 40, Seite 741 ff.

Zu diesem Aufsatz möchte ich bemerken, daß es für Maschinen mit ausgeprägten Polen nicht zulässig ist, bei Berechnung des Stoßkurzschlußstromes die Nutenstreuung, Zahnkopfstreuung und Rotorstreuung gegenüber der Streuung der Statorverbindungen zu vernachlässigen. Deswegen gelten die Ausführungen des Autors nur für verhältnismäßig kurze Turbogeneratoren, denn nur in solchen Turbogeneratoren spielen die Streuflüsse der Stirnverbindungen des Stators eine vorwiegende Rolle beim Stoßkurzschlußstrom.

Im Beispiel, welches Prof. Kulebakin ausführt, erklärt sich die Übereinstimmung seiner Ausführungen für die Walchenseewerkmaschine der Bergmann A.-G. ausschließlich durch die irrtümliche Annahme der Amperestabzahl im Anker, die in Wirklichkeit (von den Bergmann-Werken bestätigt) 360 und nicht, wie Prof. Kulebakin angibt, 720 ist.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 221.

Digitized by Google

Für die Walchenseewerkmaschine der Bergmann A.-G. ergibt sich rechnerisch, daß der Streufluß der Stirnverbindungen nur zirka 25 vH von der gesamten Streuspannung bei Streuprobe ohne Rotor induziert. Für Maschinen mit ausgeprägten Polen ist aber gerade (nach Prof. Rüdenberg) die Streuspannung der Streuprobe ohne Rotor am maßgebendsten für den Stoßkurzschlußstrom.

Leningrad, am 30. November 1926.

R. Luther,
Ob.-Ing. der Elektrosila-Werke.

Erwiderung.

Die modernen Synchrongeneratoren mit ausgeprägten Polen werden in der Regel mit kräftigen Dämpferwicklungen ausgebildet, um bei einphasigen Kurzschlüssen bezw. einphasiger Belastung auftretende inverse Drehfelder von doppelter Frequenz zu unterdrücken, um die in der offenen Phase auftretenden Überspannungen auf einer ungefährlichen Höhe zu halten, und auch um stabile Parallelität zu erhalten. Bei solchen Generatoren ergeben sich auf Grund Rüdenbergscher Messungen die Verhältnisse der Stoßkurzschlußströme zu den Nennströmen wie bei Turbogeneratoren mit Zylinderläufern, deshalb muß man annehmen, daß bei den meisten modernen Synchronmaschinen nur die Stirn- und Nutenstreuung für die Entwicklung der Stoßströme maßgebend ist. Ob die ganze Ankerstreuung von Einfluß ist, und ob die Nutenstreuinduktanz wegen der Zahnsättigung voll anzusetzen ist, oder nur zum Teil, diese Frage ist endgültig noch nicht gelöst, und jeder Fachmann hat auf diesem Gebiete seine eigene Ansicht. Der Unterzeichnete ist der Ansicht, daß bei plötzlichen Kurzschlüssen die Nutenstreureaktanz nur teilweise auf die Stoßströme wirkt.

Den Umstand, das außer der Stirnstreuung noch andere Streuungen auf die Stoßströme wirken, habe ich in meinem Artikel beachtet. In allen Fällen, wenn der Einfluß der Nuten-, Zahnkopfstreuung und auch der Streuung des Magnetsystems wichtig ist, muß vorher festgestellt werden, in welchem Maße an der gesamten Streuinduktivität bei plötzlichem Kurzschlusse, die Stirnstreuung teilnimmt. Für diese Fälle wird es sich empfehlen, für m_k' den aus Formel (20) gewonnenen Ausdruck $m_k'' = \frac{m_k'}{a}$ in die Formeln (11) bis (19) einzusetzen; dann können diese in allgemeinen Fällen gebraucht werden. Die Formeln (11') bis (13') wurden ausgeführt unter der Voraussetzung, daß die Nutenstreuung teilweise an der Begrenzung der Stoßströme teilnimmt, und für den Fall, daß bei Synchronmaschinen die Werte $S = \frac{l_s}{\tau} = 1{\cdot}8 \div 2{\cdot}4$ und $\lambda_s = 0{\cdot}17 \div 0{\cdot}35$ gelten.

Die Bemerkung des Herrn Luther über den Wert des Strombelags des Walchenseewerk-Generators der Bergmann A.-G. ist ganz richtig. Nach Angaben, welche ich von der Bergmann A.-G. nach dem Erscheinen meines Artikels erhalten habe, ist in der Tat $As = 375/360$ A/cm, und der Generator hat zwei Parallelzweige. Da der Walchensee-Generator nicht genügend vollkommene Dämpferwicklung hat, so ist es nötig, zur Prüfung der von mir vorgeschlagenen Formeln nach Angaben dieser Maschine vorauszusehen, in welchem Maße die Streureaktanzen der Dämpfer- und Erregerwicklungen den Einfluß auf die Begrenzung des Stoßkurzschlußstromes ausüben. Leider sind die Angaben betreffs des Walchensee-Generators, welche zu meiner Verfügung stehen, nicht genügend, um den Koeffizient a im voraus festzustellen.

Die Bestimmung der Zahlwerte von a für die Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen und mit vollkommener Dämpferwicklung ist aus meinen Arbeiten zu entnehmen.

Moskau, den 17. Juni 1927.

V. Kulebakin.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Zusammenschlüsse in der Deutschen Elektrizitätsindustrie. Die beiden Spitzenverbände im Beleuchtungsgroßhandel, der Reichsverband des Beleuchtungs- und Elektrogroßhandels und die Elektrogroßhändler- und Exportvereinigung haben eine Arbeitsgemeinschaft geschlossen.

Der Dampfturbinenbau und die elektrische Erzeugung der Demag A.-G. sind an die Siemens-Schuckert-Werke übergegangen, die zu diesem Zwecke einen Teil der Mülheimer Werkstätten der Demag (die frühere Maschinenfabrik von Thyssen) erworben haben.

Nach dem Bericht der Direktion der Disconto-Gesellschaft, Berlin, vom 1. April 1927, haben ferner die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke (BEWAG) vom Märkischen Elektrizitätswerk die restlichen Anteile des städtischen und Kreiskraftwerkes Spandau erworben. Ferner haben die Elektrizitätswerke Schlesien-A.-G., Breslau und die Elektrowerke A.-G. Berlin einen Vertrag über die Lieferung beträchtlicher Strommengen aus dem Werk Trattendorf der Elektrowerke an die erstgenannte Gesellschaft ab 1928 auf die Dauer von 15 Jahren geschlossen. Die Stadt Dresden und die A.-G. Sächsische Werke gründen gemeinsam die Energieversorgung Groß-Dresden A.-G., der Freistaat Hessen und die Stadt Frankfurt a. M. die Braunkohlen-Schwelkraftwerk Hessen-Frankfurt A.-G., die das hessische Kraftwerk Wölfersheim übernimmt und daselbst eine Schwelerei errichtet. Ein weiterer Stromlieferungsvertrag wurde zwischen der Bayernwerk A.-G. und den Main-Kraftwerken A.-G. Höchst geschlossen, der nach Bedarf einen Austausch von Wasserkraft- und Wärmekraftenergie vorsieht und eine durchlaufende Energiestraße vom Walchensee nach Höchst und weiterhin zu den Braunkohlenwerken am Rhein schafft.

Die Kohlenwirtschaft Österreichs.[1]) Den in den „Statistischen Nachrichten" veröffentlichten, nach Angaben des Bundesministeriums für Handel und Verkehr zusammengestellten Ausweisen entnehmen wir folgendes:

1. Brennstoffverbrauch der einzelnen Wirtschaftsgruppen.

Verbrauchergruppe[1])	Gesamtbelieferung mit Brennstoffen in Tausend Tonnen				
	1922	1925	1926		
			im ganzen	Inländisch	Ausländisch
Verkehr	2 693	1 737	1 735	352	1 383
Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke	1 177	1 422	1 380	564	817
Hausbrand	1 475	1 764	1 723	489	1 234
Industrie:	3 740	3 506	3 353	1 662	1 691
Eisen- u. Metallind.	1 813	1 382	1 249	649	600
Bergbau	517	387	339	287	51
Chemische Industrie	219	186	186	62	124
Baustoffindustrie	233	335	312	115	197
Textilindustrie	202	252	244	39	205
Papierindustrie	340	402	429	269	160
Gesamtsumme	9085	8429	8191	[2])3067	[3])5125

[1]) Einige Gruppen mit geringem Verbrauch sind weggelassen. [2]) Darunter 155 395 t Steinkohlen, 2·9 Mill. t Braunkohlen. [3]) Darunter 4·14 Mill. t Steinkohlen, 493 275 t Braunkohlen, 489 710 t Koks.

2. Einfuhr in t nach Herkunftsländern.

Brennstoffe	Polnisch-Oberschlesien	Tschechoslowakei	Dabrowa	Saargebiet	Ruhrgebiet	Sonstiges Ausland
	1925					
Steinkohle	2 443 520	1 023 643	239 322	178 676	172 572	195 056
Braunkohle	—	315 912	—	—	—	189 571
Koks	39 670	254 771	—	—	—	218 976
	1926					
Steinkohle	2 330 704	1 150 728	270 551	158 675	216 499	14 458
Braunkohle	—	293 890	—	67 438	—	131 947
Koks	40 088	172 391	--	74 009	202 847	375

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 260.

Digitized by Google

Die internationale Kohlenwirtschaft. Eine in der „Frankfurter Zeitung" besprochene, der Genfer Wirtschaftskonferenz vorgelegte Denkschrift über die Kohle und die Kohlenindustrie, in der der Bericht der Royal Coal Commission an das britische Parlament vor dem Ausbruche des großen Bergarbeiterstreiks eine große Rolle spielt, geht davon aus, daß die Kohlenproduktion (Steinkohle und Braunkohle) 1925 die der Vorkriegsperiode 1909 bis 1913 um 9·5 vH überschritten hat. Während aber in der Vorkriegszeit 1909 bis 1913 78 vH der Weltkohlenproduktion von den Vereinigten Staaten, Deutschland (Vorkriegsumfang) und Großbritannien geliefert wurden, entfielen 1925 auf diese drei Staaten nur noch 76·7 vH.[1]) Die Hauptkohlenproduktionsländer leiden unter Exportschwierigkeiten. Als Ursache des Exportrückganges verzeichnet man den Ausbau der Wasserkräfte in den europäischen Ländern; außerdem ist der europäische Verbrauch geringer geworden. Ferner spielt das Aufkommen der Kohlenindustrie in den außereuropäischen Ländern eine Rolle, die früher als Abnehmer in großem Maße in Betracht kamen (China, Japan). Die Märkte am Stillen Ozean werden jetzt mehr und mehr mit asiatischer Kohle beliefert. Hauptgründe des rückgängigen Kohlenverbrauches sind indessen die rationellere Verbrennung und die fortschreitende Entwicklung des indirekten, Energie sparenden Verbrauchs der Kohle (Gas, Elektrizität). Dazu kommt der scharfe Wettbewerb der Öle als Brennstoff und der Ausbau der Wasserkräfte. Während 1919/20 vom Brennstoffverbrauch der Schiffahrt noch 50·4 vH auf Kohle und 49·6 vH auf Öl entfielen, war das Verhältnis 1925 31·6 und 68·4 vH. Der Ausbau der Wasserkräfte entspricht zwar zur Zeit nur ungefähr etwa 2·3 vH der Weltkohlenproduktion, doch stehen hier noch große Zukunftsmöglichkeiten offen. Es könnte etwa ein Sechstel der Weltproduktion durch Wasserkraft ersetzt werden. Auch das Kohlenverflüssigungsproblem wird berührt und dabei betont, daß die Kohlenindustrie einen neuen beträchtlichen Impuls erhalten würde, falls die Versuche befriedigende Ergebnisse liefern. Der Kohlenverbrauch, insbesondere je Kopf als Gradmesser für die Industrialisierung des betreffenden Landes wird untersucht. Dabei ergibt sich bei den meisten Ländern ein Rückgang des Kohlenverbrauches. In Deutschland entfielen 1925 2·2 (1913: 2·6) t je Kopf, in England 3·9 (4·2), in den Vereinigten Staaten 4·4 (5·1), in Kanada 2·6 (4). Eine Zunahme zeigen Frankreich mit 1·8 (1·6), Belgien 3·9 (3·5). In England ist zum Beispiel 1924 die Kohlenabgabe an fremde Schiffe auf 17·9 (1913: 21·5) Mill. zurückgegangen. Die Kokereien erhielten 16·2 (18·6), die Gaswerke 16·7 (16·4), die Elektrizitätswerke 7·7 (4·9), die Eisenbahn 13·5 (13·2) Mill. t. Auf Hausbrand entfielen 40·3 (39·3), auf die Industrie 66·5 (68·4) Mill. t. Von den Gruben selbst verbraucht wurden 16·6 (18) Mill. t. Sehr ins Gewicht fiel natürlich auch der Ausfall Rußlands, dessen Bedarf sich um mehr als 40 vH verringert hat.

Trotz des allgemein rückgängigen Kohlenbedarfes ist die Weltkohlenproduktion gestiegen und zwar auf 1228·9 Mill. t im Jahre 1925 gegenüber 1122·8 Mill. t Jahresdurchschnitt 1909 bis 1913. Davon entfallen 578·2 (576·2) Mill. t auf Europa, 80·5 (49·5) Mill. t auf Asien und 542·3 (478) Mill. t auf Amerika.

Was die Preisentwicklung betrifft, so ist die deutsche Kohle im Vergleich zu 1913 um 24, die belgische um 33, die englische um 23 und die amerikanische um 91 vH gestiegen, während der Kohlenpreis in Frankreich um 20 und in Polen bis Ende 1925 fast um 24 vH zurückgegangen ist. Der Durchschnittspreis je Tonne exportierter Kohle betrug 1924 in Deutschland Pf. 21·11, in England Pf. 23·5 und in den Vereinigten Staaten Pf. 26·8. Bei der Kohlenein- und -ausfuhr für die einzelnen Länder fällt besonders ins Auge, daß Großbritannien 1925 mehr als ein Viertel seiner Ausfuhr von 1913 eingebüßt hatte. Schließlich wird auch die Frage der deutschen Reparationskohlen-Lieferungen gestreift und zugegeben, daß dadurch überhaupt die Kohlenausfuhrfrage etwas kompliziert wird.

Bezüglich der Organisation des Kohlenbergbaues in den einzelnen Ländern, die im Hinblick auf künftige Kohlenverständigungsverhandlungen großes Interesse beansprucht, sind die Verhältnisse in Deutschland mit seiner scharfen Kartellierung bekannt. In England besteht in jedem Kohlenbezirk eine Vereinigung der Grubenbesitzer, die wieder der Mining Association of Great Britain angehören, die aber nur die Funktion hat, die Lage zu beobachten, Maßnahmen zu veranlassen und eventuell mit dem Staate zu verhandeln. Die Festsetzung der Preise oder die Verteilung der Aufträge geht die Vereinigung nichts an. Auch in Frankreich existiert kein Kohlenverkaufssyndikat, wenngleich die französische Kohlenindustrie eine gewisse Stabilität der Preise aufrecht erhält. In den Vereinigten Staaten ist der größte Teil der Antrazitgruben im Besitz von acht Gesellschaften, die unter sich enger verbunden sind. Auf der anderen Seite machen sich 12 122 Unternehmungen der bituminösen Kohle gegenseitig Konkurrenz. Der Staat ist in verschiedenen Ländern im Kohlenbergbau aktiv tätig, so in Deutschland, Holland, Bulgarien, Frankreich (Saargruben) und natürlich auch in Rußland.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 11, S. 218.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	1. VIII. 1927	3. VIII. 1927	5. VIII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125	127½	127½

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	52½–53½	51-52	51-52
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	90—95	90—95	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 5. August 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	10	0	62	15	0
Wire bars	62	15	0	—	—	—
Standard Kassa	56	1	3	56	2	6
Standard 3 Monate	56	10	0	56	11	3
Zinn:						
Engl. ingots	296	5	0	296	15	0
Standard Kassa	299	10	0	299	15	0
Standard 3 Monate	290	12	6	290	15	0
Blei:						
Engl. pig common	25	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	29	1	3	28	16	3
Remelted	28	15	0	—	—	—
English Swansea	29	11	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 21. August 1927 | Heft 34

INHALT: Die Regelung von Kondensationsturbinen. Von Direktor Prof. Dr. Ing. E. A. Kraft, Berlin. S. 685. / Benennung der Wechselstrom-Größen. Von A. Linker, Hannover. S. 689. RUNDSCHAU: Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 692. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 692. / Elektrische Meßkunde. S. 693. / Leitungen und Leitungsbau. S. 695. / Baustoffe. S. 695. PATENTBERICHT. S. 696. LITERATURBERICHTE. S. 698. BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 699. WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 700.

Die Regelung von Kondensationsturbinen.

Von Direktor Prof. Dr.-Ing. E. A. **Kraft**, Berlin.

Übersicht. Da über die zweckmäßigste Art der Regelung von Kondensationsturbinen noch vielfach Unklarheit besteht, werden die Vor- und Nachteile der Drossel- und Füllungsregelung gekennzeichnet.

Eine Turbine wird sich unter wechselnder Last bei gleicher Auslegung, gleicher Ausführung und gleichen Dampfverhältnissen verschieden verhalten, wenn sie mit verschiedenen Regelungen ausgerüstet ist. Unklarheit über die Eigenarten der hauptsächlichen Regelungsverfahren führen noch immer in vielen Fällen dazu, daß vom Besteller Bedingungen gestellt und Gewährzahlen verlangt werden, die der normale Betrieb der fertigen Anlage nicht rechtfertigt. Die Folge kann sein, daß die Maschine, für andere Verhältnisse günstigst entworfen und gebaut, im Betriebe weniger gut erscheint, als erhofft wurde. Oft ist eine Turbine mit einfachster, auf den vorhandenen Betrieb zugeschnittener Regelung wirtschaftlicher als eine andere, die sämtliche Zwischenleistungen mit geringstem Dampfverbrauch zu erzeugen geeignet ist, aber nie in die Lage kommt, ihre Möglichkeiten zu erschöpfen. Grundsatz sollte es immer sein, größte Einfachheit in allen Fällen anzustreben und nur da zu komplizierteren Vorrichtungen überzugehen, wo es nicht zu umgehen ist. Nach allem dürfte es zweckmäßig sein, die Vor- und Nachteile der verschiedenen Regelungsverfahren für Dampfturbinen kurz in allgemeiner Form zu kennzeichnen. Dabei ist zu bemerken, daß sich die Betrachtungen in vollem Umfange nur auf Kondensationsturbinen beziehen. Für Gegendruck-, Anzapf- oder Abdampfturbinen sind andere Erwägungen maßgebend, die sich einer allgemeinen Behandlung in diesem Rahmen entziehen.

Die beiden bewährtesten Regelungsverfahren beeinflussen die Turbine durch Veränderung des Frischdampfdruckes bei gleichbleibendem Eintrittsquerschnitt (Drosselregelung) oder durch Veränderung des Dampfeintrittsquerschnittes bei gleichbleibendem Frischdampfdruck (Füllungsregelung). Beide Regelungsarten haben sich durchgesetzt und bestehen nebeneinander. Eine dritte Möglichkeit, die Leistung der Turbine durch Veränderung des Gegendruckes zu regeln, ist für diese allgemeine Betrachtung als praktisch bedeutungslos außer Acht zu lassen.

Die Drosselregelung ist die ältere und einfachere der beiden Regelungsarten. Bei Turbinen, deren Dampfverbrauch bei Zwischenlasten eine weniger wichtige Rolle spielt, genügt ein Ventil, dessen Öffnung die Leistung bestimmt, indem es seinen Hub unter dem Einfluß eines Drehzahl- oder Druckreglers oder irgend einer anderen Steuerungsvorrichtung verändert; bei kleineren Leistungen hat sich die einfache Bauart des Tellerventils eingeführt, bei größeren findet sich meist ein Doppelsitzventil. Für Überlast ist in der Regel ein zweites, entsprechend kleineres Ventil vorgesehen, das ebenso wie das erste unter dem Einfluß des Reglers steht und nach dem Hauptventil öffnet. Es läßt den Überlastdampf in eine spätere Stufe der Turbine eintreten. Bei einer solchen Anordnung kann natürlich der Einströmteil des Turbinengehäuses eine sehr einfache und klare Form bekommen, deren Widerstandsfähigkeit gegen die besonders bei hochgespanntem und stark überhitztem Dampf auftretenden Beanspruchungen mit großer Sicherheit gewährleistet werden kann. Die Dampfeinströmkammer beispielsweise wird ein durch keinerlei Einbauten unterbrochener, durch keine großen Aussparungen in den Wänden geschwächter Ringraum vor der ersten Stufe, der untrennbar mit dem HD-Teil des Gehäuses zusammengegossen ist. Eine derartig einfache Form einer Dampfeinströmung ist in Abb. 1 zu sehen, welche die Einströmseite einer neueren Turbine der General Electric Co. darstellt. Sämtliche Ventile stehen in diesem Falle neben der Turbine.

Diesen Vorzügen der Drosselregelung steht aber vor allem eine starke Verschlechterung des

Digitized by Google

dingt durch eine fremde Stromquelle erfolgen. Abb. 13 zeigt das zugehörige Diagramm mit den bereits gewählten Bezeichnungen. Aus der Geometrie ergibt sich, daß alle Querfeldvektoren $\overline{3,6}$ nun durch den Kreispunkt 8 gehen müssen, welcher durch die gewählte Querfeldverdrehung eindeutig bestimmt ist. Die primären und sekundären Ankerfelder überdecken sich nicht mehr genau, doch bleiben die günstigen Verhältnisse bezüglich Phasenverbesserung im großen und ganzen bestehen.

Der Zusammenhang zwischen der Querfelderregung AW_Q (proportional $\overline{3,6}$) und der erzielten Gleichspannung E_{sek} (proportional $\overline{6,1}$) kann aus dem Vektordiagramme leicht entnommen und in ein rechtwinkliges Achsensystem nach Abb. 14 eingetragen werden. Es ergibt sich in dem besonderen Falle ein Regelbereich von zirka 110 vH der Vollspannung, das ist zirka 10 vH über Null hinaus. Zusätzliche Verluste durch Belastung erhöhen im positiven Regelgebiete stets die Gleichspannung etwas, ähnlich wie beim Drehfeldumformer mit Querfeld, wodurch sich auch hier konstante Spannungshaltung und hohe Überlastbarkeit ergeben.

Wir werden jetzt mit Hilfe des AW-Vektordiagrammes untersuchen, wie sich dieser Umformer verhält, wenn das Querfeld bei Belassung

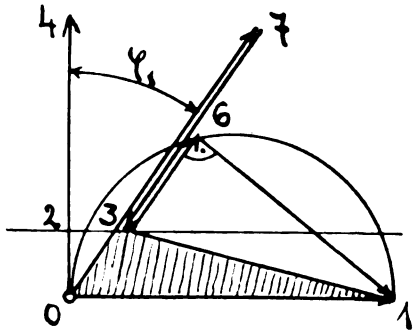


Abb. 15.

der übrigen Schaltung verkehrt erregt wird, also im Sinne einer üblichen Wendepolwicklung wirkt. Der Gedanke ist in Anbetracht eines günstigen Kommutierungsfeldes verlockend und wurde auch bereits mehrmals vorgeschlagen, ohne jedoch einen praktischen durchgreifenden Erfolg zu erzielen. Wendepol- und Querfeldwicklung wurden meist zu einer einzigen Wicklungsgruppe zusammengezogen. Wir wollen hier gleich den günstigsten Fall annehmen, daß die Hauptpolnebenschlußerregung wie in Abb. 12 bemessen ist, daß sich also die primären und sekundären Felder vollkommen decken. Das hier gültige, in Abb. 15 mit den früheren Bezeichnungen wiedergegebene AW-Diagramm, das eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Wendepolumformer-Diagramm in Abb. 8 aufweist, ergibt primär eine nacheilende Phasenverschiebung, welche mit fallender Gleichspannung zunimmt, und zwar gilt wieder $E_{sek} = E_{=} \cos \varphi_1$. Die sekundäre Regelbarkeit wird durch induktive Netzbelastung erkauft. Bei Belastung auftretende zusätzliche Wirbelströme im Ankereisen bewirken eine Spannungserniedrigung, so daß der Umformer größere Spannungsabfälle aufweist, als seinen Ohmschen Verlusten entsprechen würde.

Um die Größe des Regelbereiches beurteilen zu können, sei in Abb. 16 wieder die Charakteristik, das ist die Abhängigkeit der Querfelderregung AW_Q (prop. $\overline{3,6}$) von der Gleichspannung E_{sek} (prop. 6,1), aus dem Diagramm Abb. 15 wie vorhin eingetragen. Wir finden im gegebenen Falle für Fremderregung des Querfeldes eine Regelbarkeit bis auf 60 vH des Höchstspannungswertes herunter, bei Erregung des Querfeldes von den sekundären Umformerklemmen aus eine solche bis auf etwa 40 vH des Höchstwertes herunter. Bei weiterer Verstärkung des Querfeldes fällt der Umformer außer Tritt, da er dann nicht mehr imstande ist, die Reibungs- und Eisenverluste zu decken. Aber auch schon nahe den unteren Grenzen kann durch Überlastung ein Außertrittfallen eintreten. Bei stoßweisen Belastungen wird er wie der Wendepoleinankerumformer zu Pendelungen und Bürstenfeuer neigen. Der verhältnismäßig kleine Regelbereich bei induktiver Phasenverschiebung und geringerer Stabili-

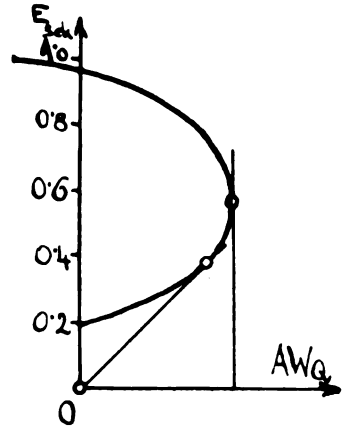


Abb. 16. Spannungscharakteristik.

tät hat offenbar die weitere Entwicklung dieses Umformers nicht als wünschenswert erscheinen lassen.

Es sei der Vollständigkeit halber bemerkt, daß das Amperewindungs-Vektordiagramm naturgemäß auf solche Spaltpolumformer nicht Anwendung finden kann, welche die Gleichspannungsregelung durch Veränderung der Feldkurvenform erzielen, wie dies zum Beispiel bei den Umformern von J. L. Woodbridge durch Überlagern einer dritten Oberwelle bewirkt wird.

Schließlich muß noch nachgetragen werden, daß sich die jeweiligen Reaktionskräfte, hervorgerufen durch die unvermeidlichen, den Bürstenzonen zugeordneten Luftspalterweiterungen in den Diagrammen in gleicher Weise als zusätzliche mechanische Leistungs-Abgaben bzw. -Aufnahmen berücksichtigen lassen wie die bei Belastung auftretenden zusätzlichen Verluste. Die Reaktionskräfte sind jedoch nicht wie letztere von der Belastung abhängig, sondern bei einer gegebenen Maschine lediglich durch die jeweiligen Regelver-

Digitized by Google

hältnisse bedingt, da sich weder die relative Lage des resultierenden Luftfeldes 0,1 zu den Erweiterungen noch seine Größe bei Sekundärlast ändern. Die praktisch aufgenommenen Charakteristiken für Querfelderregung und Gleichspannung zeigten umso größere Abweichungen von den hier unter Vereinfachungen abgeleiteten Kurven, je größer die Hauptpolluftspalte und die Ankerzahnsättigungen gewählt wurden, wie auch laut Vorhergehendem zu erwarten war. Der Verfasser wird in einem späteren Aufsatze auf diese Verhältnisse näher eingehen.

B. Beurteilung der Stromwendung nach dem AW-Vektor-Diagramm.

Das AW-Vektor-Diagramm gibt auch über die von den Grundwellen herrührenden Luftfelder in den Stromwendezonen Aufschluß, insbesonders, ob diese Felder der Stromwendung günstig oder schädlich sind. Bei Gegenwart von Wendepolen müssen diese störenden Felder naturgemäß durch zusätzliche Wendepolwicklungen für die Stromwendezonen ausgelöscht werden, wie dies zum Beispiele im Gleichstrommaschinenbau und Einankerumformerbau durch Vermehrung der Hauptstromwindungen bezüglich der auftretenden Ankerfelder bereits geschieht. Auch wir werden die Hauptstromwicklungen der Wendepole nach den gleichen Grundsätzen bemessen, müssen aber noch die durch die Spannungsregelung bedingten Komponenten des primären Leerlaufdrehfeldes berücksichtigen, welche sich nicht mit der Belastung ändern. Letztere können also nur durch vom Hauptstrom unabhängige Wicklungen kompensiert werden, deren Erregerstrom mit der Spannungsänderung zugleich geregelt wird.

Sind Haupt- und Querfeldwicklungen sinusförmig verteilt, so sind es auch die daraus resultierenden Amperewindungen für den Luftspalt, und die in den Stromwendezonen wirksamen Amperewindungen sind in den fallweise gültigen Diagrammen einfach durch die Größe des Vektors $\overline{5,1}$ gegeben. Ist derselbe gleichgerichtet mit dem sekundären AW-Vektor $\overline{7,3}$, so ist das Feld schädlich, im entgegengesetzten Falle nützlich. Die Erregung der zusätzlichen Wendepolwicklungen erfolgt dann am besten von einem zweiten Bürstensatze aus, welcher gegen den sekundären Arbeitsgleichstrombürstensatz elektrisch um 90° versetzt erscheint. Die Spannung dieses Hilfsbürstensatzes ist der Luftfeldstärke in den Arbeitsbürstenzonen direkt proportional. Es stellt sich dann bei richtiger Schaltung von selbst das richtige Wendefeld ein, auf welche Weise auch die Gleichspannung geregelt werden möge. Dieser zweite Bürstensatz muß auch nicht immer auf dem Hauptkollektor schleifen, sondern kann einem kleineren Hilfskollektor mit getrennter Wicklung zugeordnet werden.[7])

[7]) Der in E. u. M. 1926, Seite 169 bis 173, vom Verfasser beschriebene Einankerdrehfeldumformer für Kranhubwerke weist dieselben Kommutierungsverhältnisse auf und kann leicht mit dieser vorgeschlagenen Wendepolschaltung ausgerüstet werden, da der um 90° versetzte Bürstensatz bereits für die Hubmotorerregung vorhanden ist.

Sind Haupt- und Querfeldwicklungen so angeordnet, daß sie die Stromwendezonen nicht umschlingen, so herrscht in diesen Zonen nur ein Luftfeld, welches von derjenigen Komponente der resultierenden Amperewindungen $\overline{0,3}$ herrührt, welche sich mit den sekundären Amperewindungen $\overline{7,3}$ deckt. Wir wollen diese Komponente für die einzelnen Umformerarten gesondert herauszeichnen und ihren Richtungssinn durch Pfeile andeuten. Abb. 17 zeigt die Verhältnisse für einen Drehfeldumformer mit Querfelderregung. Es ergibt sich die Komponente $\overline{5,3}$ der resultierenden Ankeramperewindungen $\overline{0,3}$ als in den Stromwendezonen wirksam. Sie ist noch für viele andere Spannungseinstellungen als stark ausgezogener Pfeil eingetragen.

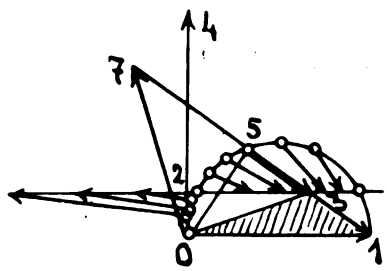


Abb. 17.

Man erkennt daraus, daß ein der Stromwendung günstiges Luftfeld erst für niedere Spannungseinstellungen eintritt. Ein solcher hauptstromerregter Drehfeldumformer wird im sekundären Kurzschlußfalle nicht zum Feuern neigen (wie zum Beispiel ein Lichtbogenschweiß-Drehfeldumformer beim Zünden).

Betrachten wir in Abb. 18 das Vektordiagramm des gewöhnlich erregten Einankerumformers, dessen Feldspulen auch nur die Hauptpolkerne umfassen,

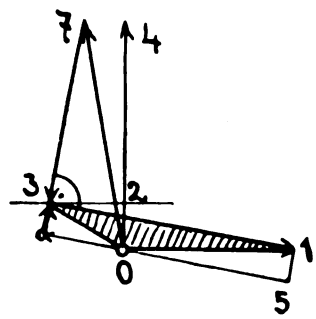


Abb. 18.

ohne die Stromwendezonen zu umschlingen, so erkennen wir, daß das in den Bürstenzonen wirksame Luftfeld wieder durch eine AW-Komponente $\overline{5,1}$ der resultierenden Anker-Amperewindungen $\overline{0,3}$ erregt wird und in diesem Falle stets die Stromwendung begünstigt, gleichgültig ob Über- oder Untererregung vorliegt. Diese Komponente $\overline{5,1}$ wächst mit den Reibungs- und Eisenverlusten des Umformers und ist von der Erregung nahezu unabhängig. Die günstigeren Stromwendungsverhältnisse bei Einankerumformern gegenüber Gleichstrommaschinen finden hiedurch eine weitere Erklärung.

Digitized by Google

konnten Vakuum-Luftpumpen für Zuckerfabriken und Kondensations-Anlagen in beachtenswerter Zahl abgesetzt werden.

Die Abteilung Zentralen lieferte für die Gemeinde Wien — Städtische Elektrizitätswerke zum Betriebe der Unterwerke drei Umformer für je 1700 kW und zwei Zusatz- und Ladeumformer für je 1400 kW einschließlich der Apparate für die Maschinen, sowie Apparate für umfangreiche Erweiterungsbauten in den bestehenden Schaltanlagen. Von zwei Groß-Turbogeneratoren mit je 18 700 kVA wurde einer für das Werk Engerthstraße geliefert, der zweite ist noch im Bau, ebenso ein 3000 touriger Turbogenerator für 25 000 kVA für das Werk Simmering. Für den elektrischen Betrieb der Stadtbahn und der Straßenbahn wurden im Berichtsjahre fünf Quecksilberdampf-Großgleichrichter mit je 700 kW in Betrieb gesetzt. Für das Murkraftwerk Pernegg der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-A.-G. sind drei vertikale Schirmgeneratoren für je 8000 kVA im Bau; sie werden im laufenden Geschäftsjahre abgeliefert werden. Für die Stadtgemeinde Reutte wurden die Transformatoren und die vollständige Apparatenanlage für ein zur Stromlieferung nach dem Algäu dienendes 50 kV-Umspannwerk im Anschluß an das Planseewerk geliefert. Die Stadtgemeinden Schwaz und Hall i. T. erteilten im laufenden Geschäftsjahre Aufträge für je eine vollständige Einrichtung eines 25 kV-Umspannwerkes im Anschluß an das Leitungsnetz der Tiwag. Im Berichtsjahre wurden neun Löschtransformatoren für verschiedene Überlandnetze geliefert und im laufenden Geschäftsjahre sind bereits sechs Neubestellungen zu verzeichnen. Die Erweiterung des Dampfkraftwerkes der Stadtgemeinde Sarajevo wird im laufenden Jahr fertiggestellt. Für das Elektrizitätswerk Agram wird noch in diesem Jahre ein Turbogenerator für 14 300 kVA samt Schaltanlage abgeliefert. Für die Električna poduzeča društvo s. o. j. in Split wurden zwei Groß-Transformatoren und die vollständige 10 kV-Schaltanlage des Umspannwerkes Split geliefert. Aus Jugoslawien, Bulgarien und Rumänien liefen Bestellungen auf die elektrischen Einrichtungen für eine Reihe mittelgroßer Elektrizitätswerke mit Dieselmotoren- oder Wasserturbinenantrieb ein.

Die Bahnabteilung war im Berichtsjahr gut beschäftigt. Von den im Jahre 1925 von den ÖBB bestellten zehn schweren 1700 PS-Güterzugslokomotiven mit fünf gekuppelten Achsen wurden im Jahre 1926 acht Stück in Betrieb genommen; eine weitere Lokomotive wurde seither geliefert; die letzte dieser Type ist in Fertigstellung begriffen. Die ebenfalls zur Gänze angelieferten vier Schnellzugslokomotiven versehen auf der Arlberglinie Schnellzugsdienst. Es ging ein Auftrag auf weitere 15 Schnellzugslokomotiven mit 2650 PS ein, die sich derzeit in Ausführung befinden und bei welchen es gelungen ist, bei einem Gewichte von 96 t die Leistung auf 2840 PS zu steigern. Die Bestellung weiterer zehn Stück dieser Maschinen ist zugesichert. Für die Stromerzeugungsanlagen der ÖBB erhielten die ÖSSW den Auftrag auf die elektrische Einrichtung des Stubach-Werkes und zwar vier Generatoren von je 7500 kVA Höchstleistung, die zugehörigen Transformatoren, die vollständige Schaltanlage und die Hilfsbetriebe. Für die Unterwerke Wörgl und Matrei wurden sechs Haupttransformatoren für eine Höchstleistung von 8400 kVA bestellt. Die Unterwerke in Feldkirch und in Hall sind in Betrieb genommen worden. Für die Streckenausrüstungen der ÖBB wurden die Leitungsanlagen der Teilstrecke Jenbach — Wörgl mit rund 68 km Gleislänge und der Teilstrecke Wörgl — Kufstein mit 31·6 km Gleislänge ausgeführt: die Leitungsanlagen der Teilstrecken Feldkirch — Bregenz von rund 52 km Gleislänge und Jenbach — Wörgl sind in anstandslosem Betriebe. In diesem Jahre wurde die Ausführung der weiteren Teilstrecke Wörgl — Kitzbühel von rund 80 km Gleislänge bestellt. Von der Gemeinde Wien — Städtische Straßenbahnen kamen Bestellungen auf 78 Straßenbahnmotoren und 22 Stadtbahnmotoren, ferner 70 Fahrschalter und sonstige Apparate, wie Vielfachsteuerungen, Kupplungen, Scherenstromabnehmer und Höchststromausschalter, ferner die Arbeiten für die Erweiterung des Bahnhofes Michelbeuern, sowie der Einbau von Streckentrennern für die Fahrleitung der Wiener Stadtbahn. Schließlich sind an Bestellungen zu erwähnen: Die elektrische Ausrüstung einer dieselelektrischen Lokomotive von 200 PS für die Ybbstalbahn, sowie verschiedene Grubenlokomotiven.

Die Arbeiten und Lieferungen für den österreichischen Fernkabelbau haben zur Beschäftigung des Kabelwerkes in hohem Maße beigetragen. Im Verein mit den anderen an dem Fernkabelbau beteiligten Firmen wurde im Berichtjahr die Strecke Wien — Passau fertiggestellt. Im Jahre 1927 werden die Strecken Halbthurn — Wien — Linz — Salzburg — Landeck — Feldkirch — Schweizer Grenze und Innsbruck — Scharnitz, Innsbruck — Brenner, Wörgl — Zell a. See gebaut. Die Abteilung für Kleinfabrikate hat es trotz der ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse vermocht, den Umsatz in Motoren, Zählern und Installationsmaterial zu erhöhen, wodurch dem Kleinbauwerk genügend Beschäftigung zugeführt werden konnte. Dagegen war es ungeachtet dieser Umsatzsteigerung nicht möglich, die Motorenabteilung der Werke, die auf serienweise Erzeugung eingestellt ist, voll auszunützen.

Das laufende Geschäftsjahr läßt sich nicht ungünstig an, dürfte aber keine wesentlichen Änderungen bringen. Der gleiche Umsatz wie im Vorjahr wird erzielt werden, wenn außer den noch zu erwartenden Bestellungen für die Elektrisierung der Bundesbahnen die von den Städtischen Elektrizitätswerken der Gemeinde Wien geplanten großzügigen Investitionen verwirklicht werden.

Aus dem Reingewinn von 1·87 Mill. S wird eine Dividende von 6 vH auf das A.-K. von 26·25 Mill. S ausgeschüttet. Aus der Bilanz auf den 31 Dezember 1926, die auf beiden Seiten mit 72·5 Mill. S schließt, sind folgende Bewertungen zu entnehmen: Grundstücke, Gebäude, Maschinen, Werkzeuge und Einrichtungen mit 13·7 Mill. S, Waren mit 23·4 Mill. S. Zu dem A.-K. kommt noch eine Rücklage von 23·75 Mill. S.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	19. VII. 1927	20. VII. 1927	22. VII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	121⅝	121⅛	123

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	51¾-52⅛	52¼-53	51½-52
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 22. Juli 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	60	10	0	61	0	0
Wire bars	61	0	0	—	—	—
Standard Kassa	55	10	0	55	11	3
Standard 3 Monate	55	15	0	55	16	3
Zinn:						
Engl. ingots	285	0	0	285	10	0
Standard Kassa	287	10	0	287	12	6
Standard 3 Monate	281	15	0	281	17	6
Blei:						
Engl. pig common	24	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	28	13	9	28	8	9
Remelted	28	15	0	—	—	—
English Swansea	28	3	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 7. August 1927 | Heft 32

INHALT:

Betrachtungen über Einankerumformer an Hand eines einfachen Amperewindungs-Vektordiagrammes. Von Dr. techn. Rudolf Meller, Linz a. D. S. 649.
RUNDSCHAU: Verbrennungskraftmaschinen. S. 659.
Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 659.
Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 659.
Leitungen und Leitungsbau. S. 660. / Installationstechnik. S. 661. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 662.
Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 662. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 663.
PATENTBERICHT. S. 664.
LITERATURBERICHTE. S. 666.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 667.

Betrachtungen über Einankerumformer an Hand eines einfachen Amperewindungs-Vektordiagrammes.

Von Dr. techn. Rudolf **Meller**, Linz a. D.

Zusammenfassung: Es wird ein einfaches Amperewindungs-Vektordiagramm für Einankerumformer abgeleitet, ausgehend von einem gleichstromerregten Phasenumformer, mit Rücksichtnahme auf die Reibungs- und Eisenverluste, und der Einfluß der Lage des Außenfeldes zum Gleichstromankerfelde auf dieses Diagramm erläutert. An Hand des Vektordiagrammes werden die Eigenschaften verschiedener Umformerarten behandelt und zwar des Drehfeldumformers mit Querfeldregelung (Ö. P. 99593), des gewöhnlichen Einankerumformers ohne und mit Wendepolen (anschließend eine Erklärung für deren Neigung zum Pendeln und Abhilfemaßnahmen) und eines neuen Einankerumformers des Verfassers mit Hauptfeld-Nebenschlußerregung und Querfeldregelung (Ö. P. 100416), wobei auch die Regelungsmöglichkeit durch verstärkte Wendepolwicklung und deren Nachteile Erwähnung finden. Weiters wird für diese Umformerarten das Luftfeld in den Stromwendezonen aus dem Diagramm ermittelt und werden Maßnahmen angegeben, wie sich dieses Feld unterdrücken bzw. wirksam vermindern läßt. Schließlich folgt die Ableitung eines Ausdruckes für das synchronisierende Drehmoment aus dem Leerlaufsdiagramme und werden Rückschlüsse auf die Veränderlichkeit und Größe der Eigenschwingungsdauer dieser Umformerarten bei verschiedenen Erregungen gezogen.

A. Allgemeine Betrachtungen verschiedener Umformersysteme.

Bei Einankerumformern pflegt man die magnetischen Felder und deren Amperewindungsverteilung auf rechtwinklige Achsensysteme zu beziehen,[1]) was wohl den Vorteil hat, daß alle auftretenden Feldformen Berücksichtigung finden können, hingegen den Nachteil einer gewissen Unübersichtlichkeit in sich birgt. Der Verfasser hat sich deshalb bereits in zwei Veröffentlichungen über spannungsregelbare Einankerdrehfeldumformer[2]) eines bei Transformatoren und Wechselstrommaschinen gebräuchlicheren Felder- und Amperewindungs-Vektor-Diagrammes bedient, um größere Durchsichtigkeit in der Darstellung der gerade nicht einfachen Verhältnisse bei solchen Maschinen zu erzielen. Es sei hier jedoch wiederholt, daß das Vektor-Diagramm nur die Grundwellen der auftretenden Feldformen in sich aufnehmen kann und alle Oberwellen unberücksichtigt läßt. Dessen wollen wir uns bei den folgenden Ausführungen bewußt bleiben, um nicht in Versuchung zu geraten, den abgeleiteten Diagrammen eine allzugroße Genauigkeit beizumessen. Und doch gestattet gerade dieses Vektor-Diagramm die Reibungs- und Eisenverluste ungleich besser zu berücksichtigen, als die üblichen rechtwinkligen Diagramme. Wir werden sehen, daß gerade die eben erwähnten Verluste beim Betriebe von Einanker-Umformern eine viel wichtigere Rolle spielen, als ihnen gewöhnlich zugemutet wird.

Ehe wir unsere Betrachtungen beginnen, wollen wir das Vektor-Diagramm nochmals auf eine andere Weise, als in den obzitierten Arbeiten, von einem mit Gleichstrom erregten Phasenumformer ausgehend, ableiten und dabei solche Verhältnisse wählen, welche den Übergang auf Wechselstrom-Gleichstrom-Einankerumformer wesentlich erleichtern.

Wir wollen zu diesem Zwecke einen zweipoligen Synchronmotorständer betrachten, dessen in sich geschlossene Gleichstromwicklung an m bzw. n regelmäßig verteilten Punkten angezapft sei. Das als Volltrommel ausgebildete Polrad werde mit Gleichstrom derart erregt, daß im allseitig gleich großen Luftspalte eine rein sinusförmige Feldverteilung herrscht.

Führen wir nun den m Anzapfpunkten symmetrischen m-Phasenstrom zu und bringen die Volltrommel auf Synchronlauf, so können wir den n Anzapfpunkten einen ebenfalls symmetrischen n-Phasenstrom gleicher Periodenzahl entnehmen. Der Einfluß der Ohmschen Ankerwiderstände und der Streufelder verschwindet umsomehr, je höher

[1]) Siehe Starkstromtechnik von Rziha und Seidener.

[2]) Siehe E. u. M. 1926, Heft 9 und Heft 37.

Digitized by Google

die primäre Phasenzahl m und die sekundäre Phasenzahl n gewählt wird, weshalb wir seine Berücksichtigung als unbedeutend in unseren Betrachtungen ganz unterlassen wollen.

Ohne sekundäre Stromentnahme haben wir einen einfachen Synchronmotor im Leerlaufe vor uns, dessen Leistungsabgabe von den Reibungs- und Eisenverlusten ganz aufgezehrt wird. Bei konstanter Primärspannung und Periodenzahl bleiben diese Verluste auch bei verschiedenen Polradderregungen annähernd gleich groß; es gilt das bekannte Synchronmotor-Vektor-Diagramm für konstante Leistungsabgabe nach Abb. 1. Als Felderdiagramm aufgefaßt, stellt der Vektor $\overline{0,1}$ den Amplitudenwert des zur Aufbringung der Gegen-EMK nötigen, sinusförmig verteilten Wechselstrom-Leerlauffeldes dar. Vektor $\overline{3,1}$ den Amplitudenwert des sinusförmigen Polradgleichstromfeldes, Vektor $\overline{0,3}$ den Amplitudenwert des primären Wechselstrom-Ankerfeldes.

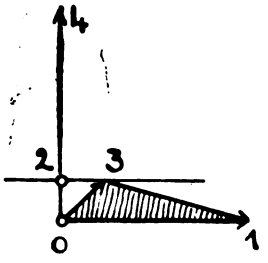


Abb. 1.

Das Ankerfeld $\overline{0,3}$ übt auf das Polraderregefeld $\overline{3,1}$ ein Drehmoment aus, welches dem Flächeninhalte des Dreieckes 0,1,3 proportional ist und den Reibungs- und Eisenverlusten entspricht. Bei verschiedenen Erregungen $\overline{3,1}$ bewegt sich wie bekannt, der Vektorpunkt 3 längs einer zu $\overline{0,1}$ parallelen Geraden gemäß der Flächengleichheit der Leerlaufdreiecke. Im Luftspalt tritt nur das der Primärspannung proportionale Feld $\overline{0,1}$ auf, durch welches auch die Sättigungen der Eisenpfade bestimmt sind. Die Felder $\overline{3,1}$ und $\overline{0,3}$ kommen einzeln nicht zur Entfaltung und können im Vektordiagramme durch ihre magnetomotorischen Kräfte ebenso gut ersetzt werden, wie das aus beiden resultierende Feld $\overline{0,1}$. Sind die Nuten zur Unterbringung der Gleichstromerregung auf der Volltrommel gleichmäßig verteilt, so ist der magnetische Widerstand für das resultierende Feld von dessen Lage zur magnetischen Polradachse unabhängig und bis zu mäßigen Eisensättigungen vorwiegend durch die Luftspaltgröße bestimmt und praktisch gleichbleibend.

Bedeuten:

S gesamte Leiterzahl der angezapften Gleichstromwicklung (reine Serien- oder Parallelwicklung vorausgesetzt),
p Polpaarzahl,
$2a$ Zahl der parallelen Gleichstromankerkreise,
m primäre Phasenzahl,
n sekundäre Phasenzahl,
$J_\sim$ primär effektiver Außenstrom per Phase,
$E_\sim$ primär effektive Spannung,
$J_{m\sim}$ primär effektiver Magnetisierungsstrom,
$J_\sim'$ sekundär effektiver Außenstrom pro Phase,
$E_\sim'$ sekundär effektive Spannung,
V_{RE} Reibungs- und Eisenverluste in Watt,

so können wir folgende Grundwellenscheitelwerte der wirksamen Amperewindungen im Vektordiagramme Abb. 1 einführen:

$$\text{Vektor } \overline{0,1} = \frac{m}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot J_{m\sim},$$

$$\text{Vektor } \overline{3,1} = A W_F \text{ Scheitelwert der sinusförmig verteilten Gleichstromamperewindungen}$$

$$\text{Vektor } \overline{0,3} = \frac{m}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot J_\sim.$$

Bisher haben wir uns nur mit der relativen Lage der Felder bzw. Amperewindungen zueinander im Vektordiagramme befaßt. Nun wollen wir auf die zeitlichen Änderungen von Strom und Spannung in einer Statorphase näher eingehen. Das resultierende Luftfeld $\overline{0,1}$ rotiert mit Synchrongeschwindigkeit um die Ankerwicklung und erzeugt in ihr eine Wechselspannung, welche der aufgedrückten Netzspannung das Gleichgewicht hält. Somit eilt der Netzspannungsvektor $\overline{0,4}$ in der Phase dem Feldvektor $\overline{0,1}$ um 90° elektrisch vor und der primär aufgenommene Strom $J_\sim$ ist zeitlich in Phase mit dem Ankerfelde $\overline{0,3}$. Der Phasenverschiebungswinkel φ_1 zwischen beiden wird von den Vektoren $\overline{0,3}$ und $\overline{0,4}$ eingeschlossen.

Die im gegebenen Falle aufgenommene Leistung ist

$$\frac{m}{2\sin\frac{\pi}{m}} \cdot E_\sim J_\sim \cos\varphi_1 = V_{RE}$$

(ohne Ohmsche Verluste).

Daraus ergibt sich ein primärer Leerlaufverluststrom:

$$J_\sim = \frac{2\sin\frac{\pi}{m} V_{RE}}{m E_\sim \cos\varphi_1},$$

ein zugehöriger Amperewindungsvektor

$$\overline{0,3} = \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{m} V_{RE}}{E_\sim \sqrt{2} \cos\varphi_1}$$

und der Abstand

$$\overline{0,2} = \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{m}}{E_\sim \sqrt{2}} \cdot V_{RE}$$

in gleichen Maßeinheiten.

Durch diese Angaben ist das Leerlaufdreieck 0,1,3 vollkommen bestimmt.

Wenn wir auf den sekundären Belastungsfall übergehen, müssen wir bedenken, daß das sekundäre Ankerfeld durch das primäre Ankerfeld bis auf die Stärke $\overline{0,3}$ als resultierendes Ankerfeld kompensiert werden muß. (Etwa bei Belastung

Digitized by Google

entstehende, zusätzliche Eisenverluste in den Zähnen, hervorgerufen durch die sich nicht genau überdeckenden beiden Ankerfelder, mögen vorläufig von der Betrachtung ausgeschaltet werden.) Wir erhalten ein AW-Diagramm nach Abb. 2. Der sekundäre Spannungsvektor ist unter den ge-

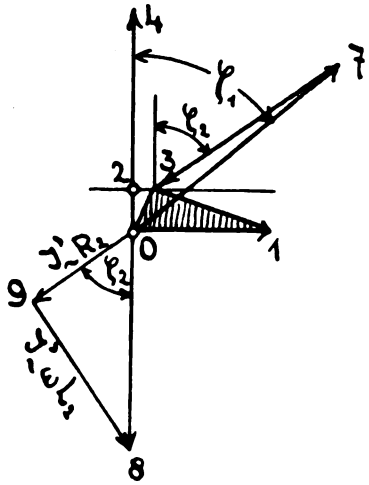


Abb. 2.

machten Voraussetzungen dem primären Netzspannungsvektor $\overline{0,4}$ genau entgegengesetzt gerichtet und durch 0,8 dargestellt. Seine Größe kann aus dem bekannten Spannungspolygone ermittelt werden.

Der symmetrisch gedachte Belastungsstrom J_∞' besitze eine Phasenverschiebung φ_2 gegen die induzierte Spannung, wodurch zunächst die Richtung des sekundären AW-Vektors $\overline{7,3}$ gegeben erscheint. Seine Größe bestimmt sich analog Abb. 1 zu

$$\overline{7,3} = \frac{n}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot J_\infty';$$

ferner ist

$$\overline{0,7} = \frac{m}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot J_\infty,$$

woraus der zugehörige primäre Phasenstrom J_∞ ermittelt werden kann.

Aus dem Diagramm läßt sich sofort überblicken, daß die primäre Phasenverschiebung φ_1 durch entsprechende Verstärkung der Gleichstromerregung $\overline{3,1}$ auf Null zurückgebracht werden kann,

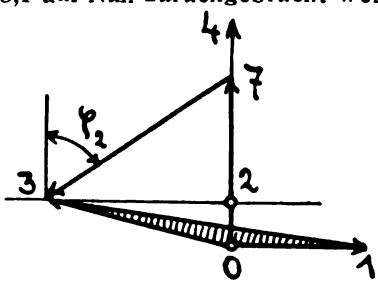


Abb. 3.

wie Abb. 3 zeigt. Auch die Frage nach der Größe des Luftspaltes läßt sich dahin beantworten, daß derselbe bis zu den mechanisch zulässigen Grenzen vermindert werden kann, wenn nur

$$AW_F > \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{m}}{E_\infty \sqrt{2}} \cdot V_{RE}$$

bleibt. Der Vektor $\overline{0,1}$ wird dann auch entsprechend kleiner werden, während $\overline{0,2}$ seine Größe stets beibehält. Der streuungsfrei gedachte Phasenumformer bleibt bei jeder Last im Tritt. Ja, er kann sogar noch mechanische Arbeit W_a (in Watt) nach außen abgeben, wenn jetzt

$$AW_F > \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{m}}{E_\infty \sqrt{2}} (V_{RE} + W_a)$$

gewählt wird.

Auf die Einankerumformer zur Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom übergehend, denken wir uns von nun ab die Gleichstromankerwicklung rotierend und das Volltrommelpolrad durch einen gleichstromerregten Polkranz ersetzt, welcher in den Ankerstromwendezonen Ausnehmungen zur eventuellen Unterbringung von Kommutierungseinrichtungen besitzt. Diese Luftspalterweiterungen haben nachstehende Nebenerscheinungen zur Folge, welche im Vektordiagramme wohl zum Teile, aber nur fallweise berücksichtigt werden könnten:

1. wird die Sinusform der Felder gestört,
2. werden die magnetischen Zahnsättigungen erhöht und bei sekundärer Spannungsregelung mit der Regelung veränderlich, die Leerlauffeld-Amperewindungen und die normalen Eisenverluste wachsen,
3. treten zusätzliche Wirbelstromverluste im Ankereisen auf, welche sich ebenfalls bei der Regelung verändern.
4. treten Reaktionskräfte infolge der Luftspalterweiterungen auf das resultierende Luftfeld $\overline{0,1}$ ein, wie bei einer Reaktionsmaschine mit ausgeprägten Polen.[3])

Schließlich ist das sekundäre Ankerfeld in Dreieckform statt Sinusform verteilt.

Die Feldwicklungen ließen sich auf dem Polkranze wohl sinusförmig verteilen, doch begnügt man sich meist mit rechteckiger oder Trapezfeldform. Wir betrachten nunmehr nur die Grundwellen aller auftretenden Feldformen und ziehen auch obige Nebenerscheinungen nicht in den Gesichtskreis unserer Überlegungen.

Für den leerlaufenden Einankerumformer gelten dann dieselben Beziehungen, wie sie für den leerlaufenden Phasenumformer abgeleitet wurden. Erst bei sekundärer Gleichstrombelastung ändern sich die Verhältnisse, und zwar entsprechend der Lage der Gleichstrombürsten zum äußeren Erregerfelde, denn diese Lage allein bestimmt die Richtung des Vektors $\overline{7,3}$ für das sekundäre Gleichstromankerfeld. Das Leerlaufdreieck 0,1,3 ist in seiner Lage und Form durch den primären Netzspannungs-

[3]) Vgl. Dr. Ing. R. Brüderlin, E. u. M. 1924, S. 555.

Digitized by Google

vektor $\overline{0,4}$, das zugehörige Leerlauffeld $\overline{0,1}$, das Gleichstromerregerfeld $\overline{3,1}$ und die Reibungs- und Eisenverlustwatt nach den bereits abgeleiteten Beziehungen gegeben. Somit bestimmt die relative Lage des Vektors $\overline{7,3}$ zum Vektor $\overline{3,1}$ das jeweilige Diagramm. In seiner einfachsten Form sind die beiden eben genannten Vektoren einander gleichgerichtet, das heißt: das sekundäre Gleichstromankerfeld wird durch das Erregerfeld, welches als Querfeld ausgebildet ist, in seiner Gänze unterstützt (mit Ausnahme der Stromwendezonen). Diesen Fall hat der Verfasser erstmalig vorgeschlagen und in dieser Zeitschrift[4]) eingehend für Hauptstromerregung beschrieben. Abb. 4 zeigt das AW-Vektor-Diagramm hiezu in vereinfachter Form. Der Grundwellenscheitelwert der sekundären Gleichstromankerfeld-AW ergibt sich ganz allgemein zu: $\frac{S}{\pi^2 a p} \cdot J_=$, wenn $J_=$ den sekundär abgenommenen Gleichstrom in Ampere bedeutet, und entspricht der Größe des Vektors $\overline{7,3}$. Im gegebenen Belastungsfalle entwickelt der Um-

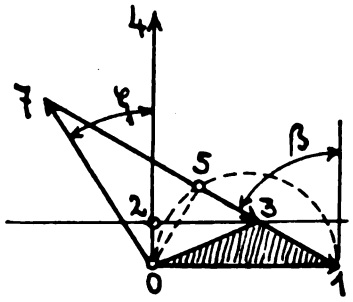


Abb. 4.

former primär einen Amperewindungsscheitelwert $\overline{0,7} = \frac{m}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{S}{\pi^2 a p} \cdot J_\sim$, welcher wie $J_\sim$ der Primärspannung um den Winkel φ_1 voreilt. Die sekundäre Gleichspannung E_{sek} wird nicht vom Erregerfelde $\overline{3,1}$, sondern von der Normalkomponente $\overline{0,5}$ des Umformerleerlauffeldes $\overline{0,1}$ induziert und ist dieser proportional, daher gilt

$$E_{sek} = E_= \cos \beta \text{ (prop. } \overline{0,5}\text{)}.$$

$E_=$ ist die höchstmögliche Gleichspannung bei Auflage der Bürsten in den neutralen Zonen. Diese eigenartigen Verhältnisse des induzierenden Feldes reihen den Umformer in die Gruppe der Drehfeldumformer ein, welche von der Gleichstromseite aus überhaupt nicht anlaufen und auch nicht vorübergehend in den Generatorzustand kommen können. Das Diagramm läßt uns noch folgende weitere Eigenschaften ablesen: Die Gleichspannung E_{sek} ist bei konstanter Primärspannung nur von der Erregung des Querfeldes $\overline{3,1}$ und der Größe der Reibungs- und Eisenverluste abhängig. Sind letztere konstant, so bleibt wegen der Flächengleichheit der Leerlaufsdreiecke 0,1,3 auch das Produkt $\overline{0,5} \times \overline{3,1}$ und somit auch das Produkt aus Sekundärspannung mal Querfelderregung konstant. Bei gegebener Querfelderregung ist die Gleichspannung von der Größe des Luftspaltes (prop. $\overline{0,1}$) merkwürdigerweise ganz unabhängig. Aber auch kleinere Änderungen in der Wechselspannung und Periodenzahl blieben ohne Einfluß auf die Sekundärseite, soferne sie die Größe der Reibungs- und Eisenverluste nicht berührten. Bei fester Querfelderregung ist die Gleichspannung von der Gleichstromentnahme unabhängig, wenn von zusätzlichen Eisenverlusten abgesehen wird. Treten solche jedoch auf, so erhöhen sie, ebenso wie eine Ver-

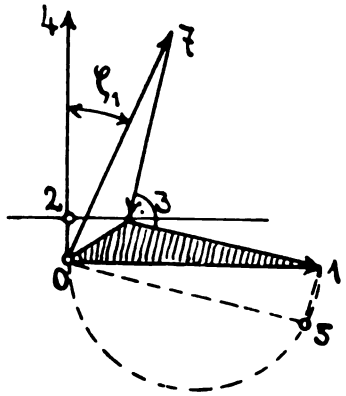


Abb. 5.

größerung der Reibungsverluste im Diagramm, die Sekundärspannung und wirken den Ohmschen Spannungsabfällen entgegen. Äußerst konstante Spannungshaltung und hohe Überlastbarkeit sind die Folge. Belastungsstöße werden leicht aufgenommen, ohne Pendelerscheinungen und ohne Bürstenfeuer auszulösen.

Wir wollen jetzt den gewöhnlich erregten Einankerumformer auf gleiche Weise betrachten und zu diesem Zwecke sein AW-Vektor-Diagramm in

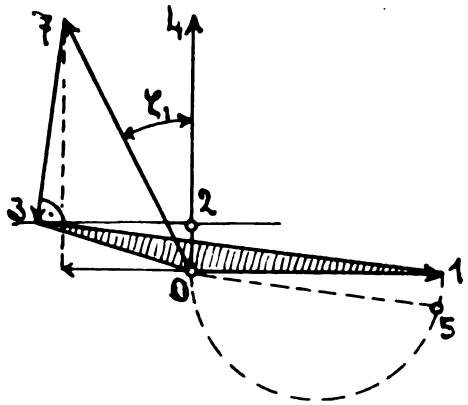


Abb. 6.

Abb. 5 aufstellen. Zeichnen wir wieder unser Leerlaufs-AW-Dreieck $\overline{0,1,3}$ für eine bestimmte Gleichstromerregung $\overline{3,1}$, so wissen wir, daß jetzt das sekundäre Gleichstromankerfeld und seine Amperewindungen $\overline{7,3}$ um 90° elektrisch gegenüber der Außenerregung $\overline{3,1}$ verdreht erscheinen. Der Richtungssinn von $\overline{7,3}$ ergibt sich aus der Überlegung, daß der Vektor des Sekundärstromes unge-

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, Heft 37, S. 657 und Ö. P. Nr. 99593.

Digitized by Google

fähr in Gegenphase zum primären Netzspannungsvektor 0,4 stehen muß. Wir haben Abb. 5 für einen leicht untererregten Einankerumformer gezeichnet, welcher primär einen um Winkel φ_1 nacheilenden Wechselstrom aufnimmt. Die sekundäre Gleichspannung ist wieder 0,5 proportional und im Verhältnisse 0,5 : 0,1 kleiner als die höchste Sekundärspannung, welche auftreten würde, wenn die Gleichstrombürsten genau in die neutralen Zonen des resultierenden Luftfeldes 0,1 zu liegen kämen. Für gleichzeitige Phasenverbesserung gilt das Diagramm des übererregten Einankerumformers nach Abb. 6. Bei beiden Diagrammen sind die Stromwendezonen stets in der Mitte der Polkücken gedacht. Die Veränderung der Erregung 3,1 übt hier, wie bekannt, keinen wesentlichen Einfluß auf die Höhe der Gleichspannung aus, doch bleibt letztere auch bei Leerlauf stets unter dem rechnerisch ermittelten höchsten Werte, welcher der Größe 0,1

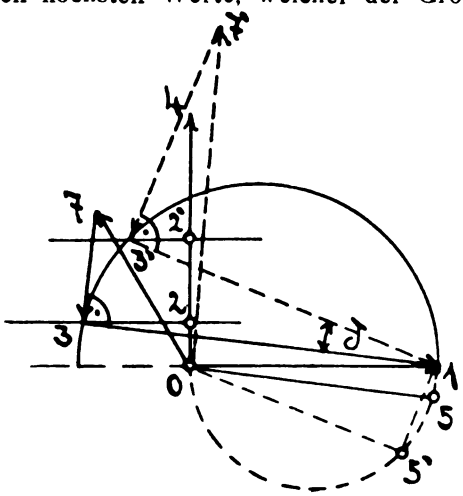


Abb. 7.

proportional ist. Durch Verschieben der Bürsten in die günstigsten Kommutierungszonen, das ist unter die einlaufenden Polkanten, wird der Winkel 1,3,7 kleiner als 90° und die Sekundärspannung noch kleiner. Aber auch die primäre Phasenverbesserung wird kleiner, bzw. die primäre Phasenverschiebung schlechter. Treten durch Belastung des Umformers zusätzliche Wirbelstromverluste im Ankereisen und in den Polschuhen auf, so wächst die Höhe 0,2 des Dreieckes 0,1,3 und in weiterer Folge fällt die Sekundärspannung etwas ab. Wird die Felderregung zudem noch von der Gleichstromseite des Umformers besorgt, so erfährt auch sie eine Schwächung. Diese Verhältnisse werden noch deutlicher, wenn wir den Umformer gleichzeitig zu mechanischer Arbeitsleistung heranziehen.

In Abb. 7 sei zum besseren Vergleiche das Diagramm 0,1,3,7, ohne mechanische Leistungsabgabe und das Diagramm 0,1,3',7' mit mechanischer Leistungsabgabe V_a (in Watt) für denselben Umformer mit Eigenerregung eingezeichnet. Es gilt

$$\overline{2,2'} = \frac{S}{\pi^2 ap} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{m}}{E_\sim \sqrt{2}} \cdot V_a.$$

Der geometrische Ort der Vektorpunkte 3 bezw. 3' ist ein Kreis mit 3,1 bezw. 3',1 als Sehne und dem Mittelpunkte in der Richtung 0,1. Die jeweiligen Sekundärspannungen 0,5 und 0,5' sind den dazugehörigen Erregungen 3,1 und 3',1 direkt proportional. Bei mechanischer Belastung tritt bedeutender Spannungsabfall ein und der Vektor 3,1 erfährt nicht nur eine Verringerung auf 3',1, sondern auch eine Verdrehung um den Winkel δ, was einer Verzögerung der Drehgeschwindigkeit für die Belastungsübergangsperiode gleichkommt. Bei Entlastung muß dann wieder eine entsprechende Beschleunigungsperiode einsetzen. Dasselbe tritt in vermindertem Maße bei plötzlichen Strombelastungsstößen durch die zusätzlichen Verluste ein. Der Umformer wird während der Verzögerungsperiode zum Gleichstromgenerator, welcher von seinen Schwungmassen angetrieben wird. Seine Stromwendung verschlechtert sich wegen des jetzt unausgeglichenen Gleichstromankerfeldes, zusätzliche Ströme unter den

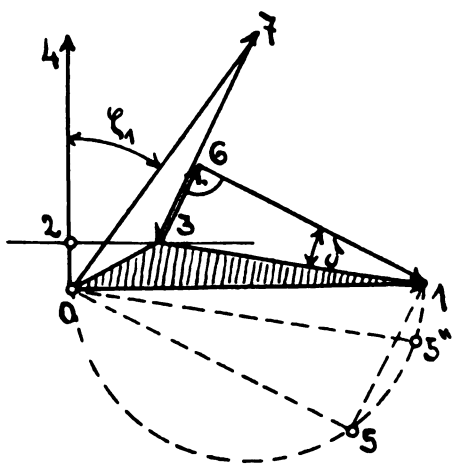


Abb. 8.

Bürsten in den kurzgeschlossenen Ankerwindungen schwächen das Außenfeld noch weiter und die bekannte Neigung zum Pendeln macht sich bemerkbar. Diese Verhältnisse verschlechtern sich bei der üblichen Anordnung von Wendepolen noch weiter.

Um dies zu erkennen, sei im AW-Diagramm Abb. 8 noch die Grundwelle der Wendepolamperewindungen durch den Vektor 3,6 berücksichtigt. Sie wirkt den Gleichstromankerfeld-AW 7,3 genau entgegen und die Außenfeld-AW sind jetzt durch den Vektor 6,1 dargestellt. Halten wir die Felderregung konstant, so wird der Vektor 6,1 bei Leerlauf ungefähr in die Lage 3,1 gelangen, da ja dann das Wendefeld verschwindet. Bei Belastung muß der Umformanker wieder eine verzögernde Verdrehung um den Winkel δ ausführen, was die oben beschriebenen Erscheinungen bei Belastungsstößen bereits ohne Entstehung zusätzlicher Verluste herbeiführt. Das Vorhandensein des Wendepoleisens in den Stromwendezonen begünstigt ein Feuern der Bürsten bei unausgeglichenen Ankerfeldern

Digitized by Google

noch weit mehr und die Rückwirkung der zusätzlichen Kurzschlußströme unter den Bürsten auf das Außenfeld ist noch kräftiger. Die Erfahrung hat auch gezeigt, daß Einankerumformer mit Wendepolen viel mehr zum Pendeln neigen, als solche ohne Wendepole. Bemerkenswert ist noch, daß die Wendepole den Spanungsabfall bei Belastung stärker vergrößern, als ihrem Ohmschen Wicklungswiderstande entsprechen würde.

Um ruhigen Lauf des Einankerumformers zu

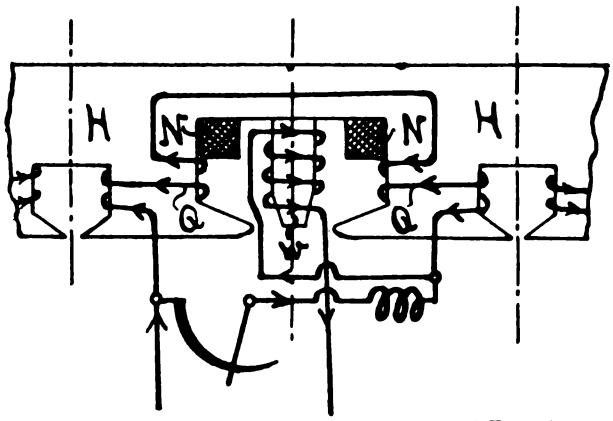


Abb. 9. Querfeldschaltung für Wendepol-Einankerumformer.

erzielen, werden folgende Maßnahmen empfohlen: Lamellieren der Polschuhe, Vergrößern des Hauptpolluftspaltes und damit verbundene Verstärkung der Hauptpolwicklung, Wahl kleinerer Ankerzahnsättigungen, reichliches Vergrößern des Wendepolluftspaltes und damit verbundene Verstärkung der Wendepolwicklung, Anordnung kurz geschlossener Dämpferstäbe. Diese Maßnahmen bewirken teils eine Verringerung der zusätzlichen Verluste, teils eine Verkleinerung des Verzögerungswinkels δ,

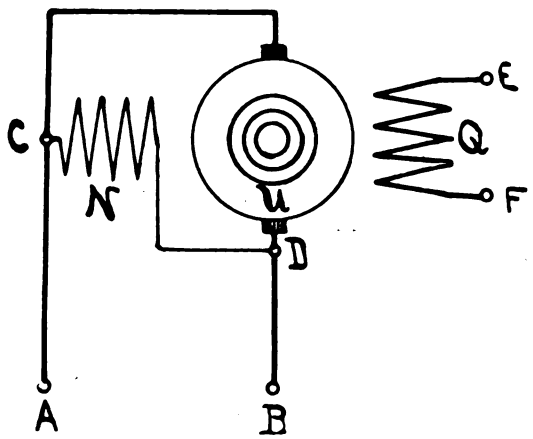


Abb. 10. Schaltbild zum Regelumformer nach Ö. P. Nr. 100416.

ferner eine Verminderung der zusätzlichen Bürstenkurzschlußströme und deren magnetisierender Rückwirkung auf das Hauptpolfeld und schließlich eine rasche Abdämpfung schon eingetretener Schwingungen.

Der Verfasser würde dem Übel auf billigere Weise und wirksamer begegnen, indem er den Verzögerungswinkel δ ganz zum Verschwinden bringt und zwar durch Anordnung einer Hauptstromdurchflossenen Querfeldwicklung, welche der Wendepolwicklung entgegenwirkt, wie bereits vorhin beschrieben.[5]) Sie kann durch einen Parallelwiderstand gleicher Zeitkonstante leicht auf die gewünschte Wirkung eingestellt werden. Abb. 9 zeigt schematisch eine solche Anordnung für eine Polteilung eines Wendepolumformers. Auch die Wirkung zusätzlicher Verluste bei Belastung läßt sich auf diese Weise wirksam kompensieren. Es genügen im allgemeinen ganz wenige Querfeldwindungen, deren Unterbringung keine Schwierigkeiten bereitet und deren Kupferbedarf durch die Ersparnisse an Hauptpolwicklungskupfer reichlich aufgewogen wird.

Die angegebene Anordnung einer zusätzlichen Querfeldwicklung auf den Hauptpolen eines gewöhnlichen Einankerumformers kann auch dazu verwendet werden, die Gleichspannung bei konstanter primärer Wechselspannung zu verändern, wie dies bereits bei den Drehfeldumformern des Verfassers möglich war. Die spannungserniedrigende Wirkung des Querfeldes wird umso stärker, je mehr das Hauptfeld geschwächt wird. Folgende, ebenfalls vom Verfasser erstmalig angegebene An-

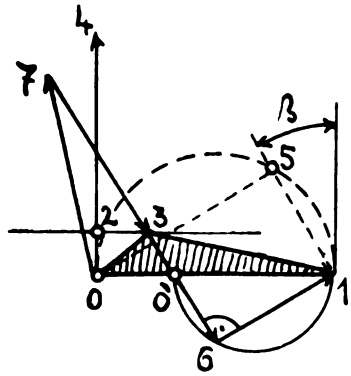


Abb. 11.

ordnung[6]) gestattet, durch einfache Regelung des Querfeldes allein zugleich auch das Hauptfeld in der gewünschten Weise zu beeinflussen. Abb. 10 gibt die grundsätzliche, einfache Schaltung der sekundären Umformerseite wieder. Die Hauptfelderregung N liegt stets im Nebenschluß zu den sekundären Umformerklemmen A, B, während die Querfelderregung Q auf irgend eine Art regelbar gespeist sein kann. Wichtig ist dabei, daß das Querfeld das Gleichstromankerfeld nur außerhalb der Stromwendezonen unterstützt, in den Stromwendezonen hingegen durch geeignete Mittel unterdrückt wird. Am zweckmäßigsten wird bei dieser Umformerart eine Teilung der Querfeldwicklungen vorgenommen, derart, daß sie die Stromwendezonen nicht umschlingen. Im Diagramme ist vor allem zu beachten, daß die Hauptpolerregung N sich gleichzeitig mit der Sekundärspannung und dieser proportional ändert. Die Felderregung 3,1 setzt sich jetzt aus zwei aufeinander senkrechten Komponenten, den Amperewindungs-Grundwellen

[5]) Vgl. a. die Ö. P. Nr. 99593 und Nr. 100416, auf welche die ÖSSW und EBG Lizenzrechte erworben haben.

[6]) Ö. P. Nr. 100416.

Digitized by Google

von N und Q zusammen. Wir beginnen in Abb. 11 wieder mit dem Leerlaufdreieck 0,1,3, zerlegen dann 3,1 in $AW_Q = 3{,}6$ und $AW_N'' = 6{,}1$, wobei sich der Winkel β einstellt und die Sekundärspannung $E_{sek} = E_= \cos\beta$ proportional 0,5 wird. Nach dem Vorhergehenden ist Vektor 6,1 der Hauptpolerregung stets 0,5 proportional und der Winkel bei 6 ein rechter. Folglich muß sich der

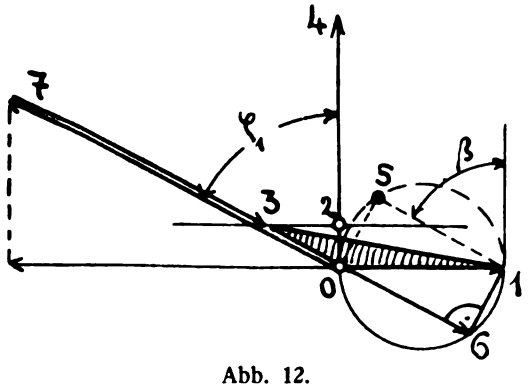


Abb. 12.

Punkt 6 auf einem Kreise mit dem Durchmesser (0,1) bewegen. Der Punkt 3 des Leerlaufsdreieckes ändert seine Lage mit der jeweiligen Querfelderregung 3,6 während der Punkt 0' stets seine Lage unter den eingangs gemachten Voraussetzungen beibehält. Die Hinzufügung des AW-Vektors 7,3 der sekundären Belastung erfolgt in gleicher Richtung wie 3,6 worauf sich der primäre AW-Vektor 0,7 ergibt.

Wir können jetzt die Hauptfeldwicklung N so bemessen, daß der Punkt 0' nach 0 zu liegen kommt

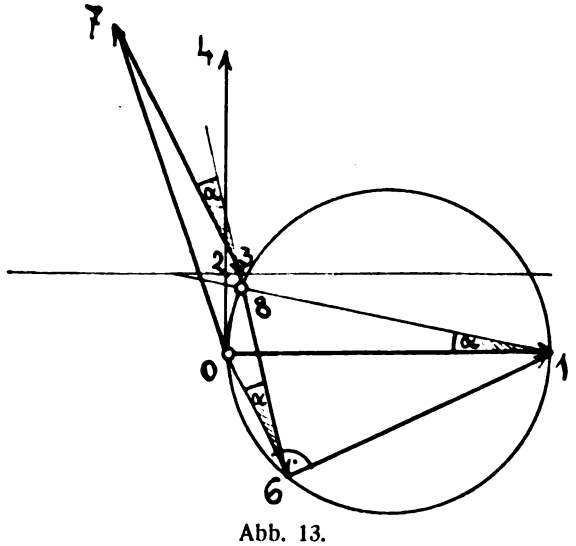


Abb. 13.

und das besondere Diagramm nach Abb. 12 entsteht. Es wird dann $\sphericalangle \varphi_1 = \sphericalangle \beta$, so daß in diesem Falle $E_{sek} = E_= \cos\varphi_1$ ist. Die primär und sekundär erregenden Amperewindungen wie die zugehörigen Strombeläge decken sich bei jeder Querfelderregung vollständig und es gilt deshalb für die gesamten Ankerkupferverluste V_{Cu} unabhängig von der primär erzielten Phasenverbesserung die bekannte Formel:

$$V_{Cu} = R\left\{J_=^2 + \frac{J_\sim^2}{\sin^2\left(\frac{\pi}{m}\right)} - \frac{4\sqrt{2}\,m}{\pi^2}\cdot J_= J_\sim\right\},$$

bezogen auf den Gleichstromankerwiderstand R.

Beim gewöhnlichen Einankerumformer treten diese geringen Ankerkupferverluste nur bei Normalerregung (das ist bei $\cos\varphi_1 = 1$) auf, bei Übererregung zwecks Phasenverbesserung nehmen sie bekanntlich sehr rasch zu. Während hier die abgegebene Blindleistung zur Verbesserung des Netzleistungsfaktors für eine bestimmte Erregung von der Umformerbelastung nahezu unabhängig ist, steigt beim regelbaren Einankerumformer des Verfassers diese Blindleistung fast proportional mit der Last. Ein bloßer Vergleich der Diagramme in Abb. 12 und Abb. 6 zeigt ferner wesentliche Unterschiede in der Außenfelderregung und Phasenverbesserung zugunsten des regelbaren Umformers. Dabei ist zu bedenken, daß bei übererregten Einankerumformern der Hauptpolluftspalt wegen der ungünstigen Lage der Ankerfelder zueinander ent-

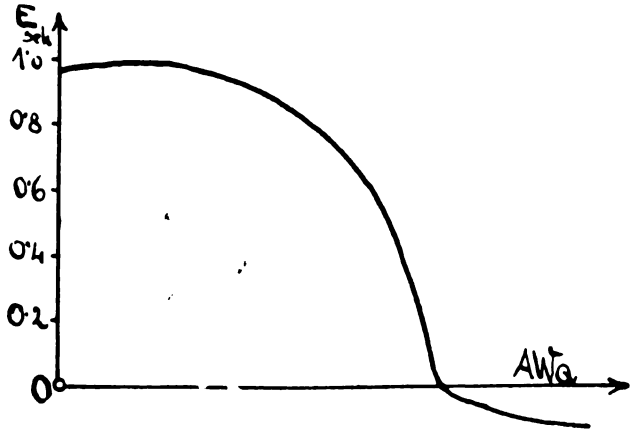


Abb. 14. Spannungscharakteristik.

sprechend größer gewählt werden muß, wodurch im Diagramm der Leerlauffeldvektor 0,1 vergrößert erscheint. Dagegen kann bei Umformern des Verfassers der Luftspalt schon deshalb wesentlich verkleinert werden, weil sich eben die beiden Ankerfelder genau decken und keine Feldverzerrungen zu befürchten sind. Die übliche Spannungsregelung des gewöhnlichen Einankerumformers mit Hilfe von Drosselspulen und Übererregung erscheint demnach doppelt ungünstig: 1. wegen des sehr geringen Regelbereiches, 2. wegen der schlechten Ankerausnützung bei vergrößertem Feldkupferbedarfe.

Wie aus dem Diagramme Abb. 12 zu entnehmen ist, geht der sekundäre Spannungsregelungsbereich eben so tief herunter, wie beim Drehfeldumformer des Verfassers mit Querfeldregelung (Abb. 4). Er läßt sich hier sogar bis zu Null und etwas darüber hinaus erweitern, wenn man die Querfeldwicklung Q gegen die Gleichstromankerfeldachse im Ankerdrehsinne um einen kleinen Winkel α verdreht.

Freilich muß dann die Erregung von Q unbe-

Digitized by Google

dingt durch eine fremde Stromquelle erfolgen. Abb. 13 zeigt das zugehörige Diagramm mit den bereits gewählten Bezeichnungen. Aus der Geometrie ergibt sich, daß alle Querfeldvektoren $\overline{3,6}$ nun durch den Kreispunkt 8 gehen müssen, welcher durch die gewählte Querfeldverdrehung eindeutig bestimmt ist. Die primären und sekundären Ankerfelder überdecken sich nicht mehr genau, doch bleiben die günstigen Verhältnisse bezüglich Phasenverbesserung im großen und ganzen bestehen.

Der Zusammenhang zwischen der Querfelderregung AW_Q (proportional $\overline{3,6}$) und der erzielten Gleichspannung E_{sek} (proportional $\overline{6,1}$) kann aus dem Vektordiagramme leicht entnommen und in ein rechtwinkliges Achsensystem nach Abb. 14 eingetragen werden. Es ergibt sich in dem besonderen Falle ein Regelbereich von zirka 110 vH der Vollspannung, das ist zirka 10 vH über Null hinaus. Zusätzliche Verluste durch Belastung erhöhen im positiven Regelgebiete stets die Gleichspannung etwas, ähnlich wie beim Drehfeldumformer mit Querfeld, wodurch sich auch hier konstante Spannungshaltung und hohe Überlastbarkeit ergeben.

Wir werden jetzt mit Hilfe des AW-Vektordiagrammes untersuchen, wie sich dieser Umformer verhält, wenn das Querfeld bei Belassung

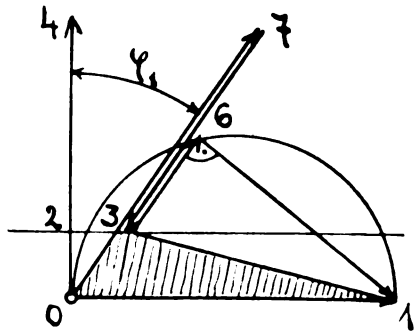


Abb. 15.

der übrigen Schaltung verkehrt erregt wird, also im Sinne einer üblichen Wendepolwicklung wirkt. Der Gedanke ist in Anbetracht eines günstigen Kommutierungsfeldes verlockend und wurde auch bereits mehrmals vorgeschlagen, ohne jedoch einen praktischen durchgreifenden Erfolg zu erzielen. Wendepol- und Querfeldwicklung wurden meist zu einer einzigen Wicklungsgruppe zusammengezogen. Wir wollen hier gleich den günstigsten Fall annehmen, daß die Hauptpolnebenschlußerregung wie in Abb. 12 bemessen ist, daß sich also die primären und sekundären Felder vollkommen decken. Das hier gültige, in Abb. 15 mit den früheren Bezeichnungen wiedergegebene AW-Diagramm, das eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Wendepolumformer-Diagramm in Abb. 8 aufweist, ergibt primär eine nacheilende Phasenverschiebung, welche mit fallender Gleichspannung zunimmt, und zwar gilt wieder $E_{sek} = E_{=} \cos \varphi_1$. Die sekundäre Regelbarkeit wird durch induktive Netzbelastung erkauft. Bei Belastung auftretende zusätzliche Wirbelströme im Ankereisen bewirken eine Spannungserniedrigung, so daß der Umformer größere Spannungsabfälle aufweist, als seinen Ohmschen Verlusten entsprechen würde.

Um die Größe des Regelbereiches beurteilen zu können, sei in Abb. 16 wieder die Charakteristik, das ist die Abhängigkeit der Querfelderregung AW_Q (prop. $\overline{3,6}$) von der Gleichspannung E_{sek} (prop. 6,1), aus dem Diagramm Abb. 15 wie vorhin eingetragen. Wir finden im gegebenen Falle für Fremderregung des Querfeldes eine Regelbarkeit bis auf 60 vH des Höchstspannungswertes herunter, bei Erregung des Querfeldes von den sekundären Umformerklemmen aus eine solche bis auf etwa 40 vH des Höchstwertes herunter. Bei weiterer Verstärkung des Querfeldes fällt der Umformer außer Tritt, da er dann nicht mehr imstande ist, die Reibungs- und Eisenverluste zu decken. Aber auch schon nahe den unteren Grenzen kann durch Überlastung ein Außertrittfallen eintreten. Bei stoßweisen Belastungen wird er wie der Wendepoleinankerumformer zu Pendelungen und Bürstenfeuer neigen. Der verhältnismäßig kleine Regelbereich bei induktiver Phasenverschiebung und geringerer Stabili-

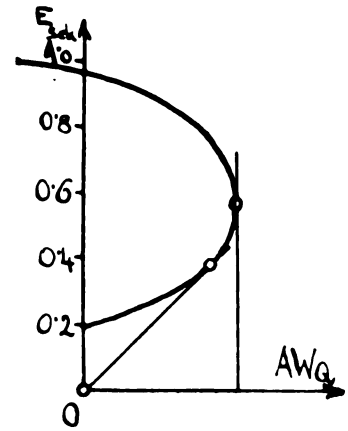


Abb. 16. Spannungscharakteristik.

tät hat offenbar die weitere Entwicklung dieses Umformers nicht als wünschenswert erscheinen lassen.

Es sei der Vollständigkeit halber bemerkt, daß das Amperewindungs-Vektordiagramm naturgemäß auf solche Spaltpolumformer nicht Anwendung finden kann, welche die Gleichspannungsregelung durch Veränderung der Feldkurvenform erzielen, wie dies zum Beispiel bei den Umformern von J. L. Woodbridge durch Überlagern einer dritten Oberwelle bewirkt wird.

Schließlich muß noch nachgetragen werden, daß sich die jeweiligen Reaktionskräfte, hervorgerufen durch die unvermeidlichen, den Bürstenzonen zugeordneten Luftspalterweiterungen in den Diagrammen in gleicher Weise als zusätzliche mechanische Leistungs-Abgaben bzw. -Aufnahmen berücksichtigen lassen wie die bei Belastung auftretenden zusätzlichen Verluste. Die Reaktionskräfte sind jedoch nicht wie letztere von der Belastung abhängig, sondern bei einer gegebenen Maschine lediglich durch die jeweiligen Regelver-

Digitized by Google

hältnisse bedingt, da sich weder die relative Lage des resultierenden Luftfeldes 0,1 zu den Erweiterungen noch seine Größe bei Sekundärlast ändern. Die praktisch aufgenommenen Charakteristiken für Querfelderregung und Gleichspannung zeigten umso größere Abweichungen von den hier unter Vereinfachungen abgeleiteten Kurven, je größer die Hauptpolluftspalte und die Ankerzahnsättigungen gewählt wurden, wie auch laut Vorhergehendem zu erwarten war. Der Verfasser wird in einem späteren Aufsatze auf diese Verhältnisse näher eingehen.

B. Beurteilung der Stromwendung nach dem AW-Vektor-Diagramm.

Das AW-Vektor-Diagramm gibt auch über die von den Grundwellen herrührenden Luftfelder in den Stromwendezonen Aufschluß, insbesonders, ob diese Felder der Stromwendung günstig oder schädlich sind. Bei Gegenwart von Wendepolen müssen diese störenden Felder naturgemäß durch zusätzliche Wendepolwicklungen für die Stromwendezonen ausgelöscht werden, wie dies zum Beispiele im Gleichstrommaschinenbau und Einankerumformerbau durch Vermehrung der Hauptstromwindungen bezüglich der auftretenden Ankerfelder bereits geschieht. Auch wir werden die Hauptstromwicklungen der Wendepole nach den gleichen Grundsätzen bemessen, müssen aber noch die durch die Spannungsregelung bedingten Komponenten des primären Leerlaufdrehfeldes berücksichtigen, welche sich nicht mit der Belastung ändern. Letztere können also nur durch vom Hauptstrom unabhängige Wicklungen kompensiert werden, deren Erregerstrom mit der Spannungsänderung zugleich geregelt wird.

Sind Haupt- und Querfeldwicklungen sinusförmig verteilt, so sind es auch die daraus resultierenden Amperewindungen für den Luftspalt, und die in den Stromwendezonen wirksamen Amperewindungen sind in den fallweise gültigen Diagrammen einfach durch die Größe des Vektors 5,1 gegeben. Ist derselbe gleichgerichtet mit dem sekundären AW-Vektor 7,3, so ist das Feld schädlich, im entgegengesetzten Falle nützlich. Die Erregung der zusätzlichen Wendepolwicklungen erfolgt dann am besten von einem zweiten Bürstensatze aus, welcher gegen den sekundären Arbeitsgleichstrombürstensatz elektrisch um 90° versetzt erscheint. Die Spannung dieses Hilfsbürstensatzes ist der Luftfeldstärke in den Arbeitsbürstenzonen direkt proportional. Es stellt sich dann bei richtiger Schaltung von selbst das richtige Wendefeld ein, auf welche Weise auch die Gleichspannung geregelt werden möge. Dieser zweite Bürstensatz muß auch nicht immer auf dem Hauptkollektor schleifen, sondern kann einem kleineren Hilfskollektor mit getrennter Wicklung zugeordnet werden.[7])

[7]) Der in E. u. M. 1926, Seite 169 bis 173, vom Verfasser beschriebene Einankerdrehfeldumformer für Kranhubwerke weist dieselben Kommutierungsverhältnisse auf und kann leicht mit dieser vorgeschlagenen Wendepolschaltung ausgerüstet werden, da der um 90° versetzte Bürstensatz bereits für die Hubmotorerregung vorhanden ist.

Sind Haupt- und Querfeldwicklungen so angeordnet, daß sie die Stromwendezonen nicht umschlingen, so herrscht in diesen Zonen nur ein Luftfeld, welches von derjenigen Komponente der resultierenden Amperewindungen 0,3 herrührt, welche sich mit den sekundären Amperewindungen 7,3 deckt. Wir wollen diese Komponente für die einzelnen Umformerarten gesondert herauszeichnen und ihren Richtungssinn durch Pfeile andeuten. Abb. 17 zeigt die Verhältnisse für einen Drehfeldumformer mit Querfelderregung. Es ergibt sich die Komponente 5,3 der resultierenden Ankeramperewindungen 0,3 als in den Stromwendezonen wirksam. Sie ist noch für viele andere Spannungseinstellungen als stark ausgezogener Pfeil eingetragen.

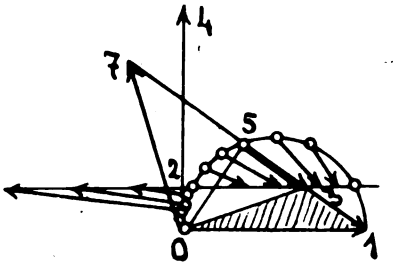


Abb. 17.

Man erkennt daraus, daß ein der Stromwendung günstiges Luftfeld erst für niedere Spannungseinstellungen eintritt. Ein solcher hauptstromerregter Drehfeldumformer wird im sekundären Kurzschlußfalle nicht zum Feuern neigen (wie zum Beispiel ein Lichtbogenschweiß-Drehfeldumformer beim Zünden).

Betrachten wir in Abb. 18 das Vektordiagramm des gewöhnlich erregten Einankerumformers, dessen Feldspulen auch nur die Hauptpolkerne umfassen,

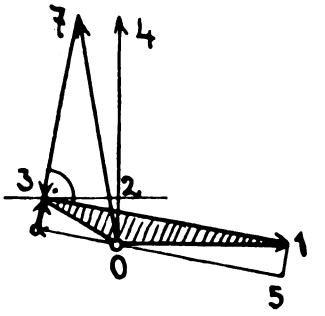


Abb. 18.

ohne die Stromwendezonen zu umschlingen, so erkennen wir, daß das in den Bürstenzonen wirksame Luftfeld wieder durch eine AW-Komponente 5,1 der resultierenden Anker-Amperewindungen 0,3 erregt wird und in diesem Falle stets die Stromwendung begünstigt, gleichgültig ob Über- oder Untererregung vorliegt. Diese Komponente 5,1 wächst mit den Reibungs- und Eisenverlusten des Umformers und ist von der Erregung nahezu unabhängig. Die günstigeren Stromwendungsverhältnisse bei Einankerumformern gegenüber Gleichstrommaschinen finden hiedurch eine weitere Erklärung.

Digitized by Google

Noch günstiger gestaltet sich die Stromwendung beim Einankerumformer des Verfassers mit Hauptfeldnebenschluß- und Querfelderregung nach Abb. 19. Hier fällt das resultierende Ankerfeld und der zugehörige AW-Scheitelwert $\overline{0,3}$ immer mit dem sekundären AW-Scheitelwerte $\overline{7,3}$ zusammen und wirkt diesem in seiner vollen Stärke entgegen. Die in den Stromwendezonen magnetisierenden Amperewindungen sind wieder für mehrere Regelfälle durch Pfeile dargestellt. Von einer zusätzlichen Wendepolerregung kann bei kleinen und

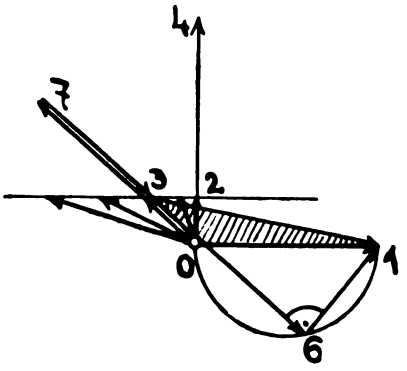


Abb. 19.

mittleren Maschinen ganz abgesehen werden. Durch Vergrößerung des Wendepolluftspaltes und Verkleinerung des Hauptpolluftspaltes läßt sich das Luftfeld in den Stromwendezonen leicht auf einen erträglichen Wert herabdrücken.

C. Beurteilung der Eigenschwingungsdauer nach dem AW-Vektor-Diagramm.

Endlich sei das AW-Vektor-Diagramm zur Bestimmung der Eigenschwingungsdauer von Einankerumformern für verschiedene Erregungsfälle herangezogen. Die Verhältnisse liegen wie bei leerlaufenden Synchronmotoren und wir brauchen nur das jeweilige Leerlaufs-AW-Dreieck zu be-

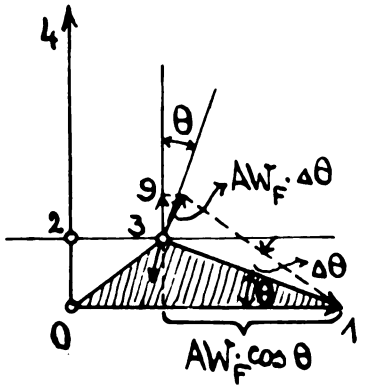


Abb. 20.

trachten. Die sekundäre Belastung der Umformer und die meist vorgesehenen Dämpferkäfige sind auf die Eigenschwingungsdauer von sehr geringem Einflusse und ihre Berücksichtigung soll hier unterbleiben.

Im Leerlaufs-AW-Diagramm nach Abb. 20 bleibe beispielsweise der Außenfeld-AW-Vektor $\overline{3,1}$ hinter dem Leerlauffeld AW-Vektor $\overline{0,1}$ um den Winkel θ zurück, welcher durch die Größe der Reibungs- und Eisenverluste und die Außenfelderregung gegeben ist. Um einen Schwingungsvorgang von außen einzuleiten, vermehren wir plötzlich die Reibungsverluste um V_z. Der Winkel θ vergrößere sich hiebei um den kleinen Winkel $\Delta\theta$. Für sehr kleine Winkel $\Delta\theta$ können wir setzen:

$$\overline{3,9} = \overline{3,1} \cdot \Delta\theta \times \cos\theta$$

und nach früherer Ableitung

$$AW_F \cdot \Delta\theta \cdot \cos\theta = \frac{S}{\pi^2 ap} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{m}}{E_\sim \sqrt{2}} \cdot V_z.$$

Wir nehmen dabei an, daß sich die Felderregung 3,1 während des Schwingungsvorganges nicht ändert, was infolge des höheren Selbstinduktionskoeffizienten der Feldwicklung annähernd zutreffen wird. Bedeuten ferner:

u die minutliche Drehzahl des Umformers,

D_z das den zusätzlichen Reibungsverlusten V_z entsprechende Drehmoment in kgm,

S_m das synchronisierende Drehmoment des Umformers in kgm, bezogen auf eine Elongation gleich der Einheit im Bogenmaß, so gilt:

$$V_z = D_z \cdot 9{\cdot}81 \times 2\pi \frac{u}{60},$$

$$S_m = \frac{D_z}{\Delta\theta} = AW_F \cos\theta \cdot \frac{\pi^2 ap}{S} \cdot \frac{E_\sim \sqrt{2}}{\sin\frac{\pi}{m} \cdot 9{\cdot}81 \cdot 2\pi \frac{u}{60}} =$$

$$= AW_F \cos\theta \frac{\pi ap E_\sim 60}{S \sin\frac{\pi}{m} \cdot \sqrt{2} \cdot 9{\cdot}81 \cdot u}.$$

Die Eigschwingungsdauer ergibt sich dann aus der bekannten Formel:

$$T_{sek} = 2\pi \sqrt{\frac{GD^2}{4g \cdot S_m}},$$

worin für GD^2 das Schwungmoment in kgm² und für g die Erdbeschleunigung in m/sec² einzusetzen sind. Wir sehen, das sychronisierende Drehmoment ist AW_F für kleine Winkel θ fast proportional, für größere Winkel θ nimmt es dem cos θ entsprechend rascher ab.

Von den behandelten Einankerumformern haben demnach nur die Umformer des Verfassers mit Hauptfeldnebenschlußerregung und leicht schräggestellter Querfelderregung nach Diagramm Abb. 13 für alle Regelfälle annähernd gleichbleibende Schwingungsdauer.

Durch Verringerung der Hauptfelderregung und zweckmäßige Verkleinerung des Hauptpolluftspaltes kann die Eigenschwingungsdauer leicht verlängert werden. Besonders langsame Eigenschwingungen lassen sich bei den beschriebenen

Digitized by Google

Drehfeldumformern mit Querfelderregung dann erzielen, wenn nur deren oberer Gleichspannungsbereich benützt wird.

Schluß.

Der Verfasser hat in obigen Ausführungen bei Vernachlässigung der Oberfelder, der Ohmschen Spannungsabfälle und Streufelder gezeigt, welchen Einfluß die Reibungs- und Eisenverluste einschließlich der zusätzlichen Verluste auf die Wirkungsweise der Einankerumformer ausüben und in diesem Zusammenhange zwei neue spannungsregelbare Umformerarten mit ihren Eigenheiten der Allgemeinheit näher gebracht. Wenn er hiedurch auch einen wirtschaftlichen Ausbau des Einankerumformers im allgemeinen angeregt haben sollte, wäre der Zweck dieser Betrachtungen reichlich erfüllt.

Rundschau.

Verbrennungskraftmaschinen.

Eine neue kurbellose Kolbenmaschine. Wie Dipl. Ing. A. Leitner in der ZVDI, Heft 11 von 1927, berichtet, ist es anscheinend A. G. M. Michell gelungen, die Schwierigkeiten, welche sich bisher bei Maschinen dieser Art mit einer auf der Maschinenwelle fest sitzenden Taumelscheibe und rund um die Welle angeordneten Zylindern hinsichtlich der Kraftübertragung und der Schmierung ergeben, durch Anwendung seines bekannten Drucklagers[1]) zu überwinden. Eine von einer australischen Firma ausgeführte Zylinder-Viertakt-Gasmaschine für Leuchtgasbetrieb von 100 PSe bei 750 U/min trägt auf einer Welle unter 22·5° gegen die zur Wellenachse senkrechte Ebene aufgekeilt eine elliptische Taumelscheibe und zu beiden Seiten der Scheibe sind je vier einfachwirkende Zylinder von 139·7 mm Durchmesser und 165 mm Hub angeordnet, deren Achsen parallel zur Wellenachse verlaufen. Der Arbeitsdruck wird durch Kolbenstangen und Gleitschuhe auf die Scheibe übertragen. Die Gleitschuhe aus Stahl weisen eine mit Weißmetall ausgefüllte ebene Platte und einen Kugelzapfen auf, der am freien Ende der zugehörigen Kolbenstange beweglich gelagert ist. Die Kugelzapfen sind in bezug auf die Gleitflächen so angeordnet, daß, wie beim Michell-Lager, eine keilförmige Ölschichte sich bildet, welche die metallische Berührung der Gleitflächen verhindert und die Reibung beschränkt. Dadurch sind auch sehr große Flächendrucke (bis 700 kg/cm² bei 15 m/s Gleitgeschwindigkeiten wurden bereits anstandslos übertragen) möglich. Natürlich muß für ausgiebige Benetzung der Gleitflächen mit Öl gesorgt werden. Versuche an der beschriebenen Maschine ergaben bei $^5/_4$ Last einen mechanischen Wirkungsgrad von 90 vH, bei $^1/_{10}$ Last betrug er noch immer 74 vH. J.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Die Wärmeabgabe an den Oberflächen von forciert luftgekühlten elektrischen Maschinen. G. E. Luke berichtet über eingehende Versuchsmessungen, die in Vergleich zu älteren veröffentlichten Messungen gezogen werden. Da ein sehr großer Teil (20 bis 75 vH) der gesamten Temperaturerhöhungen in elektrischen Maschinen auf den Temperatursprung entfällt, der zur Wärmeabgabe von Körper auf Luft notwendig ist, beansprucht die Größe der entsprechenden spezifischen Wärmeabgabe (in Watt pro Grad Temperaturerhöhung und Flächeneinheit) unter den verschiedenen Bedingungen größtes Interesse. Die Versuche hierüber wurden in der Weise ausgeführt, daß Luft mit verschiedener Geschwindigkeit durch verschieden ausgebildete, wärmeisolierte Röhren, die mit Widerstandsheizkörper geheizt wurden, strömen gelassen wurde. Die Wärmeabgabe durch die Rohrwände mußte bei stationärem Zustand der erzeugten Wärme gleich sein, wenn man die Strahlungsverluste abzog. Die Bestimmung der Luftgeschwindigkeit erfolgte indirekt durch Messen der Erwärmung der Luft unter Berücksichtigung der spezifischen Wärme der Luft und der Durchströmungsquerschnitte, und zwar erwies sich diese Meßmethode als verhältnismäßig sehr genau. Als allgemeines Ergebnis der Versuche kann angegeben werden, daß die Wärmeabgabe um so besser ist, je mehr turbulent die Luftströmung ist. Infolgedessen zeigen Rohre mit rauher Oberfläche größere Wärmeabgabe als solche mit glatter Oberfläche und in gleicher Weise wirken auch alle anderen Unregelmäßigkeiten der Strömung. Bei plötzlichen Querschnittsänderungen tritt in der Luftströmung die bekannte „vena contracta" der Hydromechanik auf, mit der Strömungsstörungen und damit ebenfalls stärkere Wärmeabgabe verbunden sind. Infolgedessen ist die spezifische Wärmeabgabe bei kleinerer Länge der Luftröhren mit unverändertem Querschnitt größer und erreicht ihr örtliches Maximum immer beim Eintritt in die Röhre. Bei kürzeren Röhren treten wegen der erwähnten Strömungserscheinung die Unterschiede zwischen glatter und rauher Oberfläche zurück. Es wurde gefunden, daß die Wärmeabgabe der $n$ten Potenz der Luftgeschwindigkeit proportional ist, wobei n zwischen 0·70 und 0·93 liegt. Über den Bereich der Temperaturen bei der Untersuchung (25 bis 150° C) nimmt die Wärmeabgabe bei höherer Temperatur und sonst gleichen Verhältnissen leicht ab, etwa verkehrt proportional der Wurzel aus der absoluten Temperatur. B. G.

(Journal of A. I. E. E., November 1926.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Verhalten des Differentialschutzes nach Merz-Price in Mehrphasensystemen, insbesondere bei äußerem Erdschluß. Von F. Ahrberg und W. Gaarz. Der Differentialschutz schützt einen Transformator gegen Kurzschluß, Windungsschluß und in besonderen Fällen gegen Gestellschluß, sofern der Fehler zwischen den Stromwandlergruppen auftritt. Um seine selektive Wirkung zu bewahren, muß er jedoch gegen äußere Kurzschlüsse und Erdschlüsse völlig unempfindlich sein. Das richtige Arbeiten des Schutzes ist nun hauptsächlich von der Schaltung der Wandler und Relais abhängig, die durch die Schaltung der Transformatorwicklungen bedingt ist. Die Schaltung der Differentialrelais erfolgt im Dreieck oder im Stern. Besonderen Vorteil bringt jedoch ein neues Dreiphasendifferentialrelais, das lediglich einen Kontakt aufweist und dessen Energiebedarf so gering ist, daß es auch bei Wandlern kleiner Leistung verwendbar ist[1]). Um den schädlichen Einfluß des Stoßkurzschlußstromes auszuschalten, der das Gleichgewicht der Differentialschaltung vorübergehend stört, muß auch hier ein Zeitrelais verwendet werden. Aber auch die Kernform des Transformators ist von großer Bedeutung für das Verhalten des Schutzes. Bei dreikernigen Transformatoren ist der Differentialschutz immer durchführbar, während er bei Manteltransformatoren oder mehrphasig geschalteten Einphasentransformatoren nur dann wirksam werden kann, wenn mindestens eine der Wicklungen im Dreieck geschaltet ist. Bei Stern-Stern Manteltransformatoren bleibt der Fehlerstrom der kranken Phase infolge der Drosselwirkung der gesunden Wicklungen gewöhnlich so klein, daß der Schutz nicht zum Ansprechen kommen kann. Eine Dreieckwicklung hält jedoch auch in diesem Falle die Spannung der defekten Wicklung aufrecht und der

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1017; 1927, Heft 7, S. 109.

[1]) Vgl. Wiss. Veröff., IV. Bd.

Digitized by Google

Fehlerstrom kommt voll zur Wirkung. Wesentlich ist auch die Erkenntnis, daß die Fehlerströme in allen Wicklungen, die von ihnen durchflossen werden, phasengleich bezw. um 180° verschoben sind, was auch die experimentelle Nachprüfung mit dem Oszillographen ergab.

Das Verhalten des Differentialschutzes in Mehrphasensystemen bei Erdschluß hängt nicht nur allein von den genannten Faktoren, sondern auch noch von der Art der Erdung der Transformatoren und der Netze ab. Die Schaltung der Wandler und der Differentialstromrelais muß verschieden erfolgen, wenn das Netz ungeerdet, direkt oder über einen Ohmschen Widerstand geerdet, mit einem Löschtransformator oder einer Löschdrossel versehen ist. Alle diese Fälle wurden eingehend untersucht und auch zum Teil experimentell nachgeprüft. Abb. 1 zeigt zum Beispiel die Fehlerstromverteilung bei einem ungeerdeten Stern-Dreieck-Transformator der von der Dreieckseite gespeist wird und auf der Sternseite Gestellschluß aufweist. Die Relais

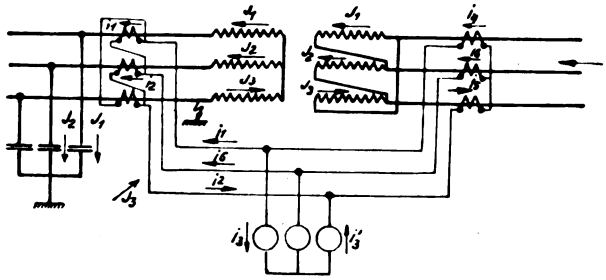


Abb. 1.

sind stromdurchflossen und schalten den Umspanner ab. Es ist aber auch zu ersehen, daß bei einem Erdschluß auf der Dreieckseite nur einer der Primärwandler Strom führt und dieser sich nur dann über die Relais ausgleichen kann, wenn die Sternpunkte der Wandler und Relais verbunden sind. Bei Umspannern deren Schaltung primär und sekundär gleich ist, kann der gleiche Effekt durch Dreieckschaltung beider Wandlergruppen erreicht werden.

Besondere Sorgfalt erfordert die Ausbildung des Schutzes bei geerdeten Transformatoren, da hier jeder äußere Erdschluß eine einphasige Belastung darstellt,

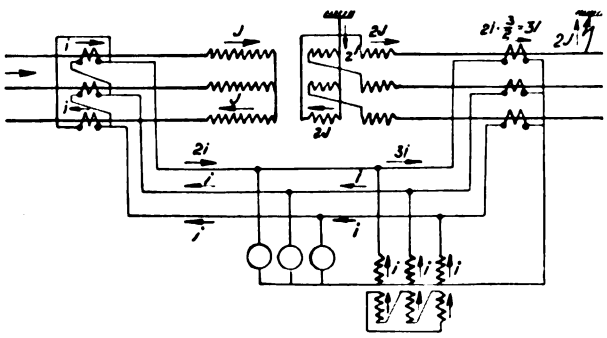


Abb. 2.

auf welche der Schutz bei unrichtiger Schaltung ansprechen würde. In jenen Fällen, in welchen es nicht gelingt, diesen schädlichen Einfluß durch entsprechende Schaltung der Wandler und Relais zu beseitigen kann eine von Neugebauer angegebene Hilfsschaltung angewendet werden. Diese Schaltung, die Abb. 2 für einen Stern-Zickzack-Transformator mit Erdung auf der Zickzackseite zeigt, besteht aus drei kleinen Hilfswandlern, die primär in Stern, sekundär in Dreieck geschaltet sind. Das Wandlergebilde wirkt normal als Drossel, läßt jedoch drei gleichgroße und gleichgerichtete Ströme, wie sie bei Erdschlüssen entstehen, ohne weiteres hindurch und verhindert so ein unrichtiges Ansprechen des Schutzes. Vierleitertransformatoren sind natürlich Transformatoren mit direkter Erdung gleichzuhalten. Auch bei Transformatoren in gelöschten Netzen muß die Schutzschaltung unter Berücksichtigung der gleichen Umstände entworfen werden, nur ist hier der Reststrom in der Regel zu klein, als daß er die Relais bei inneren Erdschlüssen, also Gestellschlüssen zum Ansprechen bringen könnte.

Es ist also dargetan, daß der Differentialschutz nach Merz-Price in allen Fällen bei richtiger Schaltung so ausgefüht werden kann, daß er auf äußere Erdschlüsse nicht anspricht, vorausgesetzt, daß man in der Wahl der Wandler freie Hand hat. Man muß nur die Schutzschaltung jedem einzelnen Fall besonders anpassen. Allerdings muß man mit in Kauf nehmen, daß der Schutz in ungeerdeten Netzen mit kleinem Ladestrom und in gelöschten Netzen auch gegen Gestellschlüsse unempfindlich wird. H. Eigl.

(Wissenschaftliche Veröffentlichungen a. d. Siemenskonzern, Bd. V, Heft 1, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Der moderne Stand der Hochspannungskabeltechnik, namentlich in Frankreich und Italien, bildete bekanntlich einen Gegenstand der Verhandlungen auf dem letzten Congrés de l'Union internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique, Rom 1926.[1]) Da die diesbezüglichen modernen Probleme bekannt sind[2]) soll nur auf die neuesten Ergebnisse, so weit sie in den Vorträgen behandelt werden, kurz eingegangen werden.

Außer über die Methoden der Hochspannungskabelisolierung Pirelli (Emanueli) und Silbermann berichtet Soleri über ein von ihm entworfenes Höchstspannungskabel, bei welchem ähnlich wie beim Pirellikabel durch einen hohlen Leiter dafür gesorgt wird, daß die Imprägnierung der dem Leiter benachbarten Schichte möglichst vollkommen vor sich gehe und daß das Dielektrikum durch Wärmebewegungen nicht leide. Zu diesem Zwecke wird der Kupferleiter als Hohlseil ausgebildet, dessen Inneres aus einem flexiblen durchlässigen Metallkerne, Schlauch aus Drahtgewebe oder dergleichen besteht, um welchen eine Lage besonders durchlässigen Papiers oder Baumwollfäden angeordnet ist. Diese Lage dient einerseits dazu, der Tränkmasse beim Tränkvorgänge einen ungehinderten Zugang zu den im stärksten Kraftfelde ausgesetzten innersten Papierlagen der Isolation zu verschaffen, andererseits dient diese Lage sozusagen als Reservoir für die Tränkmasse, welche von den innersten Schichten der Isolation kapillar angesaugt werden kann, wodurch gerade diese innerste Schichte immer im Zustande vollständiger Imprägnierung erhalten bleiben soll. An einem solchen Einleiterkabel vom Durchmesser unter 55 mm (Isolationsstärke 17·2 mm), das bei einer Spannung von 75 kV eine Maximalbeanspruchung von 4·25 kV/mm aufweist, wurden nachfolgende Proben durchgeführt, ohne daß es zum Durchschlag gekommen wäre. An einer 250 m Länge durch ¼ Stunde 100 kV, an 20 m Länge durch 1 Stunde 100 kV, an einem 10 m-Stück eine Spannungssteigerung bis 240 kV, bei welcher Spannung bloß ein Überschlag an den Endverschlüssen aber keine Beschädigung des Kabels erzielt werden konnte. Eine aus solchen Kabeln gebildete Dreiphasenlinie war in das Netz der Società ellettrica alta Italia eingeschaltet. Bezüglich der Prüfungen ist Soleri der Ansicht, daß ein Kabel, welches bei einer gewissen Spannung nach 2 Stunden nicht durchschlägt, diese Spannung auch dauernd vertragen wird. (Die Erfahrungen widersprechen dem. Der Ber.) Aus diesem Grunde müsse die Spannung bestimmt werden, welche das Kabel 2 Stunden eben noch respektive dauernd eben noch verträgt. Dies geschieht nach Soleri, indem man an einem kurzen Stück mit einer gewissen Spannung beginnt und nach je 2 Stunden die Prüfspannung um einen gewissen Betrag steigert, bis das Stück durchschlägt. An den ganzen Längen sollen nach wie vor Prüfungen bei verhältnismäßig niedrigen Spannungen durch bestimmte Zeiten vorgenommen werden. Ferner sollen Durchschlagsprüfungen an Kabelstücken vorgenommen werden, welche eine Biegeprobe

[1]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1927, Heft 2, S. 19.

[2]) Vgl. Konstantinowsky, E. u. M. 1926, Heft 48, S. 869 ff.

Digitized by Google

hinter sich haben. Die Erdung des neutralen Punktes in Hochspannungsanlagen hält Soleri schon aus rein ökonomischen Gründen für richtig und wichtig.

Palestrino[1]) berichtet über das 130 km lange 22 kV-Kabelnetz der Stadt Turin. Die Kabel, welche von den Firmen Tedeschi, Turin, und Pirelli, Mailand, geliefert wurden, hatten eine Prüfspannung von 50 kV zu passieren. Stücke dieser Kabel konnten bis 350 kV beansprucht werden ohne durchzuschlagen. Die Leiter bestehen aus 19 Drähten je 2·25 mm stark die Isolationsstärke zwischen Leitern sowohl als auch zwischen Leiter und Blei ist 12 mm. Das gesamte Netz weist eine Betriebskapazität von zirka 1 μF auf und trägt daher zur Verbesserung des Leistungsfaktors ganz beträchtlich bei. Als Schutz für das Kabelnetz wurden bei jeder Kabelabzweigung unmittelbar hinter den Schaltern Spulen von 22 000/110 V dreiphasig mit direkt geerdetem Sternpunkt eingeschaltet.

L. Emanuli berichtet über neue Versuche, um die Natur der Gaseinschlüsse in elektrischen Kabeln, ihre Bildung, ihr Verhalten bei starken Feldern aufzuklären. Zu diesem Zweck werden an einem Kabel mit Hohlleiter die dielektrischen Verluste bestimmt. Wird auf das den hohlen Kupferleiter ausfüllende Öl ein Druck ausgeübt, so gelingt es, die in der Kabelisolation enthaltenten Luftbläschen zu komprimieren. Es ergibt sich, daß zwischen dem Verhältnis Luftvolumen zu Kabelvolumen einerseits und der entsprechenden Zunahme des Verlustwinkels andererseits Proportionalität besteht. Die Bildung von Blasen oder das Anwachsen von bereits bestehenden kleinen Luftbläschen unter der Wirkung des elektrischen Feldes wird an zwischen zwei Glasplatten eingeschlossener Tränkmasse und auch an getränkten Kabelpapieren untersucht.

A. Brissonas ist auch der Ansicht, daß der neutrale Punkt in Hochspannungsnetzen über eine Impedanz zu erden sei, weil die Lichtbogen, welche sich bei Erdschluß einer Phase bilden, Hochfrequenzschwingungen hervorrufen. Er verweist im übrigen mit allem Nachdruck darauf, daß die Einrichtung zur Übertragung der Energie durch hochgespannte Gleichströme viel rationeller ist (in einem gegebenen Beispiel viermal rationeller) als die zur Übertragung von Wechselströmen.

F. Marchand berichtet ausführlich über die Vorteile der sogenannten H-Kabel. Bezüglich der Prüfungen an Kabeln ist er der Ansicht, daß die ganzen Längen ½ bis 1 Stunde mit einer Prüfspannung zu prüfen seien, welche einer Maximalbeanspruchung des Dielektrikums von 8 bis 9 kV/mm gleichkommt. Dieser Prüfung soll eine zweite folgen, welche für wenige Minuten das Kabeldielektrikum bis 12 oder 13 kV/mm beansprucht. Die dielektrischen Verluste sollen bis zur 1·5fachen Betriebsspannung hierauf praktisch konstant bleiben. An kurzen Stücken sollen schließlich Durchschlagsprüfungen bei genau vorgeschriebener Spannungssteigerung vorgenommen werden.

Dr. Konstantinowsky.

(Revue gén. de l'Electr., Bd. 21, Heft 15, 1927.)

Ein neues holländisch-englisches Fernsprechkabel. Dr. U. Meyer. Im Vorjahre ist ein neues Fernsprechkabel zwischen Domburg auf der holländischen Insel Walcheren und Aldeburgh in England ausgelegt worden, da das früher verlegte Pupinkabel und ein Krarupbleikabel für die Sprechverbindungen nicht mehr ausreichten. Das neue von Felten & Guileaume in Köln-Mühlheim hergestellte Seekabel enthält 4 Vierer mit Papierluftisolation und ist mit einem Bleidoppelmantel umpreßt. Die Kupferleiter der Vierer sind massiv und 2·3 mm stark und mit 0·2 mm starkem Spezialeisendraht umwickelt. Der Kern des Kabels wird durch eine aus sieben Kupferdrähten hergestellte Litze gebildet. Die Bewehrung besteht aus 5·8 mm starken Rundeisendrähten. Die Kabellänge beträgt 156 km. Die Kabellegung erfolgte durch den neuen Kabeldampfer Neptun der Norddeutschen Seekabelwerke in Nordenham. Die spezifische Dämpfung bei $\omega = 5000$ ergab sich zu 0·00975 in der Stammleitung und zu 0·01117 im Vierer. Die mittlere Übersprechdämpfung beträgt 10 und die mittlere Mitsprechdämpfung 7·9, für das Gegennebensprechen sind die entsprechenden Werte 11·9 und 8·7. Die Übersprechdämpfung zwischen der Herzader und den anderen Sprechkreisen ist durchschnittlich größer als 8. Now.

(ETZ, Bd. 47, Heft 48, 1926.)

[1]) L'impresa elettrica, Octobre 1926, p. 718.

Installationstechnik.

Gerätesteckvorrichtungen für elektrische Heizgeräte. Bei Gerätesteckvorrichtungen elektrischer Heizgeräte wird in den letzten Jahren nach den Vorschriften des V. D. E. ein Schutzkasten um die Kontaktstifte gelegt, der beim Einstecken der Gerätedose den Berührungsschutz gewährleistet. Um den Einfluß dieses Schutzkastens auf die Temperatur der Gerätedose festzustellen, hat die AEG im Laboratorium ihrer Heizapparatefabrik umfangreiche Versuche angestellt. Bei diesen wurden an einer Reihe von Bügeleisen die Temperaturen sowohl an der Sohle („unten") als auch an der Litzen-Anschlußstelle („oben") der Gerätedose gemessen und zwar einmal, wenn an dem Bügeleisen der Kontaktschutzkasten anmontiert, ein andermal, wenn er weggelassen war. Die Ergebnisse sind in folgender Zahlentafel zusammengestellt:

Gerätedose	Kontaktschutzkasten	Eisen A 3 kg, 450 W		Eisen B 3 kg, 450 W		Eisen C 3·5 kg, 450 W		Eisen D 3·3 kg, 480 W	
		unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben
I Preßmasse	mit	393	210	277	134	289	142	286	148
	ohne	274	159	229	117	266	136	236	132
II Steatit	mit	298	160	250	141	272	154	269	154
	ohne	208	130	194	121	260	150	214	131
III Steatit	mit	—	—	242	152	260	166	280	179
	ohne	—	—	196	121	209	146	202	134
IV Steatit	mit	—	—	235	121	251	145	242	150
	ohne	—	—	181	112	215	137	221	143
V Steatit armiert	mit	276	264	219	182	254	232	248	221
	ohne	304	234	161	181	212	214	205	211

Es wurden Gerätedosen verschiedener Fabrikate verwendet, teils aus einer Preßmasse, teils aus Steatit, sowie aus Steatit mit einer vernickelten Metallarmierung. Aus den Meßwerten der Zahlentafel ist zunächst zu entnehmen, daß die Metallarmierung die Gerätedose an der Litzenanschlußstelle unzulässig erwärmt. Ferner ist zu erkennen, daß der Kontaktschutzkasten die Temperatur der Gerätedose, sowohl an der Sohle, wie an der Litzenanschlußstelle, ungünstig beeinflußt. Während ohne Schutzkasten Temperaturen von 112 bis 121° gemessen werden, betragen diese Werte mit Schutzkasten 121 bis 152°. Diese Versuchsergebnisse haben die AEG veranlaßt, den Kontaktschutzkasten bei Bügeleisen wegzulassen. An seine Stelle tritt ein an dem Griffbügel befestigter Schutzring, der die Kontaktstifte in ausreichender Höhe umgibt. Durch diesen Ring wird der Berührungsschutz vollkommen gewahrt, indem einpoliges Anstecken der Dose verhindert ist; während durch den Entfall des Kastens die ungünstige Beeinflussung der Temperatur an empfindlichen Stellen des Bügeleisens vermieden wird. Ott.

Isolierrohr mit Metallmantel. Um eisenarmiertes Isolierrohr gegen Rosten zu schützen, wird von den Bergmannwerken die Ummantelung mit einer dünnen Messingplattierung versehen. Diese übt die gleiche Schutzwirkung wie das volle Messingrohr aus, ergibt jedoch letzterem gegenüber eine erhebliche Verbilligung, während das Eisenrohr den Vorteil großer mechanischer Festigkeit bietet. Bei Isolierrohren mit Metallmantel kann dieser durch Zufälle spannungführend werden und Personen bei Berührung gefährden. Um

Digitized by Google

diese Möglichkeit auszuschließen, wird nach Angaben der Bergmannwerke über die Metallumwehrung des Rohres noch eine beliebig ausgeführte Isolierhülle aufgebracht, die nur so stark bemessen ist, daß eine Gefährdung bei Berühren mit Sicherheit vermieden wird; natürlich kann die Isolierung auch derart hergestellt werden, daß sie zugleich den Metallmantel gegen chemische Einflüsse schützt. fl.

(Bergmann-Mitteilungen, 5. Jahrg., Heft 1, 1927.)

Fassungen mit Berührungsschutz der Bergmann-Werke. Derartige Fassungen mit Berührungsschutz und geeignete Schutzmittel, die Fassungen älterer Bauart in solche mit Berührungsschutz verwandeln[1]), gewinnen für die Installationstechnik erhöhte Bedeutung[2]). Von den Bergmannwerken wurden zwei Fassungen mit Berührungsschutz herausgebracht. Beiden gemeinsam ist, daß das gegen Verdrehung gesicherte Fassungsgewinde auf einem im Fassungsmantel befestigten Isolierring angebracht und nicht spannungführend ist, sondern lediglich zum Tragen der Lampe dient. Die Stromzuleitung zum Sockelgewinde der Lampe erfolgt durch einen oberhalb des Gewinderinges angeordneten Außenkontakt. Letzterer wird bei einer Ausführungsform von zwei in der Achsenrichtung herabragenden, entsprechend gekrümmten Flachfedern gebildet, bei der anderen Bauart durch eine Schraubenfeder, in die das Sockelgewinde eingreift. Bei beiden Typen wird die Glühlampe also an ein spannungsloses Fassungsgewinde angesetzt und beim Einschrauben erhält das Lampengewinde erst dann durch den Außenkontakt Spannung, wenn der Sockel selbst von dem Fassungsmantel ganz verdeckt und daher der Berührung entzogen ist. fl.

(Bergmann-Mitteilungen, 5 .Jahrgang, Heft 1, 1927.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Lokomotiven für Spanien und Indien. Die Maschinenfabrik Oerlikon erhielt im Herbst 1926 22 Personen- und Güterzuglokomotiven der Achsfolge C — C für die spanische Nordbahn in Auftrag. Die für 1500 V (1100 — 1800 V) Gleichstrom zu bauenden Lokomotiven besitzen eine Einstundenzugkraft von 16 700 kg, eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h und ein Gewicht von 90 t. Der Antrieb erfolgt durch sechs Tatzenlagermotoren von je 340 PS einstündig bei 33 km/h, 275 PS dauernd bei 35 km/h, 1300 mm Triebraddurchmesser, 1 : 4·94 Vorgelegeübersetzung.

Für die Great Indian Peninsula Ry. liefert die General Electric Company Ltd., London, nach Plänen und unter Mitwirkung der Maschinenfabrik Oerlikon eine 2 C 2-Schnellzuglokomotive für 1500 V Gleichstrom als Probelieferung. Die drei Treibachsen von 1900 mm Triebraddurchmesser werden durch je einen Zwillingsmotor von 2 × 360 PS dauernd bei 56 km/h mittels Hohlwelle und federnder Kupplung, System Oerlikon angetrieben; die Dauerzugkraft der Lokomotive beträgt 10 400 kg, die Höchstgeschwindigkeit 136 km/h. W.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 65, November 1926.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Überwachung von Telephonanlagen zur Instandhaltung der Übertragungsgüte. Von P. E. Erikson und R. A. Mack. Unter Frequenzverzerrung einer Fernsprechanlage für den Weitverkehr ist bekanntlich das Zerrbild im Fernsprechfrequenzband, das durch die unterschiedliche Dämpfung der einzelnen Frequenzen entsteht, zu verstehen. Im Falle, daß Zweidrahtverstärker in der Leitung verwendet werden, kann die Frequenzverzerrung zeitweiligen Änderungen unterworfen sein, je nach dem vorhandenen Spielraum zwischen dem Verstärkungsgrad bei dem der Verstärker arbeitet und dem Pfeifpunkt, der sich aus der Ungenauigkeit des Abgleiches zwischen Leitung und ihrer zugehörigen Nachbildung ergibt. Normalerweise sind diese Verstärker derart eingestellt, daß innerhalb bestimmter Grenzen die Frequenzverzerrung ein Minimum ist, jedoch kann es vorkommen, daß bei Leitungsstörungen dieser Impedanzgleichgewichtszustand gestört wird, wodurch dann die Verstärkungsziffern bei verschiedenen Frequenzen von den normalen Werten abweichen und so unter Umständen eine heftige Frequenzverzerrung verursachen. Der Lautstärkewirkungsgrad einer Telephonanlage bestimmt die Übertragungsgüte des ganzen Systems und soll bei verschiedenen Frequenzen gemessen werden. Es kann jedoch auch die Messung mit einem normalisierten komplexen Klang durchgeführt werden. Für die Überwachung einer Fernsprechanlage hat es sich als vorteilhaft erwiesen, den Lautstärkewirkungsgrad der einzelnen Teile einer Fernsprechanlage getrennt zu messen. Wie derartige Messungen auszuführen sind, wird von den Verfassern ausführlich beschrieben. *a)* Endapparatur-Lautstärkewirkungsgrad. Der Lautstärkewirkungsgrad soll durch den Vergleich mit einem Normalapparat von bekanntem Wirkungsgrad durchgeführt werden, und zwar sollen diese Messungen in bestimmten nicht zu langen Zeiträumen wiederholt werden. *b)* Zentralenverluste. Diese werden mit einem Dämpfungsmesser durch den Vergleich der Zentralendämpfung mit einer bekannten, regulierbaren Dämpfungseinheit bestimmt. Hierbei soll Wechselstrom von 1000 Hertz verwendet werden. *c)* Leitungsdämpfung. Die Messung der Leitungsdämpfung erfordert an jedem Ende der Leitung die gleichen Apparate, welche aus einem Oszillator und einem Empfangsgalvanometer mit Verstärker bestehen. Der eigene Oszillator wird zunächst über eine künstliche Leitung von bekannter Dämpfung an den eigenen Empfangsapparat angeschlossen und der Ausschlag des Galvanometers bestimmt. Alsdann wird der Oszillator am entfernten Ende über die zu messende Leitung und über eine regulierbare künstliche Leitung an diesen Empfangsapparat angeschlossen und die künstliche Leitung solange reguliert bis das Galvanometer den gleichen Ausschlag zeigt wie vorher. Die Differenz der Dämpfungswerte der künstlichen Leitung in beiden Fällen ist dann gleich der Dämpfung der zu messenden Fernleitung. Voraussetzung dabei ist, daß beide Oszillatoren die gleiche Energie liefern. *d)* Verstärkergewinn. Die Messung des Verstärkergewinnes erfolgt mit einem Apparat, der im großen und ganzen demjenigen zur Messung der Zentralenverluste ähnlich ist. Dem Verstärker werden auf beiden Seiten feste künstliche Leitungen bekannter Dämpfung vorgeschaltet und dann die Dämpfung dieses kombinierten Gebildes (Verstärker und Kunstleitungen) mit einer regulierbaren Dämpfung verglichen, der Verstärkergewinn ist dann die Differenz zwischen den, dem Verstärker vorgeschalteten festen Dämpfungen und der regulierbaren bei gleicher Lautstärke im Empfangstelephon oder gleichem Galvanometerausschlag bei Verwendung eines Empfangsgalvanometers. *e)* Gleichförmigkeit der Leitungsimpedanz. Wird die Leitung mit Zwischenverstärkern betrieben, so ist außerordentlich großes Gewicht auf eine Gleichförmigkeit der Leitungsimpedanz zu legen, weil davon in sehr hohem Maße der anwendbare Verstärkungsgrad und die durch den Verstärker verursachte Verzerrung abhängt. Die zu untersuchende Leitung wid über einen Dreiwicklungstransformator an eine Nachbildung angeschlossen und bei verschiedenen Frequenzen die Energie (in Dämpfungseinheiten) gemessen, die bei Erregung des Systems durch einen Oszillator in den neutralen Punkten des Dreiwicklungstransformators vorhanden ist. Die Schaltung ist genau die gleiche, wie sie beim Zweidrahtverstärker benutzt wird. Kelch.

(Technische Mitteilungen der Schweizerischen Telegraphen- und Telephonverwaltung, Jahrg. 5, Heft, 1927.)

[1]) Zum Beispiel „Sava-Schutzring" der AEG, vgl. E. u. M. 1927, Heft 23, S. 468.

[2]) Die vom EVW neu herausgegebenen, ab 1. September d. J. giltigen, Sicherheitsvorschriften schreiben in § 59, Abschnitt 3, für Fassungen einen Berührungsschutz vor, der auch während des Einschraubens der Lampen wirksam sein muß.

Digitized by Google

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Ein die Stromverteilung in linearen Leitern beherrschendes Prinzip stellt F. Wenner auf. In einem System aus linearen, dem Ohmschen Gesetze unterworfenen Zweigen gilt für eine beliebige Verteilung der EMKe über das System der Grundsatz: Man erhält die Stromstärke in einem beliebigen Zweige des Systems, wenn man die gesamten in letzterem wirkenden EMKe durch eine einzige im Zweige wirkende EMK ersetzt, die gleich der bei seiner Unterbrechung an der Unterbrechungsstelle auftretenden Potentialdifferenz ist. Man kann nämlich in einem beliebigen Zweige k einer Leiterverzweigung der angegebenen Art eine Gegen-EMK $-E_k$ einführen, welche, den Strom i^k durch Superposition eines entgegengesetzten Stromes $-i_k$ zum Verschwinden bringt. Ein solcher Zweig kann dann ohne weiteres unterbrochen werden, ohne daß an der Unterbrechungsstelle eine Potentialdifferenz auftritt. Schaltet man jedoch nach der Unterbrechung der Gegen-EMK $-E_k$ wieder aus, so tritt natürlich an der Unterbrechungsstelle eine ihr entgegengesetzte Potentialdifferenz $+E_k$ auf, die dann bei Abwesenheit aller sonstigen in der Leiterverzweigung wirkenden EMKe für sich allein als EMK wirkend gedacht, ebenso wie $-E_k$ den Strom $-i_k$, nunmehr den Strom $+i_k$ erzeugen würde.

Das Prinzip ist natürlich ebenso, wie die Kirchhoffschen Sätze, aus denen es hervorgegangen ist, auch auf Wechsel-EMKe anwendbar, wenn man an Stelle der Ohmschen Widerstände die komplexen Impedanzen einführt. Es ist auch auf Systeme anwendbar, in denen verschiedene Zweige oder Teile eines Zweiges untereinander kapazitiv oder induktiv gekoppelt sind. Ebenso gilt es für Zweige von so großem Querschnitte, daß die Querverteilung des Stromes vom zeitlichen Verlaufe der wirksamen EMK abhängt, wie auch für solche Zweige, die in bezug auf ein konstanes Magnetfeld ihre Lage ändern und dadurch eine EMK erzeugen, wie zum Beispiel Galvanometer- und Telephonzweige und dergleichen. Die in der Leiterverzweigung wirksamen EMKe können beliebigen zeitlichen Verlauf aufweisen, da die Kirchhoffschen Gesetze auch für Augenblickswerte Geltung besitzen. Nur ist notwendig, daß die Potentialdifferenz zwischen zwei Systempunkten linear von der EMK abhängt. Eine Ausnahme hievon ist nur in jenem Zweige zulässig, in welchem die Stromstärke bestimmt werden soll.

1. Beispiel. Spannungsmessung nach Brooks zwischen zwei Punkten einer Leiterverzweigung unter Verwendung eines Voltmeters, dessen Einschaltung eine merkliche Verringerung der Potentialdifferenz bewirkt. Ist V_1 die Voltmeterablesung und V_2 eine zweite Voltmeterablesung, die man erhält, wenn der Widerstand des Voltmeterzweiges verdoppelt wird, so ist die Potentialdifferenz V vor dem Anlegen des Voltmeters

$$V = V_1 \cdot V_2/(V_1 - V_2).$$

Sind i_1 und i_2 die den beiden Voltmeterablesungen entsprechenden Stromstärken, ferner r der Widerstand des Voltmeters und R der Widerstand der Leiterverzweigung zwischen den beiden zu messenden Punkten, so ist unter Anwendung des eingangs angeführten Prinzips

$$i_1 = V/(R + r) = V_1/r;$$

$$i_2 = V/(R + r) = V_2/r;$$

$$V = V_1 (1 + R/r) = V_2 (2 + R/r)$$

und bei Elimination von R/r wieder

$$V = V_1 \cdot V_2/(V_1 - V_2).$$

2. Beispiel. Zwei von einer Zentralstation ausgehende Hochspannungsspeiseleitungen mit den Widerständen r_1 und r_2, die zwei getrennte Gebiete versorgen, zeigen an ihren Endpunkten einen Spannungsunterschied von 260 V. Die Endpunkte sollen durch eine Ausgleichsleitung vom Widerstande ϱ so verbunden werden, daß die eine Speiseleitung um j A weniger und die andere um den gleichen Betrag mehr belastet wird. Nach dem angeführten Prinzip ist

$$j = 260/(r_1 + r_2 + \varrho)$$

daher

$$\varrho = 260/j - (r_1 + r_2)$$

zu machen.

3. Beispiel. Es ist der Strom im Galvanometerzweige einer nahezu abgeglichenen Wheatstoneschen Brücke zu berechnen. An den Knotenpunkten a und c liegt die EMK E; zwischen den Knotenpunkten b und d der Galvanometerzweig mit dem Widerstande G. Der Widerstand im äußeren Kreise ist zu vernachlässigen. Die Widerstände und Spannungsabfälle in den vier Brückenzweigen sind:

Brückenzweig	ab	bc	ad	dc
Widerstand	X	Y	A	B
Spannungsabfall	$EX/(X+Y)$	$EY/(X+Y)$	$EA/(A+B)$	$EB/A+B)$

Die EMK e_g und der Strom i_g im Galvanometerzweige sind daher:

$$e_g = E.\ [X/(X + Y) - A/(A + B)];$$

$$i_g = e_g/R;\ R = G + XY/(X + Y) + AB/(A + B).$$

Der angegebene Wert von R, das ist des Widerstandes der Verzweigung gemessen an einer Unterbrechungsstelle zwischen den Punkten b und d, ist nur bei abgeglichener Brücke genau, sonst aber nur angenähert richtig.

4. Beispiel. Der Kompensationsapparat nach Brooks, Modell 5, auf den hier nicht näher eingegangen werden soll.

5. Beispiel. Ein Galvanometer vom Widerstande G, das mit einer Stromquelle von der EMK E und dem Widerstande X verbunden ist, soll so mit einem Nebenschlusse versehen werden, daß sowohl die Stromentnahme aus der Stromquelle, als auch die Dämpfung des bewegten Systems unverändert bleiben, während die Empfindlichkeit für konstante Ablenkung auf $1/n$ ihres ursprünglichen Betrages vermindert wird. Hiezu wird mit der Stromquelle der Widerstand S, mit dem Galvanometer der Widerstand T in Reihe geschaltet. Der so entstandene Stromkreis $EXSTG$ wird durch den einerseits zwischen S und T, andererseits zwischen E und G angeschlossenen Widerstand P überbrückt. Die ungeänderte Inanspruchnahme der Stromquelle mit dem Strome J liefert:

$$J = E/[X + S + P(T + G)/(P + T + G)] = E_1(X + G);$$

$$S + P(T + G)/(P + T + G) = G \quad \ldots\ldots 1)$$

Die Forderung des Empfindlichkeitsverhältnisses liefert:

$$i_g = E \cdot P/(P + T + G) \cdot [X + S + P(T + G)/(P + T + G)] =$$

$$= E/n\,(X + G);\ P/(P + T + G) = 1/n \quad \ldots\ldots 2)$$

Die zweite der Gleichung (2) erhält man nach Division der ersten durch die erste der Gleichungen (1). Die Bedingung des unveränderten Dämpfungswiderstandes ist unter Anwendung des behandelten Prinzips aufzustellen. Ist

$$E' = E \cdot P_1(P + X + S)$$

die Spannung an den Klemmen des irgendwo unterbrochenen Galvanometerkreises und R der Widerstand der Schaltung zwischen den Enden der Unterbrechungsstelle, so ist

$$i_g = E \cdot P/R \cdot (P + X + S);$$

nun soll aber R den gleichen Wert, wie ohne S, T und P besitzen, also $R = X + G$ sein, es ist daher

$$i_g = E \cdot P_1(X + G)(P + S + X);\ P/(P + X + S) = 1/n \quad \ldots 3),$$

wobei man die zweite Gleichung (3) durch Elimination von i_g aus der ersten mit Hilfe der ersten der Gleichungen (2) erhält. Hiemit ergibt sich schließlich

$$S = (Gn - X)/(n + 1);\ P = n(X + G)/(n^2 - 1);$$

$$T = (nX - G)/(n + 1),$$

welche Gleichungen auch R. Edler[1]), wenn auch auf

[1]) E. u. M. 1915, S. 135.

Digitized by Google

einem anderen Wege erhielt. Die Aufgabe wurde zuerst von Volkmann gelöst, dessen Gleichungen aber noch viel komplizierter ausfielen.

6. Beispiel. Ein Millivoltmeter, von dem nichts bekannt ist, als daß es nach Bruchteilen von Volt richtig geteilt ist und bei 2 Ohm Vorschaltwiderstand und 0·15 V Spannung den vollen Skalenausschlag liefert, soll auf den zehnfachen Meßbereich eingerichtet werden. Werden zwei Widerstände A und B in Reihe geschaltet und das Millivoltmeter ohne weiteren Vorschaltwiderstand an die Enden von B angelegt, so gelten die Beziehungen $B/(A+B) = 0{\cdot}1$ und $AB/(A+B) = 20$, woraus man $A = 200\ \Omega$ und $B = 22{\cdot}22\ \Omega$ erhält.

7. Beispiel. Es ist der Strom im Telephonkreise der Induktionswage von Hughes[1]) nach Abb. 3 bei nahezu abgeglichener Brücke zu bestimmen. E ist die

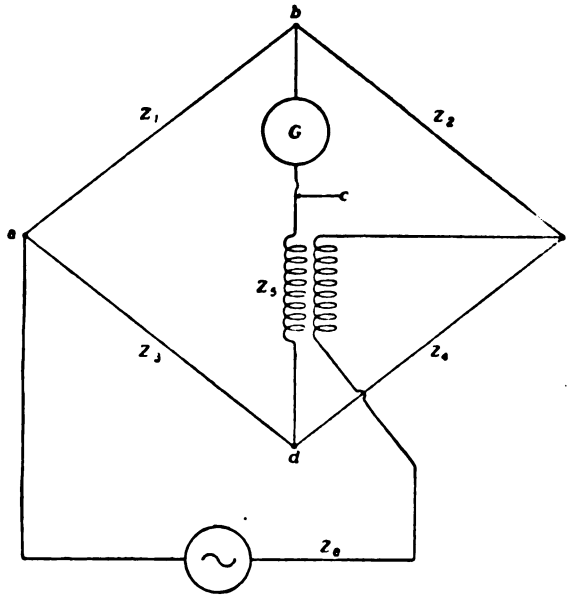


Abb. 3.

Wechsel-EMK des Generators, ig der Strom im Telephonkreise bd; Z_1 bis Z_6 komplexe Impedanzen und $M_{5,6}$ die imaginäre, wechselseitige Induktivität zwischen den Zweigen 5 und 6. Ist der Telephonzweig zwischen b und c unterbrochen, so ist der Gesamtstrom gleich

$$E \cdot (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4)/Zn^2,$$

worin

$$Zn^2 = Z_6 (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) + (Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4)$$

ist, und der Potentialabfall zwischen d und c ist das $M_{5,6}$-fache dieses Stromes. Der Potentialabfall a—d ist

$$E \cdot Z_3 (Z_1 + Z_2)/Zn^2$$

und der von a—b ist

$$E \cdot Z_1 (Z_3 + Z_4)/Zn^2.$$

Das Potential an den Telephonklemmen ist gleich dem von $a-b$ plus dem von $d-c$ und minus dem von $a-b$. Es ist also:

$$ig = E \cdot [(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) M_{5,6} + Z_2 Z_3 - Z_1 Z_4]/Zm\, Zn^2;$$

$$Zm = Z_5 + (Z_1 + Z_3)(Z_2 + Z_4)/(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4).$$

Zm ist die Impedanz gemessen an den Enden einer Unterbrechungsstelle in Telephonzweige bei nahezu abgeglichener Brücke oder sehr hoher Impedanz in der Stromquelle.

8. Beispiel. Bestimmung der Stromstärke im Telephonkreise der Andersonschen Brücke[2]) bei nahezu abgeglichener Brücke. Die Lösung erfolgt analog, wie im vorhergehenden Beispiele. R. H. (Scientif. Papers of the Bureau of Standards, Nr. 531.)

[1]) Proc. Phys. Soc., 3, S. 81: 1880.
[2]) Phil. Mag., 5, Ser. 31, S. 329, 1891.

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

Regelung von Gleichstrommaschinen.

(Fortsetzung aus Heft 29, Seite 605.)

Eine Querfeldgleichstrommaschine, besonders für Fahrzeugbeleuchtung, die also auf Lampen und Batterien arbeitet und deren Hauptfeld eine Nebenschlußwicklung und zwei einander entgegengesetzt wirkende Reihenschlußwicklungen aufweist, wird von der Firma Ganzsche Elektricitäts-Actien-Gesellschaft in Budapest angegeben. Erfindungsgemäß ist der Lampenstromkreis l (Abb. 2) lediglich an die die Ankerrückwirkung schwächende Reihenschlußerregerwicklung p und die Batterie d an die andere, die Ankerrückwirkung unterstützende Reihenschlußerregerwicklung n des Hauptfeldes F der Maschine geschaltet. Die von der Batteriespannung gespeiste Nebenschlußwicklung s erzeugt an den Bürsten b, b des Ankers a eine Spannung, deren Größe von der Umlaufzahl des Ankers abhängt. Bei Änderung der Drehrichtung ändert sich außer der Richtung dieser Spannung, infolge der Umkehr der Stromrichtung in den Spulen m, m, auch die Richtung des Querfeldes. Die Wirkungen dieser beiden Änderungen auf die durch das Querfeld an den

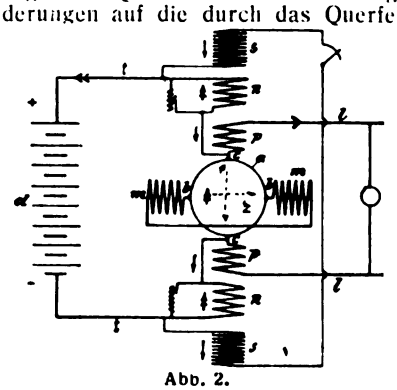


Abb. 2.

Bürsten c, c erzeugte Nutzspannung heben sich also gegenseitig auf, so daß deren Sinn unverändert bleibt. Ist E die Nutzklemmenspannung und R der Widerstand des Nutzstromkreises l, l so ist der in diesem fließende Strom $J = \frac{E}{R}$. Die Spannung im Batteriestromkreis t, t ergibt sich aus dem Unterschied der Dynamonutzspannung E und Klemmenspannung e der Batterie. Ist r der Wirkwiderstand dieses Stromkreises so ist die Stromstärke desselben $i = \frac{E-e}{r}$. Hieraus ist ersichtlich, daß während in dem Nutzstromkreis l, l sich die Stromstärke proportional mit der Dynamonutzspannung E ändert, die in dem Batteriekreise t, t bei Änderung der Klemmenspannung e auftretende Veränderung der Stromstärke bedeutend größer ist, als dies der Proportionalität mit der Änderung der Dynamonutzspannung E entsprechen würde. Steigt diese also bei Zunahme der Umlaufzahl, so wird infolge des raschen Anwachsens des Ladestromes der Sammelbatterie die Amperewindungszahl der Reihenschlußfeldwicklung n stark wachsen und das Hauptfeld F herunterdrücken, so daß bei verhältnismäßig geringem Ansteigen der Drehzahl das Hauptfeld sehr stark geschwächt wird. (Ö. P. Nr. 106158.)

Eine Erfindung der ÖSSW in Wien betrifft eine Anordnung zur Erzeugung einer konstanten oder nahezu konstanten Spannung durch Gleichstromgeneratoren veränderlicher Drehzahl. Erfindungsgemäß wird die konstante Spannung durch zwei gegeneinander geschaltete Gleichstromgeneratoren erzeugt, deren die Spannung in Abhängigkeit von der Drehzahl darstellende Kennlinien parallel verlaufen. Abweichungen, die besonders im ersten Teil der Kennlinien infolge der magnetischen Verhältnisse im Erregerkreis auftreten, lassen sich dadurch beseitigen, daß man auf einen der beiden Generatoren oder auch auf beide zusätzliche Wicklungen legt, die bei zu großem Spannungsunterschied das Feld des Generators mit der höheren Spannung schwächen, das des anderen stärken. (Ö. P. Nr. 103631.)

Digitized by Google

Eine Erfindung der S S W betrifft eine Schaltvorrichtung zum Parallelschalten von Gleichstromerzeugern veränderlicher Drehzahl mit Akkumulatoren. In Windkraftanlagen, bei welchen mit der in der Sammlerbatterie aufgespeicherten Energie besonders in windstillen Perioden sehr haushälterisch umgegangen werden muß, ist die Forderung zu erfüllen, daß während des Stillstandes des Stromerzeugers neben der Speisung der Nutzstromkreise keine Energie für die Erregerwicklungen der Schaltvorrichtung aus der Batterie entnommen wird. Dies wird durch die Anordnung gemäß der Erfindung erreicht, bei welcher die Hauptwicklung eines polarisierten Relais, welches das Parallelschaltschütz steuert, mittels eines parallel zum Stromerzeuger geschalteten Hilfsschützes vor dem Parallelschalten zwischen Stromerzeuger und Batterie, nach dem Parallelschalten ohne Änderung der Stromrichtung parallel zur Gegenkompoundwicklung des Stromerzeugers geschaltet wird, so daß das Relais einerseits die Differenzspannung zwischen Erzeuger und Batterie mißt und andererseits sich die Stromrichtung in seiner Hauptwicklung bei Rückstrom umkehrt.

(D. R. P. Nr. 434458.)

Regelung von Gleichstrommotoren.

Eine Erfindung der A E G in Berlin bezieht sich auf zwei voneinander unabhängige Antriebe, die elektrisch oder mechanisch zu kuppeln sind, wie dies zum Beispiel bei Greifersteuerungen erforderlich ist, bei welchen für das Schließen und Öffnen des Greifers je ein besonderes Triebwerk vorgesehen ist. Bei solchen Steuerungen besteht die Gefahr, daß der Führer das Kuppeln bei verschieden geschalteten Anlaßwiderständen der Motoren vornimmt, und den auf schnelleren Lauf geschalteten Motor überlastet. Gemäß der Erfindung ist deswegen ein von der Differenz bestimmter elektrischer Betriebsgrößen der beiden Antriebsmotoren abhängiger Elektromagnet (Differentialrelais) oder ein von diesem gesteuertes, die Kupplung schaltendes Schütz mit einem Hilfskontakt vorgesehen, der bei gleicher Belastung der beiden Antriebsmotoren diese miteinander kuppelt. Durch die Erfindung wird also das Einschalten der Kupplung bei ungleicher Belastung in Abhängigkeit von den tatsächlichen inneren Verhältnissen der Antriebsmaschinen verhindert, was den Vorteil hat, daß man auch Zufälligkeiten, zum Beispiel ungleich bemessene Anlaßwiderstände mit der Sicherheitsvorrichtung umfaßt. (D. R. P. Nr. 440633.)

Bei Kranen mit zwei oder mehr gleichzeitig arbeitenden Hubwerken, insbesondere Lokomotivhebekranen, wird häufig zur Aufnahme der Last eine mit ihren beiden Enden an den Kranhaken zweier Hubwerke befestigte Traverse verwendet. Gegenstand einer Erfindung der A E G - U n i o n E l e k t r i z i t ä t s - G e s e l l s c h a f t in Wien ist eine Einrichtung, welche das Arbeiten mit einem mit zwei Hubwerken versehenen Kran nur so lange ermöglicht, als die Hub- oder Höhendifferenz zwischen beiden Haken einem bestimmten, in bezug auf die Schräglage der Traverse als noch zulässig festgesetzten Wert nicht überschreitet und welche eine Stillsetzung der Hubwerke bewirkt, sobald dieser Wert erreicht, also eine gewisse noch als unschädlich erachtete Schiefstellung der Traverse eingetreten ist. Erfindungsgemäß wird die Stillsetzung der Hubwerke, durch einen an beliebiger Stelle der Traverse angebrachten Pendelschalter bei Erreichung der zulässigen Grenzlage erreicht. Dieser unterbricht den Stromkreis des Hubmotors oder die Zuleitung zur gesamten elektrischen Kranausrüstung. (Ö. P. 105299.)

Bei mancherlei Arbeitsmaschinen, wie zum Beispiel Kalandern, Rotationsmaschinen und dergleichen, ist es erforderlich, für bestimmte Arbeitsvorgänge die Maschine sehr langsam laufen zu lassen. Um dies wirtschaftlich und einwandfrei durchführen zu können, verwendet man für die normalen Arbeitsgeschwindigkeiten einen großen Hauptmotor, während die Hilfsgeschwindigkeit (bei Rotationsmaschinen zum Beispiel beim Einziehen) durch einen kleinen Hilfsmotor erreicht wird, der mit dem Hauptmotor durch eine Überholungskupplung verbunden ist. Zum schnellen Stillsetzen ist noch ein Bremsmagnet nötig. Gemäß einer Erfindung der S S W werden Haupt- und Hilfsmotor durch ein Schütz in Reihe an das Netz gelegt. Durch Drücken auf einen Einschaltknopf 15 (Abb. 3) erhält die Wicklung 16 des Hauptschützes Strom, so daß seine Kontakte 13 geschlossen werden und Haupt- und Hilfsmotor 11 bezw. 12 ans Netz legen; außerdem wird an den Kontakten 18 der Bremslüftmagnet betätigt. Da der vom Hilfsmotor 12 aufgenommene Strom zur Inbetriebsetzung des Hauptmotors 11 nicht ausreicht, läuft bloß der erstere an. Um

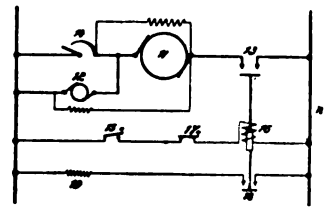


Abb. 3.

die Geschwindigkeit des Antriebes zu steigern, wird der Anlasser 14 des Hauptmotors parallel zum Hilfsmotor geschaltet, wodurch dieser stufenweise kurzgeschlossen werden kann. In dem Maße wie der Hauptmotor seine Drehzahl erhöht, sinkt jene des Hilfsmotors, so daß mittels der Überholungskupplung ein stoßfreier Übergang von der Hilfs- zur Hauptgeschwindigkeit erzielt wird. Durch Drücken auf den Ausschaltknopf 17 wird der Stromkreis des Schützes 16 unterbrochen und die Maschine durch Einfallen der Bremse sofort stillgesetzt.

(Ö. P. Nr. 106169.)

Gegenstand einer Erfindung der A E G in Berlin ist eine Einrichtung zum gleichmäßigen Steuern mehrerer getrennt voneinander elektromotorisch angetriebener Apparate, mit deren beweglichen Teilen Einstellvorrichtungen mit als Spannungsteiler geschalteten Widerständen mechanisch gekuppelt sind. Diese Einfachheit und Betriebssicherheit gewährleistende Einrichtung besteht im wesentlichen darin, daß die Verstellvorrichtungen über Relais derart miteinander verbunden sind, daß die letzteren bei nicht übereinstimmender gegenseitiger Stellung der Apparate zueinander von den die Apparate antreibenden Elektromotoren bloß die jeweils voreilenden so lange umsteuern, bis die gegenseitige Stellung sämtlicher Apparate wieder übereinstimmt.

(D. R. P. Nr. 435801.)

Eine Erfindung der S S W in Berlin betrifft eine Regelvorrichtung zum Aufrechterhalten bestimmter Drehzahlverhältnisse von zwei oder mehreren Motoren. Erfindungsgemäß wird der angestrebte Zweck dadurch erreicht, daß eine auf mechanischem oder elektrischem Wege aus den Motordrehzahlen gebildete Geschwindigkeits-Komponente in Verbindung einer Vergleichsdreh-

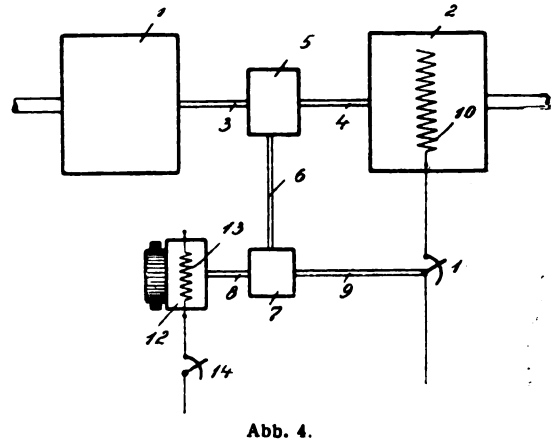


Abb. 4.

zahl in an sich bekannter Weise mechanisch oder elektrisch auf einen Drehzahlregler wirkt. In einem Ausführungsbeispiel sind 1 und 2 (Abb. 4) zwei Antriebsmotoren, deren Umdrehungen durch die Wellen 3 und 4 auf ein Differenzialgetriebe 5 übertragen werden. Das zugehörige Planetenrad läuft dann mit der Differenz der

Digitized by Google

Drehzahlen der beiden Motoren um. Diese Differenzdrehzahl wird durch die Welle 6 auf ein Rad des Differentialgetriebes 7 übertragen, dessen Gegenrad durch die Welle 8 mit der Vergleichsgeschwindigkeit gedreht wird. Mit dem Planetenrad steht die Welle 9 in Verbindung, die einen vor der Magnetwicklung 10 des Motors 2 liegenden Widerstand 11 verstellt. Die einstellbare Vergleichsdrehzahl wird der Welle 8 beispielsweise durch einen Gleichstrommotor 12 mit Federregler 14 erteilt. Eine wesentlich andere Charakteristik erhält der Antrieb, wenn das Differentialgetriebe so eingerichtet ist, daß die Welle 6 mit der Summe der Drehzahlen der Motoren 1 und 2 läuft. Die Herstellung der Geschwindigkeits-Komponente kann auch elektrisch erfolgen, indem die beiden Motoren 1 und 2 mit Schleifringen versehen werden, an die der feststehende und umlaufende Teil eines doppelt gespeisten Asynchronmotors angeschlossen ist. Die Umlaufzahl der Welle dieses Asynchronmotors entspricht dann je nach der Schaltung der Summe oder der Differenz der Periodenzahlen, der aus den Motoren 1 und 2 entnommenen Drehströme und damit auch deren Drehzahlen. Der Asynchronmotor tritt an die Stelle des Differentialgetriebes 5, die Wirkungsweise ist sonst die gleiche. (Ö. P. Nr. 104573.)

Eine Erfindung der ÖSSW in Wien bezieht sich auf Anordnungen zur Sicherung des Gleichlaufes kommutierender Maschinen, zum Beispiel Gleichstrommaschinen, die zu Schleifringen führende Anzapfungen im Anker haben und schleifringseitig als Synchronmaschinen elektrisch verbunden sind. Bei solchen Maschinen treten etwa durch ungleiche Lastverteilung Kommutierungsschwierigkeiten auf, die auch durch normale Wendepole nicht zu beseitigen sind. Erfindungsgemäß werden die im Gleichlauf zu haltenden Maschinen mit zusätzlichen, von den synchronisierenden Strömen abhängigen Wendepol- und Kompensationserregungen versehen. Die Wendefelder werden bei allen Schwankungen des Gleichlaufs selbsttätig so beeinflußt, daß sie deren schädliche Rückwirkungen auf die Kommutierung unterdrücken. Besonders vorteilhaft ist die Anordnung dann, wenn die in Gleichlauf zu haltenden Maschinen in Serie geschaltet werden. 1 und 2 (Abb. 5) sind die zum Beispiel die beiden Walzen eines Glättwalzwerkes antreibenden in Reihe geschalteten Gleichstrommotoren mit den gewöhnlichen Reihenschlußwendepolwicklungen 3, 4. Die Feldwicklungen sind nicht dargestellt. Die Ankerwicklungen sind mit Schleifringen verbunden und diese über einen Transformator 5 miteinander elektrisch gekuppelt. In den Phasenleitungen liegt unmittelbar oder über Stromwandler in Reihe geschaltet die Erregerwicklung einer Kommutatormaschine 6, welche kollektorseitig die zusätzlichen Wendepolwicklungen 7 und 8 der Gleichstrommotoren 1 und 2 speist. Die vom Läufer 9 erregte mit unbewickeltem Ständer 10 versehene Kommutatormaschine wird entgegen der Umlaufrichtung des von den synchronisierenden Strömen erregten Drehfeldes mit der entsprechenden synchronen Drehzahl angetrieben, so daß das Feld im Raume stillsteht und in der Kollektorwicklung 14 einen Gleichstrom induziert. (Ö. P. Nr. 104955.)

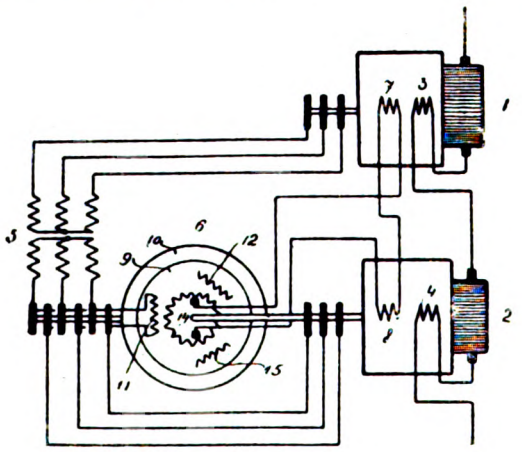


Abb. 5.

Bei Anlagen, bei welchen ein oder mehrere Gleichstrommotoren hintereinander in den Stromkreis einer in der Spannung regulierbaren Dynamomaschine geschaltet sind, sind während des Betriebes die Spannungsunterschiede an den Klemmen der Motoren verhältnismäßig gering, doch tritt die gesamte Spannung bei Unterbrechung des Motorstromkreises an der Unterbrechungsstelle auf, falls nicht der Stromkreis von der Primärmaschine abgeschaltet wird. Gemäß einer Erfindung der SSW in Berlin wird ein selbsttätiger Schalter verwendet, der bei Unterbrechung des Betriebsstromes den Stromkreis von der Dynamo abschaltet. Der mit einer im Schließsinne wirkenden Feder versehene Schalter wird erfindungsgemäß von zwei Magnetspulen beeinflußt, von welchen die eine vom Betriebsstrom, die andere vom Erregerstrom durchflossen wird, und deren Zugkräfte in entgegengesetzter Richtung wirken. Im Falle der Unterbrechung des Betriebsstromes dient die allein wirksame Zugkraft der Erregerstromspule dazu, um den Betriebsstromkreis von der Dynamo abzuschalten. (Dr. P. Nr. 439085.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3502 a **Elektrische Leitungsberechnung.** Von Dipl. Ing. Göpper, Mannheim. Verlag Bonness und Hachfeld, Potsdam und Leipzig. Zwei Briefe zu je 0·65 Mk.

Im Rahmen der technischen Unterrichtsbriefe, System Karnack-Hachfeld, sind zwei Briefe „Elektrische Leitungsberechnung" erschienen, die dem Installateur und verwandten Berufen im Selbstunterrichte jene Kenntnisse vermitteln sollen, die für die Ermittlung der notwendigen Querschnitte einfacher Beleuchtungs- und Kraftanlagen erforderlich sind. Nach Erläuterung der Grundbegriffe werden die einzelnen Erscheinungen, wie Spannungsabfall, Erwärmung der Leiter, Leitungsverluste behandelt, ihre Anwendung an Beispielen gezeigt und das vermittelte Wissen in Fragen und Antworten geübt. Für die Berechnung von Freileitungen kann lediglich die Querschnittsermittlung geboten werden. Dank der anregenden Anordnung des Stoffes dürften die Schriften ihren Zweck wohl erfüllen.

Ing. V. Horwatitsch.

1720 **Costruzioni elettromeccaniche.** Berechnung und Konstruktion elektrischer Maschinen. Von Prof. E. Morelli, Turin, 25 × 16 cm, Verlag des Unione tipografico, Turin.

Der rührige Verfasser dieses Sammelwerkes[1]) hat vom dritten Bande, der sich mit den Anwendungen der Elektrizität befaßt, neuerdings die Seiten 1233 bis 1408 mit 159 Textabb. und 16 Tafeln (Preis geh. 30 Lire) herausgebracht. Sie enthalten im 8. und 9. Teil die Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft, im Bergbau, sowie in der Technologie der Metalle und des Holzes. Hinsichtlich der Landwirtschaft wird die elektrisch betriebene Futterschneidmaschine, ebenso aber auch der Motorpflug, hinsichtlich des Bergbaues die Förderanlage, der Grubenventilator, die Gesteinsbohr- und Sägemaschine, aber auch die Fernzündung der Minen und der elektromagnetische Separator behandelt. Im erwähnten technologischen Kapitel werden die Schmelzöfen, die Walzwerke, Hämmer, sowie der Einzelantrieb der Metall- und Holzbearbeitungsmaschinen erörtert.

Die Beschreibungen werden durch einschlägige Berechnungen ergänzt. Erwähnt sei hier zum Beispiel die Ermittlung der Schwungmomente von Walzenstraßen, die einen klaren Einblick in die zu beherrschenden Belastungsstöße gewährt. Dr. Baudisch.

[1]) Vgl. die vorlaufenden Besprechungen, E. u. M. 1925, Seite 498, 878; 1926, Seite 468, 688.

Digitized by Google

3540 **Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik.** Von Dr. Ing. P. Schimpke und Hans A. Horn. 1. Band: Autogene Schweiß- und Schneidtechnik. Mit 111 Textabbildungen und 3 Zahlentafeln. Preis geb. Mk. 7·50. 2. Band: Elektrische Schweißtechnik. Mit 255 Textabb. und 20 Zahlentafeln. Preis geb. Mk. 13·50. Verlag Julius Springer, Berlin 1924 und 1926.

Trotz zahlreicher Neuerscheinungen auf dem Büchermarkt, namentlich über das elektrische Schweißen, dürften die vorliegenden beiden Bände als vollständige Darstellung sowohl des autogenen als auch des elektrischen Schweißens allen willkommen sein, die sich beruflich mit dem Gegenstand zu beschäftigen haben. Man findet in den beiden Bänden mäßigen Umfanges alles sorgfältig zusammengestellt und mit ausgezeichneten Abbildungen erläutert, was nach dem derzeitigen Stande der in fortwährender Entwicklung begriffenen Schweißtechnik von Wichtigkeit ist. Die Art der Darstellung ist durchaus elementar und setzt keine besonderen Vorkenntnisse voraus. Wenn das Buch so einerseits dem Schweißer und Werkführer einen sehr brauchbaren Berater abgibt, dürfte andererseits auch der Ingenieur und Leiter von Schweißkursen daraus vielfache Belehrung und Anregung schöpfen. So werden zum Beispiel in dem Kapitel „Festigkeitsuntersuchungen" beim elektrischen Schweißen die Versuche von Füchsel, Bock, Schmatz, Diegel, Neese, Höhn und der Hamburger Forschungsgemeinschaft ausführlich besprochen. Auch die metallographische und chemische Prüfmethode wird behandelt. Das Buch erhebt sich über das Niveau eines Lehrbuches zu einer Darstellung der technologisch interessanten Fragen, die durch die stürmische Entwicklung der Schweißtechnik aufgerollt wurden. Conrad.

Eingegangene Bücher.

Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen. Im Einverständnis mit dem Verbande Deutscher Elektrotechniker. Von Prof. Dr. Ing. e. h. G. Dettmar. 302 Seiten. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis geh. Mk. 7·50; geb. Mk. 8·75.

Berichtigung.

Fortschritte und Neuerungen im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen. Von F. Niethammer, Prag. E. u. M. 1927, Heft 29.

Die Fußnote 23 auf Seite 596 d. H. ist an unrichtiger Stelle angebracht. Sie gehört zu dem Worte „Laval-Zentrifuge" in Zeile 6 von unten, denn die dort bezogenen Notizen (E. u. M. 1926, S. 816 und 1927, S. 194) beziehen sich auf die Reinigung von Öl nach dem Schleuderverfahren mit der Ölzentrifuge System „De Laval". D. S.

Wirtschaftliche Nachrichten.

AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien. (Aus dem Geschäftsbericht für das Jahr 1926.) Im verflossenen Geschäftsjahr 1926 wurde trotzdem die allgemeine wirtschaftliche Krise und die Preislage der elektrotechnischen Erzeugnisse gegenüber dem Vorjahr sich nicht gebessert hat, bereits die in der Vorkriegszeit erzielte höchste Umsatzziffer überschritten. Dank der Intensivität der Werbetätigkeit war es möglich, den durch das Fehlen einer namhaften industriellen Investitions-Tätigkeit aufscheinenden Ausfall von Aufträgen für Reihenfabrikation wettzumachen und den hochqualifizierten, nunmehr drei Dezennien bewährten technischen und kaufmännischen Apparat des Unternehmens, ohne welchen der schwere Konkurrenzkampf in der Elektroindustrie nicht geführt werden kann, zu erhalten. Die Fabrik Stadlau und die angegliederten Werkstätten waren nicht voll beschäftigt. Der Entfaltung der Tätigkeit in dem laut Verträgen mit der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, der AEG-Union vorbehaltenen Ausland stellten sich die größten Hindernisse in den Weg. Die tschechoslowakische Republik und Ungarn schützen durch Zölle und administrative Maßnahmen ihre eigenen, selbst nicht voll beschäftigten Industrien. Der Geschäftsumfang im Auslande konnte in der Hauptsache durch Spezialerzeugnisse aufrecht erhalten werden. Durch den Ankauf der Maschinenfabrik der Bergmannwerke Elektrizitäts-Ges. m. b. H., Bodenbach, und die Verbindung mit der Böhm.-mähr. elektrotechnischen Werke Fr. Křižik A.-G., bezüglich welcher die Verträge seither abgeschlossen wurden, kann das Unternehmen sich in der tschechoslowakischen Republik in Zukunft auf eine bodenständige Fabrikation stützen.[1]) In der Gesamtorganisation waren am Jahresende 2470 Angestellte und Arbeiter beschäftigt.

Die Bahnabteilung war im verflossenen Jahre voll beschäftigt. Für die ÖBB sind Fahrleitungen mit rund 86 km und Übertragungsleitungen von 28 km Trassenlänge ausgeführt worden, auch ging der Auftrag auf den Bau der Fahrleitung der Strecke Innsbruck — Brenner mit 73 km Geleiselänge ein. Die im Vorjahre bestellten fünf schweren Verschublokomotiven wurden mit bestem Erfolg abgeliefert. Seither wurden weitere fünf Lokomotiven dieser Bauart von den ÖBB bestellt. Die im Vorjahre ausgelieferten 20 Stück 1-C-1-Lokomotiven sind definitiv von den ÖBB übernommen worden. Die Fabrikation der in Arbeit befindlichen 17 fünfachsigen schweren Güterzugslokomotiven ist programmäßig vorgeschritten. Für die Gemeinde Wien — Städtische Straßenbahnen erhielt die AEG-Union den Auftrag auf die Lieferung von 65 Stück Leichtgewichtsmotoren und von 65 Fahrschaltern. Für Rechnung der Bundesbahnen werden gemeinsam mit der Grazer Waggonfabrik eine regelspurige dieselelektrische Lokomotive, gemeinsam mit den Österreichischen Industriewerken vorm. Warchalowski, Eissler & Co. zwei benzinelektrische Revisionswagen geliefert.

Der Ausbau der österreichischen Wasserkräfte wurde auch im abgelaufenen Geschäftsjahre fortgeführt. In erster Linie ist der Auftrag der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. auf die Lieferung einer aus Drehstromgenerator und Transformator bestehenden Gruppe von 25 000 kVA-Leistung zu nennen, deren Aufstellung durch das seitens der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. mit dem Bayernwerk getroffene Stromlieferungsübereinkommen bedingt war. Der Generator stellt die größte bis jetzt in Österreich gebaute Einheit mit der in Frage kommenden Tourenzahl (500 U/min) und Konstruktion (Rotor mit ausgeprägten Polen) dar. Die im Vorjahr von derselben Gesellschaft für das Achensee-Kraftwerk bestellten drei Gruppen zu je 5000 kVA, die der Bahnstromlieferung dienen sollen, wurden im abgelaufenen Jahre geliefert und deren Montage an Ort und Stelle inzwischen durchgeführt. Von der gleichen Gesellschaft ging auch der Auftrag für ein großes, nächst Innsbruck zu errichtendes Freiluft-Umspannwerk ein, welches die Übertragungsspannung von 115 000 V auf 25 000 V herabzusetzen hat, mit welcher Spannung die Stadt Innsbruck durch das Achensee-Kraftwerk beliefert wird.

Der in Aussicht stehende Strombezug seitens der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. hat die Stadt Innsbruck veranlaßt, in ihrer Stromerzeugungsanlage Siliwerke die bisher verwendeten Zweiphasen-Generatoren durch Drehstrom-Generatoren zu ersetzen. Zunächst wurde ein Drehstrom-Generator für 7500 kVA samt zugehörigem Transformator und Schaltanlage bestellt, durch welchen zwei ältere Maschinensätze ersetzt werden. Die seitens der Oberösterreichischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-A.-G. bestellte dritte Maschineneinheit von 13 000 kVA-Leistung für deren Kraftwerk Partenstein samt Transformator und Schalteinrichtungen wurde im abgelaufenen Geschäftsjahr geliefert und in Betrieb gesetzt und ermöglicht es dem genannten Unternehmen, die Stromlieferung an die Städtischen Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien um ein wesentliches zu steigern. Die letzteren bestellten eine Erweiterung der Freiluftstation Wien-Nord um eine Leistung von 18 000 kVA, die zusammen mit den bereits gelieferten Transformatoren eine Gesamtleistung von 66 000 kVA ergeben. Im Zuge der fortschreitenden Elektrifizierung der österreichischen Bundesbahnen wurde dem Unternehmen die gesamte elektrische Ausrüstung des Mallnitz-Kraftwerkes übertragen, zwei Einphasen-Generatoren und

[1]) Vgl. Heft 14 d. J., S. 288.

Digitized by Google

zwei Transformatoren für je 5000 kVA, sowie die gesamte Schaltanlage nebst Eigenbedarfsanlage.

Die Gemeinde Wien erteilte Aufträge auf eine komplette Umformerstation (drei Konverter je 2000 kW samt zugehörigen Transformatoren und Schaltanlagen), ferner auf zwei größere Schaltstationen und ein Großgleichrichteraggregat zur Ergänzung der Gleichrichterstationen zur Versorgung der Stadtbahn. Die Beschäftigung auf dem Gebiete des Baues von Überlandnetzen hat nachgelassen, da die dichter besiedelten Gebiete durchwegs bereits versorgt sind. Immerhin ist auch auf diesem Gebiete auf mehrere größere Ausführungen, insbesondere für die Niederösterreichische Elektrizitäts-Wirtschafts-A.-G. hinzuweisen. Der Betrieb der ausgedehnten und vielfach zusammengeschlossenen Netze läßt die Bedeutung der Schutzeinrichtungen für diese Netze immer klarer erkennen. Es war möglich, auf diesem Gebiete namhafte Aufträge für Distanzschutz und Erdstromlöschspulen, System Petersen, hereinzubringen.

Die Spezialabteilung für Hebezeuge, Werkzeugmaschinen und Schweißanlagen konnte den Umsatz des Vorjahres erhalten. Von größeren Aufträgen ist die elektrische Ausrüstung einer großen Holzverladeanlage für die „Steyrermühl" Papierfabriks- und Verlagsgesellschaft und die elektrische Ausrüstung eines für die Donauregulierungs-Kommission bestimmten Baggerschiffes (Schutenentleerers) zu erwähnen. Dieses Schiff bildet zusammen mit dem im Vorjahre gelieferten Schwimmbagger eine Arbeitseinheit, welche die erste europäische Flußbaggeranlage ist, die vollständig mit elektrischen Einzelantrieben ausgestattet wurde. An das Eisenwerk Witkowitz lieferte die tschechoslowakische Tochtergesellschaft 20 elektrische Regulierantriebe für große Drehbänke. Es konnten mehr als 150 elektrische Ausrüstungen für Aufzüge abgesetzt werden. Durch die Entwicklung einer neuen Dynamomaschine für elektrisches Lichtbogenschweißen hat dieser Geschäftszweig eine wesentliche Förderung erhalten. Die Dampfturbinen-Abteilung erhielt größere Turbo-Aggregate, u. a. für die Zementfabrik Spalato, für die Premier-Petroleum-Industrie in Boryslaw, für die Kammgarnspinnerei in Vöslau in Verbindung mit einer 115 m³ Ruths-Speicheranlage, durch die tschechoslowakische Gesellschaft größere Turbo-Generatoren, u. a. für den Westböhmischen Bergbau-Aktien-Verein in Pilsen, Textilwerke Mautner in Nachod, Zementfabrik Königshof, Papierfabrik Arnau in Auftrag. Die im Vorjahre an die Neusiedler Papierfabriks-A.-G. in Stuppach gelieferte zweigehäusige Hochdruck-Anzapfturbine mit Zahnradgetriebe wurde in Betrieb gesetzt und hat den Betriebsanforderungen voll entsprochen. Auf dem Gebiete des Feuerungsbaues konnten größere Aufträge, unter anderem drei Kaskadenroste für die Nordböhmische Kohlengewerkschaft in Brüx, zwei Kaskadenroste für den Westböhmischen Bergbau-Aktien-Verein in Pilsen, ein Kaskadenrost für die Gemeinde Wien, Gaswerk Simmering, und ein Kaskadenrost für Acieries et Domaines de Resita s. a. hereingebracht werden. Die Beschäftigung für die Elektrifizierung im ostgalizischen Rohölgebiet war auch im abgelaufenen Geschäftsjahre befriedigend. Die Zementfabrik Majdan bestellte eine Transformatorenstation und 30 motorische Antriebe, die Zementfabrik Dalmatia in Sucurac zwei Transformatorenstationen und Kraftverteilungsanlagen, die Zementfabrik Königshof umfangreiche elektrische Einrichtungen. Von der „Steyrermühl" Papierfabriks- und Verlagsgesellschaft ging ein weiterer Auftrag auf den elektrischen Antrieb einer kombinierten Zeitungsdruck- und Farbendruckmaschine und von der Druckerei „Vorwärts" die Bestellung der vollständigen elektrischen Automatisierung einer Vierrollen-Rotationsmaschine ein. Die Verwendung elektrischer Energie für industrielle Beheizung, Warmwasser- und Dampferzeugung und für Glühöfen für industrielle Zwecke führte zu lohnender Beschäftigung. Es wurden größere Elektrodampfkessel für die Alpine Montan-Gesellschaft in Fohnsdorf und für die Spinnerei und Weberei der Firma Jenny & Schindler in Bregenz und eine große Anzahl von Warmwasserspeichern geliefert. Der Bedarf der heimischen Landwirtschaft ließ zu wünschen übrig. Das Interesse für Motorisierung in landwirtschaftlichen Betrieben hat merklich abgenommen.

Aus dem Reingewinn von 370 515 S werden 5 vH Dividende auf das A.-K. von 7·2 Mill. S (bei 4·8 Mill. S Rücklagen) verteilt. Die Bilanz auf den 31. Dezember 1926 schließt auf beiden Seiten mit rund 27 Mill. S. Bewertet sind Gebäude und Grundstücke mit 9·8 Mill. S, Maschinen, Werkzeuge und Utensilien mit 2·4 Mill. S, Vorräte mit 6·2 Mill. S, Inventar, Fuhrpark, Modelle und Patente sind auf je 1 S abgeschrieben.

Elektrizitäts A.-G. vorm. Schuckert & Co. (Aus dem Bericht für das Zwischengeschäftsjahr vom 1. Oktober 1926 bis 31. März 1927.) Zur Begründung der Fusion mit der Continentalen Gesellschaft für elektrische Unternehmungen[1]) wird die Gleichartigkeit der Aufgaben beider Gesellschaften und die Möglichkeit der Ersparnis von General- und Verwaltungskosten angeführt. Der Aktienumtausch erfolgt derart, daß für je nom. Mk. 750 Continentale Mk. 700 Schuckert-Aktien gewährt werden. Die Zwischenbilanz schließt mit mit Mk. 156 847 Reingewinn ab; (ganzes Vorjahr Mk. 3·62 Mill.) er kommt zum Vortrag (i. V. 7 vH). In der Bilanz hat sich der Aktivposten Vorzugsaktien befreundeter Gesellschaften durch Umtausch von V.-A. der Montangruppe (Rhein-Elbe-Union) gegen solche der Elektrogruppe um Mk. 1·05 Mill. erhöht.

(Frankf. Zeitg.)

[1]) Vgl. Heft 30 d. J., S. 628.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	25. VII. 1927	27. VII. 1927	29. VII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	124	124	124

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	52-52½	51-52	51½-52½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	90—95	90—95	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 29. Juli 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	0	0	61	10	0
Wire bars	61	10	0	—	—	
Standard Kassa . .	56	0	0	56	1	3
Standard 3 Monate .	56	5	0	56	6	3
Zinn:						
Engl. ingots	290	10	0	291	0	0
Standard Kassa . .	292	0	0	292	5	0
Standard 3 Monate .	287	5	0	287	10	0
Blei:						
Engl. pig common . .	25	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	29	10	0	29	0	0
Remelted	28	15	0	—	—	
English Swansea . .	30	0	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 6 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 14. August 1927 | Heft 33

INHALT:

Die veränderliche Hauptstrom-Phasenkompensierung bei Kaskadenschaltung von Asynchronmotoren mit Mehrphasen-Kommutatornebenschlußmaschinen. Von Dr. Ing. L. Dreyfus, Västeras. S. 669.

RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 675. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 676. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 676. Elektrische Apparate. S. 678.

PATENTBERICHT. S. 678.

CHRONIK. S. 679.

LITERATURBERICHTE. S. 681.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 682.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 683.

Die veränderliche Hauptstrom-Phasenkompensierung bei Kaskadenschaltung von Asynchronmotoren mit Mehrphasen-Kommutatornebenschlußmaschinen.

Von Dr. Ing. L. **Dreyfus**, Västeras.

Die folgende Untersuchung beschränkt sich auf die Lösung eines besonderen Problemes, das bei der Kaskadenschaltung von Drehstrommotoren mit Drehstromkommutatorshuntmaschinen eine hervorragende Rolle spielt. Bekanntlich erfordert die „verlustfreie" Tourenregelung, Kompoundierung und Kompensierung synchroner Mehrphasenmotoren, daß dem Sekundärkreis eine Spannung E_2 von passender Größe und Phase aufgedrückt wird. Man kann leicht zeigen, daß diese Spannung für eine bestimmte Drehzahleinstellung nicht konstant sein darf, sondern daß sie eine Komponente enthalten muß, die dem primären oder sekundären Hauptstrom proportional ist. Wir bezeichnen eine derartige Spannung als „Hauptstrom-" oder „Serienspannung". Merkwürdigerweise darf aber diese Hauptstromspannung ihrerseits nicht für alle Drehzahleinstellungen dieselbe Größe besitzen; vielmehr muß sie eine Komponente enthalten, die mit dem Unterschied zwischen Leerlauftourenzahl und synchroner Tourenzahl zunimmt. Versucht man ohne diese Komponente auszukommen, ergeben sich bei Belastung sehr ungünstige Leistungsfaktoren, sobald die Leerlauftourenzahl erheblich vom Synchronismus abweicht. Mit Rücksicht hierauf bezeichne ich diese Serienspannung als die „veränderliche Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung". Das ist zwar ein langes Wort, doch drückt es wenigstens aus, worum es sich handelt. Im folgenden wird zuerst die Größe und Phase dieser Spannung nach einer besonders einfachen Methode berechnet. Darauf werden einige Regulierschaltungen beschrieben, mit denen man den Forderungen der Theorie gerecht wird.

I. Analytische Theorie.

Die Spannungsdiagramme der Primär- und Sekundärseite des Drehstrommotors können bekanntlich durch folgende Gleichungen beschrieben werden:

$$\dot{E}_1 = \dot{J}_1 (r_1 - j x_1) - j \dot{J}_2 x_{21} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

$$\dot{E}_2 = \dot{J}_2 (r_2 - j x_2 s) - j \dot{J}_1 x_{12} s \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Dabei bedeuten:

E_1 u. $\dot{E}_2$ die Zeitvektoren für die primäre und sekundäre Klemmenspannung (pro Phase),

$\dot{J}_1$ u. $\dot{J}_2$ die Zeitvektoren für den primären und sekundären Hauptstrom,

r_1 u. r_2 die Ohmschen Phasenwiderstände,

x_1 u. x_2 die totalen Reaktanzen einschließlich Streureaktanz (berechnet, wie alle Reaktanzen, für die Netzperiodenzahl),

$x_{12} = x_{21}$ die Wechselreaktanz zwischen Stator und Rotor, welche den Koeffizienten

$\sigma = 1 - \frac{x_{12} \cdot x_{21}}{x_1 \cdot x_2}$ für die Gesamtstreuung bestimmt,

s_0 und s die Schlüpfung bei Leerlauf und Belastung.

Die Sekundärspannung E_2 wird durch Kaskadenschaltung mit einer Drehstromkommutatormaschine erzeugt; sie ist in der Regel entweder so gut wie unabhängig von der Schlüpfung, oder aber proportional der Drehzahl des Hauptmotors, das heißt, proportional $1 - s$. Beide Fälle sind gemeinsam zu behandeln, wenn E_2 proportional $1 - \frac{s}{s_K}$ gesetzt wird, wobei s_K entweder gleich ∞ oder gleich 1 ist. Wir schreiben daher:

$$\dot{E}_2 = [\dot{E}_1 \dot{\varkappa} + \dot{J}_1 \dot{y}_{12} - \dot{J}_2 y_2] \cdot \left(1 - \frac{s}{s_K}\right) \quad . \quad (3).$$

Die erste Komponente $\dot{E}_1 \dot{\varkappa} \left(1 - \frac{s}{s_K}\right)$ bestimmt lediglich die Leerlaufschlüpfung s_0 und die Leerlaufströme $\dot{J}_{10}$ und $\dot{J}_{20}$. Der Leistungsfaktor bei Belastung und die Drehzahlcharakteristik (Kompoundierung) werden durch die beiden Hauptstromspannungen bestimmt, welche den zweiten

Digitized by Google

und dritten Summanden in Gleichung (3) bilden. Sowohl $\dot{x}$ als $\dot{y}_{12}$ und $\dot{y}_2$ sind im allgemeinen komplexe Größen.

Der Vereinfachung der Rechnung dient die Einführung eines neuen Parameters

$$p = \frac{s}{1-\frac{s}{s_K}} - \frac{s_0}{1-\frac{s_0}{s_K}} \quad \ldots \quad (4),$$

welcher die Eigenschaft hat, daß er für alle Leerlaufdrehzahlen gleich Null und für $s = s_K$ gleich unendlich wird. Setzt man außerdem

$$p_0 = \frac{s_0}{1-\frac{s_0}{s_K}} \quad \ldots \quad (4a),$$

so erhalten die Spannungsgleichungen (1) und (2) folgende Form:

$$\dot{E}_1 = \dot{J}_1 (r_1 - j x_1) - j \dot{J}_2 x_{21} \quad \ldots \quad (1),$$

$$\dot{E}_1 \dot{x} = -\dot{J}_1 [\dot{y}_{12} + j x_{12}(p+p_0)] + \\ + \dot{J}_2 \left[r_2 + \dot{y}_2 + \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right)(p+p_0) \right] \quad \ldots \quad (5).$$

Ich will annehmen, die Leerlaufströme J_{10} und J_{20} stimmten für alle Toureneinstellungen überein, was durch entsprechende Regelung von $\dot{x}$ leicht zu erreichen ist. Wir wollen aber außerdem fordern,

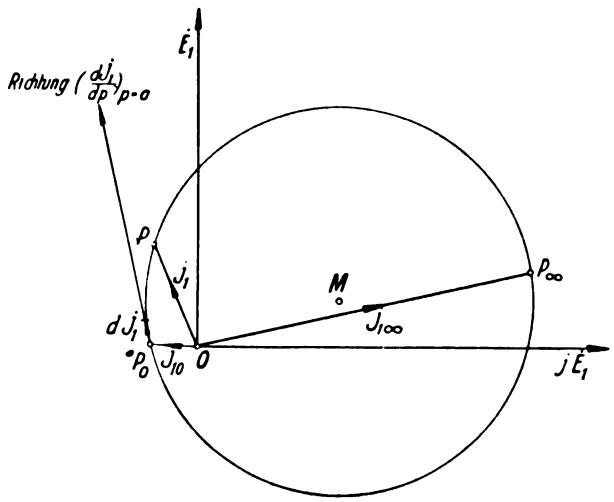


Abb. 1.

daß auch bei Belastung der Leistungsfaktor des Primärstromes nur von der Last, aber nicht von der Toureneinstellung abhängig ist. Diese Forderung wird erfüllt, wenn bereits der Differentialquotient $\frac{d\dot{J}_1}{dp}$ für $p = 0$, das heißt für Leerlauf, auf allen Tourenstufen denselben Wert besitzt. Denn der Differentialquotient

$$\left(\frac{d\dot{J}_1}{dp}\right)_{p=0}$$

bestimmt die Tangente des Primärstrom-Diagrammes im Leerlaufpunkt (Abb. 1).[1]) Wir differentieren also Gleichung (1) und (5) für $p = 0$ und erhalten:

aus Gleichung (1)

$$0 = \left(\frac{d\dot{J}_1}{dp}\right)_{p=0} \cdot [r_1 - j x_1] - j \left(\frac{d\dot{J}_2}{dp}\right)_{p=0} x_{21},$$

aus Gleichung (2)

$$j \dot{J}_{10} x_{12} - \dot{J}_{20} \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) = \\ = -\left(\frac{d\dot{J}_1}{dp}\right)_{p=0} \cdot [\dot{y}_{12} + j x_{12} p_0] \\ + \left(\frac{d\dot{J}_2}{dp}\right)_{p=0} \cdot \left[r_2 + \dot{y}_2 + \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) p_0 \right].$$

Die Lösung lautet in Determinantenform:

$$\left(\frac{d\dot{J}_1}{dp}\right)_{p=0} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & -j x_{21} \\ j \dot{J}_{10} x_{12} - \dot{J}_{20} \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) & r_2 + \dot{y}_2 + \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) p_0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} r_1 - j x_1 & -j x_{21} \\ -\dot{y}_{12} - j x_{12} p_0 & r_2 + \dot{y}_2 + \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) p_0 \end{vmatrix}} \quad \ldots \quad (6).$$

Hierin ist der Zähler unabhängig von der Leerlauftourenzahl (p_0). Soll dasselbe für den ganzen Ausdruck gelten, sind $\dot{y}_{12}$ und $\dot{y}_2$ so zu bestimmen, daß auch im Nenner p_0 verschwindet. Das ist nur möglich, wenn $\dot{y}_{12}$ und $\dot{y}_2$ je eine p_0 proportionale Komponente $\dot{y}_{12}'$ respektive $\dot{y}_2'$ enthalten, und wenn außerdem die Bedingung

$$0 = (r_1 - j x_1) \cdot \left[\dot{y}_2' + \left(\frac{r_2}{s_K} - j x_2 \right) p_0 \right] - \\ - j x_{21} \cdot [\dot{y}_{12}' + j x_{12} p_0] \quad \ldots \quad (7)$$

erfüllt ist. Wir haben daher zu untersuchen, welches Gesetz diese Gleichung der veränderlichen Hauptstrom-Kompensierungsspannung auferlegt.

Zunächst ergibt sich aus Gleichung (7):

$$\dot{y}_2' \frac{r_1 - j x_1}{\frac{r_2}{s_K} - j x_2} + \dot{y}_{12} \frac{-j x_{21}}{\frac{r_2}{s_K} - j x_2} = \\ = -p_0 \left[r_1 - j x_1 + \frac{x_{12} x_{21}}{\frac{r_2}{s_K} - j x_2} \right] \quad \ldots \quad (8).$$

Nun ist aber der letzte Ausdruck in der obigen Klammer nichts anderes als die resultierende Impedanz des Asynchronmotors, bezogen auf die Primärseite für $p = \infty$, das heißt $s = s_K$. Wir be-

[1]) Streng genommen bestimmt freilich $\left(\frac{d\dot{J}_1}{dp}\right)_{p=0}$ auch gleichzeitig die Kompoundierung, worauf ich aber in diesem Zusammenhang nicht einzugehen brauche.

Digitized by Google

zeichnen diese Impedanz mit

$$\dot{z}_\infty = r_\infty - \mathrm{j}\, x_\infty \quad \ldots\ldots (9)$$

und entwickeln für $s_K = \infty$

$$\dot{z}_\infty = r_1 - \mathrm{j}\, x_1 \sigma \quad \ldots\ldots (9a)$$

bezw. für $s_K = 1$

$$\left.\begin{aligned} \dot{z}_\infty &= r_1 + r_2 \frac{x_1}{x_2} \cdot \frac{1-\sigma}{1+\left(\frac{r_2}{x_2}\right)^2} - \mathrm{j}\, x_1 \cdot \frac{\sigma + \left(\frac{r_2}{x_2}\right)^2}{1+\left(\frac{r_2}{x_2}\right)^2} \\ &\sim r_1 + r_2 \frac{x_1}{x_2}(1-\sigma) - \mathrm{j}\, x_1 \sigma. \end{aligned}\right\} (9b).$$

Damit erhalten wir Gleichung (8) in der endgültigen Form

$$\dot{y}_{12}' \frac{x_{21}}{x_2 + \mathrm{j}\frac{r_2}{s_K}} + \dot{y}_2' \frac{x_1 + \mathrm{j}\, r_1}{x_2 + \mathrm{j}\frac{r_2}{s_K}} = -p_0 \dot{z}_\infty \quad (10).$$

Schon allein der Aufbau dieser Gleichung läßt uns einen wichtigen Schluß ziehen: Offenbar kann man bei der Erzeugung der veränderlichen Hauptstromkompensierungsspannung ebensogut vom Primärstrom ($\dot{y}_{12}'$), als vom Sekundärstrom ($\dot{y}_2'$) ausgehen. Man hat also stets freie Hand, die für die wirkliche Ausführung einfachste Schaltung zu wählen, was im allgemeinen zu der speziellen Annahme

$$\dot{y}_2' = 0$$

führt.

Untersucht man hierfür Größe und Phase der Zusatzspannung

$$\dot{E}_2' = [\dot{J}_1 \dot{y}_{12}' - \dot{J}_2 \dot{y}_2'] \cdot \left(1 - \frac{s}{s_K}\right) \quad . (11),$$

welche gemäß Gleichung (3) und (10) bei jeder Drehzahleinstellung dieselbe Strom-Kompensierung bewirkt, so ergibt sich

$$\dot{E}_2' = -\dot{J}_1 \dot{z}_\infty s_0 \frac{x_2 + \mathrm{j}\frac{r_2}{s_K}}{x_{21}} \cdot \frac{1 - \frac{s}{s_K}}{1 - \frac{s_0}{s_K}} \quad . (12)$$

oder ohne Rücksicht auf die Phase näherungsweise

$$E_2'\left(\frac{N_1}{N_2}\right) = J_1 \cdot x_1 \sigma \cdot s_0 \quad \ldots (12a).$$

Das ist ein wichtiges Resultat. Mit Worten kann es wie folgt ausgedrückt werden: Die erforderliche Hauptstromspannung (im Verhältnis $\frac{N_1}{N_2}$ der Windungszahlen auf die Primärseite reduziert) beträgt ungefähr $100 . s$ vH der gesamten Streuspannung $J_1 . x_1 \sigma$.

Was schließlich die Phase dieser Hauptstromspannung betrifft, so verweise ich auf die graphische Darstellung in Abb. 2 *a* und *b*. In Abb. 2 *a* bedeutet:

$\dot{J}_{10}$ den Primärstrom bei Leerlauf $p = 0$ $(s = s_0)$,

$\dot{J}_{1\infty}$ „ „ „ $p = \infty$ $(s = s_K)$,

$\dot{J}$ „ „ „ Belastung,

$\varphi_\infty = \operatorname{arctg} \frac{x_\infty}{r_\infty}$,

$\varphi_{2K} = \operatorname{arctg} \frac{r_2}{x_2 s_K}$,

$\dot{E}_{20}$ die Sekundärspannung bei Leerlauf $p = 0$ $(s = s_0)$,

$\dot{E}_2$ die Sekundärspannung bei Belastung.

Die Zusatzspannung $\Delta \dot{E}_2'$ entspricht nur der Stromdifferenz $\dot{J}_1 - \dot{J}_{10}$.

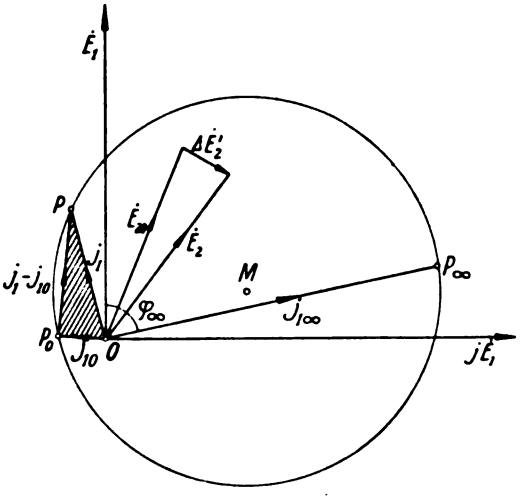


Abb. 2 *a*.

Abb. 2 *b* zeigt das Spannungsdiagramm in (für $s_K = 1$) etwas verändertem Maßstabe. An Stelle von $\Delta \dot{E}_2'$ ist die phasengleiche Spannung

$$\Delta \dot{E}_2' \frac{1 - \frac{s_0}{s_K}}{1 - \frac{s}{s_K}} = -(\dot{J}_1 - \dot{J}_{10}) \cdot \dot{z}_\infty s_0 \frac{x_2 + j\frac{r_2}{s_K}}{x_{21}} \quad (13)$$

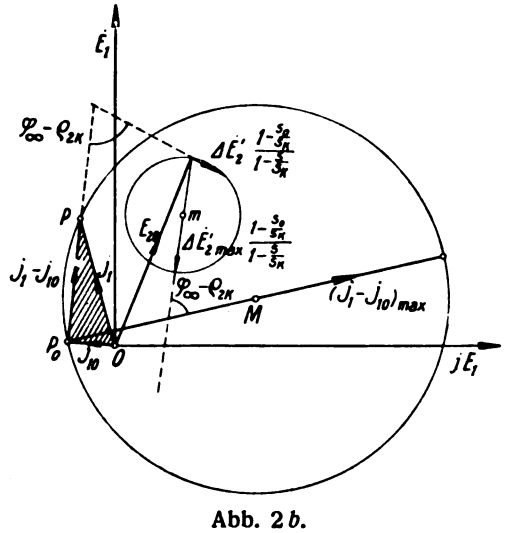


Abb. 2 *b*.

aufgezeichnet. Diese Spannung steht zum Primärstrom, oder richtiger zu $\dot{J}_1 - \dot{J}_{10}$, in einem konstanten Verhältnis. Der Endpunkt des Spannungsvektors beschreibt daher bei steigender Belastung eine Kurve von gleicher Form wie der Vektor des Primärstromes. In Abb. 2 *b* ist diese Kurve ein Kreis, dessen Durchmesser im Stromdiagramm $(\dot{J}_1 - \dot{J}_{10})_{max}$ und daher im Spannungsdiagramm

Digitized by Google

$$(\Delta\dot{E}_2')_{max} \cdot \frac{1-\frac{s_0}{s_4}}{1-\frac{s}{s_K}} =$$

$$-(\dot{J}_1-\dot{J}_{10})_{max} \cdot \dot{z}_\infty s_0 \cdot \frac{\sqrt{x_2^2+\left(\frac{r_2}{s_K}\right)^2}}{x_{21}} \quad (13a)$$

beträgt. Beide Durchmesser schließen den Winkel $\varphi_\infty - \varrho_{2K}$ ein. Mit der Ableitung dieses Zusammenhanges haben wir die Aufgabe gelöst, Größe und Phase der veränderlichen Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung zu ermitteln. Obgleich es schon aus Gleichung (12) und (13) deutlich hervorgeht, will ich doch noch besonders darauf aufmerksam machen, daß $\dot{E}_2'$ und $\Delta\dot{E}_2'$ ebenso wie s_0 für Über- und Untersynchronismus entgegengesetzte Richtung besitzen.

II. Schaltungen zur Erzeugung der veränderlichen Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung.

Daß man die Gesetze der Hauptstrom-Phasenkompensierung verhältnismäßig spät entdeckte,[2]) hat einen sehr einfachen Grund. Bei der ältesten und bis vor kurzem so gut wie ausschließlich angewandten Kaskadenschaltung erhielt man nämlich die Hauptstrom-Phasenkompensierung sozusagen geschenkt.

Diese Schaltung, deren Prinzip Abb. 3 angibt, ist allgemein bekannt unter dem Namen Krämer- bzw. Scherbius-Kaskade. Die Kommutatormaschine ist entweder mit dem Hauptmotor gekoppelt

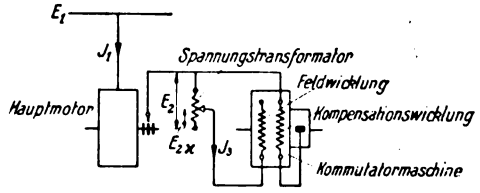


Abb. 3.

($s_K = 1$) oder mit einer anderen Maschine — gewöhnlich einem Asynchron- oder Synchrongenerator — welche die Tourenzahl annähernd oder genau konstant hält ($s_K = \infty$). Die Kommutatormaschine besitzt eine Kompensationswicklung, welche die Ankerrückwirkung aufhebt und eine Erregerwicklung (Strom J_3), welche das Hauptfeld erregt. Durch Rotation der Ankerleiter in diesem Feld entsteht eine Spannung

$$\dot{E}_{32} = -j\dot{J}_3 c_{32}\left(1-\frac{s}{s_K}\right) \quad \ldots (14),$$

die für unsere Zwecke der Sekundärspannung $\dot{E}_2$ des Hauptmotors gleichgesetzt werden kann.

Im folgenden bezeichnet:

r_3 und $x_3 s$ Widerstand und Reaktanz der Erregerwicklung,

$\dot{E}_3 = \dot{E}_2 \dot{\varkappa}$ Klemmenspannung der Erregerwicklung.

Dann beträgt der Erregerstrom

$$\dot{J}_3 = \frac{\dot{E}_3}{r_3 - j x_3 s} = \frac{\dot{E}_2 \dot{\varkappa}}{r_3 - j x_3 s} \quad \ldots (15).$$

Setzt man weiter für Leerlauf näherungsweise

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{32} = \frac{c_{32}\dot{\varkappa}}{x_3 s_0 + j r_3}\left(1-\frac{s_0}{s_K}\right)\dot{E}_2 \quad (16),$$

so ergibt sich:

$$\frac{c_{32}\dot{\varkappa}}{x_3 + j\frac{r_3}{s_0}} = \frac{s_0}{1-\frac{s_0}{s_K}} \quad \ldots (17).$$

Auf der anderen Seite ist gemäß Gleichung (1) und (2)

$$\dot{E}_2 = \dot{J}_2(r_2 - j x_2 s) = -j\dot{J}_1 x_{12} s$$
$$= \frac{\dot{E}_1 - \dot{J}_1(r_1 - j x_1)}{-j x_{21}}(r_2 - j x_2 s) - j\dot{J}_1 x_{12} s$$
$$= \frac{r_2 - j x_2 s}{-j x_{21}}\left[\dot{E}_1 - \dot{J}_1\left(r_1 - j x_1 + \frac{x_{12} x_{21}}{\frac{r_2}{s} - j x_2}\right)\right]$$

oder

$$\dot{E}_2 = \frac{x_2 + j\frac{r_2}{s}}{x_{21}}[\dot{E}_1 - \dot{J}_1 \dot{z}] . s \quad \ldots (18),$$

wobei $\dot{z}$ die scheinbare Primärimpedanz des Hauptmotors bei der Schlüpfung s bezeichnet. Schließlich folgt aus Gleichung (14), (15) und (18)

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{32} = \frac{c_{32}\dot{\varkappa}}{x_{21}} \frac{x_2 + j\frac{r_2}{s}}{x_3 + j\frac{r_3}{s}}\left(1-\frac{s}{s_K}\right) . [\dot{E}_1 - \dot{J}_1 \dot{z}] \quad \ldots (19).$$

Wenn wir nun den Gültigkeitsbereich unserer Betrachtungen auf größere Schlüpfungen (zum Beispiel $s > 0{\cdot}2$) beschränken, das heißt gerade auf das Gebiet, für welches die Bedeutung der Hauptstrom-Phasenkompensierung am größten ist, machen wir eine überraschende Entdeckung. Hier gilt nämlich näherungsweise

$$(\dot{z})_{s>0{\cdot}2} \doteqdot \dot{z}_\infty = r_1 - j x_1 \sigma$$

und

$$\left(\frac{x_3 + j\frac{r_3}{s_0}}{x_3 + j\frac{r_3}{s}}\right)_{s>0{\cdot}2} \doteqdot 1.$$

Bedient man sich dieser Näherungsgleichungen nebst Gleichung (17), so erhält man als Schlußgleichung

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{32} = [\dot{E}_1 - \dot{J}_1 \dot{z}_\infty] . s_0 \frac{x_2 + j\frac{r_2}{s}}{x_{21}} \cdot \frac{1-\frac{s}{s_K}}{1-\frac{s_0}{s_K}} \quad (20).$$

In dieser Gleichung stimmt die Hauptstrom-Spannungskomponente vollständig mit der Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung nach Glei-

[2]) Dreyfus: „Die Anwendung des mehrphasigen Frequenzumformers zur Tourenregelung von Drehstrommotoren unter gleichzeitiger Kompensierung der Phasenverschiebung"; Arch. f. El., XV. Bd., 1925, Heft 1

Digitized by Google

chung (12) überein. Kaskadenschaltungen nach Abb. 3 erzeugen somit bei größeren Abweichungen von der synchronen Drehzahl gerade die richtige Serienspannung ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel und darin liegt der Grund, warum die in diesem Aufsatz behandelte Frage so spät aufgerollt wurde. Die Umformung der Schleifringspannung E_2 in die Erregerspannung E_3 kann natürlich auf sehr verschiedene Weise erfolgen. Brown-Boveris moderne Kaskadenschaltungen mit Drehstromerregermaschinen geben verschiedene Beispiele hierfür. Die Hauptsache bleibt aber immer, daß

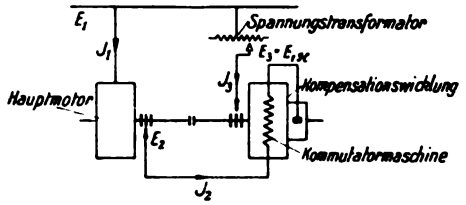


Abb. 4.

der Erregerkreis auf irgend eine Weise an eine der Schleifringspannung proportionale Spannung gelegt wird.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei zwei anderen Kaskadenschaltungen, welche während der letzten Jahre von den SSW und der ASEA entwickelt wurden.

Abb. 4 zeigt ein **Prinzipschema** der SSW-Kaskade. Das Hauptfeld der Kommutatormaschine wird durch eine an Schleifringe angeschlossene Mehrphasenwicklung erregt. Sind beide Hauptmaschinen direkt gekuppelt ($s_K = 1$), so stimmt die Periodenzahl der Erregerspannung E_3 mit der Netzperiodenzahl überein. Es ist dann möglich, die Tourenzahl des Hauptmotors mit Hilfe eines ans Netz angeschlossenen Transformators mit regelbarer Sekundärspannung zu variieren, und dieser

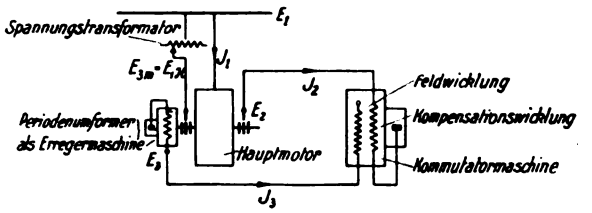


Abb. 5.

Transformator braucht nur für die Erregerleistung bemessen zu werden.

Bei dieser Anordnung wird dem Sekundärkreis des Hauptmotors, wie früher (Gleichung 14), eine Spannung

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{32} = -\mathrm{j}\,\dot{J}_3\,c_{32}\left(1-\frac{s}{s_K}\right)$$

aufgedrückt, nur mit dem Unterschiede, daß jetzt der Erregerstrom

$$J_3 = \frac{\dot{E}_1\,\dot{\varkappa}}{r_3 - \mathrm{j}\,x_3} \quad \ldots\ldots (21)$$

beträgt. Somit ergibt sich nunmehr:

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_1\,\dot{\varkappa}\,\frac{c_{32}}{x_3 + \mathrm{j}\,r_3}\left(1-\frac{s}{s_K}\right) \quad \ldots (22)$$

und diese Spannung ist vollständig konstant; sie enthält überhaupt keine Hauptstrom-Komponente.

Auf ganz ähnliche Weise liegen die Verhältnisse für die ASEA-Kaskade, deren Prinzipschema Abb. 5 zeigt. Die Kommutatormaschine ist von gleicher Bauart wie bei der Krämer- und Scherbius-Kaskade; das heißt, sie besitzt eine besondere Feldwicklung (Strom J_3) im Stator, welche mit der Schlüpfungsfrequenz erregt werden muß. Die Er-

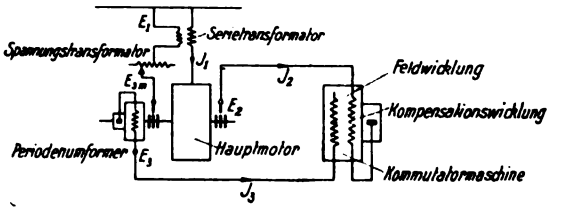


Abb. 6.

regerspannung E_3 erzeugt ein kleiner Periodenumformer, der mit dem Hauptmotor für relativen Synchronismus gekuppelt ist und drei Wicklungen besitzt: Der Schleifringwicklung wird eine Spannung $\dot{E}_{3m} = \dot{E}_1\,\dot{\varkappa}$ von der Netzperiodenzahl aufgedrückt. Diese Spannung wird in der Kommutatorwicklung in eine Spannung $\mathrm{j}\,\dot{E}_{3m}\frac{r_3}{x_3}$ und in der Statorwicklung in eine Spannung $\dot{E}_{3m}.s$ umgeformt. Beide Spannungen besitzen die Schlüpfungsfrequenz. Der Feldstrom J_3 wird somit:

$$\dot{J}_3 = \frac{\dot{E}_3}{r_3 - \mathrm{j}\,x_3\,s} = \dot{E}_1\,\dot{\varkappa}\,\frac{\mathrm{j}\,\frac{r_3}{x_3} + s}{r_3 - \mathrm{j}\,x_3\,s}$$

$$= \mathrm{j}\,\frac{\dot{E}_1}{x_3}\,\dot{\varkappa} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (23)$$

und die Rotationsspannung der Kommutatormaschine

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{32} = -\mathrm{j}\,c_{32}\,\dot{J}_3\left(1-\frac{s}{s_K}\right) =$$

$$= \dot{E}_1\,\dot{\varkappa}\,\frac{c_{32}}{x_3}\left(1-\frac{s}{s_K}\right) \quad \ldots\ldots (24).$$

Also fehlt auch hier einstweilen die mit der Leerlauftourenzahl veränderliche Komponente, die für die Hauptstrom-Phasenkompensierung benötigt wird.

Es gilt nun diesen Mangel an Hand der im ersten Abschnitt entwickelten Theorie zu beseitigen

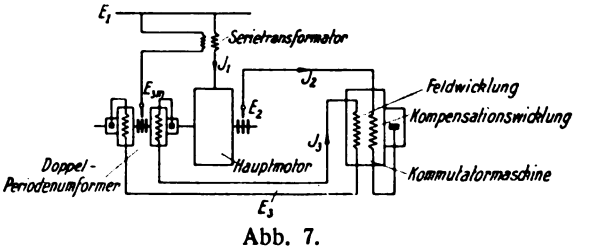


Abb. 7.

und ich werde im folgenden einige Schaltungen beschreiben, die ich zu diesem Zwecke vorgeschlagen habe. Meistens können diese mit sinngemäßen Änderungen auch auf die SSW-Kaskade übertragen werden.

Digitized by Google

Wird die Tourenzahl mit Hilfe eines vom Hauptsatz gespeisten, regelbaren Spannungstransformators eingestellt (Abb. 4 und 5), so erzeugt man die erforderliche Hauptstrom-Spannung am einfachsten in einem Serientransformator (Abb. 6). Die Primärwicklung wird vom primären Hauptstrom $\dot{J}_1$ durchflossen, die Sekundärwicklung liegt in Reihe zur Primärwicklung des Spannungstransformators. Macht man die Wechselreaktanz zwischen den Wicklungen des Serientransformators gleich $r_\infty \cdot s_0$, so wird der Gleichung (12) auf allen Tourenstufen Genüge geleistet.

Man kann den Spannungstransformator entbehren und gleichzeitig eine kontinuierliche Drehzahlregelung erreichen, wenn man den Perioden-

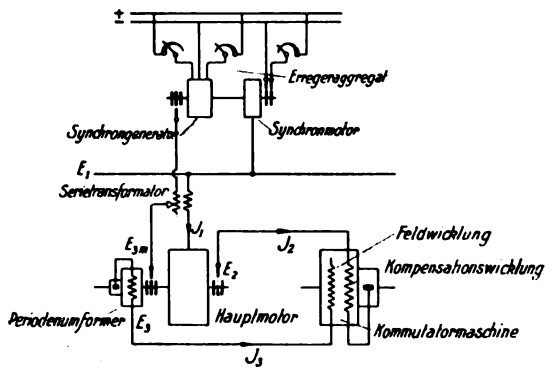


Abb. 8.

umformer in zwei Maschinen unterteilt, deren Statoren mit Bürstenstern in entgegengesetzter Richtung verdreht werden können (Abb. 7). Auf diese Weise erzielt man nämlich dieselbe Wirkung wie mit einem „Doppel-Potentialregler", nur mit dem Unterschied, daß außer der Größe der Spannung auch deren Frequenz umgeformt wird. Aus

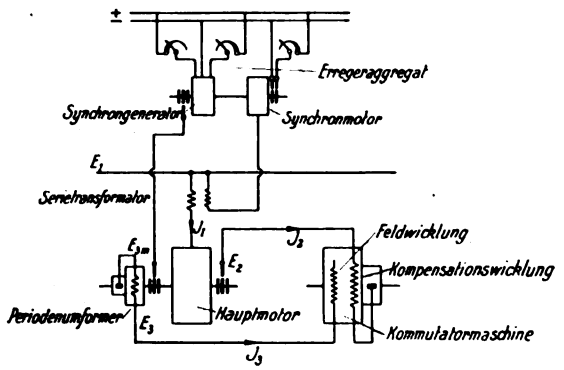


Abb. 9.

Gründen, die für den Eingeweihten keiner Erklärung bedürfen, macht man dabei die Spannungen der beiden Teilmaschinen nicht genau gleich.

Nicht ganz so einfach liegen die Verhältnisse, falls man die regelbare Erregerspannung E_{3m} durch ein besonderes Erregeraggregat erzeugen läßt, welches dann meist aus Synchronmotor und Synchrongenerator besteht (Abb. 8). Um gleichzeitig Größe und Phase der Generatorspannung regeln zu können, empfiehlt es sich, die Feldwicklung zweiphasig auszuführen. Auch bei dieser Schaltung kann man den Serientransformator dem Periodenumformer vorschalten. Indessen wird es nun nötig, gleichzeitig mit der Regelung der Generatorspannung auch das Übersetzungsverhältnis des Serientransformators zu verändern, am besten ebenso feinstufig oder wenigstens nicht mit allzu großen Sprüngen.

Dies bedeutet eine Komplikation, die man eventuell dadurch vermeiden kann, daß man den Serientransformator vor dem Synchronmotor einbaut. Gemäß Abb. 2 ist ja als Hauptforderung anzusehen, daß bei steigender Belastung der Sekundärspannungsvektor $\dot{E}_2$ um einen gewissen Winkel ψ im Sinne einer Nacheilung verdreht wird. Auf diese Weise wird die zu E_1 senkrechte Spannungskomponente, welche die Kompensierung der Phasenverschiebung bewirkt, bei Untersynchronismus vergrößert, bei Übersynchronismus verkleinert. In Abb. 9 besitzt der Synchronmotor nur eine Feldwicklung. Die Erregerspannung E_{3m} wird dann für eine bestimmte Belastung auf allen Tourenstufen um ein und denselben Winkel ψ zurückbleiben. Führt man dagegen auch das Motorfeld zweiphasig aus, so wird es möglich, ψ in genauer Übereinstimmung mit Abb. 2 nachzuregeln. Der

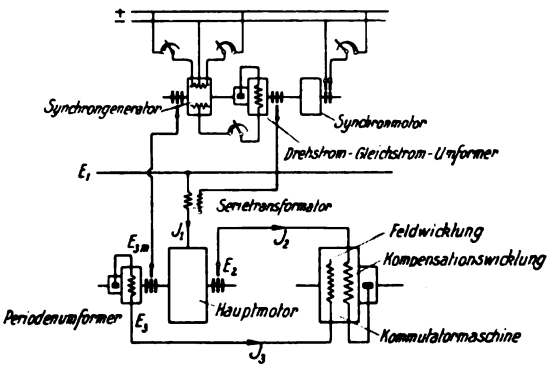


Abb. 10.

Vorteil der Schaltung nach Abb. 9 gegen Abb. 8 besteht darin, daß das Übersetzungsverhältnis des Serientransformators nicht verändert zu werden braucht.

Handelt es sich um große Maschinenaggregate, so dürfen auch die Regulireinrichtungen mehr kosten und man kann dann manche sehr vollkommene Lösungen anwenden, die für kleinere Leistungen nicht in Betracht kommen. Besonders naheliegend ist der Gedanke, einen Schnellregler zur Beeinflussung der Phasenverschiebung zu benützen. Die AEG und wahrscheinlich auch andere Firmen bauen derartige Blindleistungsregler, durch die man die eine Phase des Generatorfeldes automatisch so regeln kann, daß die Blindleistung entweder konstant bleibt oder sich proportional der Wirkleistung ändert. Die Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung wird so schon im Synchrongenerator erzeugt und der Serientransformator wird überflüssig. Verwendet man für jede Phase des Generatorfeldes je einen derartigen Regler, so können Blind- und Wirkleistung unabhängig von einander geregelt werden

Digitized by Google

Schließlich kann man sich auch der bekannten Danielsonschen Kompoundierungsmaschine oder eines ähnlich arbeitenden Periodenumformers bedienen, um die Erzeugung der variablen Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung in den Synchrongenerator zu verlegen (Abb. 10).[3]) In diesem Falle speist man die Schleifringwicklung des Umformers über einen Serientransformator mit einem dem Primärstrom J_1 proportionalen Strom. Der Kommutator erhält am besten einen mehrphasigen Bürstensatz, der über regelbare Widerstände ein ebenfalls mehrphasiges Zusatzfeld im Synchrongenerator erregt. Dieses folgt jeder Änderung des Primärstromes J_1 (sei es hinsichtlich Größe oder Phase) mit einer proportionalen Änderung (seiner

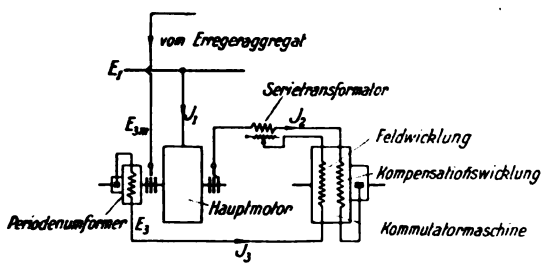


Abb. 11.

Stärke oder Feldachse) und die auf diese Weise erzeugte Zusatzspannung des Generators ist die verlangte Hauptstrom-Phasenkompensierungsspannung. Die Änderung ihrer Größe, die Gleichung (12) vorschreibt, erfolgt mittels der Widerstände im Zusatzfeldkreis und zwar gleichzeitig mit der Betätigung der Widerstände im Hauptfeld, welche die Tourenregelung beherrschen.

Alle bisher durchgesprochenen Schaltungen hatten das eine gemeinsam, daß sie die variable Hauptstrom-Phasenkompensierung aus dem Primärstrom herleiteten. Natürlich steht prinzipiell nichts im Wege, statt dessen vom Sekundärstrome auszugehen. Bei kleinen Aggregaten kann eine Schaltung nach Abb. 11 genügen. Sie unterscheidet sich von Abb. 8 nur dadurch, daß der regelbare Serientransformator im Sekundärkreis liegt anstatt im Primärkreis.

Bei größeren Aggregaten dürfte man es vorziehen, die Serienspannung in einer besonderen Erregermaschine von gleicher Bauart wie die Haupt-Kommutatormaschine, zu erzeugen (Abb. 12). Ihre Feldwicklung führt den sekundären Hauptstrom, die Ankerrückwirkung ist durch eine Kompensationswicklung aufgehoben. Diese Erregermaschine speist eine besondere Feldwicklung im

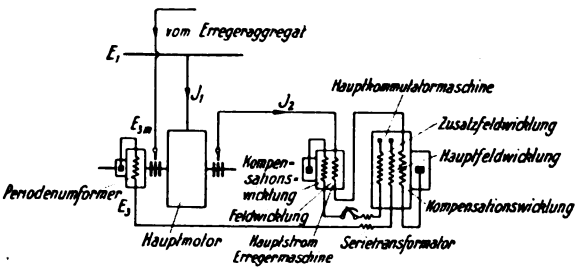


Abb. 12.

Stator der Haupt-Kommutatorenmaschine mit einem Strom J_4, der durch Widerstände in Abhängigkeit von der Leerlaufdrehzahl des Hauptmotors geregelt wird. Ein kleiner Serientransformator setzt der induktiven Kopplung der Felder 3 und 4 innerhalb der Kommutatormaschine eine gleich starke, aber umgekehrte Kopplung entgegen.

Es wäre ein Leichtes, noch weitere Schaltungen anzugeben, welche demselben Zwecke dienen. Doch dürften die mitgeteilten Beispiele das Regulierproblem von genügend vielen Seiten beleuchten. Spezielle Fälle fordern natürlich, wie überall, spezielle Hilfsmittel. Doch fallen solche außerhalb des Rahmens dieser orientierenden Abhandlung.

[3]) Der Periodenumformer in Abb. 10 ist von gleicher Bauart wie die Kommutatormaschine in Abb. 4. Jedoch könnte die Statorwicklung (Kompensationswicklung) auch fehlen.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Leistungsversuche an einer 11 000 kW-Zoelly-Dampfturbine. Von Prof. Dr. A. Stodola. Zur Feststellung des „Schaufel"- oder hydraulischen Wirkungsgrades, der das eigentliche Maß für die Güte der Energieumwandlung in der Schaufel bildet, wurden an einer von Escher, Wyss & Co. in Zürich Ende 1926 im Kraftwerke Wehrden (bei Saarbrücken) aufgestellten Turbine Versuche angestellt, die auch Vergleiche zwischen den Leistungen ein- und mehrgehäusiger Turbinen ermöglichen und auch Anhaltspunkte geben, welcher der beiden Bauarten im Einzelfall der Vorzug zu geben ist. Die mit 3000 U/min laufende Turbine weist in einem einzigen Gehäuse zehn Gleichdruckstufen mit mittleren Beaufschlagungsdurchmessern von 1200 bis 1600 mm auf. Die ersten fünf sehr kräftigen Kränze mit eingegossenen Leitschaufeln sind mit den Zwischenböden durch Nieten verbunden und alle Leitkränze greifen zur Versteifung ineinander. Das Abdampfgehäuse ist so ausgebildet, daß der Dampfstrom nur mit einer Ablenkung von 90° in das lotrecht abfallende Abdampfrohr eintritt, der Abdampfstrom ist geteilt. Im übrigen sind die bewährten Einzelheiten der Zoelly-Turbine (Kohlenstopfbüchsen, mehrfaches Kammlager, Reglergetriebe mit ständigem, aber geringem Öldurchfluß) beibehalten. Die Versuche ergaben mit 14·7 bis 13·5 ata Dampfdruck und 323 bis 350° C Dampftemperatur vor dem Regelventil, sowie einem Kondensatorgegendruck von 0·024 bis 0·045 ata bei Leerlauf, 5477, 7966 und 10 975 kW Leistung an den Stromerzeugerklemmen, bezw. 300, 5956, 8509 und 11 571 kW Leistung an der Kupplung, einen Dampfverbrauch von 16·0, 4·707, 4·485 und 4·44 kg/kWh bezogen auf die Leistung an der Kupplung. Der Kraftverbrauch der Kondensation ist bei den vorstehenden Zahlen nicht abgezogen. Der mittlere Schaufelwirkungsgrad wurde mit 0·831 bis 0·839 ermittelt. Der beste Schaufelwirkungsgrad ist in der sechsten Stufe rund 90 vH. Die Kennzahl der Turbine $\left(\frac{\Sigma u^2}{Had}\right)$ beträgt 2071, die Ergebnisse der Untersuchungen sind daher recht beachtenswert. (ZVDI, Bd. 71, Heft 22, 1927.)

Verbesserungen in der Salzsäurereinigung von Kondensatoren. Dr. J. Hausen. Oberflächenkondensatoren werden von Wassersteinablagerungen vielfach durch Ausspülen mit verdünnter Salzsäure gereinigt. Salzsäure übt jedoch eine starke materialangreifende

Digitized by Google

Wirkung auf Metalle aus, welche teils rein chemischer Natur ist, teils durch die elektrochemischen Vorgänge innerhalb des Kondensators hervorgerufen wird. Für die kurzzeitige Einwirkung der Reinigungssäure spielen insbesondere die letztgenannten Vorgänge eine Rolle. Sie bestehen darin, daß in dem durch eisernen Rohrboden, Messingkühlrohre und Reinigungssäure gebildeten Element das Eisen zunächst die Rolle der Lösungselektrode spielt und in Lösung geht. Dieser Vorgang verläuft solange, bis sich die Eisenoberfläche mit graphitischem Kohlenstoff bedeckt hat. Alsdann gelangt ein System Kohlenstoff/Salzsäure/Messing zur Ausbildung, in welchem nunmehr das Messing als Lösungselektrode fungiert. Die Folge ist eine erhebliche Messingkorrosion, die im Endeffekt auf eine Entzinkung des Messings hinausläuft. Zur Vermeidung des Materialangriffes ist es daher in erster Linie erforderlich, den Salzsäureangriff des Eisens zu unterbinden. Dieses Ziel kann durch den Zusatz kolloider Stoffe zur Reinigungssäure erreicht werden. Der Mechanismus dieser Schutzwirkung ist noch wenig aufgeklärt. Offenbar hat man es mit Adsorptionserscheinungen zu tun, welche eine Flockung der gebildeten Eisensole verhindern. Für die praktische Verwendung passender Schutzstoffe ist in erster Linie die Frage von Interesse, in welchem Ausmaß der Eisenangriff durch sie gehemmt werden kann. Versuche der Westfälischen Berggewerkschaftskasse Bochum mit einem geeigneten Kolloid haben gezeigt, daß bereits ein Zusatz von 0·6 l/m³ die Einwirkung der Säure auf Eisen auf einen Bruchteil herabsetzt, ohne ihr Lösungsvermögen für Wasserstein zu beeinträchtigen. Erst bei 50° ist die Anfressung gleich stark, wie bei 15° ohne Kolloidzusatz. Man ist also in der Tat auf diesem Wege in der Lage, die Kondensatorreinigung mit Salzsäure ihrer materialangreifenden Wirkungen zu berauben und sie durch Anwendung höherer Temperaturen zeitlich stark einzuschränken. Durch entsprechende Regelung der Menge des Kolloidzusatzes hat man es in der Hand, den Angriff weitgehend herabzusetzen. Die praktische Ausführung des Verfahrens kombiniert mit der chemischen Reinigung die Schutzwirkung passend abgestimmter Ströme, welche den Korrosionsströmen entgegenwirken, und benutzt eine besondere Arbeitsweise, um eine Bewegung der Reinigungssäure ohne Umpumpen zu erzielen. Das geschilderte Verfahren ist mit gutem Erfolg bei Kondensatoren, Vorwärmern, Dampfkesseln, Warmwasseranlagen usw. angewandt worden. Zum Schluß wird das Resultat einer nach dem beschriebenen Verfahren vorgenommenen Reinigung mitgeteilt.

(Elektrotechn. Anzeiger 44, Nr. 40, 1927.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Über Kontaktwiderstände. Ragmar Holm betrachtet den Kontaktwiderstand als vorwiegend durch eine außerordentliche Verkleinerung des Stromquerschnittes an der Kontaktstelle hervorgerufen. Nach seiner Auffassung erfolgt der Stromübergang bei einem Kontakt durch eine große Zahl von winzigen Flächen und der Kontaktwiderstand ist der denselben zugeordnete metallische Einschnürungswiderstand. Die Summe dieser stromdurchflossenen Flächen bildet aber nur einen kleinen Teil der unter dem Kontaktdrucke entstehenden mechanischen Eindruckfläche.

Das Verhalten von derartigen „Siebwiderständen" wird mathematisch behandelt und mit den Ergebnissen der Messungen verglichen. Bei geringen Strömen bleibt der Kontaktwiderstand konstant. Mit steigendem Strome wird der Einfluß der veränderten Leitfähigkeit infolge Temperaturerhöhung sichtbar. Bei Metallen steigt daher der Kontaktwiderstand, bei Kohle sinkt er. Bei weiterer Stromsteigerung und Temperaturerhöhung der Siebstellen tritt eine Art plastischen Nachgebens des Materiales an diesen Stellen ein, eine nicht mehr reversible Vergrößerung des Leitquerschnittes und ein weiteres Sinken des Widerstandes. Schließlich strebt der Vorgang mit stets steigendem Strome einem konstanten Spannungsverlust, also einem reziprok zum Strome fallenden Kontaktwiderstand zu. (Aufsteigende Charakteristik.) Bei Verkleinerung des Stromes tritt ein kleinerer Widerstand auf, der umso besser den Einfluß des Temperaturkoeffizienten zeigt. Dieser Teil der Widerstandslinie ist reversibel. (Absteigende Charakteristik). Die Messungen wurden an kleinen runden Stäbchen, welche sorgfältig gereinigt waren, vorgenommen. Die Kontaktwiderstände wurden vor den Messungen normiert, das heißt vornehmlich durch leichte Erschütterungen in eine Art geordneten Zustand gebracht. Untersucht wurden Kontakte zwischen gleichen Materialien, und zwar bei Kohle, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Ta, Pt. Die Endwerte der konstanten Verlustspannung, der die Kontakte bei steigender Stromstärke zustreben, betragen zum Beispiel je Kontakt bei Kupfer 0·092, bei Tantal 0·255, bei Kohle 1·6 V. Die aus den absteigenden Charakteristiken sich ergebenden Übertemperaturen der Kontaktstellen ergaben zum Beispiel 680° bei Eisen, 360° bei Kupfer. Der Verfasser bespricht die Erklärungsversuche anderer Forscher, zum Beispiel der Kontaktwiderstand als Ausbreitungswiderstand der vollen mechanischen Eindruckstelle, als Widerstand einer nichtmetallischen Zwischenschichte, durch Elektronenübertritt usw. Allen diesen Erklärungsversuchen mangelt die Anpassungsfähigkeit an die Meßresultate des Verfassers, wenn ihnen auch ein teilweiser Einfluß immerhin doch zufallen kann. Kr.

(Zeitschrift f. techn. Physik, 1927, Heft 4.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die Lokomotiven EBB 101 — 180 der Compagnie de Chemin de fer de Paris — Orléans und ihre Leistungen im Betrieb. P. Bellasi berichtet über die Ergebnisse der Probefahrten und des Betriebs mit den BB-Lokomotiven, von denen die Maschinenfabrik Oerlikon 80 zu liefern und 40 dem Betrieb bereits übergeben hat[1]). Sie sind für schwere Güterzüge von 800 bis 1200 t bei 30 bis 40 km/h, maximal 50 km/h, leichte Güterzüge von 350 bis 500 t, und Personenzüge von 250 bis 350 t bei normal 65, maximal 90 km/h und Schnellzüge von 300 bis 500 t bei normal 75, maximal 90 km/h bestimmt. Die vier Motoren leisten bei 1350 V 1800 PS 1 Stunde und 1500 PS dauernd bei 46 km/h bezw. 48·5 km/h.

Größte Anfahrzugkraft	**21 600 kg**
Übersetzung der Zahnräder	**1 : 3·47**
Höchstgeschwindigkeit	**100 km/h**
Länge über Puffer	**12 580 mm**
Gesamter Radstand	**8 740 „**
Raddurchmesser	**1 350 „**
Dienstgewicht	**76 760 kg**
Elektr. Ausrüstung st Zahnräder	**32 260 „**
Mechanischer Teil	**44 500 „**
Abgefedertes Gewicht	**55 370 „**
Drehgestell komplett	**20 235 „**
davon abgefedert	**9 540 „**

Bei Anfahrversuchen mit 578 t Anhängegewicht wurde der Motorstrom bei allen Gruppierungen (alle Motoren in Reihe, zwei Gruppen zu zwei Motoren in Reihe und alle Motoren parallel) auf 250 A gehalten und die Zwischenstufen für Feldschwächung überschaltet. Die mittels registrierender Strommesser gemessenen Stromschwankungen zwischen den einzelnen Stellungen sind bei Parallelschaltung am größten, betragen jedoch im Mittel nur 22 A je Motor entsprechend 950 kg Zugkraftsprung. Der größte Sprung betrug 35 A je Motor entsprechend zirka 1500 kg. Auf 8 vT Steigerung wurden in 4′ 20″ 42 km/h und auf 7 vT in 3′ 37·5 km/h erreicht. Ein Zug von 290 t wurde in 1·2 vT bei 250 A/Motor mit 0·2 m/s² und in der Ebene mit 350 A/Motor mit 0·38 m/s² beschleunigt. Die Laufeigenschaften der Lokomotive wurden mit dem Registrierapparat Hallade bestimmt, der die lotrechten und wagrechten Ausschläge mißt. Der Apparat wurde zunächst im vorderen Führerstand der allein fahrenden Lokomotive und dann zu Vergleichszwecken in dem dritten Abteil eines vierachsigen Personenwagens I. Klasse aufgestellt. Bei Geschwindigkeiten zwischen 92 und 102 km/h waren die Ausschläge in der Lokomotive 1·38 bis 3·82 größer, wobei zu beachten ist, daß die gleichen Geschwindigkeiten nicht immer auf dem gleichen Streckenteil be-

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 8.

Digitized by Google

obachtet wurden. Immerhin zeigen diese Versuche die gute Verwendbarkeit der Lokomotive für hohe Geschwindigkeiten. Der Wattverbrauch ohne Hilfsbetriebe bei zirka 1400 V und 45 km/h beträgt 12 Wh/tkm bei 578 t Anhängegewicht.

Die Motoren haben Eigenkühlung und einteilige Gehäuse. Die Anker laufen in Ringschmierlagern mit Bronzeschalen, die Tatzenlager haben Stahlgußschalen mit Dochtschmierung. Versuchsweise wurde mehrmals das Lageröl erst nach 50 000 km ausgewechselt, ohne daß vorzeitige Abnutzungen aufgetreten wären. Nachfüllung von Öl wird besonders bei den Ankerlagern erst nach mehreren 1000 km nötig. Eine wesentliche Lagerabnutzung konnte, trotzdem manche Lokomotiven 75 000 km bei Tagesleistungen von mehr als 700 km zurückgelegt haben, nicht festgestellt werden. Desgleichen sind die Zahnräder, die nur auf einer Lokomotive beidseitig und federnd angeordnet sind, bis jetzt noch kaum abgenutzt. Die Schaltung der Motoren erfolgt durch elektro-pneumatisch betätigte Hüpfer ohne einen besonderen Hauptschalter. Bei Kurzschlußversuchen wurden 6000 A bei 1500 V mehrmals hintereinander einwandfrei abgeschaltet. Die oszillographisch aufgenommene Unterbrechungszeit betrug 0·4″. Die Abschaltung erfolgt in zwei Stufen, indem zuerst die Vorschaltwiderstände vorgeschaltet werden und dann erst der Strom unterbrochen wird. W l.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 70/71, April/Mai 1927.)

Die neue Cz-Zahnradlokomotive der Berner Oberland-Bahn. Von P. Altorfer. Die Berner Oberland-Bahn umfaßt die Reibungsstrecke Interlaken — Zweilütschinen mit 25 vT maßgebender Steigung und die anschließenden gemischten Reibungs- und Zahnstrecken Zweilütschinen — Lauterbrunnen mit 90 vT und Zweilütschinen — Grindelwald mit 120 vT maßgebender Steigung. Die Linien sind meterspurig und werden seit 1914 mit 1500 V Gleichstrom elektrisch betrieben, wozu acht elektrische Lokomotiven der Achsfolge Cz für gemischten Reibungs- und Zahnbetrieb in Verwendung stehen. Zur Bewältigung des gestiegenen Verkehres wurde im Jahre 1926 eine weitere Lokomotive gleicher Bauart, jedoch gesteigerter Leistung an die Maschinenfabrik Oerlikon in Auftrag gegeben; der mechanische Teil ist Lieferung der Lokomotivfabrik Winterthur. — Die Lokomotiven besitzen unabhängigen Reibungs- und Zahnantrieb, je mit doppeltem Vorgelege, der erstere mit Stangenantrieb auf die drei gekuppelten Reibungsachsen, der letztere auf ein Triebzahnrad wirkend; eine Reibungsachse trägt ein lose auf ihr sitzendes Bremszahnrad. Die beiden untereinander gleichen Triebmotoren, der eine für den Reibungs-, der andere für den Zahnantrieb, sind offene vierpolige Gleichstrom-Reihenschlußmotoren mit Eigenlüftung. Auf der Reibungsstrecke arbeitet der Motor des Reibungsantriebes allein; die Zahnstangeneinfahrt erfolgt mittels einer Zwischenschaltung, wonach auf der Zahnstrecke beide Motoren in Reihe geschaltet, der Reibungsmotor mit geshuntetem Feld, arbeiten. Die Talfahrt erfolgt mit elektrischer Kurzschlußbremsung für das ganze Zugsgewicht.

Die Hauptdaten der neuen Lokomotive sind:

Spurweite	1000 mm
Reibungstriebraddurchmesser	910 „
Triebzahnraddurchmesser (27 Zähne zu 100 mm Teilung)	860 „
Übersetzung des Reibungsantriebes	1 : 4·26
„ „ Zahnantriebes	1 : 6
Breite des Lokomotivkastens	2750 mm
Höhe der Dachkante über S. O.	3182 „
Länge über Puffer	8240 „
Einstundenleistung der Triebmotoren:	je 410 PS bei 1500 V, 590 U. p. m.
Dauerleistung der Triebmotoren:	je 310 PS bei 1500 V, 630 U. p. m.
Gewicht des mech. Teiles	20·2 t
„ der elektr. Ausrüstung	16·3 t
Gesamtgewicht	36·5 t

Das angehängte Zugsgewicht für die Reibungsstrecke beträgt 125 t bei einer höchsten Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h, wogegen auf den Zahnstrecken von 90 vT und 120 vT angehängte Zugsgewichte von 90 t bezw. 60 t mit einer Fahrgeschwindigkeit von 10 bis 12 km/h zulässig sind. W.

(Bulletin Oerlikon Nr. 65, November 1926.)

Die Nutzbremsung von Gleichstromlokomotiven. A. Bredenberg berichtet darüber der Jahresversammlung 1926 des A. J. E. E.[1]) Das Anwendungsgebiet der Nutzbremsung ist die Talfahrtbremsung schwerer Züge auf langen Gefällen stärkerer Neigung zur Ermöglichung höherer Fahrgeschwindigkeit bei erhöhter Sicherheit, zur Ersparnis an Radreifen und Bremsklötzen und zur Rücklieferung von Energie. Diesen Vorteilen gegenüber zu halten ist der Aufwand an Gewicht und Anschaffungskosten und an Erhaltung der zusätzlichen Ausrüstung. Die Nutzbremsung ersetzt nicht die durchgehende Druckluftbremse, sondern ist als Ergänzung derselben zur Erzielung der angeführten betrieblichen Vorteile zu betrachten.

Um die Spannung eines Reihenschlußmotors bis zur Rücklieferung von Strom an den Fahrdraht zu steigern, ist es notwendig, sein Feld fremd zu erregen und diese Erregung so zu regulieren, daß sich unabhängig von Spannungsschwankungen im Netz und von Änderungen des Gefälles ein stoßfreier Bremsbetrieb ergibt. Hiebei kann die Fremderregung des Feldes der rückarbeitenden Motoren durch einen besonderen Erregergenerator oder durch Verwendung eines oder mehrerer der Triebmotoren als Erreger für die übrigen erfolgen.

Die Fremderregung mittels Erregerumformers wurde in größerem Maßstabe erstmalig an den Güterzuglokomotiven der Chicago—Milwaukee—St. Paul-Bahn angewendet;[2]) die Schaltung ist daselbst so getroffen, daß der Erregergenerator, selbst die Summe des Feldstromes und des rückgelieferten (Anker-) Stromes der Triebmotoren führend, durch den letzteren gegenkompoundiert wird. An den Lokomotiven der Mexikanischen Eisenbahn erfolgt die Gegenkompoundierung durch einen von der Summe des Feld- und Ankerstromes der Triebmotoren durchflossenen Ausgleichswiderstand, wogegen der Erregergenerator nur den Feldstrom führt. Nebst dem Vorzug eines Erregergenerators für kleinere Stromstärke und größere Spannung ist die zweite Anordnung durch eine Charakteristik mit praktisch unveränderlicher Geschwindigkeit und durch einfache Steuerung ausgezeichnet. Die Heranziehung eines Teiles der Triebmotoren als selbsterregte Generatoren zur Erregung der übrigen rückarbeitenden Motoren wurde erstmalig an den vorgelegelosen Schnellzuglokomotiven der Chicago — Milwaukee — St. Paul-Bahn, weiters an den Lokomotiven der Paulista-Bahn[3]) und der Spanischen Nordbahn angewendet.

Die Bremsung mittels Erregung durch einen Teil der Triebmotoren gestattet die Talfahrt des mit derselben Lokomotive bergwärts beförderten Zugsgewichtes, jedoch mit umso mehr verminderter Fahrgeschwindigkeit, je stärker die Neigung ist. Bei Erregung mittels besonderen Erregergenerators können erheblich schwerere Züge mit etwas höherer Fahrgeschwindigkeit als bergwärts befördert abgebremst werden. Das erstere Verfahren eignet sich daher vor allem für Strecken geringer Neigung (10 bis 15 vT) und für kurze Strecken größerer Neigung, auf denen die herabgesetzte Fahrgeschwindigkeit nicht ins Gewicht fällt, wogegen das Anwendungsgebiet der Bremsung durch besonderen Erregergenerator die Lokomotiven mit drei Geschwindigkeitsstufen und die langen Bergstrecken größerer Neigung (20 vT und mehr) so wie überhaupt alle Strecken sind, auf denen die höchste zulässige Streckengeschwindigkeit in der Talfahrt ausgenützt werden soll. W.

(Gen. El. Rev., Bd. 29. Heft 8, 1926.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, Heft 12, S. 232.

[2]) Vgl. Seefehlner, E. u. M. 1917, S. 405 ff; 1918, S. 117.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 218.

Digitized by Google

Elektrische Apparate.

Ein mechanischer Wechselstromgleichrichter wird von Ing. Fritz Tellert beschrieben. Es handelt sich um einen Pendelgleichrichter mit zwei polarisierten Schwingfedersystemen, die durch ein dünnes Stahlstäbchen *S* (Abb. 1) miteinander gekuppelt sind. Die mechanischen Eigenfrequenzen der beiden Schwingsysteme sind etwas voneinander verschieden: die eine liegt etwas oberhalb, die andere um ebensoviel unterhalb der mittleren Frequenz, für die der Apparat gebaut ist. Die mechanische Kopplung bewirkt eine Übereinanderlagerung der beiden Resonanzkurven, wodurch eine gemeinsame verbreiterte und abgeflachte Resonanzkurve entsteht, die eine geringere Frequenzempfindlichkeit gegenüber den einfachen Apparaten mit sich bringt. Die Wirkung des Wechselstrom-Magnetsystemes *E* wird dadurch erhöht, daß die Federenden mit messerschneidenartigen Endstücken versehen sind, die in entsprechende Schlitze der Polkerne einschwingen. Die festen Kontakte sind einstellbar und zur Erzielung eines ruhigen und möglichst funkenfreien Ganges auf Federn angebracht, deren Ausweichung in der Richtung gegen das schwingende System durch einen Anschlag begrenzt ist, so daß die einmal gewählte Kontakteinstellung während des Betriebes ungeachtet der Federung ungeändert bleibt. Die Erregerspulen sind zur Erzielung der erforderlichen Phaseneinstellung über einen $2\,\mu$F-Kondensator an die Wechselstromquelle angeschlossen. Die Funkenbildung an den Kontakten wird durch parallelgeschaltete Kondensatoren gemildert. Die Bedingungen eines guten Gleichrichters sind:

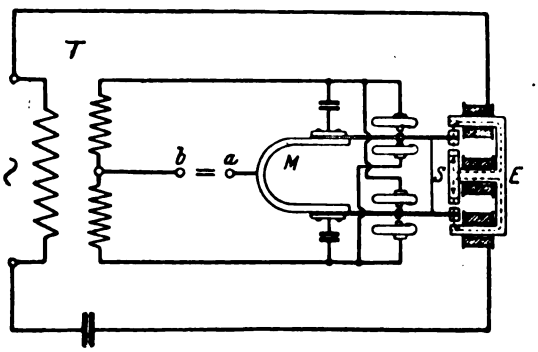


Abb. 1.

1. Bei Belastung mit ohmschem Widerstand muß das schwingende System durch seine Ruhelage gehen, wenn die Wechselspannung $e = 0$ ist. Da im Resonanzpunkt die Phase der mechanischen Geschwindigkeit gleich Null ist, das heißt, dem Scheitelwert der Geschwindigkeit beim Durchgange durch die Ruhelage der Scheitelwert der Kraft und somit auch der des Erregerstromes entspricht, muß zur Erfüllung dieser Bedingung die Phase des Erregerstromes um 90° gegen die Phase der EMK verschoben werden, was durch die Vorschaltung der Kapazität von $2\,\mu$F erzielt wird. Der Kontakt sollte theoretisch schon im Augenblicke des Durchganges der Schwingfeder durch die Ruhelage hergestellt werden; praktisch wird jedoch zur Vermeidung von Kurzschlüssen nur eine möglichst enge Kontaktstellung gewählt werden können, so daß ein ganz funkenfreier Gang nicht erreichbar ist. Bei Reaktanzen im Transformatorenkreise, also auch schon, wenn der Transformator eine größere Streuung besitzt, verschlechtern sich die Verhältnisse erheblich mit der Abnahme des Widerstandes im Gleichstromkreise. Man verwendet daher zweckmäßig Transformatoren mit viel Eisen und wenig Kupfer. Die Wicklung wird am besten unterteilt und die Sektionen der beiden Sekundärhälften werden gemischt angeordnet.

2. Belastung auf Verbraucher mit Gegenspannung (Akkumulatorenladung). In diesem Falle darf der Kontakt erst geschlossen werden, wenn die ansteigende Wechsel-EMK *e* gleich der Gegenspannung geworden ist, und ist zu öffnen, wenn die nach Erreichung des Scheitelwertes wieder absteigende EMK ebenfalls wieder gleich der Gegenspannung geworden ist. Wird der Kontakt später geschlossen oder früher geöffnet, so wird der Gleichrichter nicht voll ausgenützt; ebenso im entgegengesetzten Falle, in welchem der Ladungsperiode eine Entladungsperiode entweder vorausgeht oder nachfolgt. In beiden Fällen wird ferner der Strom nicht beim Nullwerte unterbrochen und es tritt Funkenbildung auf. Man hat daher die beiden Kontakte etwas weiter voneinander und zwar auf möglichst funkenfreien Gang oder auf höchste Gleichstromleistung einzustellen. Die Änderung der Gegenspannung während der Akkumulatorenladung von 2·2 auf 2·75 V je Zelle bleibt jedoch praktisch ohne wesentlichen Einfluß, wenn man zu Beginn der Ladung den Ladestrom um etwa 10 vH höher als normal einstellt. Gegen Ende der Ladung sinkt er dann auf etwa 15 vH unter den Normalwert. Zur Ladung verschiedener Zellenzahlen empfehlen sich aus wirtschaftlichen Gründen entsprechende Anzapfungen der Sekundärwicklung. Die Phaseneinstellung des schwingenden Systemes muß natürlich denselben Bedingungen wie ohne Gegenspannung entsprechen. Die meisten bisherigen Pendelgleichrichter versagen deshalb schon bei geringen Änderungen der Frequenz des speisenden Wechselstromnetzes, während die vorgeschlagene Ausführungsform, wie eingangs erwähnt, gegen Frequenzschwankungen weniger empfindlich ist. (Eine analoge Wirkung ließe sich wohl auch durch eine stärkere Dämpfung des schwingenden Systemes erzielen. D. Ber.) Die unter verschiedenen Betriebsverhältnissen gewonnenen Oszillogramme bestätigen die obigen Folgerungen und zeigen, daß der Gleichrichter des Verfassers den gestellten Bedingungen gut entspricht. Bemerkenswert erscheint, daß die Unterbrechung eines Kontaktes in der einen Hälfte der Sekundärwicklung bei ungleicher Einstellung der Kontakte beider Schwingfedern im noch geschlossenen Stromkreise der anderen Sekundärwicklung eine hohe gedämpfte Oberwelle erzeugt. Der Verfasser führt dies auf die Streuung des Transformators zurück, die zusammen mit den den Funkenstrecken parallel geschalteten Kondensatoren einen Schwingungskreis bildet, der durch die bei noch ziemlich hoher Stromstärke erfolgende Unterbrechung der zweiten Wicklungshälfte angestoßen wird. (Durch richtige Einstellung beider Kontaktpaare dürften diese Oberwellen vermieden werden. D. Ber.) Auch beim Doppelpendel-Gleichrichter besteht die Möglichkeit des Weiterarbeitens unter Rückentladung der Batterie beim Ausbleiben der Netzspannung; jedoch nur dann, wenn an seinen Netzklemmen kein genügend kleiner Widerstand parallel geschaltet ist, also mit dem Gleichrichter nur wenige niedrigkerzige Glühlampen eingeschaltet bleiben. Bei größeren Gleichrichtern wird dies durch Rückstromrelais verhindert. Der Wirkungsgrad kann bis 85 und 88 vH betragen, während andere als Pendelgleichrichter kaum 65 vH erreichen. Apparate dieser Art werden von C. Joh. Fritze, Dresden-A, bis zu Leistungen von 300 W gebaut. Eine kleine Type für Radioanlagen erlaubt die gleichzeitige Ladung einer Heiz- und einer Anodenbatterie. Andere Typen werden mit Anzapfungen für 6, 10 und 15 Zellen in Reihenschaltung gebaut. Die Anschaffungskosten sollen sich auf 120 bis 150 Mk. belaufen. Der Verfasser hält auch die Verwendung dieser Gleichrichter in der Galvanotechnik für aussichtsreich, da die Kontakte noch für mehr als 50 A ausgeführt werden können. R. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 14. 1927.)

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

(Fortsetzung aus Heft 32, Seite 664.)

Einrichtungen zur Fernschaltung.

Zum Fernbewegen, beliebiger Gegenstände werden Differentialmotoren verwendet, deren Einstellung durch zwei Wechsel- oder Drehfelder erfolgt, deren Frequenzen im entgegengesetzten Sinne regelbar sind. Diese Drehfelder wurden bisher in Generatoren mit regelbarer Drehzahl erzeugt. Gemäß einem Vorschlag der Gesellschaft für Elektrische Apparate m. b. H. in Berlin-Marienfelde werden statt der Generatoren zwei

Digitized by Google

regelbare Schwingungskreise vorgesehen, die über an sich bekannte Mittel zur Erzeugung von Phasenverschiebungen mit der Feld- und Ankerwicklung des oder der den Gegenstand bewegenden Differentialmotoren verbunden sind. Zweckmäßigerweise werden dabei gleichartige Elemente beider Schwingungskreise (Kapazitäten oder Selbstinduktionen) durch eine gemeinsame Vorrichtung im entgegengesetzten Sinne geregelt.
(D. R. P. Nr. 435800.)

Die genannte Firma gibt eine weitere Anordnung zum Fernsteuern eines einen Gegenstand einstellenden Motors an, die geeignet ist, eine zu übertragende Bewegung genau nachzubilden. Erfindungsgemäß wird die Einstellung des Regelorganes für den Motor außer von der Geschwindigkeit der nachzubildenden Bewegung auch von der von dem Motor ausgeführten Bewegung beeinflußt. Für diesen Zweck sind zwei Gruppen von Mitteln vorgesehen, welche das Regelorgan des Steuermotors derart beeinflussen, daß sich der Motor entsprechend der an der einen Gruppe eingestellten Geschwindigkeit und entsprechend der an der anderen Gruppe wirksamen Differenz des eingestellten und des ausgeführten Bewegungsbetrages bewegt.
(D. R. P. Nr. 439946.)

Eine Erfindung der Firma Vickers Limited in Westminster betrifft schrittweise bewegte Elektromotoren, zum Beispiel für sympathische Bewegungen, bei welchen im induzierten Teil (Ständer) Erregerwicklungen angeordnet sind, die von einem Steuerapparat der Reihe nach gespeist werden und bei denen der induzierte Teil (Läufer) je nachdem Ständerspulen erregt sind, seine Lage zum Ständer einnimmt. Bei solchen Motoren treten, besonders bei höheren Geschwindigkeiten, solche Pendelungen um die vorgeschriebene Lage ein, daß sie außer Tritt fallen. Erfindungsgemäß wird zur Vermeidung dieser Übelstände der induzierte Teil (vorzugsweise der Läufer) des Motors aus Lamellen von magnetischem Material (die durch Zwischenlagen aus unmagnetischem Material voneinander getrennt sind) derart aufgebaut, daß die Schichten parallel mit der Drehachse des Rotors verlaufen. Vorzugsweise werden die Lamellen so angeordnet, daß sie sich im wesentlichen in der Richtung des Kraftlinienweges von Pol zu Pol des induzierenden Teiles des Ständers erstrecken. In den Lagen, in welchen die Schichtung der Lamellen mit dem Kraftlinienfluß der erregten Ständerspulen übereinstimmt, ist der magnetische Widerstand des Rotors sehr gering und leistet gegen eine Verschiebung aus dieser Lage einen erheblichen Widerstand. Der Ständer erhält vorzugsweise für jedes Polpaar drei um 120° elektrisch gegeneinander versetzte Spulen. Um Pendelungen mit Sicherheit auszuschließen, kann man die Spulen mit jeweils zum Magnetfluß senkrechter Achse über geeignet bemessene induktionsfreie Widerstände oder Kondensatoren oder beide kurzschließen. Bewegt sich nun eine Spule, deren Achse senkrecht zum Felde liegt, so durchfließt die Kurzschlußkreise ein Strom, der den Rotor bremst. Abb. 6 zeigt die Schichtung der Lamellen bei einem vierpoligen Motor.

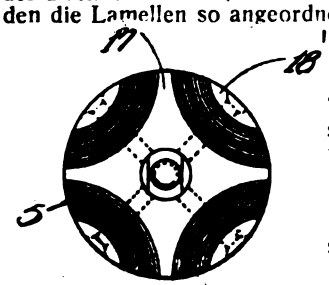


Abb. 6.

(D. R. P. Nr. 440758.)

Eine Eigenart einer von der Firma Österreichische Brown Boveri-Werke A.-G. in Wien vorgeschlagenen Schaltung zur Fernsteuerung von Schaltvorrichtungen in beliebiger Gruppenzahl besteht darin, daß bei Verwendung von nur zwei Verbindungsleitungen (bezw. einer und Erde als Rückleitung) eine beliebige Anzahl örtlich nahe beieinander liegender Schalteinrichtungen von einer Kommandostelle aus betätigt werden können und daß die Rückmeldung einerseits der eingeleiteten in Gang befindlichen Schaltvorgänge, andererseits deren ordnungsmäßige Beendigung ebenfalls durch die vorerwähnte, für die Steuerung der Schalteinrichtungen vorhandene Leitung erfolgt. Eine weitere Eigenart besteht darin, daß eine vom Aufstellungsort der Schalteinrichtung in die Kommandostelle führende oder eine in der Nähe des Aufstellungsortes vorbei- und zur Kommandostelle gehende, beliebige Prüfleitung fallweise für die Einleitung der Schaltvorgänge bezw. deren Kontrolle herangezogen werden kann. Die Erfindung gestattet zum Beispiel bei Aufstellung von neuen Speisepunktstationen, die bisher zwischen einem bestehenden Speisepunkt und der Zentrale bereits vorhandene Meldeeinrichtung, etwa ein Voltmeter, das in der Zentrale die Spannung dieses Speisepunktes anzeigt und die zugehörige Meßleitung für die Fernsteuerung der neuen Anlage und Kontrolle der vorgenommenen Schaltungen zu verwenden, wobei jedoch seine bisherige Funktion nicht beeinträchtigt, sondern nur für die jeweilige Dauer der Schaltvorgänge unterbrochen wird. Die Empfindlichkeit des vorhandenen Instrumentes kann durch die von der fernbetätigten Steuereinrichtung zwangläufig in der Meßleitung eingeleiteten Schaltungen so verändert werden, daß durch die Änderung der Anzeige des Instrumentes der vor sich gehende Schaltvorgang angezeigt wird. Bei mehreren möglichen Schaltvorgängen wird jedem derselben eine bestimmte Änderung der Empfindlichkeit des Instrumentes zugeordnet. (Ö. P. Nr. 105983.)

Eine elektrische Fernbetätigungsvorrichtung für einen oder mehrere je verschiedene Arbeitsstellungen besitzende Apparate, insbesondere für automatische Unterstationen ist Gegenstand einer Erfindung der Firma Società italiana Ernesto Breda per costruzzioni meccaniche in Mailand. Erfindungsgemäß wird, zum Zwecke, die bisher notwendige Zahl von Übertragungsleitungen wesentlich zu vermindern, eine der Stromzuleitungen des den kontrollierten Apparat antreibenden Schaltmotors in m parallel geschaltete Leiter unterteilt, die einerseits an m Schalter der Betätigungsvorrichtung, andererseits an m von dem gesteuerten Apparat betätigte Schalter angeschlossen sind. Hiebei entspricht jeder Schaltstellung auf der Seite der Betätigungsvorrichtung eine Gruppe von n geschlossenen Schaltern und auf der Seite des kontrollierten Apparates eine der vorgenannten entsprechende Gruppe von offenen Schaltern. Die Zahl der erzielbaren verschiedenen Stellungen ist durch die Anzahl der Kombinationen von m Schaltern gegeben, die zu Gruppen von je n Schaltern vereinigt sind, nach der Formel

$$\frac{m\,(m-1)\,(m-2)\,\ldots\,[m-(n-1)]}{1.2.3\,\ldots\,m}.$$

Die Bewegungsrichtung des zu steuernden Apparates wird mittels eines Umschalters von Hand aus an der Stellvorrichtung bestimmt, durch den die Stromrichtung im Erregungsstromkreis des Motors geändert wird. Bringt man die Stellvorrichtung beispielsweise in eine bestimmte Stellung, in welcher drei bestimmte Schalter geschlossen sind, so ist der Stromkreis des Schaltmotors bei allen Stellungen außerhalb dieser eingestellten Stellung geschlossen, so daß der Motor sich so lange dreht, bis diese Stellung erreicht wird, in welcher sich dann die entsprechenden Schalter an dem gesteuerten Apparat öffnen und den Motorstromkreis unterbrechen.
(D. R. P. Nr. 105960.)

(Fortsetzung folgt.)

Chronik.

50 Jahre Deutsches Patentamt. Am 1. Juli 1877 trat das am 25. Mai 1877 erlassene Patentgesetz in Kraft, mit welchem der Schutz der Erfindungen im ganzen Deutschen Reiche einheitlich geregelt wurde, und in diesem Zeitpunkt nahm auch das damalige kaiserliche Patentamt, das jetzige „Reichspatentamt" seine Tätigkeit auf. Daß Deutschland erst so spät in die Reihe jener Staaten trat, welche den Erfindungen und den Erfindern einen ausreichenden Schutz angedeihen lassen (Patentgesetze bestanden zwar schon in den einzelnen deutschen Ländern, aber ein Schutz war dem Erfinder

Digitized by Google

keineswegs gesichert), hing außer mit den politischen Verhältnissen auch damit zusammen, daß noch in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in Deutschland eine starke Strömung gegen den Schutz von Erfindungen überhaupt bestand. Dem Verein deutscher Ingenieure, vor allem aber Werner von Siemens, ist es zu verdanken, daß alle Hindernisse so bald nach der Einigung des Reiches überwunden und ein Gesetz geschaffen wurde, das an dem Aufschwung der deutschen Industrie in den letzten 50 Jahren einen bedeutenden Anteil hat.

Schon in dem Gesetze vom Jahre 1877 waren die Grundlagen des Patenterteilungsverfahrens (Vorprüfung und Aufgebot bezw. Auslegung der Anmeldungen) enthalten, die sich in der Folge sehr gut bewährten und auch einer ganzen Reihe von Staaten, so auch Österreich, als Richtschnur für ihre Patentgesetzgebung dienten. Eigenartig war nur die Organisation des Amtes zur Zeit der Gründung, da außer dem Präsidenten die Mitglieder nur nebenamtlich tätig waren. Man hatte dadurch allerdings die Möglichkeit, die bedeutendsten Fachleute, wie Werner von Siemens selbst, für die unmittelbare Mitarbeit heranzuziehen, doch konnte natürlich dieses System auf die Dauer nicht aufrecht erhalten werden.

Im Jahre 1891 bei der ersten Novellierung des Gesetzes ging man daher auch zunächst dazu über, in der ersten Instanz (Anmeldeabteilung) ausschließlich Mitglieder zu verwenden, die hauptamtlich tätig sind, und auch in den Beschwerdeabteilungen und Nichtigkeitsabteilung traten die nebenamtlichen Mitglieder immer mehr zurück. Seither hat das Gesetz noch eine Reihe von Abänderungen erfahren, seine Grundzüge sind aber, da sie sich eben als zweckmäßig erwiesen, voll erhalten geblieben.

Die Geschäftstätigkeit des Amtes hat sich sehr rasch entwickelt und die Zahl von über 1·3 Mill. Patentanmeldungen in den verflossenen 50 Jahren ist wohl der beste Beweis dafür, daß von dem Gesetz reichlich Gebrauch gemacht wurde. Erteilt wurden bisher etwa 450 000 Patente, durch die Prüfung der Anmeldungen sind also etwa $^2/_3$ davon weggefallen und damit sind auch viele Erfinder vor langwierigen und kostspieligen Prozessen bewahrt worden, die bei dem reinen Anmeldesystem (ohne Prüfung und Auslegung, wie es zum Beispiel heute noch in Frankreich besteht) unbedingt zu erwarten waren. Das Amt hat also auch in dieser Richtung im Interesse der gesamten Volkswirtschaft gearbeitet. Welche wichtige Rolle die Elektrotechnik im Patentwesen, bezw. das letztere in der Elektrotechnik spielt, ist an dieser Stelle wiederholt besprochen worden.[1]) Im Jahre 1891 übernahm das Patentamt auch die mit der Schaffung des Gebrauchsmustergesetzes verbundenen Aufgaben und es wurden bisher etwa 1 Mill. Gebrauchsmuster eingetragen. 1894 wurde seine Tätigkeit noch durch das Warenzeichengesetz erweitert, auf Grund dessen bisher über 350 000 Warenzeichen eingetragen wurden. Damit sind die Hauptaufgaben des Patentamtes geschildert, das heute über einen Personalstand von etwa 800 Beamten, darunter über 170 technische und rechtskundige Mitglieder, verfügt und seit 22 Jahren auch ein seiner Bedeutung entsprechendes Heim besitzt. Erwähnt sei noch, daß das Patentamt — wenn auch unter Widerspruch der beteiligten Kreise — schon seit vielen Jahren recht beträchtliche Überschüsse ausgewiesen hat.

Bei einer auch noch so knappen Würdigung der Tätigkeit des Deutschen Patentamtes darf schließlich auch dessen Bibliothek nicht unbesprochen bleiben, die abgesehen davon, daß sie die lückenlosen Reihen der Patentschriften aller Länder enthält, auch über sehr reichhaltige Bücher- und Zeitschriftenbestände auf allen Gebieten der Technik verfügt, und so nicht nur für Nachforschungen im Zusammenhang mit Erfindungen und Patenten, sondern auch für wissenschaftliche Arbeiten von großem Werte ist. Viele Jahre hat das Amt seine Literatur durch die Fortführung des bekannten „Repertorium der technischen Journalliteratur" von Kerl verarbeitet und in allerletzter Zeit ist durch die Schaffung einer Literaturnachweisstelle, zunächst für die chemische Literatur, wieder ein Schritt geschehen, um die Einrichtungen des Amtes der gesamten Industrie nutzbar zu machen.

Die Entwicklung der Technik sichert dem Deutschen Patentamte, das auf der ganzen Erde hohes Ansehen genießt, auch für die Zukunft reiche Arbeit, die wie bisher zunächst für das deutsche Wirtschaftsleben, im weiteren Sinne aber für die gesamte Weltwirtschaft von Nutzen sein wird. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 26, S. 533.

Die Tätigkeit der Gesellschaft für Wärmewirtschaft (GW) in Wien im Geschäftsjahr 1925/26. Aus dem in der Hauptversammlung am 21. Juni 1926 erstatteten Berichte geht hervor: In Fortsetzung der Belehrungstätigkeit der GW wurden folgende Kurse abgehalten: Ein Wärmewirtschaftskurs für Betriebsbeamte als 30 stündiger Abendkurs, gemeinsam mit der Lehrkanzel für Technologie der Brennstoffe, in welchem auf Grund von Anregungen aus der Praxis das Gebiet der Dampfwirtschaft besonders berücksichtigt war, in Gemeinschaft mit der technischen Bundeslehranstalt, Wien I, ein zehnstündiger Kurs für Brennstoffbeurteilung (dreimal) und wärmewirtschaftliche Fortbildungskurse für Kesselheizer. Die Fortsetzung der vor 3 Jahren begonnenen Kurse für Gewerbeschullehrer, welche gemeinsam mit dem Bundesministerium für Handel und Verkehr veranstaltet werden, brachte im Berichtsabschnitt die Behandlung der Starkstromwirtschaft.

Die Ausstellungstätigkeit der GW erstreckte sich auf die Beteiligung an der betriebstechnischen Wanderausstellung in Reichenberg und Wien, sowie an der Wiener Herbstkohlenmesse. Die in den Räumen der Lehrkanzel für Technologie der Brennstoffe an der Wiener Technischen Hochschule untergebrachte Ausstellung wärmetechnischer Meßgeräte wird weitergeführt.

Aus der Tätigkeit der Arbeitsausschüsse, welche 54 Sitzungen abhielten, sei angeführt: Die Arbeiten des Ausschusses für feste Brennstoffe wurden dadurch verzögert, daß man auf die parallel laufenden Arbeiten in auswärtigen Körperschaften zuwarten mußte. Die in Angriff genommene Aufstellung eines Katasters der österreichischen Kohlen ist dadurch behindert, daß der Verein der Bergwerksbesitzer Österreichs seine einschlägigen Vorarbeiten noch immer nicht zum Abschluß bringen konnte. Der Arbeitsausschuß für industrielle Feuerungen hat die Ausarbeitung eines Merkblattes über Rauchverminderung in Angriff genommen. Der Arbeitsausschuß für Dampfkesselbetrieb hat die Ausarbeitung eines umfassenden Merkblattes über Kesselspeisewasser beendet. Diese Arbeiten gaben auch Gelegenheit zu einer Untersuchung einer bestehenden Wasserreinigungsanlage, ferner zu einer Diskussion über Kesselsteingegenmittel. Ferner wurde die Sammlung von Daten über das Verhalten fester Brennstoffe in verschiedenen Rostfeuerungen übernommen. Der Arbeitsausschuß für Wärmeleitung hat die Merkblätter über Anlage und Betrieb von Dampf- und Wasserrohrleitungen einer Neubearbeitung unterzogen. Der Arbeitsausschuß für Wärmeschutz wird das Merkblatt „Wärmeschutz" umarbeiten. Der Arbeitsausschuß für Textilindustrie hat unter anderem die Frage der Mindestspannungen in der Textilindustrie in Beratung gezogen. Der Arbeitsausschuß für Abfallenergien hat seine Beratungen über Fragen der Abdampfentölung und der Frischdampfreinigung fortgesetzt, welche den innigen Zusammenhang zwischen Speisewasserbehandlung, Betriebsweise der Kessel, Frischdampfreinigung, Schmierung und Abdampfentölung und seine Bedeutung für die häufig so unbefriedigenden Entölungseffekte in der Praxis zeigten. Es wurde die Aufstellung eines diesen Bereich umfassenden Merkblattes beschlossen. Der Arbeitsausschuß für Meßwesen hat die Bearbeitung eines Merkblattes über Vermeidung von Meßfehlern fortgesetzt. Auch die Aufstellung von Richtlinien für betriebsmäßige Eichung wärmetechnischer Meßgeräte wurde eingeleitet. Im Zusammenhang mit den Arbeiten des letztgenannten Ausschusses ist zu erwähnen, daß durch eine mit der wissenschaftlichen Abteilung des Österreichischen Vereines Deutscher Ingenieure getroffene Vereinbarung eine verstärkte Mit-

Digitized by Google

arbeit der österreichischen Fachkreise bei der weiteren gemeinsamen Ausgestaltung der Regeln für Leistungsversuche an Kraftmaschinen vorgesehen wurde. Als Träger dieser Gemeinschaftsarbeit zwischen dem Verein deutscher Ingenieure und den österreichischen Fachkreisen wurde für den Bereich ihres Arbeitsgebietes die GW bestimmt.

Die Zahl der von der GW herausgegebenen bezugsfertigen Merkblätter hat sich im Berichtsabschnitte auf 20 gesteigert. Die Auskunfts- und Beratungstätigkeit der Geschäftsstelle hat insofern eine Ausdehnung zu verzeichnen, als von verschiedenen Industrien auf ihre Mitwirkung neuerdings auch bei verschiedenen Untersuchungen, ferner auch bei Betriebsumstellungen größeren Umfanges Wert gelegt wird. Die Mitwirkung der GW erfolgt in solchen Fällen in engem Einvernehmen mit den mit der Durchführung dieser Aufgaben betrauten Fachleuten. Vom Hauptverband der Industrie wurde die Geschäftsstelle auch im Berichtsabschnitt wiederholt als beratende Stelle herangezogen, zum Beispiel im Rahmen der Aktion zur Förderung des Absatzes der Inlandkohle und bei den Beratungen über die Neubearbeitung des Dampfkesselgesetzes.

Literaturberichte.

3558 **Meßtechnische Übungen der Elektrotechnik** von Konrad Gruhn. 176 Seiten. Verlag Julius Springer, Berlin—Wien 1927. Mk. 10·50.

Das Buch bildet eine Ergänzung zu dem von dem gleichen Verfasser herrührenden „Leitfaden über die elektrotechnischen Meßinstrumente". Der Hauptsache nach Unterrichtszwecken dienend, hat der Verfasser aus der übergroßen Zahl von Versuchsmethoden zur Darstellung jene ausgewählt, die typisch und lehrreich sind; hiebei dienten ihm als Leitstern die Erfahrungen, die er sich im elektrotechnischen Laboratorium der Technischen Lehranstalten der Stadt Dresden erwarb.

Durch den planmäßigen Aufbau des Stoffes wird dem Studierenden das Verständnis für das Dargebotene sehr erleichtert. Nach ein paar kurzen einleitenden Worten über Zweck des Versuches und über die hiezu dienenden Meßeinrichtungen erörtert der Verfasser das Meßprinzip und die Theorie des Versuches. Indem der Verfasser die besondere Versuchsausführung näher beschreibt, durch praktische Winke ergänzt und die Versuchsergebnisse in Tabellenform zusammengestellt oder graphisch darstellt, gewinnt der Studierende einen innigen Einblick in die für die Methode geltenden Zusammenhänge und lernt die Fehlerquellen kennen, die bei der Messung zu vermeiden sind. Die in dem Texte eingestreuten Übungsfragen sind sehr lehrreich und würden noch besser ihrem didaktischen Zwecke entsprechen, wenn anhangsweise die Lösungen dieser Fragen angegeben sein würden, damit der Studierende die Überzeugung gewinnt, daß er das Vorangegangene richtig erfaßt habe.

Aus dem Inhaltsverzeichnis ist zu entnehmen, daß nicht nur die für den zukünftigen Starkstromtechniker wichtigsten Meßmethoden- und Einrichtungen berücksichtigt wurden, sondern auch für den Schwachstromtechniker und für die Hochfrequenztechniker. Im Anhange beschreibt der Verfasser eine Reihe von neueren Meßeinrichtungen, die in der Praxis Eingang gefunden haben. Das Buch kann den Studierenden, aber auch den Prüffeldingenieuren wärmstens empfohlen werden.

Kusminsky.

2049 **Jahrbuch der Elektrotechnik.** Übersicht über die wichtigeren Erscheinungen auf dem Gesamtgebiet der Elektrotechnik. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von Dr. Karl Strecker. 14. Jahrgang. Das Jahr 1925. Druck und Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1927.

Bei einem Werke, das wie das vorliegende, sich alljährlich wiederholt[1]), muß es als großer Vorzug bezeichnet werden, daß es die im Laufe der Zeit gefundene Form und Einteilung mit großer Treue beibehält und so immer wieder in bekannter und gewohnter Struktur vor den Leser tritt, ihm den Gebrauch auf solche Weise wesentlich erleichternd, eine wichtige Eigenschaft bei einem Nachschlagewerk. Von Bedeutung aber ist auch, daß die Form nicht verknöchert, daß das Festhalten an ihr nicht zum Verschmähen wünschenswerter Verbesserungen führt. Es kann mit Befriedigung festgestellt werden, daß dies beim „Jahrbuch" nicht der Fall ist, daß es, während Inhalt und textliche Gestaltung den bewährten und bekannten Grundsätzen treu blieben, nun seine Einrichtungen ausgestaltet, die auch der jährlich dazukommenden Schar neuer Leser und jenen, die es nur selten benützen, ein rasches und leichtes Zurechtfinden möglich machen. Das Sachverzeichnis, das im Vorjahr nur die Überschriften der Absätze enthielt, hat seinen Umfang mehr als verdoppelt und die erwähnten Uberschriften sind nun allesamt auch ins Inhaltsverzeichnis eingegangen, was dessen Brauchbarkeit nicht unerheblich erhöht. Dennoch muß man dem Sachverzeichnis eine noch sorgfältigere Durcharbeitung wünschen, soll es seine Aufgabe, alle Aufsätze, die einen Gegenstand betreffen, an einer Stelle gesammelt anzuführen, erfüllen. Als Beispiel sei das Stichwort „Holzmaste" erwähnt, bei welchem die Seite 173 nicht genannt ist, obwohl sie 22 Hinweise auf Literaturstellen über dieses Thema enthält. Ähnliches gilt für „Kabelverlegung" und die Seite 174.

Der wachsende Umfang des Jahrbuches hat den Herausgeber veranlaßt, die Kapitel „Ausstellungen und Messen", „Vereinswesen und Kongresse" ganz, sowie „Technisch-Wirtschaftliches" teilweise zu streichen. Es ist auch erfreulicherweise gelungen, nicht nur die beiden im Vorjahre ausgebliebenen Kapitel nachzutragen, sondern den Erscheinungstermin ohne Opfer an Vollständigkeit zu halten. Es ist nur zu wünschen, daß die fortschreitende Entwicklung dieses bewährten Buches anhalten möge, um den mit dem Umfang literarischer Betätigung steigenden Anforderungen stets gerecht zu bleiben.

A. Fritz.

3554 **Riduttori** (Übersetzungsgetriebe). Von Ottorino Pomini. 560 Seiten mit 388 Abb. und 40 Tabellen. Verlag Ulrico Hoepli, Mailand 1927. Preis geh. 58 Lire.

Das Buch füllt eine Lücke in der technischen Literatur aus, da Zahnradgetriebe, die besonders durch ihre gesteigerte Anwendung beim Antrieb von Stromerzeugern und anderen Maschinen durch Dampfturbinen und große schnellaufende Elektromotoren ein sehr wichtiger Maschinenteil geworden sind, zwar in Zeitschriftenaufsätzen und in den Werken über Zahnräder behandelt wurden, aber eine zusammenfassende Darstellung bisher fehlte. Das Buch enthält in fünf Hauptabschnitten die Berechnung der Getriebe einschließlich der Wellen, die in Betracht kommenden Werkstoffe, ferner eine Beschreibung einer großen Zahl ausgeführter Getriebe, darunter sehr viele nach Entwürfen des Verfassers, Tafeln über Getriebereihen und schließlich zehn vollständig durchgerechnete Beispiele. Neben dem vorhandenen Schrifttum, vorwiegend dem deutschen sind auch viele eigene Untersuchungen und Erfahrungen des Verfassers verarbeitet. Von einer gewissen Breite der Schreibweise und den vielfachen, zwar sehr interessanten, aber nicht zum eigentlichen Thema gehörigen Abschweifungen abgesehen, entspricht das Buch in jeder Hinsicht den guten deutschen Werken über Maschinenelemente. Es kann dem Konstrukteur von Übersetzungsgetrieben als wertvoller Behelf auf das Beste empfohlen werden. Besonders hervorzuheben ist, daß die Zeichnungen ausgeführter Getriebe ausnahmslos mit Maßzahlen versehen sind. Auch die Ausstattung des Buches ist gut.

Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

3549 Unsere Technik und Amerika. Von Emo Descovich. 78 Seiten mit 22 Abb. Verlag von Dieck & Co. (Frankh's Tech. Verlag), Stuttgart 1927. Preis geh. Mk. 1·80, geb. Mk. 2·20.

Der durch seine populärwissenschaftlichen Abhandlungen bekannte Verfasser schildert hier in kurzem und auf gemeinverständlicher Basis die Methoden der wissenschaftlichen Betriebsführung, in deren Anwendung heute Amerika führend ist. Ansätze hiezu sind aber auch

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Heft 34, Seite 624.

Digitized by Google

in Europa bereits vorhanden. Eine Weiterentwicklung in einer durch die lokale Eigenart geforderten Weise könnte auch unseren Kontinent nach Ansicht des Verfassers wieder Amerika ebenbürtig zur Seite stellen.
Schw.

3290 Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure. Teil I: Differentialrechnung und Grundformeln der Integralrechnung nebst Anwendungen. Von R. Rothe. 2. Auflage. Mit 155 Textabb. B. G, Teubner, Leipzig-Berlin. Teubners technische Leitfaden Bd. 21.

Gegenüber der 1. Auflage hat das Buch eine Reihe von Verbesserungen, Ergänzungen, sowie neue Aufgaben erhalten. Es genügt daher auf die in E. u. M. 1926, S. 240, veröffentlichte Besprechung hinzuweisen.

Die vierzigjährige Geschichte des Transformators 1885 — 1925. 41 Seiten mit 33 Abb. Ganz'sche Electricitäts-Actien-Gesellschaft, Budapest. Von den in der Zeitschrift, Jhg. 1925, S. 1011, besprochenen Arbeiten der Ganz'schen Ingenieure Zipernowsky, Déri und Bláthy ausgehend, wird die Entwicklung des Transformators geschildert und auch die Tätigkeit der Firma Ganz auf dem Gebiete des Zentralenbaues und der Kraftverteilung, soweit sie mit dem Transformator zusammenhängt, gestreift.

3487 Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung, bearbeitet und herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, 19 Seiten mit einer Tafel. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis Mk. 1·—.

Die kleine Schrift behandelt zuerst die Anforderungen an Kühl- und Schmiermittel im allgemeinen, sowie an Bohröle und Emulsionen im besonderen, dann werden die wichtigsten Kühl- und Schmiermittel nebst ihren Eigenschaften angeführt und deren Anwendung bei den verschiedenen Bearbeitungsarten der einzelnen Metalle erläutert, schließlich wird auch die Wiedergewinnung der Bohröle besprochen. Eine Tafel gibt eine Übersicht von erprobten Kühl- und Schmiermitteln für verschiedene Zwecke. Die Schrift wird den Betriebsleitern und auch den an Metallbearbeitungsmaschinen selbst Arbeitenden recht gute Dienste leisten.

Fließende Fertigung. Eine Einführung in Wesen und Art des Fließbetriebes. Von Dipl. Ing. H. Schaefer. Bibliothek der ges. Technik, Band 362, 121 Seiten. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1927. Preis Mk. 3·90.

Mechanische Schwingungen und ihre Messung. Von Dr. Ing. J. Geiger. 305 Seiten mit 290 Textabb. und 2 Tafeln. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 24·—.

Die elektrischen Einrichtungen für den Eigenbedarf großer Kraftwerke. Von Obering. Friedrich Titze. 160 Seiten mit 89 Textabb. Verlag J. Springer. Berlin 1927. Preis geb. Mk. 12·—.

Berichterstattung der Basler Sondertagung der Weltkraftkonferenz 1926. Zwei Bände oktav, enthaltend zirka 2800 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und Tafeln. Preis Fr. 125·—. Verlag Emil Birkhäuser & Cie., Basel.

Controllers for Electric Motors. A Treatise on the Modern Industrial Controller, together with Typical Applications to the Industries. Von Henry Duvall James, B. S., M. E. Second Edition-Completely Revised and Enlarged. 522 pages, 444 ill. Verlag Chapman & Hall, Ltd, London 1927. Preis 21 s.

Electric Switch and Controlling Gear. Von Charles C. Garrard. Third Edition. Revised and Enlarged. 783 pages. Verlag Ernest Benn, Ltd., London 1927. Preis 63 s.

Electrotechnische Constructie. Von C. Feldmann. Deel I: Gelijkstroom. Technische Boekhandel en Drukkerij J. Waltmann Jr., Delft 1927.

Das Telephon und sein Werden. Von August Roth. Mit einem Geleitwort von Dr. Ing. e. h. E. Feyerabend. 148 Seiten mit 33 Abb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 4·50.

Die Teilung der Zahnräder und ihre einfachste rechnerische Bestimmung. Von Ing. G. Hönnicke. 115 Seiten mit 26 Textabb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 6·—.

Die Handhabung des Rechenschiebers. Von Dipl. Ing. Dr. H. Schütze. 48 Seiten mit 40 Abb. und 100 praktischen Übungsbeispielen. Verlag Dieck & Co., Stuttgart. Preis Mk. 1·20.

Der Elektromotor. *a*) Gleichstrommotoren. Von Dipl. Ing. Conrad Aron. Technische Fachbücher. Von Dipl. Ing. **A. Meyer.** Heft 18 *a*. 126 Seiten mit 44 Textabb. und 113 Aufgaben nebst Lösungen. C. W. Kreidel's Verlag, München. Preis Mk. 2·25.

Hebetechnik. Von Dipl. Ing. H. R. Müller. Technische Fachbücher. Von Dipl. Ing. **A. Meyer.** Heft 8. 124 Seiten mit 44 Textabb. und 118 Aufgaben nebst Lösungen. C. W. Kreidel's Verlag, München. Preis Mk. 2·25.

Neue Druckschriften.

Donau-Großkraftwerk Wien. Von Ing. H. Schubert. 24 Seiten mit 2 Tafeln. Im Selbstverlag der Bauunternehmung H. Rella & Co., Wien 1927.

Die Schrift enthält eine allgemeine Beschreibung eines Projektes zur Ausnutzung der Donauwasserkraft auf der Strecke von Klosterneuburg bis Hainburg in drei Werken mit einer Gesamtjahreserzeugungsmöglichkeit von 940 Mill. kWh. Für das Werk I (Spitzendeckungswerk gegenüber dem Praterspitz) sind acht Maschinensätze, aus Kaplanturbinen mit vertikaler Welle und Schirmgeneratoren bestehend, von je 15 000 kVA vorgesehen, für das Werk II (Laufwerk bei Orth) sechs Sätze gleicher Bauart von je 10 700 kVA. Als Anlagekosten je installiertes kW werden 1370 S errechnet, bei einem Strompreis von 3·3 g/kWh ist bei dem voraussichtlich zu gewärtigenden Stromverbrauch eine Amortisation der Anlagen bereits in 18 Jahren möglich.

DIN-Normblattverzeichnis. Stand der Normung Frühjahr 1927. 203 Seiten, DIN-Format A 5. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis Mk. 2·—.

Die Neuausgabe, die trotz des Wegfalls der allgemeinen Einleitung — diese erscheint als besondere Werbeschrift „Die deutsche Normung" und wird kostenlos abgegeben — den gleichen Umfang hat wie die vorhergehende[1]), umfaßt wieder ein systematisches Verzeichnis der fertiggestellten und in Arbeit stehenden Normblätter, eine Übersicht über die Normblattänderungen seit dem Erscheinen der letzten Ausgabe, ein fortlaufendes Nummern- und ein alphabetisches Stichwortverzeichnis.

Briefe an die Schriftleitung.

Zur Ermittlung der Hauptdimensionen von Synchronmaschinen. Von Prof. V. S. Kulebakin. E. u. M. 1926, Heft 40, Seite 741 ff.

Zu diesem Aufsatz möchte ich bemerken, daß es für Maschinen mit ausgeprägten Polen nicht zulässig ist, bei Berechnung des Stoßkurzschlußstromes die Nutenstreuung, Zahnkopfstreuung und Rotorstreuung gegenüber der Streuung der Statorverbindungen zu vernachlässigen. Deswegen gelten die Ausführungen des Autors nur für verhältnismäßig kurze Turbogeneratoren, denn nur in solchen Turbogeneratoren spielen die Streuflüsse der Stirnverbindungen des Stators eine vorwiegende Rolle beim Stoßkurzschlußstrom.

Im Beispiel, welches Prof. Kulebakin ausführt, erklärt sich die Übereinstimmung seiner Ausführungen für die Walchenseewerkmaschine der Bergmann A.-G. ausschließlich durch die irrtümliche Annahme der Amperestabzahl im Anker, die in Wirklichkeit (von den Bergmann-Werken bestätigt) 360 und nicht, wie Prof. Kulebakin angibt, 720 ist.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 221.

Digitized by Google

Für die Walchenseewerkmaschine der Bergmann A.-G. ergibt sich rechnerisch, daß der Streufluß der Stirnverbindungen nur zirka 25 vH von der gesamten Streuspannung bei Streuprobe ohne Rotor induziert. Für Maschinen mit ausgeprägten Polen ist aber gerade (nach Prof. Rüdenberg) die Streuspannung der Streuprobe ohne Rotor am maßgebendsten für den Stoßkurzschlußstrom.

Leningrad, am 30. November 1926.

R. Luther,
Ob.-Ing. der Elektrosila-Werke.

Erwiderung.

Die modernen Synchrongeneratoren mit ausgeprägten Polen werden in der Regel mit kräftigen Dämpferwicklungen ausgebildet, um bei einphasigen Kurzschlüssen bezw. einphasiger Belastung auftretende inverse Drehfelder von doppelter Frequenz zu unterdrücken, um die in der offenen Phase auftretenden Überspannungen auf einer ungefährlichen Höhe zu halten, und auch um stabile Parallelität zu erhalten. Bei solchen Generatoren ergeben sich auf Grund Rüdenbergscher Messungen die Verhältnisse der Stoßkurzschlußströme zu den Nennströmen wie bei Turbogeneratoren mit Zylinderläufern, deshalb muß man annehmen, daß bei den meisten modernen Synchronmaschinen nur die Stirn- und Nutenstreuung für die Entwicklung der Stoßströme maßgebend ist. Ob die ganze Ankerstreuung von Einfluß ist, und ob die Nutenstreuinduktanz wegen der Zahnsättigung voll anzusetzen ist, oder nur zum Teil, diese Frage ist endgültig noch nicht gelöst, und jeder Fachmann hat auf diesem Gebiete seine eigene Ansicht. Der Unterzeichnete ist der Ansicht, daß bei plötzlichen Kurzschlüssen die Nutenstreureaktanz nur teilweise auf die Stoßströme wirkt.

Den Umstand, das außer der Stirnstreuung noch andere Streuungen auf die Stoßströme wirken, habe ich in meinem Artikel beachtet. In allen Fällen, wenn der Einfluß der Nuten-, Zahnkopfstreuung und auch der Streuung des Magnetsystems wichtig ist, muß vorher festgestellt werden, in welchem Maße an der gesamten Streuinduktivität bei plötzlichem Kurzschlusse, die Stirnstreuung teilnimmt. Für diese Fälle wird es sich empfehlen, für m_k' den aus Formel (20) gewonnenen Ausdruck $m_k'' = \frac{m_k'}{a}$ in die Formeln (11) bis (19) einzusetzen; dann können diese in allgemeinen Fällen gebraucht werden. Die Formeln (11') bis (13') wurden ausgeführt unter der Voraussetzung, daß die Nutenstreuung teilweise an der Begrenzung der Stoßströme teilnimmt, und für den Fall, daß bei Synchronmaschinen die Werte $S = \frac{l_s}{\tau} = 1{\cdot}8 \div 2{\cdot}4$ und $\lambda_s = 0{\cdot}17 \div 0{\cdot}35$ gelten.

Die Bemerkung des Herrn Luther über den Wert des Strombelags des Walchenseewerk-Generators der Bergmann A.-G. ist ganz richtig. Nach Angaben, welche ich von der Bergmann A.-G. nach dem Erscheinen meines Artikels erhalten habe, ist in der Tat $As = 375/360$ A/cm, und der Generator hat zwei Parallelzweige. Da der Walchensee-Generator nicht genügend vollkommene Dämpferwicklung hat, so ist es nötig, zur Prüfung der von mir vorgeschlagenen Formeln nach Angaben dieser Maschine vorauszusehen, in welchem Maße die Streureaktanzen der Dämpfer- und Erregerwicklungen den Einfluß auf die Begrenzung des Stoßkurzschlußstromes ausüben. Leider sind die Angaben betreffs des Walchensee-Generators, welche zu meiner Verfügung stehen, nicht genügend, um den Koeffizient a im voraus festzustellen.

Die Bestimmung der Zahlwerte von a für die Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen und mit vollkommener Dämpferwicklung ist aus meinen Arbeiten zu entnehmen.

Moskau, den 17. Juni 1927.

V. Kulebakin.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Zusammenschlüsse in der Deutschen Elektrizitätsindustrie. Die beiden Spitzenverbände im Beleuchtungsgroßhandel, der Reichsverband des Beleuchtungs- und Elektrogroßhandels und die Elektrogroßhändler- und Exportvereinigung haben eine Arbeitsgemeinschaft geschlossen.

Der Dampfturbinenbau und die elektrische Erzeugung der Demag A.-G. sind an die Siemens-Schuckert-Werke übergegangen, die zu diesem Zwecke einen Teil der Mülheimer Werkstätten der Demag (die frühere Maschinenfabrik von Thyssen) erworben haben.

Nach dem Bericht der Direktion der Disconto-Gesellschaft, Berlin, vom 1. April 1927, haben ferner die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke (BEWAG) vom Märkischen Elektrizitätswerk die restlichen Anteile des städtischen und Kreiskraftwerkes Spandau erworben. Ferner haben die Elektrizitätswerke Schlesien-A.-G., Breslau und die Elektrowerke A.-G. Berlin einen Vertrag über die Lieferung beträchtlicher Strommengen aus dem Werk Trattendorf der Elektrowerke an die erstgenannte Gesellschaft ab 1928 auf die Dauer von 15 Jahren geschlossen. Die Stadt Dresden und die A.-G. Sächsische Werke gründen gemeinsam die Energieversorgung Groß-Dresden A.-G., der Freistaat Hessen und die Stadt Frankfurt a. M. die Braunkohlen-Schwelkraftwerk Hessen-Frankfurt A.-G., die das hessische Kraftwerk Wölfersheim übernimmt und daselbst eine Schwelerei errichtet. Ein weiterer Stromlieferungsvertrag wurde zwischen der Bayernwerk A.-G. und den Main-Kraftwerken A.-G. Höchst geschlossen, der nach Bedarf einen Austausch von Wasserkraft- und Wärmekraftenergie vorsieht und eine durchlaufende Energiestraße vom Walchensee nach Höchst und weiterhin zu den Braunkohlenwerken am Rhein schafft.

Die Kohlenwirtschaft Österreichs.[1]) Den in den „Statistischen Nachrichten" veröffentlichten, nach Angaben des Bundesministeriums für Handel und Verkehr zusammengestellten Ausweisen entnehmen wir folgendes:

1. Brennstoffverbrauch der einzelnen Wirtschaftsgruppen.

Verbrauchergruppe[1])	Gesamtbelieferung mit Brennstoffen in Tausend Tonnen				
	1922	1925	1926		
			im ganzen	inländisch	Ausländisch
Verkehr	2 693	1 737	1 735	352	1 383
Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke .	1 177	1 422	1 380	564	817
Hausbrand	1 475	1 764	1 723	489	1 234
Industrie:	3 740	3 506	3 353	1 662	1 691
Eisen- u. Metallind.	1 813	1 382	1 249	649	600
Bergbau	517	387	339	287	51
Chemische Industrie	219	186	186	62	124
Baustoffindustrie . .	233	335	312	115	197
Textilindustrie . . .	202	252	244	39	205
Papierindustrie . . .	340	402	429	269	160
Gesamtsumme .	9085	8429	8191	[2])3067	[3])5125

[1]) Einige Gruppen mit geringem Verbrauch sind weggelassen. [2]) Darunter 155 395 t Steinkohlen, 2·9 Mill. t Braunkohlen. [3]) Darunter 4·14 Mill. t Steinkohlen, 493 275 t Braunkohlen, 489 710 t Koks.

2. Einfuhr in t nach Herkunftsländern.

Brennstoffe	Polnisch-Oberschlesien	Tschechoslowakei	Dabrowa	Saargebiet	Ruhrgebiet	Sonstiges Ausland
	1925					
Steinkohle	2 443 520	1 023 643	239 322	178 676	172 572	195 056
Braunkohle	—	315 912	—	—	—	189 571
Koks . . .	39 670	254 771	—	—	—	218 976
	1926					
Steinkohle	2 330 704	1 150 728	270 551	158 675	216 499	14 458
Braunkohle	—	293 890	—	67 438	—	131 947
Koks . . .	40 088	172 391	--	74 009	202 847	375

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 260.

Digitized by Google

Die internationale Kohlenwirtschaft. Eine in der „Frankfurter Zeitung" besprochene, der Genfer Wirtschaftskonferenz vorgelegte Denkschrift über die Kohle und die Kohlenindustrie, in der der Bericht der Royal Coal Commission an das britische Parlament vor dem Ausbruche des großen Bergarbeiterstreiks eine große Rolle spielt, geht davon aus, daß die Kohlenproduktion (Steinkohle und Braunkohle) 1925 die der Vorkriegsperiode 1909 bis 1913 um 9·5 vH überschritten hat. Während aber in der Vorkriegszeit 1909 bis 1913 78 vH der Weltkohlenproduktion von den Vereinigten Staaten, Deutschland (Vorkriegsumfang) und Großbritannien geliefert wurden, entfielen 1925 auf diese drei Staaten nur noch 76·7 vH.[1]) Die Hauptkohlenproduktionsländer leiden unter Exportschwierigkeiten. Als Ursache des Exportrückganges verzeichnet man den Ausbau der Wasserkräfte in den europäischen Ländern; außerdem ist der europäische Verbrauch geringer geworden. Ferner spielt das Aufkommen der Kohlenindustrie in den außereuropäischen Ländern eine Rolle, die früher als Abnehmer in großem Maße in Betracht kamen (China, Japan). Die Märkte am Stillen Ozean werden jetzt mehr und mehr mit asiatischer Kohle beliefert. Hauptgründe des rückgängigen Kohlenverbrauches sind indessen die rationellere Verbrennung und die fortschreitende Entwicklung des indirekten, Energie sparenden Verbrauchs der Kohle (Gas, Elektrizität). Dazu kommt der scharfe Wettbewerb der Öle als Brennstoff und der Ausbau der Wasserkräfte. Während 1919/20 vom Brennstoffverbrauch der Schiffahrt noch 50·4 vH auf Kohle und 49·6 vH auf Öl entfielen, war das Verhältnis 1925 31·6 und 68·4 vH. Der Ausbau der Wasserkräfte entspricht zwar zur Zeit nur ungefähr etwa 2·3 vH der Weltkohlenproduktion, doch stehen hier noch große Zukunftsmöglichkeiten offen. Es könnte etwa ein Sechstel der Weltproduktion durch Wasserkraft ersetzt werden. Auch das Kohlenverflüssigungsproblem wird berührt und dabei betont, daß die Kohlenindustrie einen neuen beträchtlichen Impuls erhalten würde, falls die Versuche befriedigende Ergebnisse liefern. Der Kohlenverbrauch, insbesondere je Kopf als Gradmesser für die Industrialisierung des betreffenden Landes wird untersucht. Dabei ergibt sich bei den meisten Ländern ein Rückgang des Kohlenverbrauches. In Deutschland entfielen 1925 2·2 (1913: 2·6) t je Kopf, in England 3·9 (4·2), in den Vereinigten Staaten 4·4 (5·1), in Kanada 2·6 (4). Eine Zunahme zeigen Frankreich mit 1·8 (1·6), Belgien 3·9 (3·5). In England ist zum Beispiel 1924 die Kohlenabgabe an fremde Schiffe auf 17·9 (1913: 21·5) Mill. zurückgegangen. Die Kokereien erhielten 16·2 (18·6), die Gaswerke 16·7 (16·4), die Elektrizitätswerke 7·7 (4·9), die Eisenbahn 13·5 (13·2) Mill. t. Auf Hausbrand entfielen 40·3 (39·3), auf die Industrie 66·5 (68·4) Mill. t. Von den Gruben selbst verbraucht wurden 16·6 (18) Mill. t. Sehr ins Gewicht fiel natürlich auch der Ausfall Rußlands, dessen Bedarf sich um mehr als 40 vH verringert hat.

Trotz des allgemein rückgängigen Kohlenbedarfes ist die Weltkohlenproduktion gestiegen und zwar auf 1228·9 Mill. t im Jahre 1925 gegenüber 1122·8 Mill. t Jahresdurchschnitt 1909 bis 1913. Davon entfallen 578·2 (576·2) Mill. t auf Europa, 80·5 (49·5) Mill. t auf Asien und 542·3 (478) Mill. t auf Amerika.

Was die Preisentwicklung betrifft, so ist die deutsche Kohle im Vergleich zu 1913 um 24, die belgische um 33, die englische um 23 und die amerikanische um 91 vH gestiegen, während der Kohlenpreis in Frankreich um 20 und in Polen bis Ende 1925 fast um 24 vH zurückgegangen ist. Der Durchschnittspreis je Tonne exportierter Kohle betrug 1924 in Deutschland Pf. 21·11, in England Pf. 23·5 und in den Vereinigten Staaten Pf. 26·8. Bei der Kohlenein- und -ausfuhr für die einzelnen Länder fällt besonders ins Auge, daß Großbritannien 1925 mehr als ein Viertel seiner Ausfuhr von 1913 eingebüßt hatte. Schließlich wird auch die Frage der deutschen Reparationskohlen-Lieferungen gestreift und zugegeben, daß dadurch überhaupt die Kohlenausfuhrfrage etwas kompliziert wird.

Bezüglich der Organisation des Kohlenbergbaues in den einzelnen Ländern, die im Hinblick auf künftige Kohlenverständigungsverhandlungen großes Interesse beansprucht, sind die Verhältnisse in Deutschland mit seiner scharfen Kartellierung bekannt. In England besteht in jedem Kohlenbezirk eine Vereinigung der Grubenbesitzer, die wieder der Mining Association of Great Britain angehören, die aber nur die Funktion hat, die Lage zu beobachten, Maßnahmen zu veranlassen und eventuell mit dem Staate zu verhandeln. Die Festsetzung der Preise oder die Verteilung der Aufträge geht die Vereinigung nichts an. Auch in Frankreich existiert kein Kohlenverkaufssyndikat, wenngleich die französische Kohlenindustrie eine gewisse Stabilität der Preise aufrecht erhält. In den Vereinigten Staaten ist der größte Teil der Antrazitgruben im Besitz von acht Gesellschaften, die unter sich enger verbunden sind. Auf der anderen Seite machen sich 12 122 Unternehmungen der bituminösen Kohle gegenseitig Konkurrenz. Der Staat ist in verschiedenen Ländern im Kohlenbergbau aktiv tätig, so in Deutschland, Holland, Bulgarien, Frankreich (Saargruben) und natürlich auch in Rußland.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 11, S. 218.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	1. VIII. 1927	3. VIII. 1927	5. VIII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125	127½	127½

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	52½-53½	51-52	51-52
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	90—95	90—95	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 5. August 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	10	0	62	15	0
Wire bars	62	15	0	—	—	—
Standard Kassa . .	56	1	3	56	2	6
Standard 3 Monate .	56	10	0	56	11	3
Zinn:						
Engl. ingots	296	5	0	296	15	0
Standard Kassa . .	299	10	0	299	15	0
Standard 3 Monate .	290	12	6	290	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	25	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	29	1	3	28	16	3
Remelted	28	15	0	—	—	—
English Swansea . .	29	11	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175. Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 21. August 1927 | Heft 34

INHALT: *Die Regelung von Kondensationsturbinen. Von Direktor Prof. Dr. Ing. E. A. Kraft, Berlin. S. 685. / Benennung der Wechselstrom-Größen. Von A. Linker, Hannover. S. 689. RUNDSCHAU: Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen. S. 692. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 692. / Elektrische Meßkunde. S. 693. / Leitungen und Leitungsbau. S. 695. / Baustoffe. S. 695. PATENTBERICHT. S. 696. LITERATURBERICHTE. S. 698. BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 699. WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 700.*

Die Regelung von Kondensationsturbinen.

Von Direktor Prof. Dr.-Ing. E. A. **Kraft**, Berlin.

Übersicht. Da über die zweckmäßigste Art der Regelung von Kondensationsturbinen noch vielfach Unklarheit besteht, werden die Vor- und Nachteile der Drossel- und Füllungsregelung gekennzeichnet.

Eine Turbine wird sich unter wechselnder Last bei gleicher Auslegung, gleicher Ausführung und gleichen Dampfverhältnissen verschieden verhalten, wenn sie mit verschiedenen Regelungen ausgerüstet ist. Unklarheit über die Eigenarten der hauptsächlichen Regelungsverfahren führen noch immer in vielen Fällen dazu, daß vom Besteller Bedingungen gestellt und Gewährzahlen verlangt werden, die der normale Betrieb der fertigen Anlage nicht rechtfertigt. Die Folge kann sein, daß die Maschine, für andere Verhältnisse günstigst entworfen und gebaut, im Betriebe weniger gut erscheint, als erhofft wurde. Oft ist eine Turbine mit einfachster, auf den vorhandenen Betrieb zugeschnittener Regelung wirtschaftlicher als eine andere, die sämtliche Zwischenleistungen mit geringstem Dampfverbrauch zu erzeugen geeignet ist, aber nie in die Lage kommt, ihre Möglichkeiten zu erschöpfen. Grundsatz sollte es immer sein, größte Einfachheit in allen Fällen anzustreben und nur da zu komplizierteren Vorrichtungen überzugehen, wo es nicht zu umgehen ist. Nach allem dürfte es zweckmäßig sein, die Vor- und Nachteile der verschiedenen Regelungsverfahren für Dampfturbinen kurz in allgemeiner Form zu kennzeichnen. Dabei ist zu bemerken, daß sich die Betrachtungen in vollem Umfange nur auf Kondensationsturbinen beziehen. Für Gegendruck-, Anzapf- oder Abdampfturbinen sind andere Erwägungen maßgebend, die sich einer allgemeinen Behandlung in diesem Rahmen entziehen.

Die beiden bewährtesten Regelungsverfahren beeinflussen die Turbine durch Veränderung des Frischdampfdruckes bei gleichbleibendem Eintrittsquerschnitt (Drosselregelung) oder durch Veränderung des Dampfeintrittsquerschnittes bei gleichbleibendem Frischdampfdruck (Füllungsregelung). Beide Regelungsarten haben sich durchgesetzt und bestehen nebeneinander. Eine dritte Möglichkeit, die Leistung der Turbine durch Veränderung des Gegendruckes zu regeln, ist für diese allgemeine Betrachtung als praktisch bedeutungslos außer Acht zu lassen.

Die Drosselregelung ist die ältere und einfachere der beiden Regelungsarten. Bei Turbinen, deren Dampfverbrauch bei Zwischenlasten eine weniger wichtige Rolle spielt, genügt ein Ventil, dessen Öffnung die Leistung bestimmt, indem es seinen Hub unter dem Einfluß eines Drehzahl- oder Druckreglers oder irgend einer anderen Steuerungsvorrichtung verändert; bei kleineren Leistungen hat sich die einfache Bauart des Tellerventils eingeführt, bei größeren findet sich meist ein Doppelsitzventil. Für Überlast ist in der Regel ein zweites, entsprechend kleineres Ventil vorgesehen, das ebenso wie das erste unter dem Einfluß des Reglers steht und nach dem Hauptventil öffnet. Es läßt den Überlastdampf in eine spätere Stufe der Turbine eintreten. Bei einer solchen Anordnung kann natürlich der Einströmteil des Turbinengehäuses eine sehr einfache und klare Form bekommen, deren Widerstandsfähigkeit gegen die besonders bei hochgespanntem und stark überhitztem Dampf auftretenden Beanspruchungen mit großer Sicherheit gewährleistet werden kann. Die Dampfeinströmkammer beispielsweise wird ein durch keinerlei Einbauten unterbrochener, durch keine großen Aussparungen in den Wänden geschwächter Ringraum vor der ersten Stufe, der untrennbar mit dem HD-Teil des Gehäuses zusammengegossen ist. Eine derartig einfache Form einer Dampfeinströmung ist in Abb. 1 zu sehen, welche die Einströmseite einer neueren Turbine der General Electric Co. darstellt. Sämtliche Ventile stehen in diesem Falle neben der Turbine.

Diesen Vorzügen der Drosselregelung steht aber vor allem eine starke Verschlechterung des

Digitized by Google

Dampfverbrauches bei geringerer Belastung der Maschine infolge der arbeitslosen Verkleinerung des Gefälles durch Drosselung gegenüber, die dazu geführt hat, daß man bei steigenden Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit der Wärmeausnutzung andere Wege gesucht hat.

Bei der Füllungsregelung, die in vereinfachter Form als Düsengruppenregelung die am häufigsten angewendete Regelungsart ist, bleibt der Dampfdruck vor der ersten Turbinenstufe für die bei der Auslegung berücksichtigten, der vollen Öffnung jeweils einer Anzahl von Düsengruppen entsprechenden Teillasten stets der gleiche, es wird also stets das gesamte Gefälle ausgenützt, das heißt, der Dampfverbrauch wird unter sonst gleichen Umständen zwar der für die verringerte Dampfmenge zu großen Durchtrittsquerschnitte der Turbinenstufen wegen nicht gleich niedrig bleiben wie bei Vollast, aber doch ein geringerer sein als bei Drosselregelung. Dabei hat die Düsengruppenregelung noch den großen Vorzug, daß ihre kleineren, als Tellerventile ausgeführten Ventile besser dicht zu halten sind als ein oder mehrere

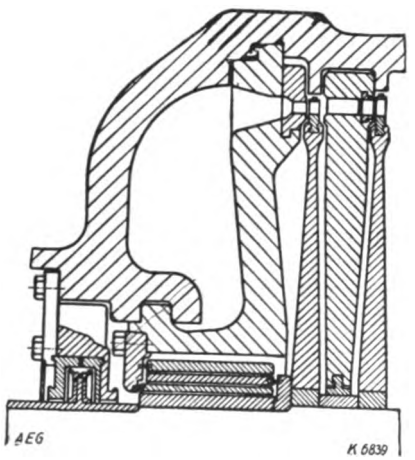


Abb. 1. General Electric Co., Frischdampfeinströmung für hohen Dampfdruck.

große Doppelsitzventile. Die Amerikaner verwenden allerdings fast ausschließlich auch für größte Dampfmengen Doppelsitzventile; das größte wurde dort, soweit bekannt geworden ist, für eine Turbine mit 50 000 kW Höchstleistung ausgeführt, für die ein Ventil nicht weniger als 86 vH der gesamten Vollast-Dampfmenge steuert. Mit den zwei nicht unerheblichen Vorzügen der Düsengruppenregelung verbinden sich aber auch einige Nachteile, von denen in erster Linie die Vielteiligkeit einer feineren Düsengruppenregelung zu nennen ist.

Ganz verlustlos ist keine der beiden Regelungsarten. Jede Teilbelastung einer Turbine bleibt immer mit einer Verschlechterung des Gesamtwirkungsgrades und Dampfverbrauches, zum mindesten durch die relative Vergrößerung der Strömungs- und mechanischen Verluste, verbunden auch dann, wenn die Füllungsregelung — was theoretisch denkbar ist und wirklich auch konstruktiv schon versucht wurde — soweit getrieben wäre, daß jede einzelne Düse nicht nur der ersten, sondern sämtlicher Stufen für sich geschaltet werden könnte. Daß eine solche Regelung aber praktisch unbrauchbar und bedeutungslos ist, braucht nicht näher begründet zu werden. Wenn nun im folgenden von einer Düsengruppenregelung und einer Drosselregelung gesprochen wird, so sind darunter in diesem Falle Regelungen mit einem oder zwei nacheinander öffnenden Ventilen, in jenem Falle mit wenigstens drei Gruppenventilen verstanden; handelt es sich indessen um den Idealfall der Füllungs- oder Drosselregelung, so ist das besonders hervorgehoben.

Die Frage, wie sich die Gefälls-, Druck- und Temperaturverhältnisse in einer neuzeitlichen, vielstufigen Dampfturbine bei wechselnder Belastung ändern, bereitet der exakten theoretischen Erforschung Schwierigkeiten; im allgemeinen wird man sich darum mit einer mit den wirklichen Verhältnissen praktisch übereinstimmenden Näherungslösung begnügen. Beobachtung und Messung von Turbinen im Betrieb haben nämlich erwiesen, daß in erster Linie der HD-Teil, also in der Mehrzahl der Fälle das ein- oder auch zweikränzige Gleichdruckrad der ersten Stufe, für das Verhalten der ganzen Turbine unter veränderlicher Last ausschlaggebend ist. Man kann also die wirklichen Vorgänge in einer vielstufigen Turbine bei Belastungsänderungen angenähert in der Weise verfolgen, daß man den HD-Teil und den sich anschließenden, oft sehr vielstufigen ND-Teil jeden für sich betrachtet. Dabei vereinfacht sich die Rechnung noch dadurch, daß der Wirkungsgrad am Radumfang des gesamten ND-Teiles mit genügender Genauigkeit bei allen Belastungen zwischen $^1/_2$- und $^5/_4$-Last als konstant angesehen werden kann.

Unter diesen Vereinfachungen wurde ein Sonderfall durchgerechnet, der den Einfluß der Regelung auf den Dampfverbrauch einer Turbine bei Teilbelastung auch zahlenmäßig zeigen soll. Die der Betrachtung zugrunde gelegte Turbine ist eine neuzeitliche, vielstufige Turbine mittlerer Leistung mit einem ND-Teil-Wirkungsgrad von 80 vH, deren Dampfverhältnisse 20 atü, 350° vor der ersten Stufe und die der Kühlwassertemperatur von 15° entsprechende Luftleere im Kondensator bei 60facher Kühlwassermenge, also etwa 96 vH bei Vollast, sind. Wie die Mehrzahl der neueren Turbinen sei auch diese so gebaut, daß die wirtschaftlichste Leistung ein wenig unter der Nennleistung liegt. Der Wirkungsgrad am Radumfang für die ganze Turbine ist wohl bei Vollast am größten, ändert sich aber mit abfallender oder steigender Last in der Nähe des Optimums nur sehr wenig. Während also bei sinkender Last bis zu einem gewissen Punkte der Wirkungsgrad der Beschaufelung angenähert gleich bleibt, verbessert sich mit geringer werdender Belastung und Dampfmenge wegen der aus praktischen Gründen meist gleichbleibenden Kühlwassermenge die Luftleere, was eine Verringerung des Dampfverbrauches zur Folge haben kann. Bei der gemeinsamen Betrachtung einer gesamten Turbodynamo wirkt dem verbessernden Einflusse der steigenden Luftleere aller-

Digitized by Google

dings die gleichzeitige Verschlechterung des Generatorwirkungsgrades entgegen, doch wird man bei den meisten neueren Anlagen für die Turbine allein den Punkt besten Dampfverbrauches bezogen auf die Leistung an der Kupplung etwa in der Mitte zwischen Voll- und Halblast finden. Groß sind die Unterschiede indessen nicht, sie bewegen sich auch bei größten Maschinen nur etwa in der Größenordnung von 1 vH.

Naturgemäß übt der innere Aufbau der Turbine, in erster Linie die Verteilung des Gesamtgefälles auf den HD- und den ND-Teil, einen ausschlaggebenden Einfluß auf das Verhalten der Turbine bei Änderung der normalen Arbeitsverhältnisse aus. Auch dieser Einfluß ist nicht allgemein darzustellen, sondern erfordert für jede Änderung eine besondere Durchrechnung. Um seine Art und Größe aber wenigstens andeutungsweise zu zeigen, erfolgte die Durchrechnung des Beispiels für zwei Fälle, nämlich für einen Anteil des HD-Rades am Gesamtgefälle von 10 vH und 30 vH.

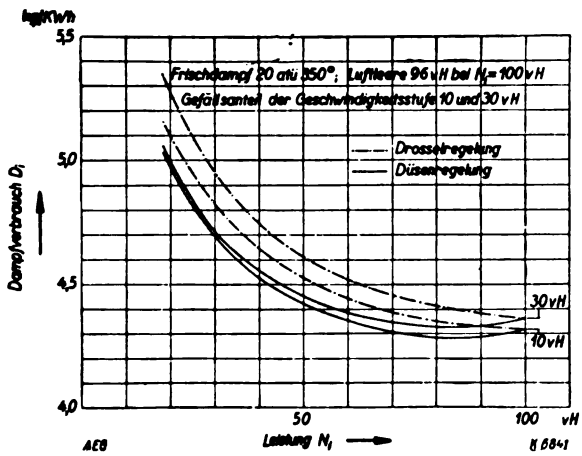


Abb. 2. Dampfverbrauch einer Kondensationsturbine bei idealer Drossel- und Düsenregelung.

Die Ergebnisse der Rechnung für ideale Drosselregelung und ideale Füllungsregelung sind in Abb. 2 zusammengestellt. Es ergibt sich zunächst für den Fall des kleineren Geschwindigkeitsrades in der ersten Stufe eine Unterlegenheit im Dampfverbrauch bei reiner Drosselregelung gegenüber der idealen Füllungsregelung von 1·9, 2·4 und 2·8 vH bei $^3/_4$-, $^1/_2$- und $^1/_4$-Belastung. Größer sind die Unterschiede beim HD-Teil mit größerem Gefällsanteil; sie betragen hier 2·3, 3·6 und 5·2 vH.

Es zeigt sich also, daß die ideale Füllungsregelung für sämtliche Zwischenlasten der Drosselregelung wirtschaftlich überlegen ist. Die Auswirkung dieser Erkenntnis wird allerdings dadurch beeinträchtigt, daß sich eine ideale Füllungsregelung, wie eingangs erwähnt, praktisch nicht ausführen läßt; sie würde zu unübersichtlich, zu wenig betriebssicher und vor allen Dingen so teuer werden, daß die dadurch erreichte Betriebsverbesserung mehr als ausgeglichen wird. Der Weg, der aus diesem Zwiespalt zwischen Theorie und Praxis in diesem Falle herausführt, ist eine Vereinigung beider Regelungsarten: die unter dem Namen Düsengruppenregelung bekannte und seit der Entstehung der Dampfturbine sich dauernd verbreitende und verbessernde Mengenregelung mit Drosselung der Zwischenpunkte. Hierbei liegen die Verhältnisse so, daß eine bestimmte Zahl von Drosselventilen, wenigstens 2 und höchstens etwa 6 oder 7, nacheinander öffnet und so bemessen ist, daß die volle Öffnung von jeweils ein, zwei usw. Ventilen einer Leistung von rund 0·25, 0·50 vH und so fort der höchsten Leistung entspricht. Es ergibt sich daraus, daß die Turbine an den Punkten, die der vollen Öffnung aller im Augenblick überhaupt geöffneter Ventile entsprechen, die Vorteile der Düsenregelung genießt, das heißt, mit dem Dampfverbrauch arbeiten kann, der bei idealer Füllungsregelung der ersten Stufe zu erreichen ist. Die Belastung zwischen solchen Punkten jedoch verbraucht mehr Dampf, weil sie ja nur durch eine gewisse Drosselung des Dampfes erreicht werden kann. Im Schaubild dargestellt ergibt sich ein Zustand, wie ihn Abb. 3 zeigt. Reine Drosselung bis zur Vollast, also nur

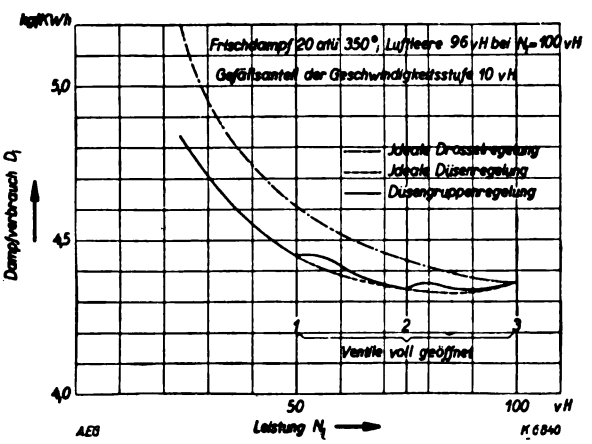


Abb. 3. Dampfverbrauch einer Kondensationsturbine bei Düsenregelung mit Drosselung der Zwischenpunkte.

ein einziges Ventil für die gesamte Dampfmenge, kann keine besseren Dampfverbräuche erwarten lassen, als sie der oberen Kurve entsprechen. Sind drei Ventile vorgesehen, die bei voller Öffnung die Maschine eine Leistung von 50, 75 bzw. 100 vH der Vollast herzugeben instand setzen, so kann man mit Werten rechnen, die von der unteren Kurve abzugreifen wären. Bei Halblast verbessert sich danach beispielsweise der Dampfverbrauch gegen die reine Drosselregelung um rund 2·1 vH. In den Punkten voller Ventilöffnung, also bei $^1/_2$-, $^3/_4$- und Vollast, arbeitet die Maschine mit dem gleichen Wirkungsgrad, den sie bei idealer Füllungsregelung erreichen würde. Zwischen diesen Betriebspunkten entfernt sich, wie oben schon erwähnt, die Verbrauchskurve wieder von der idealen, und zwar wird die Verschlechterung des Verbrauches mit abnehmender Drosselung ebenfalls abnehmen, die Kurve also ungefähr einen Verlauf haben, wie er im Bilde eingezeichnet ist. Einer genauen Berechnung entziehen sich diese zwischen zwei durch die volle Öffnung der beteiligten Ventile gekennzeichneten Verbrauchspunkte, es dürfte allerdings auch kaum lohnend sein, mit großem

Digitized by Google

Aufwand ein Ergebnis anzustreben, das in seinen Grundzügen bekannt und in seiner Größenordnung durch die Kurve für ideale Drosselregelung einerseits, für ideale Füllungsregelung andererseits begrenzt ist.

Auf Grund dieser Überlegungen, die durch Betriebserfahrungen an vielen Turbinen bestätigt sind, kann und muß nun der entwerfende Ingenieur für jeden Sonderfall die am ehesten geeignete Art der Regelung wählen, das heißt, er wird den

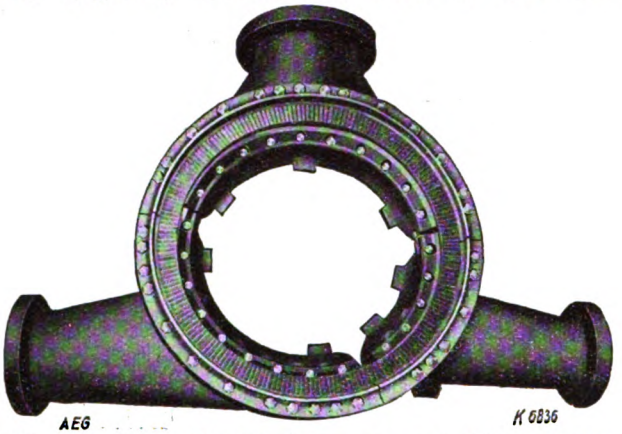
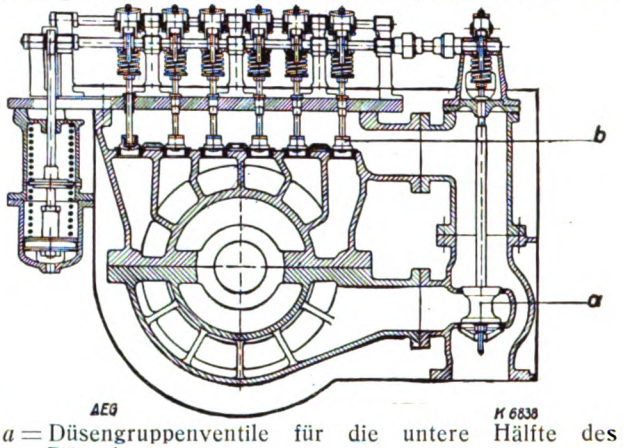


Abb. 4. AEG, Einströmkammern und Düsengruppen einer großen Kondensationsturbine.

voraussichtlichen Verlauf der Belastungsschwankungen der auszuführenden Turbine feststellen und danach die Zweckmäßigkeit der verschiedenen möglichen Anordnungen beurteilen. So wird sich für Kondensationsturbinen größerer Leistung, die ausgesprochene Grundlastmaschinen sein sollen, stets eine Ausführung mit wenigen Zwischenventilen als am zweckmäßigsten erweisen. Der praktische Betrieb hat erwiesen, daß bei einigermaßen günstigem Belastungsfaktor des Werkes folgende Einteilung wirtschaftlich nicht nur vollkommen ausreichend, sondern einer anderen sogar zum Teil überlegen ist; das erste Gruppenventil regelt bis zur $^1/_2$-Last, ein zweites bis zur $^3/_4$- und ein drittes Ventil ist für Vollast vorgesehen. Überlastung wird durch ein weiteres Ventil und Dampfzuführung in eine spätere Turbinenstufe eingestellt. Für eine solche Anordnung ist in Abb. 4 der Düsenkranz vor der ersten Stufe einer sehr großen Kraftwerksturbine mit den drei von je einem Gruppenventil geregelten Düsenkästen zu sehen. Bei gutem Belastungsfaktor wird sogar die Bemessung nur des ersten Ventils bis zur $^3/_4$-Last oft sehr zweckmäßig sein können. Auf jeden Fall aber hat es sich bisher für Kraftwerksturbinen selten als fördernd, bisweilen sogar als hemmend erwiesen, wenn der Turbinenbauer gezwungen war, auf vom Kunden verlangte fünf oder noch mehr Garantiepunkte Rücksicht zu nehmen, wie es in den letzten Jahren gelegentlich verlangt und zugestanden worden ist. Als Ausnahme gelten natürlich die Maschinen, die ausdrücklich als Spitzenlastmaschinen aufgestellt werden sollen, weil sie mit den verschiedensten Teillasten und oft sehr



a = Düsengruppenventile für die untere Hälfte des Düsenkranzes.
b = Düsengruppenventile für die obere Hälfte des Düsenkranzes.

Abb. 5. General Electric Co., Steuerung einer Industrieturbine mittelgroßer Leistung.

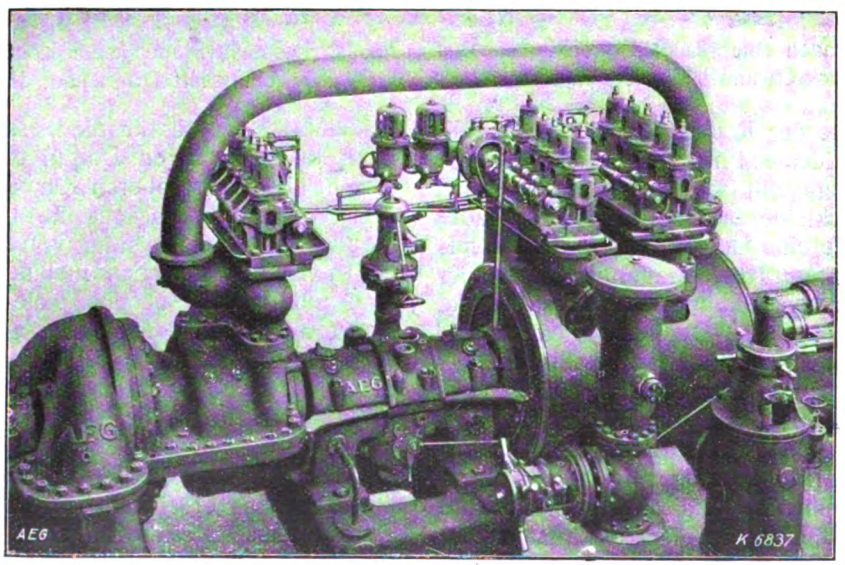


Abb. 6. AEG, Steuerung einer zweigehäusigen Anzapf-Gegendruck- und Kondensationsturbine, $N = 2500$ kW; $n = 5300$ U/min.

Digitized by Google

hoher Überlastung zu laufen haben und demgemäß eine höhere Wirtschaftlichkeit bei diesen Zwischen- und Überlasten entsprechend zur Auswirkung bringen können. Von Einfluß muß es auch sein, wenn in Sonderfällen ein geringer Leerlaufdampfverbrauch während längerer Betriebspausen verlangt wird oder auf einen bevorstehenden Umbau der Kesselanlagen für höhere Drücke Rücksicht zu nehmen ist.

Grundsätzlich verschieden von den vorstehenden Ausführungen müssen die Industrieturbinen beurteilt werden, die mitunter bei stark wechselnden Betriebsverhältnissen unbedingt eine vielteilige Regelung erfordern; beispielsweise ist in Abb. 5 der Schnitt durch die Steuerung einer Industrieturbine der General Electric Co. dargestellt. Aber auch hier sollte man sorgfältige Untersuchungen über den Verlauf der Belastungen und Wärmebedürfnisse in ihrem zeitlichen Zusammenspiel anstellen, ehe man sich für eine vielteilige Regelung entscheidet, die in allen Fällen teurer, weniger übersichtlich und demzufolge trotz bester Ausführung eher zu Störungen geneigt ist als bei weniger feiner Unterteilung des Eintrittsquerschnittes. Als Beispiel einer verhältnismäßig kleinen Turbine mit einer außerordentlich verwickelten Regelung, die durch die Betriebsumstände erforderlich war und auch seit langer Zeit schon in vorzüglicher Weise alle gestellten Anforderungen in wechselseitigem, vollkommen selbsttätigen Spiele der Frischdampf-, Anzapf- und Gegendruckregelung erfüllt hat, ist in Abb. 6 die gesamte Steuerung einer zweigehäusigen Kondensationsturbine mit zweifacher Anzapfung bei konstant gehaltenen Zwischendrücken dargestellt.

Faßt man zusammen, so wird man beiden Regelungsarten, also sowohl einer reinen Drosselregelung wie einer der idealen angenäherten Füllungsregelung, für besondere Fälle ihre besonderen Vorzüge zusprechen müssen. Es ist aber stets zu überlegen, ob es noch Vorteile bringt, durch eine verhältnismäßig große Verteuerung der Maschine infolge verfeinerter Regelung einen um nur wenige Hundertteile verbesserten Wirkungsgrad bei Teillasten erreichen zu wollen; denn gerechtfertigt können solche Bestrebungen nur dann sein, wenn im Betriebe nachher wirklich in größerem Umfange auf Teilbelastung zurückgegriffen wird. Geschieht das nicht, so ist die Anordnung verfehlt und wirtschaftlich nicht zu halten. Auch Brennstoffpreise und vieles andere, nicht zuletzt der Kraftverbrauch des Steuerungsmechanismus können hier, wo es sich um nur geringe Verbesserungsmöglichkeiten handelt, eine wichtige Rolle spielen. Alles in allem werden die Fälle, in denen eine vielteilige Regelung mit Erfolg anwendbar ist, nur einen geringen Anteil an der Gesamtzahl der überhaupt gebauten Turbinen ausmachen.

Benennung der Wechselstrom-Größen.

Von A. **Linker**, Hannover.

Übersicht: Es wird der Zusammenhang zwischen den verschiedenartigen Wechselstromgrößen physikalisch und mathematisch erläutert und darauf ihre zweckentsprechende Benennung begründet.

Besteht zwischen zwei Punkten eines Wechselstromsystems eine Wechselspannung E von Sinusform, definiert als gemessener oder Effektivwert durch die Formel

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T E_{max}^2 \cdot \sin^2 \omega t \cdot dt},$$

und fließt zwischen ihnen ein Wechselstrom J ebenfalls von Sinusform und in gleicher Weise wie die Spannung definiert, dann ergibt der Quotient aus beiden Größen den Wechselstrom-Widerstand $W = \frac{E}{J}$ und ihr Produkt die Wechselstrom-Leistung $N_w = E.J$. Dieser Wert ist maßgebend für die Größe der Wechselstrommaschinen und Apparate.

In Beziehung dazu steht die mechanisch oder thermisch ausnutzbare Leistung $N = E.J.\cos\varphi$, welche noch beeinflußt wird durch die Richtung der Stromstärke J zur Spannung E, die durch den diagrammatisch bestimmten Winkel φ zwischen ihnen gekennzeichnet ist. Projiziert man also den Strom J auf die Spannung E, dann ist die Projektion $J_l = J.\cos\varphi$ und die Leistung wird jetzt $N = E.J_l$. Da nun J_l mit der Spannung E multipliziert direkt die Leistung ähnlich wie bei Gleichströmen angibt, soll dieser Anteil des Stromes J als Leistungsstrom bezeichnet werden.

Der zu J_l senkrecht stehende Anteil des Stromes J bestimmt sich zu $J_f = J.\sin\varphi$. Da J_f senkrecht zu E steht, ist seine Leistung $N = E.J_f.\cos 90^\circ = 0$. Wenn nun diesem Strom auch keine Leistung bezw. kein Leistungsverbrauch entspricht, so ist er trotzdem bedingt durch einen Energieumsatz, der jedoch periodisch zwischen positiven und negativen Werten hin- und herpendelt. Diese schwingende Energie und die ihr zukommende Stromstärke J tritt aber immer auf, wenn in dem Wechselstromsystem magnetische oder elektrische Felder vorhanden sind. Es soll deswegen dieser Anteil des Stromes als Feldstrom bezeichnet werden. Haben wir es dabei nur mit der Wirkung eines magnetischen Feldes zu tun, das dem Vorhandensein einer Induktivität $\mathfrak{S}$ bezw. des dadurch bedingten induktiven Widerstandes $S = \mathfrak{S}.\omega$ entspricht, dann ist der dabei auftretende Feldstrom J_s um 90° nacheilend gegen die Spannung E verschoben entsprechend einem positiven Winkel φ zwischen E und J, wenn man den Winkel in der Richtung von J nach E rechnet. Er soll in diesem Fall als induktiver oder magnetischer Feldstrom bezeichnet werden.

Wäre der Winkel φ negativ, oder J gegen E voreilend verschoben, dann würde auch der Anteil $J_c = J.\sin\varphi$ um 90° gegen E voreilen. Ein solcher

Digitized by Google

Fall tritt nun ein, wenn sich im Stromkreis ein kondensatorähnlich wirkendes Gebilde mit der Kapazität C bezw. dem dielektrischen oder kapazitiven Feldwiderstand $S_c = \frac{1}{C \cdot \omega}$ befindet, wodurch ein elektrisches Feld auftritt. Es soll deswegen der Anteil J_c als kapazitiver oder dielektrischer Feldstrom bezeichnet werden.

Tritt ferner in einem Wechselstromsystem ein Leistungsverbrauch N durch Ummagnetisierung des Eisens, Wirbelströme im Kupfer, Verluste im Dielektrikum u. dergl. auf, so kann man sich diese Wirkung auch durch einen gleichwertigen Ohmschen Widerstand ersetzt denken, den wir aber zum Unterschied von dem auch bei Gleichstrom vorhandenen und mittels Gleichstrommessungen zu bestimmenden Widerstand R als Leistung verbrauchenden oder kurz Leistungswiderstand R_l bezeichnen wollen. Es wäre dann $N = J^2 . R_l$ oder $R_l = \frac{N}{J^2} \geqq R$. Unser vorher erwähnter Wechselstrom-Widerstand erhält somit schließlich die Form

$W = \sqrt{R_l^2 + S_f^2}$ bezw. $\sqrt{R_l^2 + S^2}$ bezw. $\sqrt{R_l^2 + S_c^2}$,

worin bei gleichzeitigem Vorhandensein eines induktiven und kapazitiven Widerstandes $S_f = S - S_c$ ist.

In Übereinstimmung mit diesen Betrachtungen bezeichnen wir jetzt die der Energie eines Wechselfeldes bei einem Feldstrom J_f entsprechende Leistung

$$N_f = E . J_f = E . J . \sin \varphi$$

als Feld-Leistung mit den beiden Anteilen,

der magnetischen $N_s = E . J_s$ und

der elektrischen Feldleistung $N_c = E . J_c$.

Es lag nun kein Grund vor, im Diagramm gerade die Stromstärke J auf die Spannung E zu projizieren. Schreiben wir nämlich die Leistung in der Form $N = J \times E . \cos \varphi$, so können wir auch vom Strom J ausgehen und die Spannung E bezogen auf den Strom J in die beiden senkrecht zueinander stehenden Anteile $E_l = E . \cos \varphi$ und $E_f = E . \sin \varphi$ zerlegen. Dann soll der in die Richtung von J fallende Anteil E_l als Leistungsspannung, E_f als Feldspannung bezeichnet werden. Für einen induktiven Stromkreis würde dann E_s die induktive Feldspannung und für einen kapazitiven E_c die kapazitive Feldspannung darstellen. Weiter ergeben sich die Feldleistung $N_f = J . E_f$, die magnetische $N_s = J . E_s$ und elektrische Feldleistung $N_c = J . E_c$.

Es ist jedoch zu dieser Zerlegung der Ströme und Spannungen zu bemerken, daß sie physikalisch nicht stattfindet, sondern nur ein mathematischer Kunstgriff ist, der den Vorzug besitzt, einfachere Rechnungen zu ergeben, besonders, wenn es sich darum handelt, die Wirkung einer größeren Anzahl von Spannungen oder Strömen verschiedener Phase zu ermitteln. Sind andererseits die Leistungs- und Feldanteile der Spannungen und Ströme gegeben, so lassen sich daraus die Gesamtwerte einfach berechnen. So findet man

$J = \sqrt{J_l^2 + J_f^2}$ bezw. $\sqrt{J_l^2 + J_s^2}$ bezw. $\sqrt{J_l^2 + J_c^2}$,

$E = \sqrt{E_l^2 + E_f^2}$ bezw. $\sqrt{E_l^2 + E_s^2}$ bezw. $\sqrt{E_l^2 + E_c^2}$,

$N_w = E . J = E . \sqrt{J_l^2 + J_f^2} =$

$= \sqrt{N^2 + N_f^2}$ bezw. $\sqrt{N^2 + N_s^2}$ bezw. $\sqrt{N^2 + N_c^2}$.

Der reziproke Wert eines Widerstandes ist ein Leitwert. Wir bezeichnen daher

$$\frac{J}{E} = \frac{1}{W} = G_w = \frac{1}{\sqrt{R_l^2 + S_f^2}}$$

als Wechselstrom-Leitwert.

Daraus ergibt sich dann auch die Stromstärke $J = E . G_w$ in einer Form, die besonders für Rechnungen bei Stromverzweigungen günstig ist. Da nun $J_l = J . \cos \varphi$ war, können wir dafür eine der obigen ähnliche Gleichung erhalten, wenn wir aus $\operatorname{tg} \varphi = \frac{S_f}{R}$ die Ausdrücke $\cos \varphi = \frac{R_l}{W}$ und $\sin \varphi = \frac{S_f}{W}$ ableiten und oben einführen, wodurch wir erhalten

$$J_l = \frac{E}{W} \cdot \frac{R_l}{W} = E . \frac{R_l}{W^2} = E . G_l .$$

Darin bezeichnet jetzt $G_l = \frac{R_l}{W^2}$ einen Leistungs-Leitwert.

In gleicher Weise findet man aus

$$J_f = J . \sin \varphi = \frac{E}{W} \cdot \frac{S_f}{W} = E . \frac{S_f}{W^2} = E . G_f$$

den Feld-Leitwert $G_f = \frac{S_f}{W^2}$

und ähnlich bei induktiven Systemen

den induktiven Feld-Leitwert $G_s = \frac{S}{W^2}$

bezw. bei kapazitiven

den kapazitiven Feld-Leitwert $G_c = \frac{S_c}{W^2}$.

Bildet man ferner den Ausdruck

$$\sqrt{G_l^2 + G_f^2} = \sqrt{\frac{R_l^2 + S_f^2}{W^4}} = \frac{1}{W},$$

so erhält man schließlich für den Wechselstrom-Leitwert die Beziehung

$$G_w = \sqrt{G_l^2 + G_f^2} \text{ und } \operatorname{tg} \varphi = \frac{G_f}{G_l}.$$

Auf Grund dieser Betrachtungen sind wir jetzt gewissermaßen zwangläufig zu einer sich von selbst ergebenden Benennung der verschiedenen Wechselstromgrößen gekommen, die außerdem den Vorzug hat, einen physikalischen Inhalt zu besitzen, und in folgenden Leitsätzen zusammengefaßt werden soll:

Bezeichnet E eine Wechselspannung, J einen Wechselstrom, so erhalten

1. die davon direkt abgeleiteten Größen das Vorsatzwort „Wechselstrom“,

2. die mit einem Leistungsverbrauch verknüpften Größen mit Ausnahme der Leistung selbst das Vorsatzwort „Leistungs-“,

3. die keinen Leistungsverbrauch verursachenden Größen, welche aber mit (magnetischen oder elektrischen) Feldern verknüpft sind, das Vorsatzwort „Feld-“.

Eine Übersicht über alle Größen ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

Digitized by Google

1. Wechselstrom-

Leistung

$$N_w = E.J,$$

Widerstand

$$W = \frac{E}{J} = \sqrt{R_l^2 + S_f^2},$$

Leitwert

$$G_w = \frac{J}{E} = \frac{1}{\sqrt{R_l^2 + S_f^2}} = \sqrt{G_l^2 + G_f^2}.$$

2. Leistungs-

Leistung

$$N = E.J.\cos\varphi = E_l.J = E.J_l = J^2.R_l,$$

Spannung

$$E_l = E.\cos\varphi = \frac{N}{J} = I.R_l,$$

Stromstärke

$$J_l = J.\cos\varphi = \frac{N}{E} = \frac{E}{R_l}.\cos^2\varphi,$$

Widerstand

$$R_l = \frac{N}{J^2} = \frac{E_l^2}{N} = \frac{E_l}{J},$$

Leitwert

$$G_l = \frac{J_l}{E} = \frac{R_l}{W^2}.$$

3. Feld-

Leistung

$$N_f = E.J.\sin\varphi = E_f.J = E.J_f = J^2.S_f,$$

Spannung

$$E_f = E.\sin\varphi = \frac{N_f}{J} = J.S_f,$$

Stromstärke

$$J_f = I.\sin\varphi = \frac{N_f}{E}.$$

Widerstand

$$S_f = \frac{N_f}{J^2} = \frac{E_f^2}{N} = \frac{E_f}{J} = S - S_c,$$

Leitwert

$$G_f = \frac{I_f}{E} = \frac{S_f}{W^2}.$$

bezw. für induktive (*s*) Systeme

Feld-

Leistung

$$N_s = E_s.J = E.J_s = J^2.S,$$

Spannung

$$E_s = \frac{N_s}{J} = J.S,$$

Stromstärke

$$J_s = \frac{N_s}{E},$$

Widerstand

$$S = \frac{N_s}{J^2} = \frac{E_s^2}{N_s} = \frac{E_s}{J} = \mathfrak{S}.\omega,$$

Leitwert

$$G_s = \frac{J_s}{E} = \frac{S}{R_l^2 + S^2};$$

kapazitive (*c*) Systeme

Feld-

Leistung

$$N_c = E_c.J = E.J_c = J^2.S_c,$$

Spannung

$$E_c = \frac{N_c}{J} = J.S_c,$$

Stromstärke

$$J_c = \frac{N_c}{E},$$

Widerstand

$$S_c = \frac{N_c}{J^2} = \frac{E_c^2}{N_c} = \frac{E_c}{J} = \frac{1}{C.\omega},$$

Leitwert

$$G_c = \frac{I_c}{E} = \frac{S_c}{R_l^2 + S_c^2}.$$

Nun hat der Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen in seinem Entwurf XXIX[1]) den Vorschlag gemacht, das Produkt von Spannung und Stromstärke als „Richtleistung" zu benennen. Wenn auch die verdienstvolle Tätigkeit des AEF durchaus nicht beeinträchtigt werden soll, so erscheint doch nach meinen vorhergehenden Darlegungen eine solche Benennung wenig gerechtfertigt und physikalisch nicht begründet. Denn eine Begründung durch die zufällige Eigenschaft der Komponenten der Leistung, die als Vektoren im Diagramm eine Richtung besitzen, dürfte doch etwas weit hergeholt sein. Die hier angeführten Benennungen habe ich schon im Vorwort zur 2. Aufl. meiner „Elektrotechn. Meßkunde" (Springer 1912) vorgeschlagen und dabei bemerkt, daß man es möglichst anstreben sollte, den Benennungen der Formelgrößen einen physikalischen Inhalt zu geben, was besonders vom didaktischen Standpunkt aus betrachtet sehr erwünscht und zweckmäßig ist. Aus den gleichen Gründen eignet sich natürlich die Vorsatzsilbe „Richt-" ebenfalls nicht für die anderen im Entwurf angegebenen Wechselstromgrößen, da sie nicht als alleinige durch die Eigenschaft einer Richtung ausgezeichnet und ebensowenig für die Beurteilung von elektrischem Material allein von Nutzen sind.

Es wäre nun noch die Frage der Bezeichnung der Maßeinheiten zu behandeln. Für die Spannung ist es das Volt, für die Stromstärke das Ampere. Dabei ist noch niemand bisher auf den Gedanken gekommen, die Wechselspannung E in einer anderen Einheit zu messen als ihre Anteile die Leistungsspannung E_l und Feldspannung E_f und ähnlich auch bei der Stromstärke J. Warum will man nun bei der Leistung N_w eine Ausnahme machen? Abgesehen davon, daß darin keine Logik liegt, zeigt schon die Gleichung $N_w = \sqrt{N^2 + N_f^2}$, daß man in ihr nicht Größen mit zweierlei Maß messen kann, ohne gegen die Bedeutung des Ausdrucks „Gleichung" zu verstoßen.

Wenn man also die Leistung N in Watt mißt, dann muß man notwendigerweise auch die Feldleistung N_f als Summand und ebenso die aus beiden

[1]) ETZ 1927, S. 519.

Digitized by Google

gebildete Wechselstromleistung N_w in der gleichen Einheit Watt (nicht VA = Voltampere) messen. Dabei möchte ich noch auf die Auseinandersetzungen des Herrn Prof. Dr. Emde[2]) hinweisen. Auch ich selbst habe schon im Vorwort zu meinem Buch „Elektromaschinenbau" (Springer 1925) mich darüber geäußert und bei der Behandlung des Stoffes die alleinige Maßeinheit Watt für alle Arten der Leistung verwendet.

Es wäre daher wünschenswert, wenn sich auch andere Fachgenossen diesen wissenschaftlich begründeten und logischen Benennungen zuwenden und für ihre Einführung in Praxis und Unterricht einsetzen würden.

[2]) ETZ 1924, S. 1053, 1361.

Rundschau.

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Turbinenregler. Das Kraftwerk Heimbach an der Urfttalsperre wurde nach einem Berichte von Ing. W. Stahl, Heimbach, vor 22 Jahren mit sechs Generatorturbinen von je 1550 bis 2000 PS bei 70 bis 110 m Gefälle und 500 U/min und zwei Erregerturbinen von 200 PS bei 900 U/min ausgebaut. Durch Umwicklung der Generatoren konnte deren Leistung um 20 vH erhöht werden. Nunmehr wurden auch die zweiseitig ausgießenden Generatorspiralturbinen, Bauart Escher, Wyß & Cie., durch Auswechslung der Leitraddeckel der Laufräder und Turbinenkrümmer auf eine gleiche Leistungserhöhung umgebaut. Sie erhielten Außenregelung und statt der Druckwasserregler Öldruckregler, Bauart EWC, mit 550 mkg Arbeitsvermögen bei 6·5 l Servomotor-Nutzinhalt.

In Abb. 1 ist 1 das Steuerventil, 2 und 3 der Servomotor, 4 die Regelwelle, 5 der Fliehkraftregler, 6 eine Ölpumpe, welche die Vorsteuerung 7, die durch den Vorsteuerstift 8 betätigt wird, mit Drucköl versorgt. Mit 7 ist eine Feder so verbunden, daß die Vorsteuerung in die höchste Lage gedrückt wird, die Maschine demnach abgestellt wird, wenn die Pumpe 6 kein Drucköl mehr fördert. Hiedurch wird eine zuverlässige Sicherung gegen Durchgehen der Maschine beim Reissen oder Abfallen des Pendelriemens ereicht. 9 und 10 ist eine hydraulische Dämpfungseinrichtung, Mutter 11 gestattet eine beliebige, bis 0 herabgehende Einstellung des Ungleichförmigkeitsgrades. Durch Veränderung des Hubes von 10, sowie durch Verstellung der Öffnungen 12 kann jede beliebige Schwingungsdämpfung erreicht werden. Handrad 13 ist eine Öffnungsbegrenzung, 14 dient zum Anlassen und Abstellen, während 15 eine Leerlaufrückführung ist, die die Stabilität des Reglers im Leerlauf, auch bei kleinem Ungleichförmigkeitsgrade erhöht.

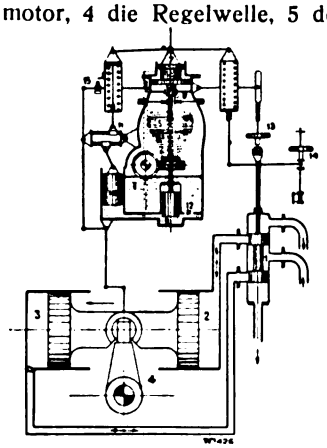


Abb. 1.
Schema eines EWC-Reglers.

(Schweizerische Technische Zeitschr., 24. Jahrg., Nr. 19, 1927.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Neuzeitliche Turbogeneratoren und Luftkühler. R. Pohl[1]). Durch Verbesserung der Kühlmethoden ist heute nicht mehr die thermische Grenze für die Länge der Turbogeneratoren ausschlaggebend, da die Wärmeabfuhr auch in der Mitte sehr langer Maschinen ebenso gut beherrscht wird wie an den Enden. Maßgebend ist heute nur mehr die mechanische Grenze, die der Rotorlänge durch die Durchbiegung und damit durch die kritische Drehzahl gesetzt ist. Andererseits gibt nun die Essonsche Leistungsformel

$$kVA = \frac{10}{p} \cdot A \cdot B_m \cdot D^2 \cdot L$$

Aufschluß über die Grenzleistung, die je 1 m axialer Länge aufzubringen ist. Hierin ist für die Polpaarzahl p abwechselnd 2, 4 und höchstens 6 einzusetzen, für die elektrische Belastung des Ständers A gilt als höchster im Hinblick auf Zusatzverluste und Kühlung zulässiger Wert 650 A/cm und für die mittlere magnetische Belastung B_m des Luftspaltes etwa 4 Kilo-Gauss. Beachtet man ferner, daß bei einer heute noch äußerst zulässigen Fliehkraftbeanspruchung bei 155 m/s Umfangsgeschwindigkeit der Läuferdurchmesser D für zweipolige Maschinen 1 m, für vierpolige 2 und sechspolige 3 m wird, dann lassen sich je 1 m Generatorlänge bei der zweipoligen Type 13 000 kVA, bei der vierpoligen 26 000 und bei der sechspoligen 39 000 kVA unterbringen. Für diese drei Ausführungen verwendet man drei verschiedene charakteristische Bauformen: zweipolige Turboläufer großer Leistung baut man meist als ein einziges Schmiedestück, das mit ausgefrästen Nuten oder eingesetzten Zähnen versehen wird. Die mehrpoligen Typen haben entweder Trommeln mit eingesetzten Wellenstummeln oder sind aus Scheiben aufgebaut. Die Aufnahme der Erregerwicklung erfolgt wieder durch gefräste Nuten oder eingesetzte Zähne. Mit Rücksicht auf die Zuverlässigkeit des Schmiedestückes begnügt man sich jedoch heute noch mit einer Umlaufgeschwindigkeit von 145 m/s für die Trommelkonstruktion, also 1850 mm (statt 2 m) Durchmesser des vierpoligen Läufers. Vermeidet man weiters Längen entsprechend einer kritischen Drehzahl von 1200 bis 1800 für die zwei- und vierpolige Ausführung ($\pm$20 vH der Betriebsdrehzahl bezw. der halben Betriebsdrehzahl bei der zweipoligen Type) und 800 bis 1200 für die sechspolige Maschine, dann erhält man als Grenzwerte 3 m oder etwa 40 000 kVA für die zweipolige (kritische Drehzahl 1800), 4·4 m oder ungefähr 100 000 kVA für die vierpolige Maschine in Trommelkonstruktion mit 1850 mm Durchmesser (kritische Drehzahl 1800) und 3·5 m oder 135 000 kVA für die sechspolige Ausführung (kritische Drehzahl 1200). Angesichts der hohen Grenzleistungen der vierpoligen Generatoren und des Bestrebens zum Bau zweiwelliger Turbinensätze kommt die letzte Konstruktion für Turboaggregate kaum mehr in Frage. Für die vorstehend angegebenen Grenzleistungen arbeiten die vier- und sechspoligen Typen mit steifer Welle, also unterhalb des kritischen Gebietes, nur die zweipoligen Generatoren durchlaufen beim Anfahren eine kritische Zone. Die Berechtigung der Trommelausführung mit ihrem kleineren Durchmesser ergibt sich nun aus folgender Überlegung: Eine Scheibenkonstruktion des vierpoligen Läufers würde nämlich gleichfalls ein Durchlaufen des kritischen Gebietes notwendig machen, während der teureren Konstruktion einer elastischen Welle keine besondere Mehrausnutzung gegenüberstünde, wie Pohl nachweist. Wollte man das kritische Gebiet überschreiten, um zu kritischen Drehzahlen von 1200 zu gelangen, so käme man zu Rotorlängen von 4·5 m (60 000 kVA) bei zweipoligen und 7·5 bei der vierpoligen Ausführung unter gleichen Beanspruchungen, doch liegt für solche Leistungen augenblicklich noch kein Bedarf vor. Man sieht jedoch, daß

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 697.

Digitized by Google

dieser Weg genügend Spielraum der Weiterentwicklung freiläßt.

Diese gewaltige Entwicklung im Bau großer Turbogeneratoren bis an die genannten Leistungsgrenzen ist nicht zum wenigsten auf die bessere Beherrschung der Zusatzverluste zurückzuführen. Über die Mittel und Wege, diese in minimalen Grenzen zu halten, wurde in dieser Zeitschrift schon berichtet.[1]) Hiedurch gelangt man heute bereits zu einem Vollastwirkungsgrad bei $\cos\varphi = 1$ von 97 vH bei der zweipoligen Maschine von 40 000 kVA und 98 vH bei der vierpoligen von 100 000 kVA. Dabei ist der Kurvenverlauf des Wirkungsgrades bis herab zu $^3/_4$-Last fast horizontal. Bei den neuzeitlichen Turbogeneratoren bedeuten die Ventilationsverluste mit 0·5 bis 1 vH der Maschinenleistung bereits den überwiegenden Verlustanteil. Zu

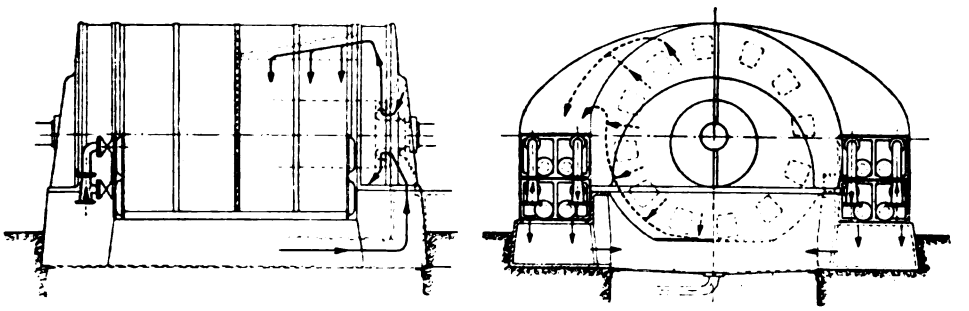


Abb. 2.

ihrer Herabsetzung wird einerseits Fremdventilation versucht, die infolge Wegfallens der Ventilatorflügel eine Verringerung des Lagerabstandes gestattet. Als wirksameres Mittel wird von Pohl die Verwendung von Wasserstoff[2]) oder Methan als Kühlmittel in Erwägung gezogen. Eine Steigerung der Grenzleistung bei 1500 U/min auf 130 000 kVA mit einem Vollastwirkungsgrad bei $\cos\varphi = 1$ von 98·5 vH wäre hiedurch denkbar. Augenblicklich verwehrt jedoch die Schwierigkeit in der Abdichtung, besonders an den Wellendurchführungen, noch die Verwendbarkeit dieser Methode für die Praxis.

Wie auf allen Gebieten, ist auch auf dem Gebiete der Isoliertechnik in den letzten Jahren ein gewaltiger Aufschwung zu verzeichnen, so daß Generatorspannungen von 10 000 bis 13 000 V ohne weiteres beherrscht werden können. Allerdings läßt man — schon im Interesse einer erhöhten Betriebssicherheit — die Generatoren meist über Transformatoren und nicht direkt auf das Netz arbeiten, so daß an der normalen Spannung von 6000/6600 V festgehalten werden kann, wenn das nicht zu allzu hohen Stromstärken führt. Abgesehen von den wirtschaftlichen und technischen Vorteilen des Arbeitens über Transformatoren, die vom Generator den größten Teil der Störungen und Überspannungen fernhalten und ein dämpfendes Glied bei Kurzschlüssen bilden, stellen sich dem direkten Netzbetrieb auch in der Frage des Generatorschutzes Schwierigkeiten entgegen.

Als wichtigstes Schutzmittel des Generators ist ein zuverlässiges Erdschlußrelais anzusprechen, da fast jeder Schaden durch einen Erdschluß eingeleitet oder zumindest begleitet wird. Zur Betätigung dieses Relais ist der Nullpunkt über einen Widerstand zu erden, dessen Ohmwert durch die Empfindlichkeit des Relais nach oben und durch die Gefahr der Eisenverbrennungen bei Durchschlägen nach unten begrenzt ist. Das Relais muß nun so empfindlich sein, daß es bei einem einfachen Isolationsdurchschlag sofort die Maschine auslöst und rasch entregt, auch wenn der Durchschlag in der Nähe des Nullpunktes erfolgte. Diese Bedingung ist bei Maschinen mit direktem Netzbetrieb immerhin nur mit Schwierigkeit zu erfüllen. Da während einer Abklingzeit des Feldes von 4 sec auch bei geringen Strömen schon Verschmorungen im Blechpaket, wenn auch oberflächlich, festgestellt werden können, der Widerstand daher ziemlich groß, die Empfindlichkeit des Relais dagegen gering ausfallen müßte, behalf man sich durch Anbringung eines gleichzeitig mit dem Hauptölschalter betätigten, kleinen einpoligen Schalters in der Erdleitung, der nach 0·4 sec auslöst, so daß die Empfindlichkeit des Relais wachsen kann, was umso wichtiger ist, als — offenbar infolge Reflexion der Wanderwellen — gerade in der Nähe des Nulpunktes am häufigsten Durchschläge erfolgen. Diese Schwierigkeit besteht bei Generatoren, die über Transformatoren auf das Netz arbeiten, nicht, da hier die Relaisempfindlichkeit weitaus höher getrieben werden kann, handelt es sich doch um einen vom Netz unabhängigen Kreis.

Zur Kühlung der Generatoren verwendet man heute fast ausschließlich die Umlaufkühlung mittels Kondensat oder Frischwasser. Die erstere Anordnung ist die teurere, gewährt aben den Vorteil, daß der Gesamtwirkungsgrad der Anlage sich steigert, da die Verlustwärme zum Teil der Turbie zugeführt wird und ferner die Kühler keinerlei Reinigung bedürfen. Bei Verwendung von Frischwasser ist dagegen auf eine leicht durchführbare Reinigung während des Betriebes zu achten durch möglichste Unterteilung in einzelne Kühlelemente, damit durch das Außerbetriebnehmen eines Teilkühlers keine allzu große Leistungsreduktion nötig wird. Bezüglich der örtlichen Anordnung des Kühlers beschreibt Pohl eine neuartige Lösung, die darin besteht, daß die Kühlelemente zu beiden Seiten des Generators über der Grundplatte in den Statorfüßen angeordnet sind. Die Luft durchstreicht das Fundament mit verringerter Geschwindigkeit zwecks Absetzung von Feuchtigkeit, um von unten wieder in die Maschine einzudringen (Abb. 2). Anwendbar ist diese Anordnung bei nicht allzu hoher Ablufttemperatur, die Kühler also nicht zu unhandlich ausfallen. St. Schw.

(ETZ, Heft 6, 7, 10, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Messung von Strömen mittels Funkenstrecken bei sehr schnell veränderlichen Vorgängen nahm Oskar Zdralek vor.[1]) Nach Vorschlag von Prof. L. Binder wurde durch die Funkenstrecke eines Funkenmikrometers, das mit den Enden eines vom zu messenden Strome durchflossenen Ohmschen Widerstandes verbunden war, das Potentialgefälle e_w im Widerstande bestimmt, woraus sich $i = e_w/R$ ergab. Die Länge der Widerstandsdrähte von genügend hohem Ohmwerte mußte hiebei gegenüber der Wellenlänge hochfrequenter Ströme oder der Stirnlänge von Wanderwellen verschwindend klein sein, damit man den Widerstand als in einem Punkte konzentriert ansehen konnte; ferner mußten sowohl die Induktivität und Kapazität des Widerstandes als auch die Kapazität der Funkenstrecke verschwindend gering sein und schließlich mußte die Widerstandsänderung durch Hautwirkung außer Betracht bleiben können. Stoffe mit spannungsabhängigem Widerstande, wie Graphit, Silit und Kupferoxyd, mußten entweder vermieden werden oder konnten bei zeitlich konstanter Spannungsabhängigkeit nur nach vorhergegangener Eichung bei verschiedener Spannung Verwendung finden. Es wurde daher eine Meßfunkenstrecke mit Kugeln von nur 5 mm Durchmesser verwendet, deren Kapazität beim geringsten verwendeten Abstand von 0·1 mm nur $3{\cdot}4 \times 10^{-15}$ F betrug. Die Widerstände bestanden aus 0·05 mm starken Konstantan- oder Cekasdrähten, erstere mit 2·5 Ohm, letztere mit 5·52 Ohm je cm, die im Hin- und Hergang auf die Zähne eines Staubkammes gewickelt wurden. Der gegenseitige Abstand der Drähte betrug 0·8 mm; die Länge zwischen zwei Umkehrpunkten 1·5 cm. Die Induktivität einer solchen

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 24, S. 488.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 434.

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, Heft 31, S. 631.

Digitized by Google

Schleife von 1·5 cm Länge betrug nach Ohrlich[1]) $L = 222 \times 10^{-10}$ H; ihre Kapazität $c = 120 \times 10^{-15}$ F. Das Verhältnis L/R war bei den Konstantandrähten $0{\cdot}30 \times 10^{-8}$ H/Ω, bei den Ceskasdrähten $0{\cdot}12 \times 10^{-8}$ H/Ω. Versteht man unter C die Summe der Kapazitäten des Widerstandes und der Funkenstrecke, so ist die Impedanz der Schaltung

$$Z = (\omega L - j R)/[R \omega C + j(\omega^2 L C - 1)].$$

Hieraus berechnet sich leicht, daß der Einfluß der Kapazität auf die Impedanz selbst bei 0·1 mm Funkenstrecke und einer einzigen Cekasschleife außer Betracht bleiben konnte. Der nach der bekannten Formel

$$w_n = w\,[1 + (1/12)\,(\mu\,\omega/w)^2 - (1/180)\,(\mu\,\omega/w)^4 + \ldots]$$

(w_n und w = wirksamer und Gleichstromwiderstand je cm) berechnete Skineffekt konnte nach der Rechnung bei den Konstantandrähten, und wie Vergleichsmessungen zeigten, auch bei den Cekasdrähten vernachlässigt werden.

1. Messung der Wellenwiderstände von Leitungen und Eichung von Silitwiderständen. Eine auf die Spannung E aufgeladene, an einem Ende offene Leitung vom Wellenwiderstande Z wird am anderen Ende über den Widerstand R entladen. Über die Leitung läuft von R weg eine Entladewelle von der Spannungshöhe und Stromstärke

$$e = -Z \cdot E/(Z + R); \quad i = E/(Z + R).$$

Die jeweils am offenen Ende ankommenden Ströme i_v und Spannungen e_v werden mit ungeändertem Betrage, am Entladungsende jedoch mit dem Betrage i_r und e_r reflektiert, wobei

$$i_r = i_v\,(Z - R)/(Z + R) \text{ und } e_r = e_v\,(R - Z)/(Z + R)$$

ist. Die Entladungsströme bilden eine gedämpfte Schwingung von rechteckiger Wellenform und von der

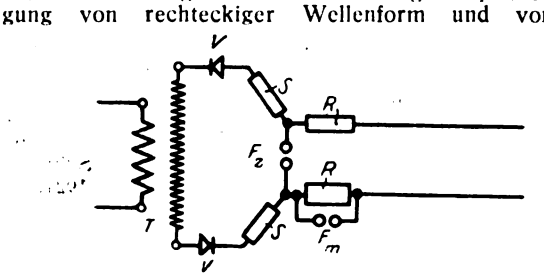


Abb. 3.

Periodendauer $T = 4\,l/v$ (l = Leitungslänge; v = Laufgeschwindigkeit). Der durch die Funkenstrecke gemessene Strom i_{max} tritt also in der ersten Halbperiode während der Zeit $2\,l/v$ auf; die Leitung muß daher so lang sein, daß der zu R sich addierende Funkenwiderstand auf seinen konstanten und gegenüber R verschwindenden Wert abgesunken ist. Nach den Angaben über diese Abfallszeit von Burawoy[2]) und Binder[3]) genügen hiezu die angewendeten Schleifenlängen von 24 m. Die Versuchsanordnung zeigt Abb. 3. T ist der Transformator zur Aufladung der Leitungsschleife, V sind Glühkathodenröhren zur Gleichrichtung der Ladespannung, S Schieferwiderstände zum Schutze des Transformators; F_z ist die Zündfunkenstrecke mit Hohlkugeln von 5 cm Durchmesser, R sind zwei symmetrisch angeordnete Meßwiderstände der beschriebenen Art und F_m ist die Meßfunkenstrecke. Die 24 m lange Versuchsschleife bestand aus 10 mm Vollkupfer mit verschiedenen Abständen, einmal wegen des geringeren Wellenwiderstandes auch aus 30 mm Messingrohr. F_z wurde mit einer Bogenlampe, F_m mit 21 mg Radiumbromid bestrahlt. F_m wurde so eingestellt, daß bei 90 vH Zündungen Funken überschlugen. Die symmetrische Anordnung von R zeigte sich bei Vergleichsmessungen überflüssig, weshalb bei späteren Messungen der Zusatzwiderstand R am anderen Leitungspol fortgelassen wurde. Durch eine Messung des Stromanstieges in F_z (Steilheit der Wellenstirn) nach der Schleifenmethode wurde festgestellt, daß sowohl die Leitungslänge ausreichend als auch die Induktivität von R vernachlässigbar war. Die Wellenwiderstände ergaben sich durchaus konstant und mit der Berechnung aus den Leitungsabmessungen übereinstimmend, die Abweichungen vom Mittel bei symmetrischem und unsymmetrischem R sowie bei Cekas- oder Konstantanwiderständen blieben unter 0·5 vH. Die Wellenwiderstände waren:

Leiterdurchm. cm	Leiterabstand cm	Meßwiderstand Ω	Spannung kV	Strom A	Wellenwiderstand beobachtet Ω	Wellenwiderstand berechnet Ω
1·0	12·0	92·5	60	121	403·5	400
1·0	24·0	92·5	70	121	485·5	480
1·0	65·0	92·5	70	101	600	598
3·0	12·75	49·7	50	157	268·3	267

Aus dem bekannten Wellenwiderstande konnte nun durch Messung der Spannung e_w an den Enden von Silitstäben an Stelle von R die Spannungsabhängigkeit ihres Widerstandes bestimmt werden. Es wurde erhalten:

Stab Nr.	Widerstand in Ω bei 2 V gesamt	je 1 cm Länge	Spannung kV	Widerstand Ω
1	29	4·8	4	24
2	64	11·7	7	44
3	104	26	8	51
4	136	11·3	12	87

Der Widerstandsabfall scheint mit dem Widerstande je cm zu wachsen und wird auf die Überbrückung von Stellen besonders hohen Widerstandes durch kleine Fünkchen zurückgeführt.

2. Steilheit der Stromstirn der Entladewelle in einer offenen Leitung. Betrachtet man einen Punkt P, der im Abstande l vom offenen Schleifenende liegt, so bewirkt die Reflexion, daß sich in diesem Punkte vom ankommenden Strome i_p der reflektierte Strom i_{p-2l}, der einen um $2l$ vor dem Punkte P liegendem Punkte der ankommenden Welle entspricht, subtrahiert; es wird daher der auf die Strecke $2l$ entfallende höchste Stromunterschied Δi mit der Funkenstrecke gemessen. Der im Punkte P eingeschaltete Meßwiderstand ändert jedoch den Wellenverlauf; man hat daher die Messung mit verschiedenen Widerständen zu wiederholen und auf $R = 0$ zu extrapolieren. Die Messung an der 24 m langen Leitung mit $Z = 480$ Ω ergab in sehr naher Übereinstimmung mit der Schleifenmessung:

Abstand l:	1·55	3·55	6·40	9·45	13·80	19·60 m
Δi_{max} für $R = 0$:	30·0	55·5	78·0	82·0	90·0	93·5 A

3. Messung der maximalen Steilheit einer Wellenstirn durch den maximalen Ladestrom eines die Schleife überbrückenden Kondensators. Diese Methode ist der Schleifenmethode analog: nur tritt an Stelle der Meßfunkenstrecke eine Reihenschaltung von Kondensator C und Meßwiderstand R mit seiner parallel geschalteten Funkenstrecke F_m. Bezeichnen die Indizes 1 und 2 die Leitungsstrecken vor und hinter der Kondensatorbrücke in der Richtung der ankommenden Wellen, so gelten die Gleichungen:

$$e_1 = e_{v_1} + e_{r_1} = e_{v_2}; \quad i_1 = i_{v_1} + i_{r_1} = i_{v_2} + i_c.$$

v und r bezeichnen wieder vor- und rückwärts laufende Wellen; i_c ist der Kondensatorstrom. Durch Multiplikation mit $+Z$ bei vorwärts und $-Z$ bei rückwärts laufenden Wellen erhält man aus der zweiten Gleichung eine weitere Spannungsgleichung und aus dieser in Verbindung mit der ersten der vorstehenden Gleichungen die Beziehung:

$$e_{v_1} = e_{v_2} + Z \cdot i_c/2 = i_c R + (1/C) \int i_c\,dt + Z \cdot i_c/2 = kt$$

(C = Kapazität des Brückenkondensators; $e_{v_1} = kt$ gesetzt). Für große C und R verschwindet das Glied mit $\int i_c\,dt$ und man erhält:

$$e_{v_1} = i_c\,(R + Z/2) = kt.$$

Für kleine C und R verschwindet dagegen das erste Glied und man erhält:

[1]) Ohrlich, Induktivität und Kapazität.
[2]) Arch. f. Elektrot., XVI, Heft 3.
[3]) ETZ 1914, Heft 7/8; 1915, Heft 20/22; 1917, Heft 30/31.

Digitized by Google

$$e_{v1} = kt = (1/C)\int i_c\,dt;\quad i_c = k\,.\,C.$$

Diesem Falle kann man sich nur durch Messungen bei verschiedenen Kapazitäten und Widerständen und Extrapolation auf $R = 0$ und $C = 0$ annähern. Die geringe Induktivität von R besitzt auf das Ergebnis keinen Einfluß. Die Versuche wurden mit der Schaltung Abb. 4 vorgenommen. Die benützte, 46 m lange Leitung bestand aus 3 cm starken Messingrohren von 37 cm Abstand ($Z = 400$), die am freien Ende zur Vermeidung von Reflexionen mit Silitwiderständen von zusammen 400 Ω miteinander verbunden waren. Die Brückenkapazität war ein Luftkondensator, dessen Kapazität von 1×10^{-11} bis 15×10^{-11} F verändert wurde. Der Widerstand R wurde von 10 bis 80 Ω geändert. Die mit der Schleifenmethode verglichenen Ergebnisse waren:

Zündspannung in kV	Steilheit nach der Kondensatormethode kV/m	Steilheit nach der Schleifenmethode kV/m
26·4	2·0	2·0
50	2·2	2·18
68	2·6	2·63

Mit derselben Schaltung kann man durch Bestimmung des maximalen Ladestromes i_{cmax} für $R = 0$ und der Steilheit der abgeflachten Welle hinter dem Kondensator (e_{v2}) nach der Schleifenmethode aus der Gleichung $i_c = k'C$ die Kapazität von Kondensatoren für Wanderwellenvorgänge bestimmen, die von der für

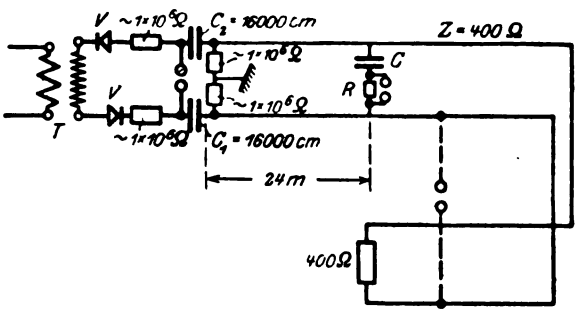


Abb. 4.

niedrige Frequenz bei anderen Dielektrizis als Luft oft stark abweicht. Die aus der obigen Formel errechnete Steilheit $k'/10\,v = i_c/10\,C_0$ in kV/m entspricht nämlich der Steilheit der durch den Kondensator abgeflachten Welle.

Die Methode kann auch zur Bestimmung 4. des Maximalstromes bei der oszillatorischen Entladung von Kondensatoren, die man an Stelle der Schleifenleitung einschaltet, sowie 5. des Maximalstromes beim Kurzschluß von Transformatoren verwendet werden. Im letzteren Falle wurde bei einem 1 kVA-Transformator der 4510-fache Normalstrom gemessen und auf die Entladung der aufgeladenen Kapazität der Eingangswindungen zurückgeführt. R. H.

(Arch. f. Elektrot., Bd. XVIII, Heft 1, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die Eingrenzungen von Unterbrechungen in Fernsprechkabeln. P. G. Edwards und H. W. Herrington geben eine verbesserte Methode zur Bestimmung einer Leitungsunterbrechung an, welche es ermöglicht die Lage einer Unterbrechung mit für die Praxis genügender Genauigkeit zu bestimmen. Die Messung geschieht mit einer Brücke bei der zwei Zweige aus reinen Ohmschen Widerständen, der dritte Zweig aus einer Serienschaltung von Ohmschem Widerstand mit einer Kapazität und der vierte Zweig aus der zu messenden unterbrochenen Leitung besteht. Die Bestimmung der Fehlerlage geschieht dann durch die Rechnung aus der Größe des gemessenen Scheinwiderstandes der fehlerhaften Leitung. Als Anzeigeinstrument wird ein hochempfindliches Wechselstromgalvanometer benutzt. Die für die Messungen verwendete Frequenz wird, wie die Versuche ergeben haben, am vorteilhaftesten zu 4 Hertz gewählt, weil diese Frequenz den einfachsten Abgleich auf der Brücke ergibt. Diese Meßspannung mit einer Frequenz von 4 Hertz wird in einer besonders konstruierten Maschine erzeugt. Kelch.

(The Bell System Technical Journal, Band 6, Heft 1, Jänner 1927.)

Baustoffe.

Erfahrungen mit Transformatorenölen auf Grund von Arbeiten des BBC-Laboratoriums in Baden veröffentlicht von Dr. Hans Stäger, Ennetbaden. Die Transformatorenöle dienen teils zur Isolation, teils zur Wärmeabfuhr. Die früher verwendeten Harzöle, die sehr rasch eindickten und schließlich gänzlich verharzten, so daß die Wärmeabfuhr unterbunden wurde, wurden bald durch die geeigneteren Mineralöle verdrängt. Diese verharzen zwar nicht, lagern aber oft Schlamm auf dem Transformatorkörper ab. Ferner werden manche Mineralöle rasch sauer und greifen dann die Isolation an. Ein gutes Transformatorenöl muß gegen den Angriff des Luftsauerstoffes auch bei der Betriebstemperatur möglichst widerstandsfähig sein und darf weder Schlamm noch Säuren in unzulässiger Menge bilden. Rodman[1]) unterscheidet verseifbaren, Feuchtigkeit aufnehmenden und die Bildung von Metalloxyden und Metallsalzen fördernden Schlamm und unverseifbaren, die Wärme schlecht leitenden, asphaltischen Schlamm; nach Durchschlägen tritt auch kohliger Schlamm auf. Eine ähnliche Unterscheidung in meist verseifbaren, in heißem Öle löslichen und meist unverseifbaren, ölunlöslichen Schlamm trifft auch der Verfasser.

Nach einer kritischen Besprechung der französischen, belgischen, englischen, deutschen, amerikanischen und italienischen Prüfmethoden werden die Bedingungen erörtert, die bei der Prüfung der Öle auf Oxydationsfähigkeit einzuhalten sind. Die zur Prüfung verwendete Ölmenge soll möglichst groß sein, um den Einfluß örtlicher Überhitzungen zu verringern. Die Proben sollen ferner in einem gut durchgerührten Flüssigkeitsbad erwärmt werden und ihre Temperatur soll 120° C nicht übersteigen. Drei Öle, einmal in Reagenzgläsern von 16 mm Durchmesser und ein zweitel Mal in Kupferbechern von 100 mm Durchmesser erhitzt, ergaben folgende Schlammengen in vH:

Ölnummer	1	2	3
1. Versuch	0·13	0·17	0.17
2. Versuch	0·05	1·31	0·54.

Die Betriebserfahrungen entsprachen den Ergebnissen des zweiten Versuches. Wird Kupfer als Katalysator verwendet, so darf seine Oberfläche nicht durch Ätzen, sondern nur mechanisch blank gemacht werden, da sonst jede Wiederholung der Prüfung ein anderes Ergebnis liefert. Kupferdrahtnetz besitzt eine im Vergleiche zu den Betriebsverhältnissen viel zu große Oberfläche, wodurch die Reaktionsprodukte geändert werden. Der Schlammgehalt wird am besten durch Ausflocken aus dem mit der fünffachen Menge Leichtbenzin versetzten Öl, Abfiltrieren, Lösen des Filterrückstandes und Abdampfen des Lösungsmittels in einer Porzellanschale bestimmt. Bei der italienischen Methode des Warmfiltrierens geht der im warmen Öle lösliche Schlamm durch das Filter und erhöht den nachher im Filtrat bestimmten Säuregehalt. Auch liefert die vorgeschriebene Wägung mit dem getrockneten Filter wegen dessen hygroskopischer Eigenschaft keine verläßlichen Ergebnisse. Man kann die Grundbedingungen für eine einwandfreie Prüfung in folgende drei Punkte zusammenfassen:

a) Die Temperatur soll während des Versuches 120° C nicht übersteigen, da oberhalb derselben unter Umständen schon eine starke Destruktion eintreten kann;

b) zur Begutachtung eines Öles müssen lösliche Säuren, ausgefällte Säuren, Schlamm und gegebenenfalls peroxydartige Reaktionen berücksichtigt werden;

[1]) Electrical Journal, 51 (1923) und Transactions oft the American Electrochemical Soc., 40, 99 (1922).

Digitized by Google

c) alle Beschleunigungsmittel, wie Blasen mit Sauerstoff oder Luft geben andere Reaktionsprodukte, als normalerweise entstehen. Es können nur Dauerprüfungen unter den Betriebsverhältnissen möglichst ähnlichen Bedingungen zu zuverlässigen Resultaten führen.

Die BBC-Methode, die in etwas geänderter Form auch vom S. E. V. angenommen wurde, besteht darin, daß 1 l Öl in einem Kupfergefäße zwei Wochen lang unter Luftzutritt auf 1150° C erhitzt wird. Im Öl befindet sich auf Glasröhrchen aufgewickeltes Baumwollgarn, dessen Festigkeitsänderung gemessen wird, um insbesondere bei überraffinierten Ölen Anhaltspunkte über die zerstörende Peroxydbildung zu erhalten. Unter den verschiedenen Metallen zeigte Kupfer die kräftigste katalytische Beschleunigung der Säure- und Schlammbildung. Die Oxydation erfolgt stufenweise, so daß die Schlammbildung erst dann stärker ansteigt, wenn die Säurebildung bereits nachläßt. Blei als Katalysator liefert fast keine Säure aber unverhältnismäßig viel Schlamm; der Reaktionsverlauf entspricht also nicht den Betriebsverhältnissen. Von den Paraffin- und Naphthenölen gehen die ersteren rascher in den überraffinierten Zustand über, der sich, wie erwähnt, am besten durch die Zerstörung der Baumwolle nachweisen läßt. Wie groß die Unterschiede selbst bei Ölen von gleicher Verteerungszahl werden können, zeigt folgende Zusammenstellung:

Ölprobe	Verteerungszahl	Säurezahl nach BBC-Methode	Schlammgehalt nach BBC-Methode	Abnahme der Baumwollfestigk. nach BBC-Methode
A	0·09	0·46	0·10	100 vH
B	0·11	0·51	0·08	35 vH.

Öle mit Peroxydationsneigung oxydieren auch das Eisen der Kästen, so daß die Asche des Schlamms größtenteils aus Eisenoxyd besteht. Vom elektrischen Felde wird das Öl unterhalb der Glimmspannung nicht beeinflußt. Auf optischem Wege — durch refraktometrische und spektroskopische Untersuchungen — können keine verläßlichen Anhaltspunkte über die Zersetzung erhalten werden. An die Durchschlagsfestigkeit werden meist strenge Anforderungen gestellt. Die Streuung der beobachteten Durchschlagsspannungen ist jedoch nach Hayden und Steinmetz[1]) viel größer, als in Luft. Sie führen daher den Durchschlag in Öl auf Inhomogenitäten zurück, indem zum Beispiel Ölanteile verschiedener Leitfähigkeit in die Funkenstrecke hineingezogen werden und dort Anlaß zu lokaler Erwärmung geben, die durch Gasentwicklung schließlich zum Durchschlage führt. Die Dielektrizitätskonstante und der Isolationswiderstand der Öle zeigten sich auch bei Versuchen im BBC-Laboratorium stark temperaturabhängig:

Temperatur	20°	30°	40°	50°
Dielektrizitätskonstante	1·3	1·44	1·7	2·5
Isolationswiderstand	38·2	37·2	33·6	24·1.10⁶ Ω/cm³.

Nach Brückmann[2]) erfolgt der Durchschlag besonders leicht an den Grenzflächen von Medien verschiedener Dielektrizitätskonstanten. Nach Sorge[3]) ist die Durchschlagsfestigkeit auch vom Elektrodenmaterial abhängig; bei Silber und Zink am höchsten, bei Eisen und Messing am niedrigsten. Die Öle unterscheiden sich ferner beträchtlich durch ihre Wasseraufnahme aus feuchter Luft, die bei manchen Ölen dreimal so groß ist als bei anderen. Während schärfst getrocknete Öle eine Durchschlagsfestigkeit von 230 bis 240 kV/cm — Schröter fand sogar 340 kV/cm — aufweisen, sinkt diese im Sättigungspunkte entsprechend 0·01 vH H_2O auf 39 bis 40 kV/cm. Friese[4]) fand sogar bei 0·01 vH H_2O nur mehr 22 kV/cm. Das Wasser erscheint nicht am gefährlichsten, wenn es in größeren Tropfen oder in ganz gelöster Form, sondern, wenn es im hochdispersen Zustande allerfeinster Tröpfchen auftritt, die sich im elektrischen Felde strecken und zu Brücken aneinanderlegen. Die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit während des Betriebes von Transformatoren scheinen jedoch nach Versuchen des BBC-Laboratoriums keinen merklichen Einfluß auf die Durchschlagsspannung zu besitzen. Diese lag allerdings bei diesen Versuchen nur zwischen 30 und 40 kV/cm, also schon sehr nahe der unteren Grenze. Für Freiluftstationen sollte das spezifische Gewicht des Öles kleiner als das von Eis bei 0° C, das ist 0·916, sein. Nach den angeführten Erfahrungen haben Durchschlagsvorschriften in Lieferungsbedingungen wenig Wert. Der S. E. V. hat daher an ihrer Stelle eine Dauerspannungsprobe mit 30 kV zwi- 12·5 mm Kugeln in 5 mm Abstand vorgeschrieben.

R. H.

(Deutsch. Verband f. d. Materialprüf. d. Technik; Nr. 77 „Studien über d. Prüfung d. Transf.-Öle"; Aug. 1926).

[1]) Journ. of the A. I. E. E., Bd. 53, 38 (1924).
[2]) ETZ, Bd. 43, 453 (1923).
[3]) Arch. f. Elektrot., Bd. 13, 189 (1924); vgl. a. E. u. M. 1924, S. 757.
[4]) Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, I, 141 (1921).

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

(Fortsetzung aus Heft 33, Seite 678.)

Regelung von Umformern.

Eine Erfindung der Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. in Berlin besteht in einer Anordnung, bei der beim Anlassen von Einanker-Umformern von der Wechselstromseite aus das Heraussuchen der richtigen Polarität vollständig selbsttätig erfolgt. Die Wirkungsweise dieser Anordnung beruht auf der bekannten Verwendung eines Relais zur Beeinflussung der Erregung des Umformers, dessen Anker bei annäherndem Synchronismus in Schwingungen gerät und dabei erfindungsgemäß einen der Erregerwicklung des Umformers vorgeschalteten Widerstand abwechselnd kurzschließt und einschaltet. Durch den Vorschaltwiderstand in der Erregung des Umformers bei falscher Polarität wird das Feld geschwächt, wodurch der Rotor verzögert wird; bei Kurzschluß des Widerstandes, also bei voller Feldstärke, wird der Rotor wieder beschleunigt, welches Spiel sich solange wiederholt, bis der Umformer bei richtiger Polarität synchron läuft. Der Widerstand bleibt dann kurzgeschlossen. Durch ein Zeitrelais, das nur bei Gleichstromspannung oder annähernd Gleichstromspannung des Umformers anspricht, wird nach einiger Zeit der Umformer, der mit einem Drittel der Wechselspannung angelassen wurde, an die volle Spannung gelegt und ist dann betriebsbereit.

(Ö. P. Nr. 103827.)

Eine Erfindung der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien sieht für diesen Zweck eine motorisch angetriebene Meisterwalze mit einer Nullstellung und Kontaktstellungen für das Anschließen des Umformers an die Anlaßspannung und die volle Netzspannung vor. Erfindungsgemäß enthält der Stromkreis für den Antrieb der Meisterwalze Kontakte, die in den einzelnen Kontaktstellungen unterbrochen sind; ferner sind Einrichtungen zur Überbrückung dieser Kontakte vorgesehen, die durch den schwingenden, von der Polarität der Gleichstrombürsten abhängigen Zeiger eines polarisierten Relais gesteuert werden, sobald nach Einschalten des Feldes im richtigen Sinne der Umformer nicht mehr schlüpft. Zu beiden Seiten des Zeigers, der unter der Einwirkung des in der Nähe des synchronen Laufes langsam pulsierenden Stromes langsam schwingt, liegen von diesem gesteuerte Kontakte, die zwei das Feld des Umformers ein- bzw. umschaltende Spulen steuern; der die Feldwicklung im richtigen Sinne einschaltende Kontakt schaltet die Umgehungskontakte für den Antrieb der Meisterwalze ein. Ferner wird erfindungsgemäß ein ohmscher oder induktiver Widerstand angeordnet, der bei der Anlaßteilspannung in den Drehstromkreis insbesondere zwischen den Transformator und die drehstromseitigen Schleifringe des Umformers einschaltbar ist und dessen Schlüpfen bei falscher Gleichstrompolarität ermöglicht. Bei richtiger gleichstromseitiger Polarität bleibt der Widerstand kurzgeschlossen. Das Kurzschließen des Widerstandes erfolgt bei Erreichen der richtigen gleichstromseitigen Polarität mit Hilfe eines polarisierten Relais.

(Ö. P. Nr. 104575.)

Digitized by Google

Auf die Regelung eines Gleichstrom-Wechselstromumformersatzes, bestehend aus einem Gleichstromnebenschlußmotor und einem Wechselstromgenerator bezieht sich eine Erfindung der Österreichischen Brown-Boveri-Werke A.-G. in Wien, gemäß welcher die Erregungen beider Maschinen von einem gemeinsamen Feldregler beeinflußt werden. Bei einer Ausführungsform sind die Feldwicklungen der beiden Maschinen mit dem gemeinsamen Feldregler in Reihe geschaltet. Einer Feldschwächung des Motors, die eine Erhöhung der Drehzahl des Aggregates bewirkt, entspricht auch eine Verminderung des Generatorfeldes. Haben die beiden Maschinen gleiche Magnetisierungscharakteristik und in einem beliebigen Arbeitszustand gleiche magnetische Sättigung, so bleibt das Verhältnis ihrer Sättigung innerhalb des ganzen Arbeitsbereiches gleich und die Spannung ist von der Frequenz unabhängig konstant. Einstellbare Widerstände, parallel zu je einer der beiden Feldwicklungen erlauben das Verhältnis der magnetischen Sättigung der beiden Maschinen willkürlich zu verändern. Hiebei ergeben sich für den Wechselstromgenerator gekrümmte Frequenz-Spannungscharakteristiken, deren Krümmung von der Änderung des Sättigungsverhältnisses der Maschinen abhängt, Demnach ist in jenem Teil des Arbeitsbereiches, in dem die Magnetisierungslinien geradlinig sind, die Spannung nahezu konstant und der Größe nach mittels eines oder beider Einstellwiderstände regelbar. Dieselbe Wirkung wird erzielt, wenn beide Feldwicklungen zueinander parallel und mit dem Feldregler gemeinsam in Serie geschaltet sind. An Stelle der Shunts treten dann einstellbare Vorschaltwiderstände.

(Ö. P. Nr. 106172.)

Bei einem aus Gleichstrommotor und -Generator bestehenden Gleichstromspannungsumformer, dessen Generator neben der normalen, eine zweite die erste verstärkende Erregerwicklung besitzt, die an der dem Motor zugeführten Spannung liegt, kommt der Generator auch beim Anlauf unter Last auf Spannung. Seine Erregung hat dann auch stets die richtige Polarität. Nach einer Erfindung der Firma Maffei-Schwartzkopff-Werke G. m. b. H. in Berlin, wird diese Wicklung in Reihe mit der normalen Nebenschlußwicklung des Motors gelegt; dann braucht sie bloß für eine kleine Spannung bemessen werden. Wird sie mit der geerdeten Klemme des Motors verbunden (zum Beispiel bei Bahnfahrzeugen), so braucht sie nur für die geringe, der Potentialdifferenz an ihren Endpunkten gleichen Spannung isoliert zu werden. Um eine Übertragung der primären Spannungsschwankungen auf die sekundäre Seite über die Zusatzwicklung zu verhüten, kann diese nach Erreichen einer bestimmten Spannung des Generators, von der ab dessen Selbsterregung gesichert ist, kurzgeschlossen oder abgeschaltet werden.

(D. R. P. Nr. 436140.)

Regelung von Ein- und Mehrphasenmaschinen.

Aufgabe einer Erfindung der SSW in Berlin (Dr. W. Lulofs, Amsterdam und Ing. R. Bauch, Berlin) ist eine Einrichtung zum Sichern der Erregerwicklung von Wechselstromgeneratoren vor den Folgen eines Windungsschlusses, indem ein Achtungssignal gegeben oder der Generator ganz vom Netz getrennt wird. Das Signal oder der Schalter wird in Abhängigkeit von der durch den Windungsschluß eingetretenen Widerstandsänderung der Erregerwicklung ausgelöst. Die Auslösung kann durch ein Relais erfolgen, dessen Stromspule im Erregerstromkreis und dessen Spannungsspule an der Errgegerwicklung liegt. Empfindlicher ist eine Anordnung, bei welcher die Widerstandsänderung durch eine Wheatstonesche Brücke erfaßt wird. Die Erregerwicklung des Generators g (Abb. 7) ist in zwei gleiche Teile d_1, d_2 geteilt und die Brückenschaltung durch die beiden Wicklungshälften und durch zwei gleiche Hilfswiderstände c_1, c_2 gebildet. In den Diagonalzweig zwischen Schleifring f und Verbindungspunkt h ist das Relais r geschaltet. Die Erregermaschine ist an die freien Enden der Wicklungen d_1 und d_2 geschaltet. Unter normalen Betriebsverhältnissen ist bei jedem Erwärmungszustand der Wicklungen der Relaisbrückenzweig stromlos. Tritt aber an irgendeiner Stelle Windungsschluß auf, so wird das Gleichgewichtsverhältnis gestört, das Relais r spricht an, und löst den Schalter a beispielsweise mechanisch aus.

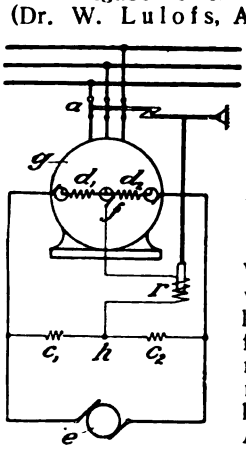


Abb. 7.

(Ö. P. Nr. 104996.)

Eine Einrichtung zum selbsttätigen Abschalten von Generatoren ohne Nullpunkterdung in Wechselstromzentralen beim Auftreten eines Phasenerdschlusses gemäß einer Erfindung der SSW in Berlin besteht darin, daß magnetisch nicht zwangläufig verkettete Induktivitäten einerseits an die Sammelschienen der Zentrale angeschlossen und andererseits geerdet sind und daß ferner in die Zuleitung jedes Generators die Primärwicklungen von Stromwandlern geschaltet sind, deren Sekundärwicklungen parallelgeschaltet auf die Stromspule einer Schaltvorrichtung wirken, die die Auslösung des zugehörigen Generatorschalters herbeiführt. Die Wirkung der Einrichtung beruht darauf, daß, wenn eine Phase des Generators nach Erde überschlägt, durch die Anordnung der geerdeten Induktivitäten in Stärke und Phase gleiche Ströme in den Generatorleitungen auftreten, deren Wirkung sich durch die Stromwandler in der Spule der Schaltvorrichtung des Generatorschalters bemerkbar macht.

(D. R. P. Nr. 443849.)

Man kann die elektrischen Maschinen zugeführte Wechselspannung dadurch in ihrer Größe beeinflussen, daß man in die Zuleitungen Drosselspulen einschaltet. Nach einem Vorschlag der SSW in Berlin werden an diese Drosselspulen drei (Abb. 8) in Parallelschaltung mit der elektrischen Maschine 1 fest eingestellte oder regelbare Induktivitäten, Kapazitäten 4, 5 angeschlossen. Für die Beeinflussung der z. B. einem Einankerumformer 1 zugeführten Wechselspannung während des Betriebes ist nun der auch als Anwurfmotor dienende Asynchronmotor 4, zum Beispiel mit einer Ständerwicklung, an

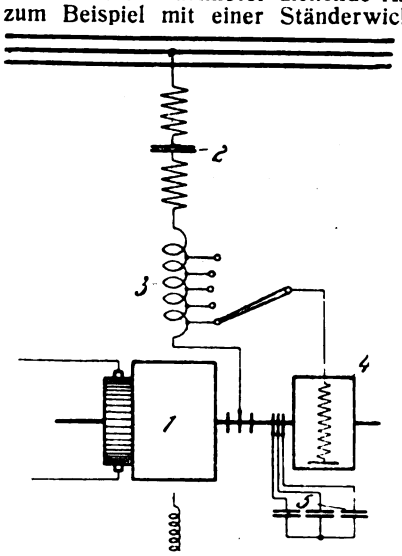


Abb. 8.

die Drosselspule 3 derart angeschlossen, daß das nunmehr in der Ständerwicklung erzeugte Drehfeld die umlaufende Läuferwicklung mit doppelter Netzfrequenz schneidet. Im Stromkreis der Läuferwicklung des Asynchronmotors liegen die Kondensatoren 5, die, da sie mit doppelter Netzfrequenz gespeist werden, dem Netz über den Asynchronmotor 4 einem verhältnismäßig großen Blindstrom entnehmen, der auch die Drosselspulen 3 durchfließt und so eine Erhöhung der Klemmenspannung am Einankerumformer herbeiführt. Zur Regelung dieser Spannungserhöhung können die Drosselspulen 3, wie dargestellt, mit Anzapfungen versehen sein.

(Ö. P. Nr. 104662.)

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Literaturberichte.

3543 **Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik.** Herausgegeben von Prof. Dr. F. Auerbach und Prof. W. Hort. Band I, Lieferung 1, mit 120 Abb. im Text. Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1927. 306 Seiten, 17·5 × 25 cm, Preis Mk. 30·—. Subskriptionspreis Mk. 24·—.

Das Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik soll sieben Bände umfassen, von denen nunmehr die erste Lieferung des ersten Bandes vorliegt. Es bildet einen Teil der Nachfolge des auf eine ruhmreiche Vergangenheit zurückblickenden Winkelmannschen „Handbuches der Physik", das in seiner alten Form wegen des ungeheuer angewachsenen Stoffes (vielleicht wohl auch wegen der Konkurrenzierung durch zwei gegenwärtig im Erscheinen begriffene, großzügigst angelegte Handbücher der Physik) nicht mehr erscheinen wird. Das Handbuch der Mechanik, das sich im gleichen Maße an die Vertreter der Wissenschaft und der Praxis wendet, soll alle in den Bereich der Mechanik direkt oder indirekt fallenden technischen Probleme darstellen.

Wie bei den anderen modernen Handbüchern haben verschiedene Autoren die einzelnen Abschnitte bearbeitet. Der vorliegende Teil des ersten Bandes umfaßt einleitend die „Grundbegriffe" (von F. Auerbach), die Meßkunde (von W. Block) und die Potentialtheorie (von A. Korn). In den „Grundbegriffen" (95 Seiten) wird nicht so sehr die Abgrenzung der Mechanik gegeben, als vielmehr gerade umgekehrt ihre Berührung und ihre Wechselbeziehung zu den anderen Gebieten der Physik, ja auch zu der modernen Chemie und der Kristallographie, die gerade heute an Bedeutung gewinnt, eingehend dargelegt; ebenso die Beziehung zur Geometrie, da durch die Relativitätsmechanik der Raumbegriff in einem neuen Lichte erscheint. Schon in diesem einleitenden Kapitel ist deutlich hervorgehoben, daß die Erfahrung die einzige Quelle der Mechanik wie jeglicher Naturwissenschaft ist. Bei Zahlenangaben, wie auf Seite 9 über Beziehung zwischen Kante und Inhalt regelmäßiger Körper, wäre, wenn solche Berechnungszahlen schon auf vier Dezimalstellen gebracht werden, auch vollständige Richtigkeit erwünscht.

Den Hauptteil des Buches erfüllt die „Meßtechnik" von W. Block. Zunächst werden die mathematischen Grundlagen (Fehlertheorie und Ausgleichsrechnung, Rechnen mit kleinen Zahlen, Rechenhilfsmittel) kurz besprochen. Dann kommen in ausführlicher Weise die Messungen der einzelnen physikalischen Größen (Raumgrößen und mechanische Größen). Bei der Längenmessung wird gezeigt, wie heute die strengen physikalischen Methoden in die Technik eindringen (Interferenzkomparator), wie andererseits die technischen Hilfsmittel immer mehr verfeinert werden, sodaß der Unterschied zwischen technischer und physikalischer Längenmessung immer mehr schwindet. Auch an verschiedenen Ausnahmserscheinungen im Längenmeßwesen (Tachymetrie), Distanzmesser, Behmsches Echolot wird nicht vergessen; anschließend an die Meßmaschinen folgt die Gewindemessung. Uhren und Chronometern ist ebenfalls ein ausführliches Kapitel gewidmet. Nach dem Kapitel „Geschwindigkeit" wären nach Meinung des Berichterstatters auch einige Bemerkungen über moderne Beschleunigungsmesser am Platze. Nach einem kurzen Kapitel über die Technik der Mengenermittlung folgen ausführliche Abschnitte über Waagen und Wägungen. Die Bedeutung der Eichvorschriften ist entsprechend gewürdigt. Zu bemerken wäre, daß es nicht richtig ist, die Stückelung von Gewichtsätzen 5, 2, 2, 1 und 5, 2, 1, 1, 1 als gleichwertig zu erklären. Dem letzteren gebührt wegen der Kombinationsmöglichkeiten bei der „Prüfung in sich" der Vorzug. (Vergl. zum Beispiel F. Kohlrausch, Lehrbuch der Praktischen Physik.) Die Erwähnung und Würdigung der so wertvollen Methode der Ausnützung aller Kombinationsmöglichkeiten bei einem nach der zweiten Art gestückelten Gewichtssatz ist leider auf Seite 207 vollständig übergangen. Es folgen die verschiedenen Arten der Dichtemesser, dann ein Kapitel über Kraft und Arbeitsmesser.

Das Ende des Halbbandes bildet die Potentialtheorie von A. Korn. Im Vordergrunde stehen das Newton'sche und das logarithmische Potential. Für einige Spezialfälle sind die Potentiale durchgerechnet. In Kürze werden die Extremaleigenschaften der Potentialfunktionen, die Beziehungen zu der Riemann-Cauchy'schen Funktionentheorie und der Theorie der konformen Abbildung, sowie das Wesen der drei Randwertaufgaben erläutert. Ein kurzer Anhang von Auerbach bringt noch einige zur Potentialtheorie gehörige anschauliche geometrische Darstellungen. Jedes Kapitel bringt am Ende ausführliche Literaturnachweise, so daß für eingehendes Studium der betreffenden Materie der Weg gewiesen ist. A. Basch.

3084 **Elektrische Fördermaschinen.** Von Prof. Dr. Ing. E. h. W. Philippi. Zweite verbesserte Auflage. 310 Seiten, 144 Abb. Verlag S. Hirzel, Leipzig. Preis geh. Mk. 20.—, geb. Mk. 22.—.

Daß dieses hervorragende Werk, dessen erstes Erscheinen seinerzeit eingehend gewürdigt wurde,[1]) nach sechs Jahren in neuer Auflage erschien, beweist an sich, welche günstige Aufnahme es in den Kreisen der Elektro- und Bergingenieure gefunden hat. Der neuen Herausgabe ist übrigens eine sorgfältige Durcharbeit vorangegangen, welche der Weiterentwicklung der elektrischen Fördermaschine in der Zwischenzeit Rechnung trägt. Dieser Fortschritt betrifft besonders die Sicherheitseinrichtungen und die Ausbildung des reinen Drehstromantriebes. Einige Antriebsarten, welche nicht mehr als modern angesehen werden können, wurden weggelassen oder in den geschichtlichen Teil versetzt. Einen besonders wertvollen Teil bildeten schon in der Erstausgabe die Beschreibungen und Erörterungen bedeutender, ausgeführter Anlagen im In- und Ausland und es ist besonderer Anerkennung wert, daß diese Beispiele durch neue Ausführungen ersetzt wurden. — Die neue Auflage dieses wertvollen Werkes der Fachliteratur kann jedem Elektro-, Maschinen- und Bergingenieur warm empfohlen werden.

Dr. Horschitz.

3523 **Le Répertoire Général de la Grande Industrie Française.** 464 Seiten. Paris, 63 Avenue des Champs-Elysées, 1927. Preis 50 Frcs.

Der ausgezeichnet ausgestattete Folioband enthält sehr gut und leichtverständlich geschriebene Monographien mit sehr vielen Abbildungen über das Berg- und Hüttenwesen Frankreichs, über die maschinen- und elektrotechnische Industrie, die Transportmittelindustrie und über die Ingenieurbauten. Man gewinnt daraus auch einen Überblick über die wissenschaftlichen Grundlagen, nach welchen die französische Industrie arbeitet, über ihre Arbeitsverfahren usw. und über ihren Umfang, so daß der Band nicht bloß für den Käufer industrieller Erzeugnisse, sondern auch für den wissenschaftlich oder praktisch arbeitenden Ingenieur von Wert ist, umso mehr als den einzelnen Abschnitten auch ausführliche Literaturangaben beigefügt sind. Auch die industrielle Zusammenarbeit in Frankreich (unter anderem die Normung) wird besprochen. Den ausführlichen französischen Aufsätzen folgen Auszüge in deutscher, englischer und spanischer Sprache. Der weit über eine Reklameschrift hinausgehende Band verdient in jeder Richtung volle Anerkennung und als wertvolles Werbemittel auch Nachahmung. —k.

3247 **DIN-Taschenbücher 7 und 8.** Normen der Elektrotechnik für Maschinen, Transformatoren und Apparate, bzw. für Installationsmaterial, Kabel und Freileitungen. 133 Seiten, bzw. 154 Seiten, Form A 5. Beuthverlag, G. m. b. H., Berlin, 1927. Preis je 2·75 Mark.

In ähnlicher, handlicher Form, wie in den früher erschienenen DIN-Taschenbüchern über Grundnormen, Schaltzeichen und Schaltbilder, Werkstoffnormen, sowie Werkzeuge und Lehren hat jetzt der Verband Deutscher Elektrotechniker im Verein mit dem Deutschen Normenausschuß die bisher endgültig erschienenen Normen-

[1]) E. u. M. 1921, Heft 32, S. 399.

Digitized by Google

blätter aus der Elektrotechnik gesammelt herausgegeben. Band 7 enthält außer den Grundnormen jene über Gleichstrommaschinen, Drehstrommotoren, Polier- und Schleifmaschinen, Transformatoren, Dynamobleche, Drähte und Bedienungsteile für Schaltgeräte; Band 8 außer den Grundnormen jene über Drähte und Seile, Kabelgarnituren, Isolatoren, Isolierrohre. Klemmen, Sicherungen, Schalter, Steckvorrichtungen, Lampensockel und Fassungen und schließlich ebenso wie Band 7 ein Stichwort- und Nummernverzeichnis. Beide Bände sind nicht nur in der Anordnung des Inhalts, sondern auch hinsichtlich des Druckes und der Ausstattung vorbildlich. —k.

3550 **Begrenzung des Rechtes an technischen Schöpfungen.** Von Dr. W. Hensel. 56 Seiten. Berlin, Carl Heymanns Verlag, 1927.

Die Schrift behandelt die in der letzten Zeit in Deutschland und auch in Österreich viel erörterte Frage des Nachbauens von nicht unter Patent- oder Musterschutz stehenden Maschinen und anderen Gegenständen und kommt nach ausführlicher Besprechung der einschlägigen Deutschen Rechtssprechung zu folgenden Richtlinien. Der genaue Nachbau von Maschinen ist grundsätzlich gestattet, beim sklavischen Nachbau technischer Schöpfungen sind die besonderen Umstände des einzelnen Falles zu beachten, eine Änderung der in Betracht kommenden Gesetze oder die Schaffung neuer Gesetze ist nicht erforderlich. Die Schrift gibt einen guten Überblick über den derzeitigen Stand der in Rede stehenden Frage. J.

Eingelaufene Bücher.

3552 Vorläufiger Bericht über die Verwaltung der Bundeshauptstadt Wien im Jahre 1926. (1. Sonderheft des Jahrganges 1927 der Statistischen Mitteilungen der Stadt Wien, herausgegeben von der Magistratsabteilung für Statistik). 120 Seiten.

Aus dem Bericht, der ein sehr anschauliches Bild über die Vielseitigkeit der Verwaltungstätigkeit der Stadt Wien gibt, ist auch zu entnehmen, welche große Bedeutung heute die Technik in der städtischen Verwaltung spielt. Vom Bauwesen und den rein technischen Unternehmungen, wie die Elektrizitätswerke und Straßenbahnen abgesehen, über die noch gesondert berichtet werden wird, findet sich fast in jedem Abschnitte des Berichtes ein Hinweis auf technische Maßnahmen oder Einrichtungen, so daß der Bericht auch für alle Kreise der Technik von Interesse sein dürfte, umsomehr als die Gemeinde Wien, was nur wenig bekannt ist, auf vielen Gebieten richtunggebend war und es auch noch ist. —k.

Elektrische Temperaturmessung. Von Georg Schubert. Mit 88 Abb. Mit Anhang: Über Strahlungspyrometrie. Von Dr. H. Hörig und Elisabeth Hörig. Mit 21 Abb. 106 Seiten. Verlag Hachmeister & Thal. Leipzig 1927. Preis Mk. 4·80.

Physikalisch-technische Elektrizitätslehre. Von Friedrich Franz Martens. Zweite Auflage. 808 Seiten mit 642 Abb. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn A.-G., Braunschweig 1927. Preis geh. Mk. 42·—, geb. Mk. 46·—.

Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis. Von Prof. Cl. Feldmann. Vierte, völlig umgearbeitete Auflage. 554 Seiten mit 485 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 38·—.

Briefe an die Schriftleitung.

Ergebnisse der Statistik der Elektrizitätswerke Österreichs, Auflage 1926. Von Dr. R. Czeija, Wien, E. u. M. 1927, Heft 25.

In dieser Arbeit sind die Ergebnisse der „Statistik 1926" zusammengestellt und zu Vergleichszwecken die Ergebnisse der „Statistik 1920" herangezogen, wozu ich folgendes bemerken möchte:

Auf Seite 505 des Aufsatzes wird gesagt, daß „über die Generator-, Übertragungs- und Verteilungsspannungen für 1920 keine Zusammenstellungen vorliegen". Dies trifft nicht zu. In meiner Arbeit in E. u. M. 1920, S. 383, habe ich die Zahlentafeln VI und VII der Statistik 1920 wiedergegeben, welche nähere Angaben über das Verteilungssystem, Gebrauchsspannung, Periodenzahl, Generator- und Übertragungsspannungen enthalten. In Zahlentafel VII sind die Generatorspannungen nicht nur nach der Zahl der Werke, sondern auch nach deren Gesamtleistung zusammengestellt, woraus deutlich zu ersehen ist, daß die Werke mit Generatorspannungen von 5000 bis 5500 V bei weitem überwiegen; hiebei wurde mit Rücksicht auf den veränderlichen Spannungsabfall (und die Ungenauigkeit der diesbezüglichen Angaben) der Spannungsbereich innerhalb der üblichen Reguliergrenzen (± 5 vH) zusammengefaßt und die auf S. 509 gegebene weitere Unterteilung der Generatorspannungen daher in der Statistik 1920 unterlassen.[1]) Das gleiche gilt auch hinsichtlich der Unterteilung der Übertragungs- und Verteilungsspannungen (Kol. 13*a* und 13*b* der Statistik 1926) sowie der zugehörigen Zusammenstellungen auf S. 506 bis 508 des Aufsatzes von Dr. Czeija.

Von besonderem Interesse mag hierbei sein, daß die Zahl der Werke mit Übertragungsspannungen über 10 000 V sich seit 1920 nahezu verdoppelt hat und die Höchstspannung sich von 35 000 auf 110 000 V erhöhte; leider fehlen in der Statistik 1926 auch die Angaben über die Gesamtleistung und Länge der Hochspannungsanlagen. Hinsichtlich der Niederspannungs-Verteilungsanlagen sei noch bemerkt, daß die Zahl der Drehstromanlagen mit Spannungen von 220/380 (bzw. 205/350) V (△/Y-Schaltung) seit 1920 (Zahlentafel VI der Statistik 1920) von 36 auf 194 (!) angestiegen ist, sich daher auch hinsichtlich der Erhöhung der Verteilungsspannung Einheitlichkeitsbestrebungen deutlich bemerkbar machen.

Wien, am 21. Juni 1926.

Ing. Leopold Rosenbaum.

Erwiderung.

Die Beanständung des Satzes auf S. 509 des Aufsatzes ist zutreffend; der Irrtum ist darauf zurückzuführen, daß ich bei der Ausarbeitung des bezogenen Teiles meiner Abhandlung die Zahlentafeln VI und VII der Statistik von 1920 nicht gegenwärtig hatte.

Zur Bemängelung der Angaben über die Häufigkeit verschiedener Spannungsarten sei auf meine Bemerkung im zweiten Absatze auf Seite 509 verwiesen. Die Zusammenstellung verfolgte den Zweck, für eine etwaige Neubearbeitung des Normenblattes über Periodenzahl und Spannungen geeignete Unterlagen zu schaffen.

Eine Übersicht der Gesamtleistung und Länge von Hochspannungsübertragungsleitungen war nicht möglich, da zahlreiche Unternehmen mehrere Spannnungsarten gleichzeitig ohne Trennung nach Leistung und Länge angegeben haben.

Nach Spalte 33*o* beträgt die Zahl der Werke mit einer Verteilspannung von 220/380 V richtig 193; leider weist aber Tafel 33 insgesamt immer noch 264 Anlagen mit anderen Drehstrom-Niederspannungen auf.

Bei dieser Gelegenheit sollen nachträglich einige wesentliche Berichtigungen zu den Tafeln nachgetragen werden:

In Spalte 12 soll das Schlußergebnis richtig $\frac{363}{7546}$ heißen.

Bei Spalte 16 gilt für Salzburg $\frac{16/64}{16/41\,892}$ und für die Summe $\frac{256/1\,257}{252/616\,088{\cdot}8}$.

Das Endergebnis in Spalte 17 ist $\frac{236/9\,784}{229/433\,213{\cdot}5}$.

Desgleichen in Spalte 18 $\frac{28/77\ U/13\,949}{4/9\ Gl/2\,082}$.

Desgleichen in Spalte 19 $\frac{375/3\,135}{373/4\,652\,214}$.

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1920, S. 6.

Digitized by Google

Spalte 20 *a* enthält die Werte *a*) für Salzburg $\frac{9/4\,959}{6/9567{\cdot}4}$; *b*) für Vorarlberg $\frac{5/2\,259}{5/16\,732}$ und *c*) als Summe $\frac{2/661}{1/127}$ $\frac{136/96\,667}{122/140\,795{\cdot}9.}$ $\frac{}{14/18\,540}$

Die Spalte 20 *b* hat *a*) für Oberösterreich $\frac{3}{186}$, *b*) für Vorarlberg $\frac{2}{166\,380}$ und *c*) als Summe $\frac{68}{205\,172}$.

Als Glühlampensumme (Spalte 21) ergibt sich 325/5 495 585.

Zahl und Anschlußwert der Elektromotoren (Spalte 23) betragen für *a*) Steiermark $\frac{84/8496}{78/52\,690{\cdot}9}$ *b*) Tirol $\frac{49/3\,520}{46/10\,826{\cdot}4}$, *c*) Vorarlberg $\frac{13/1\,607}{13/5\,155{\cdot}4}$, *d*) Wien $\frac{4/51\,605}{4/150\,358}$ und *e*) die Summa $\frac{314/84\,492}{288/288\,995{\cdot}3}$.

Stromabnehmer (Spalte 27) sind *a*) in Wien $\frac{4/391\,000}{./.}$ und *b*) in Summe $\frac{269/524\,556}{269/115\,718}$.

An Kraftzählern (Spalte 28 *a*, Nenner) gibt es 240/40 625.

Von gemeinsamen (Licht- und Kraft-) Zählern (Spalte 28 *b*) weist Oberösterreich $\frac{4}{834}$ auf, daher die Summe $\frac{18}{2103}$.

An fremde Wiederverkäufer abgegeben wurden (Spalte 29) in Kärnten $\frac{16}{1690{\cdot}5}$, in Summe $\frac{114}{99\,690{\cdot}5}$.

Wien, 9. Juli 1927.

Dr. Czeija.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Der elektrotechnische Außenhandel Frankreichs im Jahre 1925. Nach einem Bericht in „The Electrical Review" vom 17. Mai 1927 wurden vorwiegend nach Belgien, der Schweiz, Spanien, den französischen Kolonien, Ägypten und Großbritannien und Italien folgende Mengen in t ausgeführt: Maschinen 4800, Apparate 4000, Drähte und Kabel 2400, Teile für elektrische Apparate und Zubehör 1200, Glühlampen 270, Akkumulatoren und Bestandteile 800, und Trockenelemente 300. Abgesehen von Drähten und Kabel sind alle Ziffern höher als die entsprechenden des Vorjahres.

Die Haupteinfuhrländer sind: Belgien, Deutschland, die Schweiz, die V. St. A. und Großbritannien, außerdem Holland (für Glühlampen). Die wichtigsten Einfuhrziffern in t sind: Maschinen über 1000 kg 2000, Maschinen bis 1000 kg 1120, Apparate 1200, Drähte und Kabel 300, Bestandteile und Zubehör für Apparate 480, Glühlampen 500, Akkumulatoren und Bestandteile 820. J.

Die Einfuhr Rußlands an elektrotechnischen Erzeugnissen im Jahre 1925/26. Nach einem Berichte im „Helios", Nr. 19 von 1927 stieg die Einfuhr von Kabeln und Draht von 64·1 t im Werte von 374 000 Rubel im Vorjahre auf 311·6 t im Werte von 713 000 Rubel (280 t im Jahre 1923). Glühlampen wurden 1923/24 4·3 Mill., 1924/25 3·6 Mill. und 1925/26 nur mehr 1·97 Mill. Stück eingeführt, das sind 32 vH der Menge von 1913. Diese auf die Erstarkung der heimischen Industrie zurückzuführende Verminderung der Lampeneinfuhr dauert an, man rechnet für 1926/27 nur mehr mit insgesamt 5—600 000 Stück. An Montagematerial aus Metall und Isolierstoffen wurde 1373·6 t (1961 t im Vorjahre) im Werte von 1·5 Mill. Rubel (2·5 Mill.) eingeführt, an Kohlenerzeugnissen (vorwiegend große Elektroden) 453·6 t im Werte von 172 500 Rubel (276 t, 220 000 Rubel), an Bogenlampen, Heizapparaten, Isolierrohren, Elementen 400 t im Werte von 406 900 Rubel (486 t, 476 000 Rubel), an Schwachstromerzeugnissen zusammen 31·3 t im Werte von 482 000 Rubel (21·5 t, 322 000 Rubel), an Meßapparaten 146 t im Werte von 871 400 Rubel (226 t, 949 400 Rubel), an Akkumulatoren 74 t im Werte von 302 700 Rubel (42 t, 154 000 Rubel). Recht bedeutend ist die Einfuhr an Maschinen, Transformatoren und Einzelteilen mit 3603 t im Werte von 5·35 Mill. Rubel (1263 t, 2·3 Miill. Rubel), sowie an elektrischen Apparaten mit 1454 t im Werte von 5 Mill. Rubel (362 t, 1·86 Mill. Rubel). Die Gesamteinfuhr betrug somit 8160 t im Werte von 17 Mill. Rubel oder 28 Mill. Vorkriegsrubel gegen 5000 t und 11, bzw. 20·7 Mill. Rubel im Vorjahre und 54·4 Mill. Rubel im Jahre 1913. 64 vH der Einfuhr stammen aus Deutschland (83 vH im Jahre 1913), Österreich, das Montagematerial einführte, wird zusammen mit einer Reihe anderer Länder, wie Dänemark, der Tschechoslowakei und Italien ausgewiesen, deren Anteil insgesamt nur 4 vH betrug. Bemerkenswert ist, daß nach der dem Aufsatz zugrunde liegenden russischen Quelle die gesamte inländische Erzeugung dem Werte nach bereits viermal so groß ist als die Einfuhr und besonders in Kabeln, Lampen, Schwachstromerzeugnissen und Meßapparaten ein Vielfaches der bezüglichen Einfuhr beträgt.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	8. VIII. 1927	10. VIII. 1927	12. VIII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	127½	127½	127¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	50½-51⅛	50½-51½	51½-51¾
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	88—93	88—93	88—93

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 12. August 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	15	0	63	0	0
Wire bars	63	0	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	55	12	6	55	13	9
Standard { 3 Monate .	55	18	9	56	0	0
Zinn:						
Engl. ingots	292	15	0	293	5	0
Standard { Kassa . .	296	0	0	296	5	0
Standard { 3 Monate .	287	15	0	288	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	24	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	28	5	0	28	2	6
Remelted	28	10	0	—	—	—
English Swansea . .	28	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175. Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 28. August 1927 | Heft 35

INHALT: Über die Ortskurven des Primärstromes einer Induktionsmaschine mit eigenerregter Drehstromerregermaschine. (Mitteilungen aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe.) Von Dipl. Ing. Hans Walz. S. 701.
RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 709. Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel S. 709. Verbrennungskraftmaschinen. S. 710. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 711. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 712.
PATENTBERICHT. S. 713.
LITERATURBERICHTE. S. 714.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 715.

Über die Ortskurven des Primärstromes einer Induktionsmaschine mit eigenerregter Drehstromerregermaschine.

Mitteilungen aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe.

Von Dipl.-Ing. Hans Walz.

Übersicht. Für die aus einer Induktionsmaschine und einer eigenerregten Drehstromerregermaschine bestehende Kaskade wird eine zusammenfassende Darstellung der Wirkungsweise gegeben, indem die Ortskurven des Primärstromes für alle theoretisch überhaupt möglichen Betriebszustände analytisch abgeleitet werden.

Der Primärstrom einer Induktionsmaschine, welche an konstanter Spannung liegt und eine Drehstromerregermaschine ohne Ständerwicklung nach Abb. 1 als Hintermaschine hat, ist von den Drehzahlen beider Maschinen abhängig und durch sie vollständig bestimmt. Es soll in den folgenden Ausführungen ein Überblick über die gesamten Ortskurven dieses Stromes gegeben werden, welche bei diesem Maschinensatz theoretisch überhaupt auftreten können.

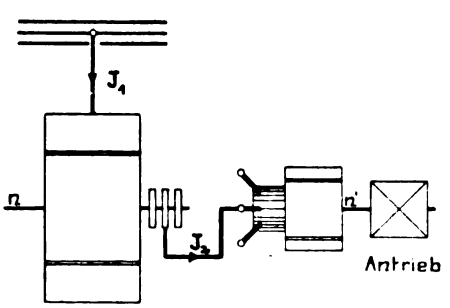


Abb. 1.

Den Ausgangspunkt der Untersuchungen bildet die Gleichung für die Ortskurve des Primärstromes der Induktionsmaschine. Bei der Ableitung dieser Gleichung wird vorausgesetzt, daß Strom und Spannung sich zeitlich sinusförmig ändern, daß die Felder sinusförmig über dem Ankerumfang verteilt sind, daß das Eisen ungesättigt ist, die Reaktanzen also als konstant betrachtet werden können, daß keine Eisenverluste auftreten und der Einfluß der Ströme in den von den Bürsten kurzgeschlossenen Spulen der Hintermaschine vernachlässigt werden kann.

Es bedeuten für einen Strang, bezogen auf Sternschaltung:

R den Wirkwiderstand,
X_σ die Streureaktanz bei Netzfrequenz,
X_h die Reaktanz des Hauptkraftflusses oder Nutzreaktanz bei Netzfrequenz,
$X = X_h + X_\sigma$ die gesamte Reaktanz bei Netzfrequenz,
$\sigma = \frac{X_\sigma}{X_h}$ den Streukoeffizienten,
w die wirksame Windungszahl.

Index 1 beziehe sich auf den Ständer der Induktionsmaschine, Index 2 auf ihren Läufer und Index 3 auf den Läufer der Hintermaschine.

Bedeutet ferner für die Induktionsmaschine p die Polpaarzahl, n_1 die synchrone Drehzahl und n die mechanische Drehzahl, so ist die Frequenz von Strom und Spannung im Ständer oder die Netzfrequenz

$$f_1 = p \,.\, n_1.$$

Die Frequenz im Läufer ist dann

$$f_2 = p \,.\, (n_1 - n)$$

und der Schlupf

$$s = \frac{f_2}{f_1} = \frac{n_1 - n}{n_1}.$$

Bezeichnet p' die Polpaarzahl der Hintermaschine und n' ihre mechanische Drehzahl, so ist ihre Drehungsfrequenz

$$f' = p' \,.\, n'.$$

Das Verhältnis dieser Frequenz zur Netzfrequenz ist wie der Schlupf eine reine Zahl

$$v = \frac{f'}{f_1} = \frac{p' \,.\, n'}{p \,.\, n_1}.$$

Aus der Schaltung beider Maschinen geht hervor, daß zwei Stromkreise vorhanden sind, nämlich der Ständerkreis der Induktionsmaschine und der beiden Maschinen gemeinsame Läuferkreis.

Digitized by Google

Die Spannungsgleichungen dieser Stromkreise ergeben zusammen die gesuchte Gleichung für die Ortskurve des Primärstromes. Sie brauchen nur für einen Strang aufgestellt zu werden, da beide Maschinen mit einem reinen Drehfeld arbeiten, in jedem Strang mithin die Vorgänge gleichartig verlaufen.

Bedeutet $\dot{U}_1$ die Netzspannung, $\dot{J}_1$ den Primärstrom und $\dot{J}_2$ den beiden Maschinen gemeinsamen Läuferstrom, so gilt auf Grund des Spannungsgleichgewichtes für den Ständerkreis die Beziehung

$$\dot{U}_1 = -(R_1 + \mathrm{j}\, x_1)\dot{J}_1 - \mathrm{j}\frac{w_1}{w_2} \cdot x_{2h} \cdot \dot{J}_2.$$

Die Drehzahl der Hintermaschine zähle positiv in derjenigen Richtung, in welcher das vom Strom J_2 in ihr erzeugte Drehfeld umläuft, wenn der Schlupf der Induktionsmaschine positiv ist.

Für den Läuferstromkreis gilt dann die Spannungsgleichung

$$0 = -(R_2 + \mathrm{j}\, s\, x_2)\dot{J}_2 - \mathrm{j}\frac{w_2}{w_1} \cdot s\, x_{1h}\dot{J}_1 - [R_3 + \mathrm{j}\,(s - v)\, x_3]\dot{J}_2.$$

Aus dieser ergibt sich

$$\dot{J}_2 = -\frac{\mathrm{j}\frac{w_2}{w_1} s\, x_{1h}}{R_2 + R_3 + \mathrm{j}\, s\left(x_2 + x_3 - \frac{v}{s} x_3\right)} \dot{J}_1$$

und in Verbindung mit der ersten

$$\dot{U}_1 = -(R_1 + \mathrm{j}\, x_1)\dot{J}_1 - \frac{s\, x_{1h}\, x_{2h}}{R_2 + R_3 + \mathrm{j}\, s\left(x_2 + x_3 - \frac{v}{s} x_3\right)} \dot{J}_1.$$

Diese Beziehung liefert die Gleichung für die Ortskurve des Stromes $\dot{J}_1$, nämlich

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\, x_1 + \frac{x_{1h}\, x_{2h}}{\frac{R_2 + R_3}{s} + \mathrm{j}\left(x_2 + x_3 - \frac{v}{s} x_3\right)}}.$$

Es sollen für das weitere die Konstanten der Läufer beider Maschinen die auf die Ständerwindungszahl der Induktionsmaschine umgerechneten Werte darstellen. Dann ist $x_{1h} = x_{2h}$, sodaß die Gleichung lautet:

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\, x_1 + \frac{x_{1h}^2}{\frac{R_2 + R_3}{s} + \mathrm{j}\left(x_2 + x_3 - \frac{v}{s} x_3\right)}}.$$

Bei der zeichnerischen Darstellung dieser Gleichung soll der Vektor der Klemmenspannung $\dot{U}_1$ willkürlich in die Richtung der negativen imaginären Achse eines rechtwinkeligen Koordinatensystems fallen. Der Stromvektor kann dann in jeden der vier Quadranten zu liegen kommen. Jeder Quadrant hat aber eine bestimmte physikalische Bedeutung, die durch die Schreibweise der Gleichung festgelegt und in Abb. 2 angegeben ist.

Die Untersuchung der obigen Hauptgleichung werde jetzt unter Voraussetzung konstanter Netzspannung für die folgenden drei Fälle ausgeführt:

A) Der Schlupf s durchlaufe nacheinander alle Werte von $+\infty$ bis $-\infty$, Der Wert v, das heißt die Drehzahl der Erregermaschine, bleibe dabei unverändert. Die Gleichung läßt sich dann auf die Form

$$\dot{J}_1 = \frac{\dot{A} + \dot{B}.s}{\dot{C} + \dot{D}.s}$$

bringen und stellt deswegen[1]) einen Kreis von allgemeiner Lage dar. $\dot{A}$, $\dot{B}$, $\dot{C}$, $\dot{D}$ sind für konstantes v konstante komplexe Größen. Der Kreis ist durch den Festwert v bestimmt. Die Gleichung liefert somit unendlich viele solcher Kreise mit jeweils konstantem v. Die Kreise seien nach der veränderlichen Größe s als s-Kreise bezeichnet.

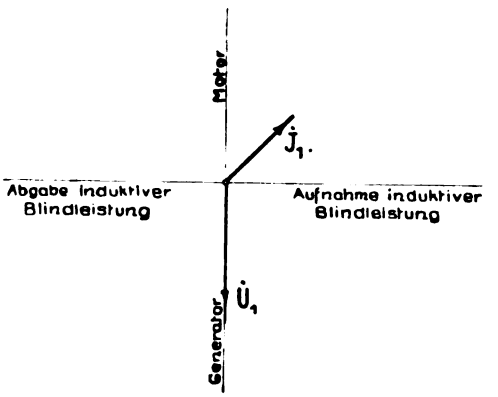


Abb. 2.

B) Der Wert v, das heißt, die Drehzahl der Hintermaschine durchlaufe nacheinander alle Werte von $+\infty$ bis $-\infty$. Der Schlupf s, das heißt die Drehzahl der Induktionsmaschine bleibe dabei konstant. Die Gleichung läßt sich umformen zu

$$\dot{J}_1 = \frac{\dot{Q} + \dot{R}.v}{\dot{S} + \dot{T}.v}$$

und ergibt wie vorhin einen Kreis von allgemeiner Lage. $\dot{Q}$, $\dot{R}$, $\dot{S}$, $\dot{T}$ sind bei konstantem s konstante komplexe Größen. Die Gleichung liefert ebenfalls eine Schar von Kreisen von allgemeiner Lage, die jedoch nunmehr durch einen bestimmten konstanten Wert des Schlupfes s festgelegt sind. Sie seien nach der veränderlichen Größe v als v-Kreise bezeichnet.

C) Der Schlupf s durchlaufe wieder nacheinander alle Werte von $+\infty$ bis $-\infty$, während die Hintermaschine mit „reaktanzloser" Drehzahl angetrieben wird. Es muß dann stets die Bedingung $s = v$ erfüllt sein, damit das Drehfeld in der Hintermaschine immer relativ zum Läufer in Ruhe ist. Die Gleichung für den Stromvektor lautet dann

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\, x_1 + \frac{x_{1h}^2}{\frac{R_2 + R_3}{s} + \mathrm{j}\, x_2}}$$

[1]) Bloch, Die Ortskurven der graphischen Wechselstromtechnik.

Digitized by Google

und gilt auch für die Induktionsmaschine ohne Drehstromerregermaschine, sofern der Wirkwiderstand R_2 im Läufer um den Widerstand R_3 vergrößert wird. Auch diese Gleichung stellt einen Kreis von allgemeiner Lage dar. Der Kreis werde aus später erkennbaren Gründen Hilfskreis genannt.

Über die oben angedeuteten Kreise läßt sich nun ohne weiteres folgendes aussagen:

1. Bei synchronem Lauf der Induktionsmaschine ist die Erregermaschine elektrisch wirkungslos. Der Ständer der Induktionsmaschine entnimmt dem Netz nur den Leerstrom

$$\dot{J}_{10} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\, x_1}.$$

Deshalb gehen alle Kreise durch den Endpunkt P_0 dieses Stromvektors.

2. Die Punkte, welche gleiche s-Werte haben, aber auf verschiedenen s-Kreisen liegen, bilden einen v-Kreis. Jeder v-Kreis schneidet also die Schar der s-Kreise, abgesehen vom Punkte P_0, in Punkten mit gleichen Schlupfwerten. Der Schlupfwert dieser Schnittpunkte ist der Festwert s des v-Kreises.

3. Ebenso schneidet jeder s-Kreis die Schar der v-Kreise, außer im Punkt P_0 noch in Punkten mit gleichen v-Werten. Der v-Wert dieser Schnittpunkte ist der Festwert des s-Kreises.

$$J_{10} = \frac{U_1}{\sqrt{R_1^2 + x_1^2}},$$

$$J_{1\infty} = \frac{U_1}{\sqrt{R_1^2 + \sigma^2 x_1^2}},$$

$$J_{1K} = \frac{U_1}{\sqrt{\left[R_1 + (R_2 + R_3)\frac{x_{1h}^2}{(R_2+R_3)^2 + x_2^2}\right]^2 + \left[x_1 - x_2 \frac{x_{1h}^2}{(R_2+R_3)^2 + x_2^2}\right]^2}},$$

$$\approx \frac{U_1}{\sqrt{\left[R_1 + \frac{R_2 + R_3}{(1+\sigma_2)^2}\right]^2 + \sigma^2 x_1^2}}$$

4. Der Hilfskreis, für dessen Punkte ja die Bedingung $s = v$ gilt, schneidet einen s-Kreis und einen v-Kreis, abgesehen vom Punkt P_0, in einem Punkt, dessen Wert den Festwert v des s-Kreises bzw. den Festwert s des v-Kreises angibt. Da für jeden Punkt auf dem Hilfskreis der Wert s oder v, wie noch gezeigt werden wird, leicht zu bestimmen ist, kann mit Hilfe dieses Kreises ohne weiteres zu irgend einem s-Kreis oder v-Kreis der Festwert ermittelt werden.

Die einzelnen Kreise werden jetzt näher untersucht.

Der Hilfskreis. Seine Gleichung lautet:

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\, x_1 + \frac{x_{1h}^2}{\frac{R_2 + R_3}{s} + \mathrm{j}\, x_2}}.$$

Beim Schlupf $s = 0$ ist der Strom

$$\dot{J}_{10} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\, x_1}$$

und für den Schlupf $s = \infty$

$$\dot{J}_{1\infty} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\, x_1 - \mathrm{j}\, \frac{x_{1h}^2}{x_2}}$$

oder durch Einführung des Blondelschen Koeffizienten der Totalstreuung

$$\sigma = 1 - \frac{1}{(1+\sigma_1)(1+\sigma_2)},$$

$$\dot{J}_{1\infty} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\, \sigma x_1}.$$

Beim Schlupf $s = 1$ (Stillstand der Induktionsmaschine und Synchronismus der Erregermaschine) ist der Strom

$$\dot{J}_{1K} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\, x_1 + \frac{x_{1h}^2}{R_2 + R_3 + \mathrm{j}\, x_2}}.$$

Durch die Endpunkte P_0, Q_K und Q_∞ dieser Stromvektoren ist der Hilfskreis bestimmt. Außerdem läßt sich damit die Schlupfgerade zeichnen und so zu jedem Punkt auf dem Kreis der Schlupfwert ermitteln. Es sei deswegen die Lage dieser Punkte in dem weiter oben angegebenen Bezugssystem durch die Beträge der genannten Ströme und deren Phasenwinkel gegenüber der Spannung $-\dot{U}_1$ angegeben. Die Beträge der Ströme sind

und die Phasenwinkel

$$\varphi_0 = -\operatorname{arctg} \frac{x_1}{R_1},$$

$$\varphi_\infty = -\operatorname{arctg} \frac{\sigma x_1}{R_1},$$

$$\varphi_K \approx -\operatorname{arctg} \frac{\sigma x_1}{R_1 + \frac{R_2 + R_3}{(1+\sigma_2)^2}}.$$

Unter Verwendung dieser Daten ist in Abb. 3 der Hilfskreis und die Schlupfgerade dargestellt. Die Konstanten, welche auf die Ständerwindungszahl der Induktionsmaschine umgerechnet sind, haben dabei zur Reaktanz x_1 etwa folgende Verhältnisse:

$$\frac{R_1}{x_1} = \frac{R_2}{x_1} = \frac{R_3}{x_1} = 0{\cdot}05, \quad \frac{x_{1h}}{x_1} = 0{\cdot}9, \quad \frac{x_2}{x_1} = 1.$$

Der Winkel zwischen der Spannung $-\dot{U}_1$ und dem vom Punkt P_0 ausgehenden Durchmesser ist für die spätere Untersuchung von Bedeutung und soll jetzt bestimmt werden.

Digitized by Google

Für eine vom Punkt P_0 ausgehende Sehne dieses Kreises (Abb. 3) gilt die Gleichung

$$\dot{j}_1 - \dot{j}_{10} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}x_1 + \frac{x_1 h^2}{\frac{R_2+R_3}{s} + \mathrm{j}x_2}} + \frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}x_1}$$

$$= -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}x_1} \cdot \frac{x_1 h^2}{x_1 x_2 - x_1 h^2 - R_1 \frac{R_2+R_3}{s} - \mathrm{j}\left(R_1 x_2 + x_1 \frac{R_2+R_3}{s}\right)}.$$

Die Sehne wird am größten, das heißt, zum Durchmesser, wenn der Ausdruck im Nenner des zweiten Faktors obiger Gleichung am kleinsten wird. Der Differentialquotient $\frac{d^2 B}{ds^2}$ wird aber für $s = \infty$ wieder Null, sodaß nur der letztere Schlupfwert in Frage kommt und die Gleichung für den Durchmesser lautet

$$[\dot{j}_1 - \dot{j}_{10}]_{max} = -\frac{\dot{U}_1}{(R_1 + \mathrm{j}x_1)} \cdot \frac{1}{\left[x_1 x_2 - x_1 h^2 + R_1^2 \frac{x_1 h^2}{R_1^2 + x_1^2} - \mathrm{j}\frac{R_1}{x_1}\left(x_1 x_2 + x_1^2 \frac{x_1 h^2}{R_1^2 + x_1^2}\right)\right] \frac{1}{x_1 h^2}}.$$

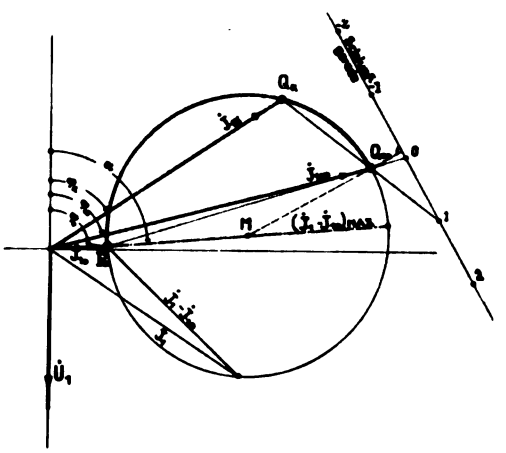


Abb. 3.

Schlupfwert, der diese Forderung erfüllt, ergibt sich aus der Minimumbedingung des Ausdrucks. Der Betrag B desselben ist zu diesem Zweck nach der veränderlichen Größe s zu differenzieren. Es ist

$$B = \sqrt{\left[x_1 x_2 - x_1 h^2 - R_1 \frac{R_2+R_3}{s}\right]^2 + \left[R_1 x_2 + x_1 \frac{R_2+R_3}{s}\right]^2}$$

und der Differentialquotient

$$\frac{dB}{ds} = \frac{1}{2B} \cdot \left\{2\left[x_1 x_2 - x_1 h^2 - R_1 \cdot \frac{R_2+R_3}{s}\right]\left[+R_1 \frac{R_2+R_3}{s^2}\right] + 2\left[R_1 x_2 + x_1 \frac{R_2+R_3}{s}\right]\left[-x_1 \frac{R_2+R_3}{s^2}\right]\right\}$$

$$= \frac{1}{B} \cdot \frac{R_2+R_3}{s^2}\left[-R_1 x_1 h^2 - \frac{R_2+R_3}{s} \cdot (R_1^2 + x_1^2)\right].$$

Die Grenzbedingung lautet

$$\frac{dB}{ds} = 0$$

und wird erfüllt durch den Schlupf $s = \infty$ und durch den sich aus der Bedingung

$$0 = -R_1 x_1 h^2 - \frac{R_2+R_3}{s}(R_1^2 + x_1^2)$$

ergebenden Schlupf

$$s = -\frac{R_2+R_3}{R_1} \cdot \frac{R_1^2 + x_1^2}{x_1 h^2}.$$

Der gesamte Nenner läßt sich in den Ausdruck

$$[2R_1 x_1 + j(x_1^2 - R_1^2)]\left(\frac{x_2}{x_1 h^2} - \frac{x_1}{R_1^2 + x_1^2}\right)$$

überführen. Der zweite Faktor ist positiv und das Argument des Nenners gleich

$$e^{+j\frac{x_1^2 - R_1^2}{2R_1 x_1}},$$

das heißt, der Durchmesser bildet mit der Spannung $-\dot{U}_1$ den Winkel

$$\alpha = -\operatorname{arctg}\frac{x_1^2 - R_1^2}{2R_1 x_1}.$$

Die s-Kreise. Ihre Gleichung

$$\dot{j}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}x_1 + \frac{x_1 h^2}{\frac{R_2+R_3}{s} + \mathrm{j}\left(x_2 + x_3 - \frac{v}{s}x_3\right)}}$$

liefert für die Werte $s = 0$ und $s = \infty$ die Ströme

$$\dot{j}_{10} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}x_1},$$

$$\dot{j}_{1\infty} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\left(x_1 - \frac{x_1 h^2}{x_2 + x_3}\right)}$$

Beide Ströme sind unabhängig vom Festwert v. Alle s-Kreise gehen deshalb durch die Endpunkte P_0 und P_∞ dieser Stromvektoren (vergl. Abb. 4) und die Kreismittelpunkte liegen auf der Mittelsenkrechten zur Sehne $P_0 P_\infty$.

Unter dieser Kreisschar befindet sich ein kleinster und größter Kreis. Der kleinste Kreis hat die Sehne zum Durchmesser und der größte Kreis

Digitized by Google

ist eine Gerade, die ebenfalls durch die beiden Punkte gehen muß und daher mit der Sehne zusammenfällt.

Die Sehne teilt jeden s-Kreis in zwei Bögen, von denen der eine nur die positiven Schlupfwerte und der andere nur die negativen Schlupfwerte enthält. Durch den Hilfskreis kann leicht entschieden werden, welchem Bogen die positiven und welchem die negativen Werte zukommen, denn bei diesem Kreis ist mit Hilfe der schon erwähnten Schlupfgeraden leicht zu ermitteln, auf welchem von seinen beiden Bögen über der Sehne $P_0 Q_\infty$ die positiven oder negativen Werte von s liegen. Schneidet beispielsweise ein s-Kreis denjenigen Bogen des Hilfskreises, auf dem die positiven Werte liegen, so ist der Schlupfwert, der dem Schnittpunkt auf dem s-Kreis zukommt, ebenfalls positiv. Der Bogen des s-Kreises, dem dieser Schnittpunkt angehört, enthält also nur positive Schlupfwerte, während auf dem anderen Bogen des betrachteten s-Kreises nur die negativen Werte liegen.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Punkte des Hilfskreises die Bedingung $s = v$ erfüllen und daß daher der Wert dieses Schnittpunktes zugleich der Festwert v des betrachteten s-Kreises ist, also angibt, bei welcher konstanten Drehzahl der Hintermaschine dieser Kreis entsteht.

Ein Vergleich der beiden beim Schlupf $s = \infty$ auftretenden Ströme $\dot{J}_1'_\infty$ des Hilfskreises und $\dot{J}_{1\infty}$ der s-Kreise

$$\dot{J}_1'_\infty = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + j\sigma x_1} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + j x_1 \left[1 - \frac{1}{(1+\sigma_1)(1+\sigma_2)}\right]},$$

$$\dot{J}_{1\infty} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + j x_1 \left[1 - \frac{1}{(1+\sigma_1)(1+\sigma_2) + \frac{x_1 x_3}{x_{1h}^2}}\right]}$$

zeigt, daß jener mit der Spannung $-\dot{U}_1$ einen kleineren Winkel einschließt als der Strom $\dot{J}_{1\infty}$. Der größte s-Kreis, die Gerade, trifft demnach den Hilfskreis im Gebiet der negativen Schlupfwerte und in der Nähe des Punktes Q_∞. Damit steht fest, daß auf den Verlängerungen der Strecke $P_0 P_\infty$ nach beiden Seiten hin die negativen Schlupfwerte und auf der Strecke selbst die positiven Werte liegen und daß der Festwert v dieser Ortskurve negativ und sehr groß ist.

Der Primärstrom einer Induktionsmaschine wandert demnach auf dieser Geraden, wenn die Hintermaschine mit einer bestimmten sehr hohen Drehzahl im negativen Sinne angetrieben wird, wenn also die Drehrichtung dem Umlaufsinn entgegen gerichtet ist, den in ihr das Drehfeld bei positivem Schlupf der Induktionsmaschine hat.

Da der Mittelpunkt des Hilfskreises, wie später noch bewiesen wird, zwischen der oben erwähnten mit der Sehne $P_0 P_\infty$ zusammenfallenden Geraden und der Abszissenachse liegt, derjenige des kleinsten s-Kreises aber auf der Sehne, muß dieser Kreis den Hilfskreis im Gebiet der positiven Schlupfwerte schneiden. Der Schnittpunkt liegt in der Nähe des Punktes P_0. Der Festwert v dieses Kreises ist also positiv und sehr klein.

Läuft deshalb die Hintermaschine mit einer gewissen niederen Drehzahl und in positiver Richtung um, das heißt, im Sinne des Drehfeldes, welches bei positivem Schlupf der Induktionsmaschine in ihr besteht, so geht die Ortskurve des Stromes in den kleinsten Kreis über.

Der s-Kreis mit dem Festwert $v = 0$ (Stillstand der Erregermaschine) kann den Hilfskreis nur im Punkt P_0 berühren. Der Mittelpunkt dieses Kreises ist der Schnittpunkt der Mittelsenkrechten auf der Sehne $P_0 P_\infty$ mit dem Durchmesser des Hilfskreises.

In Abb. 4 sind einige s-Kreise, darunter die oben angeführten, sowie der Hilfskreis und die Schlupfgerade dargestellt. Dem Punkt P_∞ entspricht, bezogen auf die Ständerwindungszahl der Induktionsmaschine, eine Reaktanz x_3, die mit x_1 das Verhältnis $\frac{x_3}{x_1} = 0{\cdot}25$ bildet.

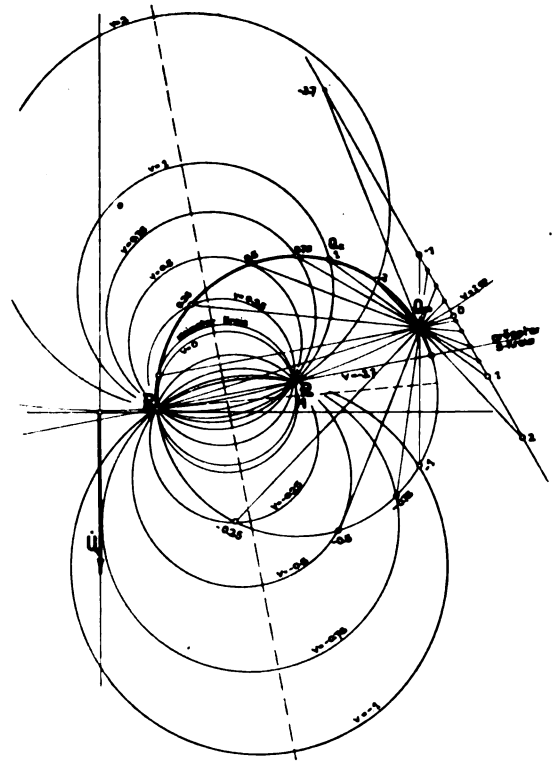


Abb. 4.

Es geht daraus hervor, daß bei allen s-Kreisen mit positivem Festwert v die Bögen mit den positiven Schlupfwerten auf der Seite der Sehne $P_0 P_\infty$ liegen, die der Abszissenachse abgewandt ist, während die Bögen mit den negativen Schlupfwerten auf der anderen Seite dieser Sehne liegen. Die Kreise mit positivem v verlaufen fast ausschließlich in den Quadranten, die den Motorbereich darstellen, von den der Abszissenachse zugekehrten

Digitized by Google

Bögen umschließen nur einige einen kleinen Teil des Generatorbereichs.

Wenn also die Erregermaschine in der Richtung angetrieben wird, in welcher das in ihr bei positivem Schlupf der Vordermaschine bestehende Drehfeld umläuft, so vermag die Induktionsmaschine nur als Motor größere Leistungen, zum Teil mit gutem Leistungsfaktor zu verarbeiten. Bei übersynchronem Lauf (negativer Schlupf) kann sie dagegen nur in geringem Maß und mit schlechtem Leistungsfaktor generatorische Leistung liefern.

Bei den s-Kreisen, deren Festwerte v negativ sind, liegen die Bögen mit den positiven Schlupfwerten auch auf der Seite der Sehne, die der Abszissenachse abgewandt ist, umfassen aber nur einen geringen Teil des Motorbereiches. Die Bögen dieser Kreise mit den negativen Schlupfwerten ragen dagegen weit in die Quadranten hinein, welche den Generatorbereich kennzeichnen.

Läuft also die Hintermaschine in der entgegengesetzten Richtung wie vorhin, so kann die Induktionsmaschine als Motor nur unter ungünstigen Bedingungen arbeiten, als Generator betrieben vermag sie jedoch größere Leistungen, teilweise sogar bei gutem Leistungsfaktor, herzugeben.

Für solche Festwerte v, die zwischen dem Festwert des größten s-Kreises, der Geraden, hier dem Festwert $v = -3{\cdot}7$, und dem Wert $v = -\infty$ liegen, erstrecken sich die Ortskurven fast in ihrer ganzen Ausdehnung über den Motorbereich. Auf diesen Kreisen ist sogar im Gegensatz zu allen anderen, der Bogen mit den positiven Schlupfwerten der Abszissenachse zugekehrt, während der Bogen der negativen Schlupfwerte auf der Seite der Sehne $P_0 P_\infty$ liegt, der der Abszissenachse abgewandt ist. Der Kreis mit dem Festwert $v = \infty$ wird später noch näher untersucht.

Da von jedem s-Kreis die Punkte $P_0 P_\infty$ bekannt sind und der Punkt P_K für $s = 1$, wie später noch gezeigt wird, leicht ermittelt werden kann, läßt sich zu jedem s-Kreis die Schlupfgerade angeben und zu jedem Punkt der s-Wert ermitteln.

Die v-Kreise. Die Gleichung für die Ortskurve des Primärstromes der Induktionsmaschine

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\,x_1 + \dfrac{x_{1h}^2}{\dfrac{R_2+R_3}{s} + \mathrm{j}\left(x_2 + x_3 - \dfrac{v}{s}\,x_3\right)}}$$

liefert bei konstantem Schlupf s, aber veränderlichem Wert v, nur für $v = \infty$ einen von s unabhängigen Strom, nämlich

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\,x_1} = \dot{J}_{10}.$$

Alle v-Kreise müssen also, wie früher bereits durch eine andere Überlegung bewiesen wurde, durch den Endpunkt P_0 dieses Stromvektors gehen.

Es ist aber jetzt noch zu untersuchen, ob sich nicht etwa irgend zwei oder mehrere von diesen Kreisen noch in einem weiteren Punkt schneiden. Diese Frage läßt durch folgende Überlegung sich leicht beantworten:

Hätten zum Beispiel irgend zwei dieser Kreise noch einen Punkt gemeinsam, so müßte in der Hauptgleichung das Glied

$$\frac{R_2+R_3}{s} + \mathrm{j}\left(x_2 + x_3 - \frac{v}{s}\,x_3\right)$$

für irgend zwei Festwerte s_1 und s_2 und für zwei bestimmte v-Werte den gleichen Wert annehmen, das heißt, es müßte die Bedingung

$$\frac{R_2+R_3}{s_1} + \mathrm{j}\left(x_2 + x_3 - \frac{v_1}{s_1}\,x_3\right) = \frac{R_2+R_3}{s_2} + \mathrm{j}\left(x_2 + x_3 - \frac{v_2}{s_2}\,x_3\right)$$

erfüllbar sein. Da der Wert v aber nur in den imaginären und nicht auch in den reellen Gliedern auftritt, kann diese Bedingung nicht erfüllt werden. Es gibt also für zwei oder mehrere v-Kreise keinen gemeinsamen Punkt mehr. Das bedeutet, daß sich die v-Kreise im Punkt P_0 nicht schneiden, sondern berühren.

Unter dieser Kreisschar tritt auch ein kleinster und größter Kreis auf. Der kleinste Kreis schrumpft auf den Punkt P_0 zusammen. Sein Festwert ist $s = 0$. Der größte Kreis, eine Gerade, muß alle übrigen v-Kreise im Punkt P_0 berühren. Ihr Festwert ist negativ und sehr groß, aber, wie weiter unten noch gezeigt werden wird, kleiner als derjenige des größten s-Kreises.

Der Neigungswinkel dieser Geraden gegenüber der Spannung $-\dot{U}_1$ läßt sich aus der Neigung des von P_0 ausgehenden Durchmessers eines v-Kreises, der ja auf der Geraden senkrecht stehen muß, zu dieser Spannung bestimmen. Eine vom genannten Punkt ausgehende Sehne eines v-Kreises hat die Gleichung

$$\dot{J}_1 - \dot{J}_{10} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\,x_1} \cdot \frac{x_{1h}^2}{x_1(x_2+x_3) - x_{1h}^2 - R_1\dfrac{R_2+R_3}{s} - \dfrac{v}{s}\,x_1 x_3 - \mathrm{j}\left[R_1(x_2+x_3) + x_1\dfrac{R_2+R_3}{s} - \dfrac{v}{s}\,R_1 x_3\right]}$$

und wird am größten, das heißt, zum Durchmesser, wenn der Ausdruck im Nenner des zweiten Faktors am kleinsten ist. Dies trifft für einen bestimmten v-Wert zu, der sich durch Differentiation des Betrages dieses Ausdrucks nach der veränderlichen Größe v ergibt. Der Betrag ist

$$B = \sqrt{\left[x_1(x_2+x_3) - x_{1h}^2 - R_1\frac{R_2+R_3}{s} - \frac{v}{s}\,x_1 x_3\right]^2 + \left[R_1(x_2+x_3) + x_1\frac{R_2+R_3}{s} - \frac{v}{s}\,R_1 x_3\right]^2}$$

und sein Differentialquotient

$$\frac{dB}{dv} = \frac{1}{B}\cdot\frac{x_3}{s}\left[x_1 x_{1h}^2 - (x_2+x_3)(R_1^2 + x_1^2) + \frac{v}{s}\,x_3(R_1^2 + x_1^2)\right].$$

Digitized by Google

Die Grenzbedingung $\frac{dB}{dv} = 0$ wird durch den Wert v, der sich aus der Beziehung

$$O = x_1 x_{1h}^2 - (x_2 + x_3)(R_1^2 + x_1^2) + \frac{v}{s} x_3 (R_1^2 + x_1^2)$$

ergibt, nämlich

$$v = s\left[\frac{x_2 + x_3}{x_3} - \frac{x_1}{x_3} \cdot \frac{x_{1h}^2}{R_1^2 + x_1^2}\right]$$

allein erfüllt. Da für $v = \infty$ der Betrag B am größten wird, muß für den abgeleiteten v-Wert das Minumum von B erreicht werden. Der von P_0 ausgehende Durchmesser hat mithin die Gleichung

$$[\dot{J}_1 - \dot{J}_{10}]_{max} = -\frac{\dot{U}_1}{(R_1 + j x_1)} \cdot \frac{1}{\left[\frac{x_1^2}{R_1^2 + x_1^2} - \frac{R_1 (R_2 + R_3)}{s \cdot x_{1h}^2} - 1 - j\left(\frac{R_1 x_1}{R_1^2 + x_1^2} + \frac{x_1 (R_2 + R_3)}{s x_{1h}^2}\right)\right]}.$$

Der ganze Nenner liefert den Ausdruck

$$[x_1^2 - R_1^2 - j 2 R_1 x_1] \cdot \left(\frac{R_1}{R_1^2 + x_1^2} + \frac{1}{s}\frac{R_2 + R_3}{x_{1h}^2}\right)$$

und somit das Argument

$$e^{-j \operatorname{arc\,tg} \frac{2 R_1 x_1}{x_1^2 - R_1^2}}.$$

Der Durchmesser hat demnach gegenüber der Spannung $-\dot{U}_1$ den Winkel

$$\alpha' = +\operatorname{arc\,tg} \frac{2 R_1 x_1}{x_1^2 - R_1^2}$$

und die Gerade, welche um den Winkel $\pi/2$ gegenüber dem Durchmesser nach rückwärts, das heißt, im Uhrzeigersinn verschoben ist, schließt mit dieser Spannung den Winkel

$$\alpha = \alpha' - \frac{\pi}{2} = -\operatorname{arc\,tg} \frac{x_1^2 - R_1^2}{2 R_1 x_1}$$

ein. Das ist aber der gleiche Winkel, den der vom Punkt P_0 ausgehende Durchmesser des Hilfskreises mit der gleichen Spannung einschließt.

Daraus folgt, daß der größte v-Kreis, die Tangente an alle v-Kreise, mit dem Durchmesser des Hilfskreises zusammenfällt und die Mittelpunkte aller v-Kreise auf der Tangente an den Hilfskreis im Punkt P_0 liegen (vergl. Abb. 5).

Der s-Kreis mit dem Festwert $v = 0$ trennt jeden v-Kreis in zwei Bögen, von denen der eine nur die positiven, der andere nur die negativen v-Werte enthält, weil dem Punkt P_0, durch den alle v-Kreise gehen müssen, der Wert $v = \infty$ zukommt. Der Hilfskreis gestattet auch bei diesen Kreisen festzustellen, welche ihrer Bögen, die außerhalb des eben genannten s-Kreises liegen, die positiven oder negativen v-Werte enthalten.

Die v-Kreise lassen deutlich erkennen, wie dicht auf den s-Kreisen die Punkte mit aufeinanderfolgenden Schlupfwerten liegen. So zeigt zum Beispiel der v-Kreis mit dem Festwert $s = 1$, der die Stillstandspunkte aller s-Kreise verbindet, daß auf diesen Kreisen die Punkte im untersynchronen Gebiet umso dichter liegen, je kleiner der Festwert v ist.

Die s-Kreise mit den Festwerten $v = 0$ und $v = 1$ schneiden auf den v-Kreisen die Punkte $v = 0$ und $v = 1$ aus. Da alle v-Kreise durch den Punkt P_0 mit dem Wert $v = \infty$ gehen, läßt sich auch hier sehr leicht zu jedem v-Kreis die „v-Gerade", die der Schlupfgeraden bei den s-Kreisen entspricht, bestimmen.

Sonderfälle. Es sollen jetzt noch einige Sonderfälle in Betracht gezogen werden.

Wird die Erregermaschine mit konstanter aber unendlich hoher Drehzahl angetrieben, das heißt, ist stets $v = \infty$, so ist der Primärstrom der Induktionsmaschine, solange deren Drehzahl oder Schlupf nur endliche Werte annimmt, stets gleich

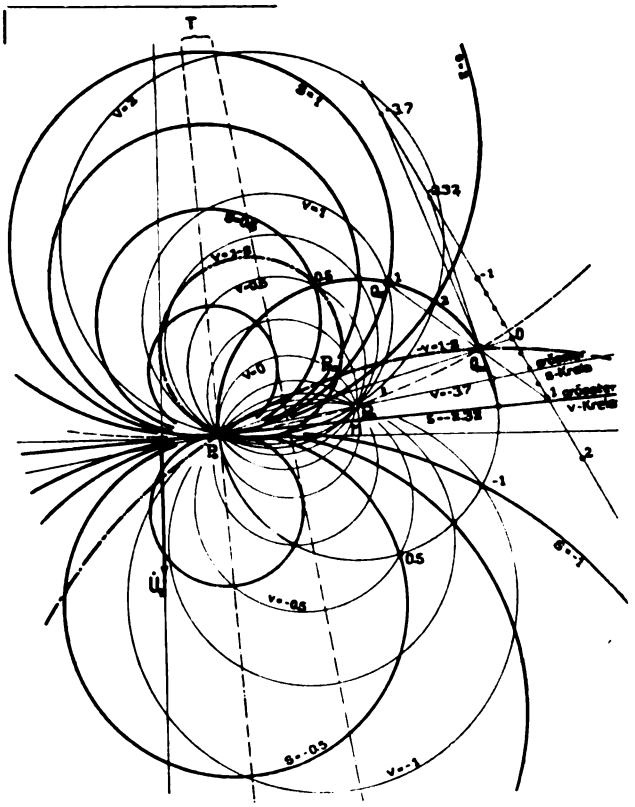


Abb. 5.

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + j x_1},$$

das heißt, gleich dem Leerstrom $\dot{J}_{10}$. Wächst aber s über alle Grenzen, so wird das Glied $\frac{R_2 + R_3}{s}$ Null, aber der Bruch $\frac{v}{s} = \varrho$ kann dabei alle endlichen Werte annehmen. Der Strom ändert sich dann nach der Gleichung

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + j\left(x_1 - \frac{x_{1h}^2}{x_2 + x_3 - \frac{v}{s} x_3}\right)},$$

Digitized by Google

die auf die Bloch sche Normalform der Gleichung eines Kreises von allgemeiner Lage gebracht werden kann. Es geht daraus hervor, daß der Endpunkt des Vektors des Primärstromes auf einem Kreise wandert.

Wenn $\varrho = \infty$ ist, das heißt, wenn s nur endliche Werte annimmt, wird $\dot{J}_1 = \dot{J}_{10}$. Für $\varrho = 1$, das heißt, für einen bestimmten unendlich hohen Wert s, nimmt der Strom den Wert

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\left(x_1 - \frac{x_{1h}^2}{x_2}\right)} = \dot{J}'_\infty$$

an, und wenn schließlich s gegenüber dem Wert ν noch über alle Grenzen wächst, das heißt, der Wert ϱ gegen Null geht, nähert sich der Strom dem Wert

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\left(x_1 - \frac{x_{1h}^2}{x_2 + x_3}\right)} = \dot{J}_{1\infty}.$$

Die Endpunkte der drei betrachteten Stromvektoren sind die Punkte P_0, Q_∞ und P_∞, durch die also der Kreis gehen muß.

Läuft die Induktionsmaschine mit unendlich hoher aber konstanter Drehzahl um, das heißt, ist $s = \infty$ konstant, und durchläuft dabei die Drehzahl der Hintermaschine oder der Wert v alle möglichen Werte, so ist der Primärstrom der Induktionsmaschine, solange v nur endliche Werte annimmt, immer gleich dem obigen Wert $\dot{J}_{1\infty}$.

Wächst aber v über alle Grenzen, so nimmt der Bruch $\frac{v}{s} = \varrho$ alle möglichen Werte an. Der Primärstrom folgt, wie vorhin, demselben Gesetz. Er beschreibt wieder den gleichen Kreis. Endliche Werte von v ergeben den Wert $\varrho = 0$ und, wie oben gezeigt, den Strom $\dot{J}_{1\infty}$. Der Wert $\varrho = 1$ liefert wieder den Strom $\dot{J}'_{1\infty}$ und, wenn v gegen den Wert $s = \infty$ noch über alle Grenzen wächst, das heißt, unendlich groß wird, erreicht der Primärstrom den Wert $\dot{J}_{10}$.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich, daß der s-Kreis mit dem Festwert $v = \infty$ und der v-Kreis mit dem Festwert $s = \infty$ zusammenfallen. Der Mittelpunkt des durch die oben genannten drei Punkte gehenden Kreises ist der Schnittpunkt T der Mittelsenkrechten auf der Sehne $P_0 P_\infty$ mit der Tangente an den Hilfskreis im Punkt P_0.

Dieser Kreis, der in Abb. 4 und 5 dünn gestrichelt dargestellt ist, hat aber noch eine andere Bedeutung. Nimmt nämlich die Reaktanz x_3 der Hintermaschine alle möglichen Werte an vom Wert $+\infty$ bis zum Wert $-\infty$, so wandert der Endpunkt des Stromes

$$\dot{J}_{1\infty} = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\left(x_1 - \frac{x_{1h}^2}{x_2 + x_3}\right)}$$

wieder auf einem Kreis, der mit dem oben untersuchten übereinstimmt, denn die Gleichung jenes Kreises ist mit dieser identisch. Wenn $x_3 = 0$ ist, fällt der Endpunkt P_∞ des betreffenden Stromvektors mit dem Punkt Q_∞ zusammen und wenn die Reaktanz über alle Grenzen wächst, rückt P_∞ nach dem Punkt P_0 hin. Ist x_3 stets positiv, das heißt, kommt die Reaktanz in einer Drossel- oder Hintermaschine zustande, so liegt der Punkt P_∞, der die Lage der s-Kreisschar mit bestimmt, immer innerhalb des Hilfskreises. Wird die Reaktanz aber negativ, das heißt, kommt sie in einem Kondensator zustande, dann geht dieser Punkt auf den außerhalb des Hilfskreises liegenden Bogen über.

Dadurch ist aber bewiesen, wie früher vorweg behauptet wurde, daß der Punkt P_∞ über dem Durchmesser des Hilfskreises liegt und daß der größte v-Kreis, der mit dem Durchmesser sich deckt, einen kleineren Festwert hat als der größte mit der Sehne $P_0 P_\infty$ zusammenfallende s-Kreis.

Es soll jetzt noch der Fall betrachtet werden, in dem die Hintermaschine auch mechanisch mit der Induktionsmaschine gekuppelt ist. Beide Maschinen sollen dabei elektrisch zunächst so gekuppelt sein, daß in der Hintermaschine bei positivem Schlupf Drehfeld und Drehung gleiche Richtung haben. Die Polzahl sei ferner bei beiden Maschinen gleich. Dann besteht zwischen den Größen v und s immer die Beziehung

$$v = 1 - s.$$

Die Ortskurve des Stromes lautet damit

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\,x_1 + \frac{x_{1h}^2}{\frac{R_2 + R_3}{s} + \mathrm{j}\left(x_2 + 2x_3 - \frac{1}{s}x_3\right)}}$$

und stellt wieder einen Kreis von allgemeiner Lage dar, der durch die folgenden drei Punkte ohne weiteres gezeichnet werden kann.

Für $s = 0$ wird der Strom $\dot{J}_1 = \dot{J}_{10}$. Der Kreis geht demnach durch den Punkt P_0. Er schneidet ferner den Hilfskreis in einem Punkte, für den die Bedingung $s = v$ erfüllt ist. Nach der hier stets gültigen Beziehung $v = 1 - s$ ist dies nur möglich, wenn $v = s = 0{\cdot}5$ ist. Der Punkt 0·5 auf dem Hilfskreis ist also der zweite Punkt des gesuchten Kreises. Der dritte bequeme Punkt hat den Wert $s = 1$ und $v = 0$, das heißt, er ist der Stillstandspunkt P_{k0} des s-Kreises mit dem Festwert $v = 0$. Der Kreis ist dadurch bestimmt und in Abb. 5 strich-punktiert eingetragen.

Werden zwei Zuleitungen zur Hintermaschine vertauscht, also die Schaltung verwendet, die zur Phasenkompensation von asynchronen Generatoren erforderlich ist, so hat das Drehfeld in der Hintermaschine die entgegengesetzte Richtung wie vorhin und zwischen v und s gilt jetzt die Beziehung

$$-v = 1 - s.$$

Die Gleichung für den Primärstrom lautet damit

$$\dot{J}_1 = -\frac{\dot{U}_1}{R_1 + \mathrm{j}\,x_1 + \frac{x_{1h}^2}{\frac{R_2 + R_3}{s} + \mathrm{j}\left(x_2 + \frac{1}{s}x_3\right)}}$$

Digitized by Google

und stellt wieder einen Kreis von allgemeiner Lage dar. Auch hier lassen sich zur Bestimmung des Kreises drei bequeme Punkte angeben.

Als erster Punkt kommt wieder der Punkt P_0, dem der Wert $s = 0$ entspricht, in Frage. Der zweite Punkt hat den Wert $s = \infty$ und ist der Punkt Q_∞ des Hilfskreises, denn für diesen Wert s nimmt der Srom den Wert

$$\dot{J}_1 = - \frac{\dot{U}_1}{R_1 + j\left(x_1 - \frac{x_1 h^2}{x_2}\right)}$$

an. Der dritte Punkt ist wieder der Punkt P_{k0} des s-Kreises mit dem Festwert $v = 0$, denn für $s = 1$ und $v = 0$ ist ebenfalls die Bedingung $-v = 1 - s$ erfüllt. Der Kreis ist in gleicher Art wie der vorige in Abb. 5 dargestellt. Beide Kreise schneiden sich im Punkt P_0 und P_{k0}.

Von diesen beiden Kreisen sind die Punkte mit den Werten $s = 0$ und $s = 1$ bekannt. Beim ersten Kreis, für den $v = 1 - s$ stets erfüllt ist, läßt sich der Punkt mit dem Wert $s = \infty$ errechnen und einzeichnen, beim letzten Kreis ist dieser Punkt durch Q_∞ schon vorhanden. Die Zeichnung der Schlupfgeraden ist also für beide Kreise leicht möglich.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Das Bâtonkraftwerk bei Grenoble arbeitet unter 1050 m Gefälle. Sein Maschinenhaus ist im Felsen eingesprengt. Der Einlauf in 1760 m Seehöhe ist während eines Großteils des Jahres mit Schnee bedeckt. Die anschließende Tunnelstrecke von 1103 m Länge und 6 bis 7 m² Querschnitt dient als Wasserspeicher mit 7800 m³ Inhalt. Eine Fernschwimmereinrichtung überträgt den jeweiligen Wasserstand ins Kraftwerk. Der Tunnel endigt in eine 30 m unter dem Einlauf befindliche Druckkammer, die mit Belüftungseinrichtung versehen ist, um die Druckrohrleitung hinter dem selbsttätigen Rohrabschluß, der übrigens auf elektromagnetischem Wege auch vom Kraftwerk aus betätigt werden kann, vor dem Eindrücken zu bewahren. Die 1565 m lange Druckrohrleitung hat zur Hälfte 540 mm Weite mit 4 bis 23 mm Wandstärke, zur anderen Hälfte 400 mm Weite mit 14 bis 26 mm Wandstärke. Sie ist zum Schutze gegen Frost, Steinschlag usw. in einem 2 m tiefen Rohrgraben verlegt. Ihr letztes Stück hat 61° Neigung. Ihr Gesamtgewicht beträgt 410 t; sie besteht aus Schüssen von 10 m Länge mit Stückgewichten bis zu 4 t. Die Verlegung erfolgte durch eine Seilbahn. Mit 625 l/s werden zwei 3300 PS Turbinen beliefert. Die EWC-Turbine von 2·6 m Rad-, 55 mm Strahldurchmesser besitzt 500 U/min, die Neyret-Turbine von 3·4 m Rad-, 55 mm Strahldurchmesser 375 U/min. Sie sind mit je einem 50 Per/s 2500 kVA-Generator von Westinghouse bezw. BBC gekuppelt. Die Spannung von 3000 V wird in ölgekühlten Thomson-Houston-Transformatoren auf 26 kV erhöht. Der Transformatorenraum ist auch im Felsen verlegt. Die Maschinenhauswände sind 0·5 m vom Felsen entfernt. Das Maschinhaus liegt in 710 m Seehöhe. *β.*

(Enginering, Bd. 123, Nr. 3199, 1927.)

Das Kraftwerk West Buxton am Saco River der Cumberland County Power and Light Co. wurde kürzlich nach einem Berichte von G. E. Haggas, Portland, durch ein Zusatzkraftwerk verstärkt, bei dem das Wasser durch zwei 4·65 × 4·6 m weite Schützen und einen 68 m langen Tunnel von 6 × 4·5 m Weite dem offenen Oberwasserbecken von 11 m Höhe, 22·5 m Länge und im Mittel 9·5 m Weite zugeführt wird. Im anschließenden Krafthause wird eine sechsflügelige, vertikale Propellerturbine von 3·4 m Durchmesser über eine Betonspirale beliefert, sie gießt durch ein Moody-Keilsaugrohr aus. Die Turbine leistet bei 8·1 m Gefälle und 53 m³/s bei 120 U/min 5100 PS bei 89 vH grantiertem, 91 vH erwartetem Wirkungsgrade. Der durch Riemen angetriebene Öldruckregler besitzt ein Arbeitsvermögen von 10 000 mkg. Der unmittelbar gekuppelte 60 polige, 60 periodige 5000 kVA Generator von 11 000 V trägt den 125 V Erreger und das federgestützte 162 t-Spurlager. Das Schwungmoment beträgt 45 000 kgm². Der hydraulische Teil wurde von J. P. Morris, Philadelphia, der elektrische Teil einschließlich eines 5000 kVA Freiluft-transformators von der General Electric Co. geliefert. Die Gesamtkosten betragen 100 Doll. pro PS. *β.*

(Electrical World, Bd. 89, Nr. 14, 1927.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Getriebedampfturbinen für hohe und höchste Drücke. H. Bauer beschreibt neuere Ausführungen solcher Turbinen von Escher, Wyss & Co.[1]) Bei allen Dampfverhältnissen (Kondensations-, Gegendruck-, Entnahme- und gemischter Betrieb) kommen als Vorteile einfacher, kurzer und kräftiger Aufbau, geringes Gewicht, kleine Fundamente, einfache Regelung, mäßige Beanspruchungen der umlaufenden Teile, große Betriebssicherheit und hohe Wirtschaftlichkeit zur Geltung. Kondensationsturbinen werden bis 300 kW mit 9000, bis 1500 kW mit 7500, bis 3000 kW mit 6000 und von 3000 bis 5000 kW mit 4500 U/min gebaut. Die Turbinen arbeiten nach dem reinen Gleichdruckverfahren mit möglichst kleiner Stufenzahl und sind eingehäusig bis 50 at. Die Läufer werden mit der Welle aus einem Stück gedreht, die Laufradschaufeln, meist aus Ni-Stahl mit 5 vH Ni bezw. vernickelt, sind bei höheren Beanspruchungen aus dem Vollen gefräst. Die Leitradschaufeln werden in der Regel in die Zwischenböden eingegossen und die Kanäle nachgearbeitet. Das axiale Spiel zwischen den festen und bewegten Schaufeln ist mindestens 3 mm, das radiale Spiel 4 bis 5 mm. Das Turbinengehäuse besteht für Drücke über 14 at stets aus Stahlguß. Infolge besonderer Vorkehrungen bleibt das Schaufelspiel bei jedem Betriebszustande das gleiche, es können daher Dampftemperaturen von 400° und mehr zugelassen werden. Die Turbinen haben die bekannte einfache Drosselregelung nach Zoelly. Von Turbinen für Heiz- und Kraftbetrieb sind eine siebenstufige 800 PSe 6000/3000 U/min Gegendruckturbine für das Werk Simmering der Wiener Städt. E. W. mit 32 at Eintrittsdruck und 400° Anfangstemperatur zu erwähnen, die um 25 vH überlastet werden kann, sowie eine 1950 PS 6500/3000 U/min Entnahmegegendruckturbine, die an die Berndorfer Metallwaren-Fabrik A. Krupp geliefert wurde, ein Gefälle von 35 at (400°) — 5 ata verarbeitet und bei 14 ata 3000 kg Dampf für eine zweite Turbine abgibt. Die Turbine hat nur sechs Gleichdruckstufen und ist an beiden Lagern aufgehängt, so daß sie sich nach allen Seiten hin ausdehnen kann. Es sind zwei Regler vorhanden, die den Entnahme- und den Gegendruck gleichhalten. Außerdem ist noch ein dritter Druckregler mit Ölsteuerung vorhanden, der auf den Geschwindigkeitsregler der Turbine einwirkt. Als eigentlicher druckempfindlicher Teil werden die bekannten Arca-Relais verwendet, bei welchen ein Ventil-Plättchen durch eine Feder und eine nach dem zu regelnden Dampfdruck beeinflußte Membrane gegen die Mündung einer Düse gedrückt wird, auf welche Mündung auch der Öldruck wirkt und das Plättchen von der Düsenmündung wegdrückt, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Zum Parallelschalten der Turbine dient eine von Hand oder vom Schaltbrett aus elektrisch zu betätigende Drehzahlverstellvorrichtung, bei deren Benutzung die Entnahmeregelung ausgeschaltet wird. Bemerkenswert ist auch eine für die Papierfabrik in

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, Heft 10, S. 199.

Digitized by Google

Arnau (Tschechoslowakei) gelieferte 1520 bis 2900 PSe, 7500/3000 U/min Turbine für 50 atü und 400° mit zwei selbsttätig gesteuerten Entnahmestellen, die bei 1520 PS 4·5 t/h Dampf von 9 ata abgeben kann und mit 3 ata Gegendruck arbeitet. Vorgesehen ist hiebei auch, daß Dampf aus Abhitzekesseln über den ersten Entnahmestutzen in die Turbine eingeführt wird. Auch hier sind wieder Arca-Regler als druckempfindliche Elemente verwendet. Schließlich hat die Firma auch die Turbinen für die Benson-Anlage der Siemens-Schuckertwerke in Berlin geliefert. Für die erste Turbine wurden 100 at und 420° als Eintrittsverhältnis festgelegt. Die Turbine verarbeitet 10 t Dampf/h mit 15 at Gegendruck. Sie läuft mit 10 000/3000 U/min und leistet 1000 kW. Nähere Angaben über diese Turbine enthält ein Aufsatz von Prof. Löffler in der ZVDI 1927, Heft 14.[1]) Die Turbine hat neun Stufen in einem Gehäuse und etwa 60 vH thermodynamischen Wirkungsgrad. Die zweite im Bau befindliche Turbine für 180 at und 420° ist zweigehäusig (mit 5 bezw. 8 Stufen nach Löffler). Im ersten Gehäuse wird das Gefälle bis 34 at verarbeitet, im zweiten bis etwa 6 at. Es sind zwei Entnahmestellen bei 34 und 10 at vorgesehen. Zwischen den beiden Gehäusen wird der Dampf auf 400° zwischenüberhitzt. Die Turbine soll mit 20 t Dampf/h normal 3700 PSe bei 6000 U/min leisten (und nach Löffler 70 vH thermodynamischen Wirkungsgrad erreichen). J.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 18, 1927.)

Erosion von Oberflächenkondensatorrohren. Sir Ch. A. Parsons. Über die Erosion von Kondensatorrohren gibt es verschiedene Ansichten. Zur Klärung der Verhältnisse wurden Versuche mit einzelnen Rohrgruppen angestellt, wobei man die tatsächlichen Verhältnisse möglichst nachzuahmen suchte. Die Wasserkammer wurde zum Teil aus Glasplatten gebildet, so daß die Wasserströmung gut zu beobachten war. Es zeigte sich, daß Wirbel auftraten, welche in die benachbarten Rohre hineingezogen wurden, wobei die durch das betreffende Rohr fließende Wassermenge sich bis auf ein Fünftel verminderte. Bei den daraufhin angestellten Dauerversuchen mit Salzwasser traten an den Rohren bis zu 3 mm starke Anfressungen auf, und zwar nicht nur bei denjenigen Rohren, in die die Wirbel hineingezogen wurden, sondern auch bei den in der Umgebung der Wirbel befindlichen. Die Versuchsergebnisse berechtigen zu dem Schluß, daß eine der Hauptursachen von Rohrkorrosionen die turbulente Strömung des Wassers in der Eintrittskammer der Kondensatoren ist. Diese Wirbel können durch Vergrößerung der Wasserwege, also durch Verminderung der Wassergeschwindigkeit, vermieden werden. Auch hat, wie die damit durchgeführten Versuche gezeigt haben, der Einbau eines aus hochkantigen Flacheisen gefertigten Gitters in die Wasserkammer, durch das der Wasserstrom in einzelne parallelgerichtete Teilströme aufgelöst wurde, wesentlich zur Beruhigung der Strömung beigetragen. Stip.

(Engineering, Bd. 123, Nr. 3195, 1927.)

80 vH Kesselwirkungsgrad im Jahresdurchschnitt wurden im Kraftwerk der Gerberei von Beggs und Cobb in Winchester, Mass., erreicht. Diese Anlage besteht aus drei mittels Unterschubrosten gefeuerten 14 atü Kesseln (zwei mit 360 m² und einer mit 377 m² Heizfläche). Die Kessel haben weder Überhitzer noch Rauchgasvorwärmer und erzeugen Sattdampf, der zum Teil für Fabrikationszwecke verwendet, zum Teil in einer vierstufigen Rateau-Turbine bis auf 94 vH Vakuum entspannt wird. Das Kondensat wird mit Hilfe von Abdampf und Entnahmedampf aus der Turbine bis auf 102° C bei einem Druck von 1·35 at abs. erwärmt und mittels Turbodampfpumpen in die Kessel gedrückt. Bezeichnend für die weit getriebene Wärmeökonomie ist, daß im Kesselhaus Heizkörper zur Erwärmung des Raumes aufgestellt werden mußten. Rostgeschwindigkeit und Zug werden selbsttätig in Abhängigkeit vom Dampfdruck geregelt. Dadurch war es möglich, fast konstant einen CO_2-Gehalt von 14 vH das ganze Jahr hindurch zu erhalten. Mit einer durchschnittlichen Abgastemperatur von 227° C errechnet sich der mittlere Verlust infolge fühlbarer Wärme in den Abgasen zu rund 10 vH. In der Wärmebilanz bleibt dann noch ein Restglied von 10 vH für unverbrannte Gase, Brennbares in der Asche und Strahlung, wenn man den oberen Heizwert der Kohle nach den Angaben des Kohlenlieferanten mit 8170 WE/kg annimmt, was sicher nicht zu niedrig ist. Zur Errechnung der Betriebsergebnisse wurde die Kohle gewogen und das Speisewasser mittels registrierender Venturiwassermesser gemesen. Die Resultate sind natürlich nur bei sorgfältigster Betriebsführung zu erreichen. Ein Zeichen für die gute Instandhaltung ist auch die peinliche Reinlichkeit, die den ganzen Betrieb auszeichnet. Es gibt hier keinen Schmutz, keine Undichtheiten, keinen Ölfleck. Diese Sorgfalt erstreckt sich aber nicht nur auf Äußerlichkeiten, sondern auch auf alle nicht sichtbaren Teile der Maschinen und Anlagen. Zufolge einer guten Wasserreinigungsanlage bleibt der Kesselsteinbelag auf eine ganz schwache Kruste beschränkt, die einmal im Jahr mittels Rohrreinigern entfernt wird. Stip.

(Power, Bd. 65, Nr. 13, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 30, S. 621.

Verbrennungskraftmaschinen.

Der Luftspeicher-Dieselmotor. In einem im Rahmen der 66. Hauptversammlung des VDI gehaltenen Vortrag berichtet Prof. Dr.-Ing. R. Stribeck in Stuttgart über den durch Patente der Acro-A.-G. in Küßnacht a. R. geschützten Luftspeicher-Dieselmotor, für welche Patente die Firma Robert Bosch A.-G. die Generallizenz erworben hat. Das wesentliche Merkmal dieses Motors besteht in der dreifach gegliederten Ausbildung des Verbrennungsraumes. Im Kolben befindet sich ein Hohlraum, der den einen Teilraum des Verbrennungsraumes bildet. In diesen Teilraum mündet ein sich trichterartig verjüngender mittlerer Teilraum, der im Kolbenboden angeordnet ist und durch den der Kolbenhohlraum mit dem außerhalb des Kolbens zwischen diesem und dem Zylinderdeckel befindlichen äußeren Teilraum, dessen Größe sich bei der Kolbenbewegung ändert, verbunden ist. Die Brennstoffdüse im Zylinderdeckel ist so gelegen, daß der Brennstoffstrahl gegen den Trichterraum gerichtet ist. Im übrigen besitzt die Maschine das übliche Luftansaug- und das Auspuffventil. Der Vorgang in dieser von F. Lang in München konstruierten Maschine spielt sich in der Weise ab, daß die während des Kolbensaughubes in den Zylinder gesaugte Luft beim Rückhub des Kolbens verdichtet und sowohl den äußeren Teilraum als auch den Kolbenhohlraum erfüllt. Wird nun gegen Ende des Verdichtungshubes Brennstoff in den Trichterraum eingespritzt, so bildet sich in diesem eine Flamme, für die die Luftzufuhr aus dem Kolbenhohlraum, der somit einen Luftspeicher darstellt, erfolgt, während die verbrannten Gase nach dem äußeren Teilraum abziehen, der durch seine Vergrößerung saugend auf diese Gase wirkt. Der Vorgang gleicht demnach jenem bei einem Gebläsebrenner. Schließlich findet zwischen allen drei Räumen ein rascher Druckausgleich statt, wobei heißes brennbares Gemisch aus dem Trichter auch in den Speicher strömt. Der in diesem hiedurch entstehende Überdruck hat dann eine Ausströmung aus dem Speicher zur Folge, aus dem nun heiße Gase und fast reine Luft in den äußeren Teilraum zurückströmen. Es folgen nun die übrigen Vorgänge, Expansion und Auspuff, in üblicher Weise. Zum Unterschiede von der Vorkammermaschine, bei der in der Vorkammer eine Teilverbrennung stattfindet, erfolgt bei der Acro-Maschine im Speicherraum des Kolbens keine Verbrennung; diese spielt sich lediglich im Trichterraum ab. Die in diesem entstehende Flamme reicht teilweise nur in den äußeren Teilraum des Verbrennungsraumes hinein. Versuche an einer Viertaktmaschine (125 mm Durchmesser, 180 mm Hub, 800 U/min), die durch Umbau einer älteren Dieselmaschine entstanden war, und bei der der Temperaturverlauf, der Verbrennungsvorgang, sowie die Einflüsse der Füllung und der Drehzahl mittels besonderer Meßeinrichtungen festgestellt wurden, haben ergeben, daß durch die Beschränkung der Verbrennung auf einen kleinen Teil des Verdichtungsraumes während der ganzen Verbrennung die sauerstoffreiche Verbrennungsluft und die Abgase voneinander ohne Mischung getrennt gehalten wurden und hohe Verbrennungstempera-

Digitized by Google

turen (bis zirka 2000°) auftraten. Die Geschwindigkeit der die Flamme speisenden Luft war nahezu proportional der Kolbengeschwindigkeit. Mit der Drehzahl änderte sich in gleichem Verhältnis die Luftgeschwindigkeit, also die Luftzufuhr. Die selbsttätige Regelung der letzteren ist eine sehr vollkommene, indem auch bei weit auseinanderliegenden Drehzahlen innerhalb gleicher Kurbelwinkel bei genügend großer Verbrennungsgeschwindigkeit — diese ist durch die hohe Temperatur und gute Mischung gegeben — gleiche Brennstoffmengen verbrannt werden können. Auf den geschilderten Merkmalen beruht die Eignung des Luftspeicher-Dieselmotors für hohe Drehzahlen. R.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 22, 1927.)

Die 3200 PSe Dieselmotoren-Pumpenanlage Seru in Ägypten. Das ägyptische Ministerium für öffentliche Arbeiten, mechanisches Departement, erbaut bei Seru im Nildelta eine große Entwässerungsanlage zur Trockenlegung eines weiten, derzeit versumpften Landstriches zum Anbau von Baumwolle. Die für diesen Zweck vorgesehene Kraftzentrale sieht eine Gesamtleistung von 3200 PSe vor. Als Antriebsmaschinen dienen vier Dieselmotoren von je 800 PSe, stehender Bauart, Viertakt, einfachwirkend, mit Preßluft-Zerstäubung, je sechs Zylinder, 187 U/min. Jeder der Dieselmotoren ist mit einem Schwungrad-Generator (Drehstrom 50 Per/s, 11 000 V) versehen. Die erzeugte elektrische Energie dient für alle Zwecke eines großen Überlandwerkes, insbesondere zur späteren Speisung von etwa 20 kleineren, in weitem Abstand von der Zentrale verteilten Entwässerungsanlagen. Außerdem sind drei, mit den Dieselmotoren direkt gekuppelte Turbinenpumpen vorgesehen, die zusammen 25 m³ Wasser pro sec auf 2·25 m Höhe fördern. Die Pumpen sind zufolge ihrer großen Wasserleistung, relativ kleinen Förderhöhe und der verhältnismäßigen Schnellläufigkeit sehr interessant und haben nicht viele Vorbilder.

Eine schwierige Aufgabe schwingungstechnischer Natur bedeutet auch die Vorschrift der ägyptischen Regierung, aus Gründen wechselseitiger Reserve für Dieselmotoren, Generatoren und Pumpen je zwei komplette Aggregate, bestehend aus:

erster Dieselmotor, erster Generator, erste Pumpe, zweite Pumpe, zweiter Generator, zweiter Dieselmotor,

das ist ein Wellen-System von zirka 37·5 m Länge mit zwei an den Enden sitzenden Gruppen von je sechs Antriebskurbeln, direkt miteinander zu kuppeln. Zur Aufnahme des wesentlichsten Teiles der unvermeidlichen Torsions-Schwingungen zwischen den Massen der Dieselmotor-Kurbelmechanismen, Generatorrotoren und Pumpenlaufrädern samt den umlaufenden Wassermengen sind bei dieser abnormal großen Konstruktionslänge pro Doppelaggregat zwei elastische Stahlband-Kupplungen vorgesehen. — Die Dieselmotor-Anlage wird von der Leobersdorfer Maschinenfabriks-A.-G., Leobersdorf bei Wien, ausgeführt.

Im Anschluß soll über Leistungsversuche an der ebenfalls von der Leobersdorfer Maschinenfabriks-A.-G. an die ägyptische Regierung gelieferten 1100 PSe Dieselmotoranlage für die Nilpumpenstation Mex II (zwei Dieselmotoren, welche mittels Präzisions-Kegelrädern große, vertikale Entwässerungspumpen betreiben) berichtet werden. Die Versuche an diesen Maschinen wurden während mehrerer Wochen von den von der ägyptischen Regierung delegierten englischen Ingenieuren durchgeführt und ergaben bei den zwei je 550 PSe Vierzylinder-Dieselmotoren mit Preßluft-Zerstäubung, Bauart Leobersdorf, unter anderem folgende Ergebnisse über den Brennstoffverbrauch je 1 PSeh in g:

Bei Normalleistung . . 168·7 g
„ ¹/₂ Belastung . . . 192·8 „
„ 15 vH Überlast . . . 168·2 „

Erwähnenswert ist auch, daß die Maschinen nach langem Dauerlauf und längeren Überlastungen von 20 vH durch fünf Minuten auch mit 30 vH Überlastung vorgeführt wurden, wobei die Maschinen ohne Tourenabfall oder irgendwelche abnormale Erscheinungen anstandslos ihren Dienst versahen.

Ing. Hans Schmidt

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Lichtbogenbildung und Unterbrechungscharakteristik von Schaltern behandelt Sven Norberg. Während H. Ayrton und andere an kurzen offenen Lichtbogen die Beziehung $e = a + b/l$ für die Lichtbogenspannung e beim Strome i fanden, ermittelte Ch. Steinmetz an Lampen mit längerem eingeschlossenen Lichtbogen $e = a + b/\sqrt{i}$, wie auch den nachstehenden Untersuchungen zugrunde gelegt wurde. Der Verfasser erweiterte die Gleichung auf die Form:

$$e_b = k_1 + k_2\, l/\sqrt{i};\quad k_1 = 2\,(\lambda_e/\sigma_e)\,.\,d\,\Theta/dx;$$
$$k_2 = 3{\cdot}55\,\Theta\,\lambda_b/\sqrt{\sigma_b} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

e_b = totale Lichtbogenspannung; i = Strom in Ampere; l = Bogenlänge in cm; Θ = Übertemperatur des Bogens gegen das umgebende Mittel; $d\,\Theta/dx$ = Temperaturgefälle an der Oberfläche der Elektroden (unter rechtem Winkel) je cm; λ_e = Wärmeleitfähigkeit des Elektrodenmaterials in Watt/cm³ für 1° C je cm; σ_e = Stromdichte an der Elektrodenoberfläche in Amp./cm²; λ_b = Wärmeabgabe des Bogens an das umgebende Mittel in Watt/cm² für 1° C; σ_b = Stromdichte im Bogen in Amp./cm²). Die Größe λ_b wurde durch Versuche mit einem stromdurchflossenen 0·24 mm starken Kupferdrahte in Luft, Wasser und Öl ermittelt. In Wasser zeigt sich vom Siedepunkte an, in Öl von etwa 325° an ein plötzlicher steiler Anstieg von λ_b, der auf die Verdampfung und chemische Veränderung des Mediums zurückgeführt wird. Aus den bis 1000° reichenden Versuchen in Luft wird auf auf einen Wert $\lambda_b = 0{\cdot}06$, oder mit Berücksichtigung der steigenden chemischen Wirkungen $\lambda_b = 0{\cdot}1$ bei 2100° geschlossen. In Öl kann man bei derselben Temperatur auf $\lambda_b = 10$ bis 20, also einen mehr als hundertmal so großen Wert schließen. Für normale Kupferkontakte ergaben sich durch Versuche: Für Luft- und Ölschalter $k_1 = 25$; für Luftschalter $k_2 = 50$ und für Ölschalter $k_2 = 5000$. Die Gleichungen (3) beziehen sich auf die statische Charakteristik des Bogens. Die rasche Veränderlichkeit der Stromstärke beim Schaltvorgange wird in der dynamischen Charakteristik nach folgender Gleichung berücksichtigt:

$$e_b = k_1 + k_2 l/\sqrt{i} + k_3 (l/i)\,.\,di/dt;\quad k_3 = 4{\cdot}2\,T\,.\,c_p\,.\,\gamma/\sigma_b \quad (4).$$

(T = Temperatur, c_p = spezifische Wärme und γ = spezifisches Gewicht des Gases im Lichtbogen.) Für die vorläufige Untersuchung kann jedoch das Glied mit k_3 vernachlässigt werden; ferner wird angenommen, daß die EMK E in dem zu unterbrechenden Stromkreise so hoch sei, daß k_1 vernachlässigt werden kann. Es bleibt dann nur $e_b = k_2\,.\,l/\sqrt{i}$.

1. Bogenlänge bei Gleichspannung im induktionsfreien und induktivem Kreise. Unter den obigen Vernachlässigungen gilt:

$$E = i\,.\,r + L\,.\,di/dt + k_2\,.\,l/\sqrt{i}\quad \ldots\ldots (5).$$

Von einer bestimmten Bogenlänge l_s (Strom i_s, Spannung e_s) an wird der Bogen unstabil; darüber hinaus liefert die Gleichung für ein gegebenes E keine reellen Werte von i mehr; der Bogen reißt ab. Für $L = 0$ ist:

$$l_s + (0{\cdot}38/k_2)\,.\,E\,.\,\sqrt{I_0};\quad e_s = 0{\cdot}67\;E;\quad i_s = 0{\cdot}33\;I_0 \quad \ldots (6).$$

Abb. 1 zeigt den berechneten, mit den Oszillogrammen übereinstimmenden Verlauf von Strom und Spannung Für $L > 0$ wird

$$l_s = 0{\cdot}5\,l_0 + \sqrt{(0{\cdot}5\,l_0)^2 + 2\,v l_0\,L/r} \quad \ldots\ldots (7),$$

worin l_0 den Wert von l_s nach Gl. (6); I_0 den Angangsstrom in Amp. und $v = dl/dt$ die als konstant angenommene Schaltgeschwindigkeit in cm/s bezeichnet.

2. Bogenlänge bei sinusförmiger Wechselspannung. Die Ausgangsgleichung ist:

$$E_m\,.\,\sin\omega t = i\,.\,r + L\,.\,di/dt + k_2\,.\,l/\sqrt{i}\quad \ldots\ldots (8).$$

Man erhält:

$$l_s = (c/k_2)\,.\,E\,.\,\sqrt{I_0} \quad \ldots\ldots\ldots (9).$$

Die Konstante c wird durch die Rückzündungsmöglichkeit bestimmt und hängt vom Phasenwinkel, bei dem die Unterbrechung einsetzt, ferner von der Schaltge-

Digitized by Google

schwindigkeit und den kühlenden, sowie isolierenden Eigenschaften des umgebenden Mittels ab. Bei normalen Schaltern ohne künstliche Löschung ist

Phasenwinkel	0°	30°	60°	90°
c in Luft	0	0·05	0·18	0·50
c in Öl	0	0·025	0·075	0·21

Ferner kann man in Luft $k_2 = 100$ und in Öl $k_2 = 5000$ setzen. Die zahlreichen Versuche bestätigen die abgeleiteten Formeln. Im allgemeinen ergibt sich;

1. Der Bogen im induktionsfreien Kreise ist bei Gleichspannung länger als bei Wechselspannung. 2. Er ist bei Gleichspannung im induktiven Kreise länger als im induktionsfreien. 3. In induktiven Wechselstromkreisen ist er ebensolang, als in induktionsfreien Gleichstromkreisen.

Aus der Bogenlänge und Schaltgeschwindigkeit ergibt sich die Unterbrechungsdauer t_s.

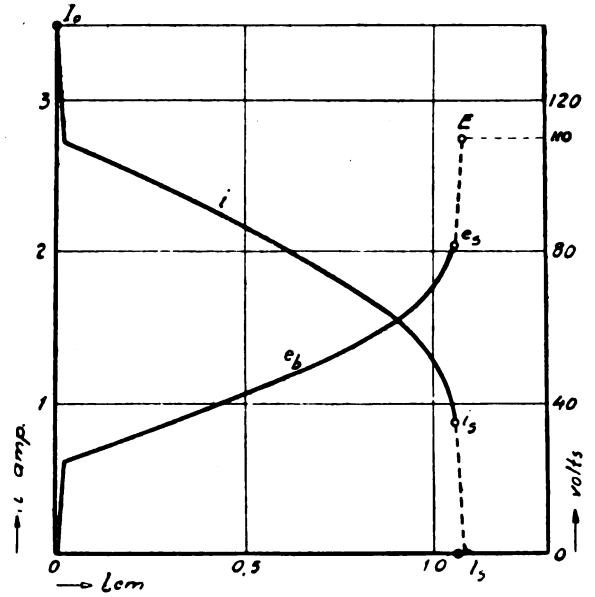


Abb. 1.

Für die Energie im Bogen gelten die aus der Grundformel $W = \int_0^{t_s} e \, i \, dt$ abgeleiteten Gleichungen.

1. Energie an der Elektrodenoberfläche;

a) im induktionsfreien Gleichstromkreise:

$$W_e = (0{\cdot}29\, k_1/v \,.\, k_2) \,.\, E \,.\, I_0^{1{\cdot}5} = 0{\cdot}76\, k_1\, I_0\, t_s \quad . \; (10)$$

b) im induktiven Wechselstromkreise:

$$W_e = (0{\cdot}9 \,.\, c \,.\, k_1/v \,.\, k_2) \,.\, E \,.\, I_0^{1{\cdot}5} = 0{\cdot}9\, k_1 \,.\, I_0 \,.\, t_s \quad . \; (11).$$

2. Energie im Bogen;

a) im induktionsfreien Gleichstromkreise:

$$W_b = (0{\cdot}08/v \,.\, k_2) \,.\, E^2 \,.\, I_0^{1{\cdot}5} = 0{\cdot}21 \,.\, E \,.\, I_0 \,.\, t_s \quad . \; (12),$$

b) im induktiven Gleichstromkreise:

$$W_b = 0{\cdot}2 \,.\, L \,.\, E \,.\, I_0/r \quad . \; (13),$$

c) im induktiven Wechselstromkreise mit einem Phasenwinkel von 90°

in Luft: $W_b = (0{\cdot}178/v \,.\, k_2) \,.\, E^2 \cdot I_0^{1{\cdot}5} = 0{\cdot}28\, E \,.\, I_0 \,.\, t_s$ (14),

in Öl: $W'_b = (0{\cdot}022/v \,.\, k_2) \,.\, E^2 \,.\, I_0^{1{\cdot}5} = 0{\cdot}10\, E \,.\, I_0 \,.\, t_s$ (15).

Auch diese Formeln stimmen sehr gut mit den Versuchsergebnissen, unter anderen auch mit den von Bauer und von Brühlmann erhaltenen, überein. Werden m Unterbrechungsstellen in Reihe verwendet, so gilt in induktionsfreien Gleichstromkreisen die Formel für die Bogenlänge an einer Unterbrechungsstelle l_s:

$$m \,.\, l_s = [0{\cdot}38\,(E - mk_1)/k_2] \,.\, \sqrt{(E - mk_1)/r} \quad . \; (16).$$

Ist $mk_1 > E$, so ist $m \,.\, l_s = 0$ und es kommt kein Lichtbogen zustande. In induktiven Gleichstromkreisen kann dieser Fall nur mit sehr großem m verwirklicht werden, indem mit der rascheren Spannungszunahme am Lichtbogen auch die durch den abnehmenden Strom geweckte induktive Gegenspannung steigt. Man erhält:

$L/r =$	0	0·002	0·01	0·05	0·1	0·5
$m =$	1	1·25	2·7	10	20	100

Kühlung durch einen Luft- oder Ölstrom wirkt in induktiven Gleichstromkreisen ebenso ungünstig; dagegen erweist sie sich in Wechselstromkreisen besonders dann günstig, wenn der Strom durch Null geht; auch wird die Konstante c dadurch beträchtlich herabgesetzt. Auf dieser Grundlage beruht auch die mit der Stromstärke wachsende Wirkung der bekannten Lösch kammern. Die Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit zeigt sich auch nur in induktionsfreien Gleichstromkreisen vorteilhaft; in induktiven Wechselstromkreisen nur bei hohen Betriebsspannungen. Magnetgebläse ändern nicht die Bogenlänge, sondern setzen nur die Unterbrechungszeit herab, da die Reißlänge des Bogens schon bei einem geringeren Elektrodenabstand erreicht wird. R. H.

(ASEA-Journal, Bd. IV, Nr. 3, 1927.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Die Leitung von Wechselstrom durch die Erde behandelt G. Haberland, Breslau. Es handelt sich um die induzierende Wirkung des Fahrdrahtes einer mit Wechselstrom betriebenen Bahn auf eine parallellaufende Leitung unter Berücksichtigung des Rückleitungsstromes in der Erde. Im allgemeinen kann man aus den Kirchhoffschen Gesetzen schließen, daß bei einer Wechselstromverzweigung in einem Bündel von Paralleldrähten, deren Ohmscher Widerstand vernachlässigt werden kann, die Stromverteilung so erfolgt, daß die elektromagnetischen Felder der Verzweigungsmaschen verschwinden, also der Strom hauptsächlich auf die der Zuleitung zunächstliegenden Paralleldrähte zusammengedrängt wird. Bei einem körperlichen Leiter folgt hieraus die bekannte Hautwirkung, die auch bestehen bleibt, wenn auch im vermindertem Grade, sobald Ohmscher Widerstand vorhanden ist. O. Mayr[1]) hat eine Theorie der Erdströme unter der Voraussetzung entwickelt, daß nur eine dünne Oberflächenschicht der Erde Strom führt. R. Rüdenberg[2]) hat seiner Theorie die nicht zutreffende Annahme zugrunde gelegt, daß die magnetischen Kraftlinien Kreise um den Fahrdraht sind; er hat daher nur in der nächsten Umgebung des Fahrdrahtes richtige Ergebnisse erzielt. Der Verfasser geht von der Annahme eines gleichförmig leitenden Erdkörpers aus und stellt die Gleichungen auf:

$$\mathfrak{i} = j\,\omega\,\varphi/\varrho \quad . \; (1);$$

$$\mathfrak{H}_x = \partial\,\varphi/\partial\,y \quad . \; (2);$$

$$\mathfrak{H}_y = -\partial\,\varphi/\partial\,x \quad . \; (3);$$

im Luftraum:

$$\partial^2\varphi/\partial\,x^2 + \partial^2\varphi/\partial\,y^2 = 0 \quad . \; (4\,a);$$

in der Erde:

$$\partial^2\varphi/\partial\,x^2 + \partial^2\varphi/\partial\,y^2 = (4\,\pi\,\omega/\varrho) \,.\, j\varphi \quad . \; (4\,b)$$

($j = \sqrt{-1}$; $\mathfrak{i}$ = Stromdichte im Boden; ω = Kreisfrequenz; ϱ = spezifischer Widerstand des Bodens; φ = magnetisches Potential; $\mathfrak{H}_x$, $\mathfrak{H}_y$ = magnetische Feldkomponenten; h = Leitungshöhe). Die allgemeine Lösung ist

a) im Luftraum:

$$\varphi_1 = J \,.\, \ln\{[\xi^2 + (\eta - \chi)^2]/[\xi^2 + (\eta + \chi)^2]\} + 4\,J \,.\, j \int_0^\infty e^{-\alpha(\eta+\chi)} \cos(\alpha\,\xi)\,(\beta - \alpha) \,.\, d\,\alpha \quad . \; (5\,a),$$

b) im Erdraume

$$\varphi_2 = 4\,J \,.\, j \int_0^\infty e^{\beta\eta - \alpha\chi} \cos(\alpha\,\xi)\,(\beta - \alpha) \,.\, d\,\alpha;$$

$$(\beta = \sqrt{\alpha^2 + j}) \quad . \; (5\,b).$$

Hierin ist $\xi = x\sqrt{4\,\pi\,\omega/\varrho}$; $\eta = y\sqrt{4\,\pi\,\omega/\varrho}$; $\chi = h\sqrt{4\,\pi\,\omega/\varrho}$. Bis zu hohen Frequenzen ist die Leitungshöhe h klein gegen die „Eindringtiefe" $k = \sqrt{\varrho/4\,\pi\,\omega}$ und das Potential an der Erdoberfläche ist

[1]) ETZ 1925, S. 1352.

[2]) Z. f. angew. Math. u. Mech. 1925, S. 361.

Digitized by Google

$$\varphi_0 = J \cdot j \{4(\xi^2 - \chi^2)/(\xi^2 + \chi^2)^2 + \pi [H_1^2(\xi\sqrt{-j} + \chi\sqrt{j}) + H_1^2(\xi\sqrt{-j} - \chi\sqrt{j})]/(\xi\sqrt{-j} + \chi\sqrt{j})\} \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

Hierin bezeichnen $H_1^2(\xi\sqrt{-j} + \chi\sqrt{j})$ und $H_1^2(\xi\sqrt{-j} - \chi\sqrt{j})$ Besselsche Funktionen 3. Art, die aus den Tafeln von Jahnke und Emde zu entnehmen sind. Folgende Vereinfachungen sind zulässig:

a) im Abstande eines Mehrfachen der Leitungshöhe h:

$$\varphi_0 = J \cdot j [4/\xi^2 + 2\pi H_1^2(\xi\sqrt{-j})/\xi\sqrt{-j}] \quad . \quad . \quad . \quad (7),$$

b) in geringem Abstande von der Leitung:

$$\varphi_0 = J \cdot j [\pi/2 + 2j \cdot \ln(1{\cdot}85/\sqrt{\xi^2 + \chi^2})] \quad . \quad . \quad . \quad (8),$$

c) in großem Abstande von der Leitung:

$$\varphi_0 = 4J \cdot j/\xi^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9).$$

Die elektrische Feldstärke ist $e = j\omega\varphi$ und die Fremdinduktivität M im absoluten Maße je 1 cm einer Parallelleitung, die dem Potential φ ausgesetzt ist $M = j\varphi/J$. Abb. 2 stellt die Verhältnisse für $h \ll \sqrt{\varrho/4\pi\omega}$ dar, und zwar auf der linken Seite für den Augenblick des

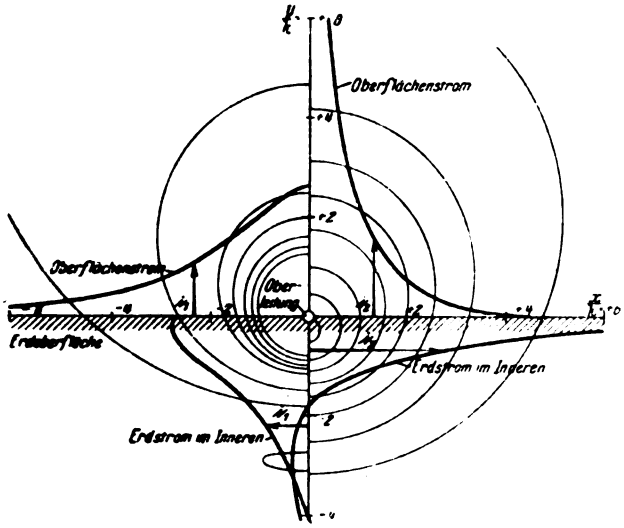


Abb. 2.

Scheitelwertes und auf der rechten Seite für den Augenblick des Nullwertes des Leitungsstromes J. Der Oberflächenstrom ist um 90° um die X-Achse, der Strom in der Erde um 90° um die Y-Achse gedreht. Die Kraftlinien in der Umgebung des Leiters sind der Deutlichkeit halber fortgelassen. Die Eindringtiefe $k = \sqrt{\varrho/4\pi\omega}$ ist:

Frequenz:		16·67	50	150	500	1000 Hertz
Eindring-tiefe in km	für $\varrho = 10^4\,\Omega$cm	0·87	0·50	0·29	0·16	0·11
	„ $\varrho = 4.10^4\,\Omega$cm	1·74	1·00	0·58	0·32	0·22

Ferner ist der Ohmsche Widerstand der Erdrückleitung

$$R = {}^1/_2\,\pi\omega \cdot 10^{-4}\,\Omega/\text{km};$$

die Selbstinduktivität des Kreises Leiter-Erde

$$L = 2\ln(2{\cdot}38\,k/r) \cdot 10^{-4}\,\text{H/km},$$

wobei der Leiterradius r und k im gleichen Längenmaße zu messen sind; die Fremdinduktion auf eine Parallelleitung im Abstande a sehr annähernd

$$M = \ln(1 + 4{\cdot}84\,k^2/a^2) \cdot 10^{-4}\,\text{H/km}.$$

Auch der Einfluß des Grundwassers ist der Rechnung zugänglich.[1]) Vom oben angegebenen Werte für M ist hiebei die Verbesserung ΔM der nachstehenden Tafel abzuziehen.

Leitungsabstand a/k		0·0	0·5	1·0	2·0	3·0	4·0	5·0
M in 10^{-4} H/km für $\delta =$	0·1	0·19	0·10	0·08	0·05	0·04	0·03	0·02
	0·2	0·38	0·21	0·16	0·10	0·07	0·05	0·04
	0·3	0·56	0·31	0·24	0·15	0·10	0·07	0·05

Hierin ist $\delta = d/k$, wenn d die Dicke einer Erdschicht von der zusätzlichen Leitfähigkeit des Grundwasserstromes (zirka 50 bis 100 m) bezeichnet. Für $a/k > 5$ ist

$$M = 4\,k^2/a^2(1 + \delta\sqrt{2} + \delta^2).$$

Zur Prüfung der Rechnungsergebnisse wurden die von O. Mayr vorgenommenen Messungen des Ohmschen und induktiven Widerstandes der Erdrückleitung zweier Leitungen von 54 und 131 km Länge, sowie der Fremdinduktivität bei Leitungsabständen von 0·8 bis 3·10 km verwendet. Bei den analogen Messungen an Fahrleitungen mit Schienenrückleitung konnte die Berücksichtigung des Schienenstromes nur schätzungsweise erfolgen, es wurde jedoch auch hier bei Frequenzen von 460 bis 1175 Hertz unter plausiblen Annahmen eine gute Übereinstimmung mit dem Meßergebnis erzielt. Auch in den vorangeführten Fällen ergab sich bei passender Annahme von ϱ gute Übereinstimmung, was allerdings auch für die Berechnung nach den Formeln von Mayr zutrifft, so daß bisher eine Entscheidung zwischen den beiden grundlegenden Annahmen nicht getroffen werden kann.

R. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 14, 1927.)

[1]) G. Haberland, Z. angew. Math. u. Mech. 1926, S. 366.

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

(Fortsetzung aus Heft 34, Seite 696.)

Regelung von Ein- und Mehrphasenmaschinen.

Die Ursache, die bisher die Speisung eines Netzes ausschließlich durch Asychrongeneratoren verhinderte, lag darin, daß der erzeugte Wechselstrom selbst dazu dienen mußte, die ihn erzeugende Maschine zu erregen. Mit der Belastung der Maschinen traten dann derartige Schwankungen der Spannung und der Periodenzahl ein, daß ein praktischer Betrieb unmöglich war. Nach einem Vorschlag der SSW in Berlin werden diese Schwierigkeiten dadurch überwunden, daß der speisende Asynchronmotor von einer Wechselstromquelle erregt wird, deren Spannung und Periodenzahl von dem zu speisenden Netz unabhängig ist. Hiedurch ergibt sich eine Energieversorgung des Netzes, die der bekannten Energieerzeugung durch Synchrongeneratoren wesentlich überlegen ist, denn gemäß der Erfindung läßt sich die Energieerzeugung so ausbilden, daß auch bei schwankender Antriebsdrehzahl die Spannung und die Periodenzahl des erzeugten Wechselstromes hinreichend konstant ist. Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die Läuferwicklung des von einer Kraftmaschine 2 angetriebenen Asynchrongenerators 1 (Abb. 9) mit den Bürsten einer mit dem Generator mechanisch gekuppelten Kommutatorhintermaschine 3 verbunden: diese hat die Aufgabe der Frequenzumformung und liegt außerdem mit ihren Schleifringen an einer selbständigen Wechselstromquelle 4. Ein solcher Maschinensatz hat die Eigentümlichkeit, daß die Frequenz an den Netzklemmen der Asynchronmaschine unabhängig von der Drehzahl und der Belastung stets ebenso groß ist, wie die Frequenz an den Schleifringen der Kommutatormaschine. Die vom Generator erzeugte Frequenz ist bloß von der Erregerfrequenz abhängig und Drehzahlschwankungen haben auf die Netzperiodenzahl keinen Einfluß. Die Erregung der Kommutatormaschine erfolgt hier mit konstanter Netzfrequenz.

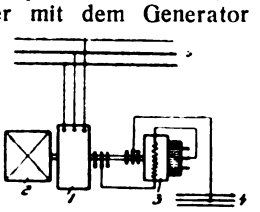


Abb. 9.

(Ö. P. Nr. 106161.)

Beim Parallelschalten von Wechselstromgeneratoren ist bekanntlich die Übereinstimmung der Generatoren hinsichtlich Frequenz, Spannung und Phase erforderlich. Eine Erfindung der Siemens & Halske Akt.-Ges. in Berlin ermöglicht alle drei Größen für beide in Betracht kommenden Maschinen mittels eines einzigen Gerätes zur Anzeige zu bringen und an ein und derselben Stelle gleichzeitig zu beobachten, und zwar dadurch, daß die Spannungen beider Maschinen als Kurven über einer gemeinsamen Nullinie in gleichem Maßstabe und mit gleichen Zeiten als Abszissen durch einen dementsprechend ausgebildeten Oszillographen als

Digitized by Google

Projektionen dargestellt werden. Der Oszillograph kann beispielsweise mit zwei Meßwerken versehen sein. Die Antriebsvorrichtung für den periodisch bewegten optischen Teil des Oszillographen wird mit der Frequenz der im Betrieb befindlichen Maschine in Tätigkeit gesetzt, und ihre Spannung an das erste Meßwerk gelegt. Legt man nun die Spannung des hinzuzuschaltenden Generators ans zweite Meßwerk, so ergibt sich eine Bewegung der zweiten Spannungskurve auf der Mattscheibe, solange der zweite Generator nicht dieselbe Frequenz hat wie der erste. Aus der Richtung, in der die zweite Spannungskurve wandert, läßt sich entnehmen, ob die Frequenz des zweiten Generators zu hoch oder zu niedrig ist. Die Gleichheit beider Maschinen in Spannung, Frequenz und Phase ergibt sich, da die Spannungen im gleichen Maßstab aufgetragen sind, durch Zusammenfallen der beiden Spannungskurven, die sich völlig decken, wenn beide Maschinen gleiche Kurvenform besitzen.

(D. R. P. Nr. 433426.)

Eine Einrichtung zur Verhütung falscher Parallelschaltung von elektrischen Wechselstrommaschinen nach dem Vorschlag der AEG in Berlin besteht aus einer elektromagnetischen Vorrichtung, die über einen dreischenkeligen Zwischenwandler von der Summenspannung der parallel zu schaltenden Systeme erregt wird und so bemessen ist, daß nur bei annähender Phasengleichheit die zur Einschaltung des Hauptschalters erforderlichen Amperewindungen vorhanden sind.

(D. R. P. Nr. 443082.)

Eine selbsttätige Parallelschaltvorrichtung gemäß einer Erfindung der Firma Voigt & Haeffner Akt.-Ges. in Frankfurt a. M. soll bewirken, daß das Kommando zur selbsttätigen Parallelschaltung nur bei zunehmender, nicht bei abfallender Phase durch die Relaiseinrichtung gegeben werden kann. Das Parallelschalten wird erfindungsgemäß abhängig gemacht von einer doppelten Kontaktgebung an dem sogenannten Phasenrelais und einem bei Ablauf des Zeitrelais sich an diesem schließenden Kontakt. Nun kann es vorkommen, daß das Phasenrelais bereits seinen für den Vollzug des Parallelschaltens vorgesehenen zweiten Kontakt schließt, bevor das durch den ersten Kontakt am Phasenrelais eingeschaltete Zeitrelais abgelaufen ist. Beim Weiterlaufen des Zeitrelais bis zum Kontaktschluß kann der Fall eintreten, daß das Parallelschalten bei bereits abfallender Phase erfolgt. Zur Verhinderung dieses Mißstandes wird die Schaltungsanordnung so getroffen, daß bei zu früher Kontaktgabe am zweiten Kontakt des Phasenrelais, bei noch nicht abgelaufenem Zeitrelais die Parallelschaltung überhaupt nicht eintreten kann. Es kann zum Beispiel bei falschem Arbeiten der Einrichtung durch ein Relais die Betätigungsspule des Zeitrelais unterbrochen werden, sodaß dieses zurückfallen muß. (D. R. P. Nr. 437699.)

Eine Erfindung der AEG-Union El.-Ges. betrifft ein auf dem Drehfeldprinzip beruhendes, für selbsttätiges Parallelschalten von Synchronmaschinen bestimmtes Relais, dessen Stator drehbar ist und unter dem Einfluß des auf ihn infolge geeigneter Abbremsung des ebenfalls drehbaren Rotors ausgeübten Drehmomentes und einer mechanischen Rückstellkraft um einen durch seine Erregung und durch regelbare Stärke des Rotorbremsmomentes bestimmten Winkel ausschlägt. Stator und Rotor tragen Einrichtungen, durch die bei einer bestimmten räumlichen Lage beider, die der Übereinstimmung von Frequenz und Phase beider Stromquellen entspricht, ein elektrischer Kontakt oder eine sonstige Auslösevorrichtung für die Einschaltbewegung des Maschinenschalters betätigt wird.

(Ö. P. Nr. 103391.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

667 **Das elektromagnetische Feld.** Ein Lehrbuch von Emil Cohn, Zweite, völlig neubearbeitete Auflage mit 366 Seiten und 41 Textabbildungen. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis gebunden Mk. 24.—.

Die im Jahre 1900 erschienene erste Auflage des vorliegenden Buches[1]) genoß den Ruf einer tiefgründigen Darstellung der Maxwellschen Theorie und erfreute sich vielfach einer besonderen Wertschätzung. Mit Interesse greift man daher zu der vom gleichen Verfasser bearbeiteten zweiten Auflage, die als handlicher Band in ansprechender Ausstattung vorliegt. Die Stellung des Buches innerhalb der Elektrizitätslehre kennzeichnet der Verfasser mit der Bemerkung, daß es der Maxwell-Hertzschen Theorie des kontinuierlichen elektromagnetischen Feldes gewidmet sei und somit von den drei deutlich unterscheidbaren Stufen der historischen Entwicklung — der heute überwundenen Lehre von den Elektrizitätsmengen und ihren Fernwirkungen, der Aufstellung und Weiterbildung der Maxwellschen Theorie und schließlich der heute in der Entwicklung begriffenen Atomistik — der zweiten Stufe angehöre. In fünf Kapiteln werden das stationäre elektrische Feld, das stationäre magnetische Feld, das quasistationäre elektromagnetische Feld, die Ausbreitung des Feldes und die weitere Entwicklung der Maxwell-Hertzschen Theorie, hauptsächlich die Lorentzsche Elektronen- und die Relativitätstheorie behandelt.

Dem Umfange nach scheint die zweite Auflage gegenüber der ersten stark verringert, doch zeigt der nähere Vergleich, daß dies inhaltlich keineswegs der Fall ist. Gegenüber der Ausmerzung weniger wichtiger Erörterungen hat vielmehr der Inhalt — auch außer dem letzten Kapitel — vielfache, durch den Fortschritt der Zeit bedingte Erweiterungen erfahren. Es ist die prägnante, dabei überall Gründlichkeit mit Klarheit verbindende Darstellung, die eine solche Fülle auf relativ engem Raume bringt. In formaler Beziehung fällt die ausgebreitete Verwendung der Vektorrechnung im Verein mit der modernen Bezeichnungsweise und die daher leichte Lesbarkeit der mathematischen Entwicklungen angenehm auf. Zur phänomenologischen Behandlung der eigentlichen Maxwell-Hertzschen Theorie in den ersten vier Kapiteln nimmt der Verfasser wiederholt Stellung und gibt in seinem Schlußwort der Ansicht Ausdruck, daß das mathematische Bild des in Zeit und Raum stetigen elektromagnetischen Feldes die Erscheinungen zwar nur in gröberen Zügen wiedergibt, daß es aber andererseits beständiger als die in feinsten Einzelheiten ausgeführten Zeichnungen (der Atomistik) den bescheidenen Platz, den es beansprucht, auch in Zukunft behaupten wird. Vom technischen Standpunkt ist die Beschränkung auf die phänomenologische Darstellung nur zu begrüßen; ist sie doch für praktische Bedürfnisse die zweckmäßigste. Hervorgehoben sei ferner die eingehende Berücksichtigung von Fragen vorwiegend technischen Interesses. Hier erfährt das Grenzgebiet zwischen theoretischer Physik und Elektrotechnik eine Beleuchtung von berufener Seite, wodurch das Buch eine weitere spezielle Eignung für Elektro-Ingenieure erhält. Zahlreiche Hinweise auf die Gültigkeitsgrenzen sowohl der Maxwell-Hertzschen Theorie als der mathematischen Entwicklungen bilden dankenswerte Ergänzungen. Das letzte Kapitel, eine Einführung in die grundlegenden Gedanken der Elektronen- und Relativitätstheorie, bedeutet einen Schritt zu den aktuellen physikalischen Fragen der Gegenwart.

Es wäre kleinlich, wollte man hier dies oder jenes anders wünschen; dieses Buch, über dessen Besitz wir uns nur freuen können, ist das Werk eines Meisters und wie wenige zur Vertiefung in die Maxwell-Hertzsche Theorie geeignet.

Kneissler-Maixdorf.

3547 **Gewöhnliche Differentialgleichungen.** Von Dr. K. Fladt. Mathematisch-physikalische Bibliothek, Bd. 72, B. G. Teubner, Leipzig, Berlin. Kartoniert Mk. 1·20.

Das Büchlein bringt die praktisch brauchbare Lösungen der gewöhnlichen Differentialgleichungen liefernden Methoden; es kommen nur solche Gleichungen in Betracht, deren Lösung durch Quadratur erreicht werden kann. Typische Differentialgleichungen aus der Geometrie, Physik und Technik sind behandelt und

[1]) Vergl. die Besprechung in E. u. M. 1900, S. 352.

Digitized by Google

zahlreiche Aufgaben angeführt, jedoch ohne die Lösungen, was vielleicht mehr zur Benützung der Schrift aufmuntern würde. Neu in dieser Art zusammenfassender Darstellungen erscheint die mehr als theoretisch zu wertende Erledigung der Frage nach der jeweiligen Existenz des Integrales der Differentialgleichung sowie sie vermittels der Picardschen Methode der aufeinanderfolgenden Näherungen unter Benützung der Lipschitzschen Bedingungen. Da die Kenntnis der Differential- und Integralrechnung vorausgesetzt werden muß, so ist das Büchlein Studenten an mittleren und höheren Schulen zu empfehlen.

J. Ondracek.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Neue Zölle der Tschechoslowakei[1]). Die soeben abgeschlossenen Handelsverträge der Tschechoslowakei mit der Schweiz, Ungarn und Österreich sind auch für die Elektroindustrie von ganz erheblicher Bedeutung. Da wir das Meistbegünstigungsrecht besitzen, kommen die jeweilig günstigsten Tarife für den Export nach unserem Nachbarstaat zur Anrechnung. Die geschäftlichen Beziehungen zwischen der österreichischen Elektroindustrie und den teschechischen Verbrauchern waren immer sehr lebhaft, wurden aber durch die hohen Zollmauern außerordentlich erschwert. Die zum Teil recht erheblichen Zollherabsetzungen werden den sehr ins Stocken geratenen Export voraussichtlich beleben.

Tabelle I enthält die bisher geltenden Zollsätze aus der Gruppe „Elektrotechnik" (in čK per 100 kg) und die Bindungen mit den drei genannten Ländern. Es geht daraus hervor, daß die von Österreich erreichten Herabsetzungen bei weitem nicht so ausgiebig sind, als besonders die von der Schweiz, die, wie schon erwähnt, automatisch nunmehr auch für Österreich gelten. Um die Bedeutung für unseren Handel und die Industrie besser zu illustrieren, sind die österreichischen Exportmengen für die beiden letzten Jahre hinzugefügt.

[1]) Vgl. Heft 19 d. J., S. 395.

Tabelle I.

	bisher	Schweiz	Ungarn	Österreich	tsch. Einfuhr in dz 1925	tsch. Einfuhr in dz 1926
539 Dynamomaschinen und Elektromotoren (mit Ausnahme der Automobilmotoren) auch in untrennbarer Verbindung mit mechanischen Vorrichtungen oder Apparaten, Transformatoren (rotierende oder ruhende Umformer) im Stückgewicht						
a) von 25 kg oder darunter						
andere als elektrische Ventilatoren und elektrische Motoren zu Ventilatoren	1700	975	1080	1080 [9]) / 1188 [10])		
b) von mehr als 25 kg bis 5 dz	1200	700	750	750 [9]) / 825 [10])		
c) von mehr als 5 dz bis 30 dz	1032	550	708	650	7193	4500
d) von mehr als 30 dz bis 80 dz						
1. elektrische Lokomotiven	648	486	594	550		
2. andere	1080	486				
e) von mehr als 80 dz						
1. elektrische Lokomotiven	432	360	396	396		
2. andere	720	360				
540 Telegraphenapparate, elektrische Telephone und Mikrophone, mit Ausnahme der Radioapparate; im Stückgewichte:						
a) von 5 kg oder darüber	3000	2100	2400 [4]) / 2100 [5])		782	1118
b) unter 5 kg	6000	3000	3600 [5]) / 4200 [6])	3600 [5]) / 4200 [6])		
Meß- und Zählapparate, elektrisch, im Stückgewichte:						
a) von 5 kg und darüber	3000	1500	2400		91	36
b) 1·5 bis 5 kg	6000	2600	3900			
c) 1·5 kg oder darunter	6000	3300	3900			
541 Schalt- und Kontakt-Vorrichtungen, montierte Sicherungen und dergleichen, elektrische Leitungsapparate; alle diese in Fassungen (Dosen und dergleichen im Stückgewichte bis zu 250 g)	4500	—	2250		in Position „ex 543" mit enthalten	
542 Lampen elektrische (Bogen-, Glüh- und dergleichen Lampen), montierte Fassungen zu elektrischen Lampen, montierte Glaskörper für elektrische Lichterscheinungen	2500 [1]) / 4000 [2])	—	2600 [7]) / 1400 [8])	2200 [11])	268	250
543 Apparate, elektrische und elektrotechnische Vorrichtungen (Regulatoren, Widerstände, Anlasser u. dergl.) nicht besonders benannte: Akkumulatoren	1800	1200		1800 [12]) / 1440 [13])		
Elektrische Koch- und Heizvorrichtungen, Trockenelemente, elektrische Zündvorrichtung für Verbrennungs- und Explosionsmotoren (auch für Automobil- und Flugzeugmotoren); elektrische Vorrichtung zum Anlassen, Beleuchten uud Signalisieren für Motorfahrzeuge . . . andere (außer montierte Kohlenbürsten) im Stückgewichte:	3000	1200		1800 [12]) / 1440 [13])	2469 (einschl. Pos. 541)	1686
1. von 25 kg oder darunter (ausgenommen elektrisches Zubehör für Automobile)	3000	1500		1800		
2. mehr als 25 kg bis 2 dz	1500 / 3000	1350		1440		
3. über 2 dz	3000 / 1500	1200		1440		

[1]) Für elektrische Lampen und Scheinwerfer für Automobile. — [2]) Andere. — [3]) Für Läute-, Signal- und Eisenbahnsicherungsapparate. — [4]) Für andere Apparate der Position 540 (ausgenommen Radiotelegraphen- und Radiotelephonapparate). Es fallen darunter Telegraphenapparate, Telephone und Mikrophone, ferner Blitzschutzvorrichtungen. — [5]) Für Telephone, Mikrophone, auch mit zugehörigen Blitzschutzvorrichtungen. — [6]) Für andere Artikel der Pos 540 (außer Radiotelegraphen- und Radiotelephonapparaten und außer Meß- und Zählapparaten). — [7]) Für elektr. Glühlampen und deren Teile (mit Ausnahme der montierten Fassungen und der montierten Sockel für Glühlampen). — [8]) Für montierte Fassungen und montierte Sockel für Glühlampen. — [9]) Für Dynamomaschinen und Elektromotoren. — [10]) Für andere. — [11]) Für Glühlampen, elektrische und deren Bestandteile. — [12]) Höchstens 25 kg. — [13]) Über 25 kg.

Digitized by Google

Tabelle II.

Position	Benennung	bisher	Schweiz	Ungarn	Österr.
ex 445	Beleuchtungskörper u. deren Teile:				
ex *b)*	aus Schwarzblech, grob angestrichen oder aus dessiniertem Blech, auch grob angestrichen	368·-	—	304·-	—
ex *c)*	abgeschliffen, fein angestrichen oder gefirnißt, verbleit, verzinkt, verzinnt (auch aus Weißblech); auch in Verbindung m. gewöhnlichen Materialien .	950·-	—	400·-	475·-
ex *d)*	bemalt, bedruckt, bronziert, lackiert, emailliert od. aus dessin. Blechen; auch in Verbindung mit gewöhnlichen Materialien	1662·50	—	450·-	750[1])
ex *e)*	verkupfert od. vermessingt	3000·-	—	660·-	1400·-
	vernickelt	3000·-	—	1400·-	1400·-
ex 482	Kunstguß u. anderer feiner nicht schmiedbarer Guß, und zwar:				
	Beleuchtungskörper u. deren Teile:				
	a) roh od. bloß gescheuert	576·-	—	448·-	—
	b) in anderer Weise gewöhnlich oder fein bearbeitet	800·-	—	448·-	—
ex 517	Waren aus Kupfer u. anderen nicht anderweit genannten Metallen oder Metallegierungen, auch in Verbindung mit gewöhnlichen Stoffen, und zwar:				
	Beleuchtungskörper u. deren Teile:				
	a) gewöhnlich bearbeitet	1100·-	660·-	660·-	660·-
	b) fein bearbeitet	2400·-	—	1000·-	1440·-

[1]) Nur für emaillierte Beleuchtungskörper und deren Teile.

Tabelle II enthält die Vergünstigungen, die für die Beleuchtungskörper-Industrie in Betracht kommen.

Das Tarifabkommen der Tschechoslowakei mit der Schweiz ist am 12. Juli, mit Ungarn am 19. Juli, mit Österreich am 6. August in Kraft getreten. Mit Ungarn ist eine sechsmonatliche, mit Österreich eine dreimonatliche Kündigungsfrist vereinbart worden.

Bei dieser Gelegenheit soll wieder darauf hingewiesen werden, daß eine Konsolidation der Wirtschaftverhältnisse in den mitteleuropäischen Staaten erst dann wieder eintreten kann, wenn Handelsverträge auf lange Perioden von 10 Jahren oder mehr abgeschlossen werden, so daß die Industrie die Möglichkeit hat, auf weite Zeit hinaus zu disponieren. E. Honigmann.

Akt.-Ges. Brown Boveri & Cie., Baden (Schweiz). (Aus dem Geschäftsberichte für d. J. 1926). Das Gewicht der versandten Fabrikate hat sich um rund 25 vH auf 50 t pro Arbeitstag erhöht; der Bestellungsbestand ist ausreichend gewesen, wenn auch nicht gleichmäßig für alle Abteilungen. Bei gleichgebliebenem Fabrikationsprogramm sind aber die Preise im Durchschnitt um rund 9 vH gefallen, dies infolge schärfsten Konkurrenzkampfes, besonders im Großmaschinenbau. Mit 1. Jänner 1927 wurde die Gießerei stillgelegt und der Bedarf an Grauguß durch Abmachungen sichergestellt. Im laufenden Geschäftsjahre wurde die seit 1910 bestandene Beteiligung bei der Isaria-Zählerwerke A.-G. in München an die Siemens-Schuckert-Werke verkauft. Im Dampfturbinenbau ist die Totalleistung der beim B. B.-Konzern bestellten Mehrzylinderturbinen neuer Bauart über 1·20 Mill. kW gestiegen. Für hydroelektrische Anlagen stehen heute in Baden, Mannheim und Mailand 20 Generatoren von 4500—36000 kVA im Bau. Ein neuer Fabrikationszweig ist das Aufladeverfahren für Dieselmotoren mit zugehörigem Aufladegebläse mit Abgasturbinen. Im Bau von Großtransformatoren ist die Gesellschaft außergewöhnlich gut beschäftigt gewesen, der Bestellungseingang auf Einankerumformer hat sich gebessert. Der Großgleichrichter hat sich erwartetermaßen ein weites Anwendungsfeld für Licht, Bahnanlagen und in der Elektrochemie erobert; die deutsche Reichsbahndirektion hat bekanntlich der Mannheimer B. B. & C. 115000 kW für die Berliner Ringbahn in Auftrag gegeben. Die Verwendung elektrischer Schmelz- und Glühöfen erfuhr eine sprunghafte Entwicklung. Bedeutende Aufträge sind eingelaufen für Turbo-Gleichstrommaschinen. Die Gesellschaft hat wesentliche Umbauten und Neubauten in Angriff genommen, um allergrößte Maschineneinheiten in Baden (Schw.) zu bauen. Von den Beteiligungsfirmen erbrachten die Motor-Columbus A.-G. 10 (9) vH Dividende, für 1926/1927 dürfte die gleiche Dividende in Aussicht stehen. Die Alioth-Gesellschaft in Basel verteilte wieder 5 vH, die Mannheimer B. B. & C. 8 vH. Bei der Cie. Electro-Mécanique in Paris hat sich die Situation wesentlich gebessert. Der Tecnomasio Italiano B. B. in Mailand bezahlte wieder 10 vH Dividende. Die A.-S. Norks Elektrisk & Brown. Boveri in Oslo schloß mit kleinem Gewinn. Micafil A.-G. in Altstetten zahlte wieder 8 vH Dividende. Österreichische B. B.-Werke A.-G. in Wien 12 vH Dividende auf S 4 Mill. A.-K. bei S 2 Mill. Reserven.[1]) Die American Brown Boveri Electric Corporation in Camden hat sich nur langsam entwickelt. Neu ist eine Beteiligung an der jüngst errichteten Südamerikanischen Elektrizitäts-Gesellschaft in Zürich. — Die Firma zahlt 8 (7) vH Dividende.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 21, S. 436.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	15. VIII. 1927	17. VIII. 1927	19. VIII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	127 3/4	127 1/2	127 1/2

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	50 1/2-51 1/2	50 1/2-51 1/2	50 1/4 50 1/2
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	90—95	90—95	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 19. August 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	0	0	62	10	0
Wire bars	62	10	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	55	3	9	55	6	3
Standard { 3 Monate .	55	11	3	55	12	6
Zinn:						
Engl. ingots	289	5	0	289	15	0
Standard { Kassa . .	291	15	0	291	17	6
Standard { 3 Monate .	286	12	6	285	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	24	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	28	0	0	27	17	6
Remelted	28	5	0	—	—	—
English Swansea . .	28	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 4. September 1927 | Heft 36

INHALT:

Die Gleichrichteranlage des Elektrizitätswerkes Bonn. Von Dipl.-Ing. R. Hellfarth, AEG-Abteilung Zentralstationen, Berlin. S. 717. / Zum Gedächtnis an Alexander Volta. Von A. Ettingshausen, Graz. S. 724.
RUNDSCHAU: Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 726. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 727. / Elektrische Meßkunde. S. 727. / Stromverteilung. S. 728. Leitungen und Leitungsbau. S. 730.
PATENTBERICHT. S. 731.
CHRONIK. S. 733.
LITERATURBERICHTE. S. 735.

Die Gleichrichteranlage des Elektrizitätswerkes Bonn.

Von Dipl.-Ing. **R. Hellfarth**, AEG-Abteilung Zentralstationen, Berlin.

Die Speisung des Gleichstrom-Dreileiternetzes 460/520 V der Stadt Bonn erfolgte bis Ende des vorigen Jahres von der Zentrale in der Karlstraße durch Gleichstrom-Turbogeneratoren. In einer Unterstation am Mülheimer Platz war bis dahin nur eine Akkumulatorenbatterie mit Lademaschinen vorhanden, welche die Zentrale während der Hauptbelastungsperiode unterstützte.

Als im vorigen Jahre eine Erhöhung der Maschinenleistung notwendig wurde, entschloß sich die städtische Betriebsverwaltung zur Erweiterung der Unterstation am Mülheimer Platz durch eine Gleichrichteranlage, welche die AEG nebst der Schaltanlage für einen in der Zentrale neu aufzustellenden Drehstrom-Turbogenerator und einen Motorgenerator in Auftrag erhielt.

Ausschlaggebend für die Wahl einer Gleichrichteranlage war neben dem Wirkungsgrad, der gegenüber Einankerumformern bei der Spannung von 460 V vor allem bei Teilbelastung nicht unwesentlich besser ist, besonders die Geräuschlosigkeit. Die Station liegt nämlich unmittelbar neben einer Schule, so daß Geräuschbelästigung unbedingt vermieden werden mußte.

Leistung und Aufstellung.

Die Gleichrichteranlage mit einer Gesamtleistung von 1380/1560 kW bei 460/520 V für Anschluß an Drehstrom 6300 V, 50 Per/s, besteht aus zwei Gruppen von je einem Gleichrichtergefäß für 1500 A Gleichstrom mit Transformator, Regulierschalter und Schaltanlage. Bei der Projektierung und Ausführung der Anlage wurde vor allem Wert auf weitgehende Betriebssicherheit gelegt. In der Drehstrom-Schaltanlage wurde deshalb ein Doppelsammelschienen-System gewählt; zwischen der Zentrale und der Unterstation wurden zwei Verbindungskabel verlegt sowie zwei Stationstransformatoren und eine volle Reserve bei allen Hilfsapparaten vorgesehen. Die Gleichstromseite wurde mit Rückstrom-Schnellschaltern ausgerüstet, die vorkommendenfalls ein selektives Abschalten nur des gestörten Gleichrichters bewirken, so daß die Aufrechterhaltung des Betriebes der übrigen Anlage gewährleistet ist (DRP ang.)

Die Aufstellung der Anlage mußte zwecks günstigster Platzausnutzung in einem halb unter Straßenniveau nach Plänen der AEG neu erbauten Raum erfolgen, dessen Decke nicht höher als der vorher vorhandene Schulhof liegen durfte. Auch die zur Verfügung stehende Grundfläche war beschränkt. Die Disposition der Anlage war an diesen Raum gebunden, so daß vor allem in bezug auf die Schaltanlage zum Teil etwas gedrängt gebaut werden mußte.

Schaltanlage.

Die 6300 V-Drehstromschaltanlage enthält das bereits erwähnte Doppelsammelschienen-System und die Ausrüstungen der beiden ankommenden Kabel für je 300 A, der beiden Gleichrichter-Transformatoren je 850 kVA, zwei Stations-Transformatoren je 5 kVA und zwei Reservezellen für später hinzukommende Drehstromabgabe an Großabnehmer. Die Zellenanordnung zeigt Abb. 1. In einem

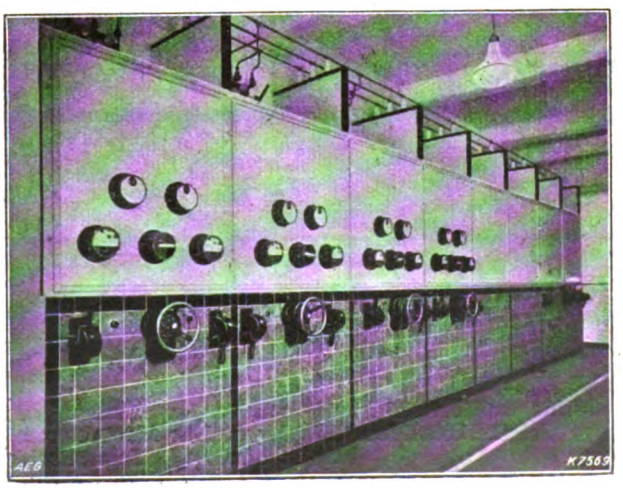


Abb. 1. Hochspannungs-Schaltwand.

Digitized by Google

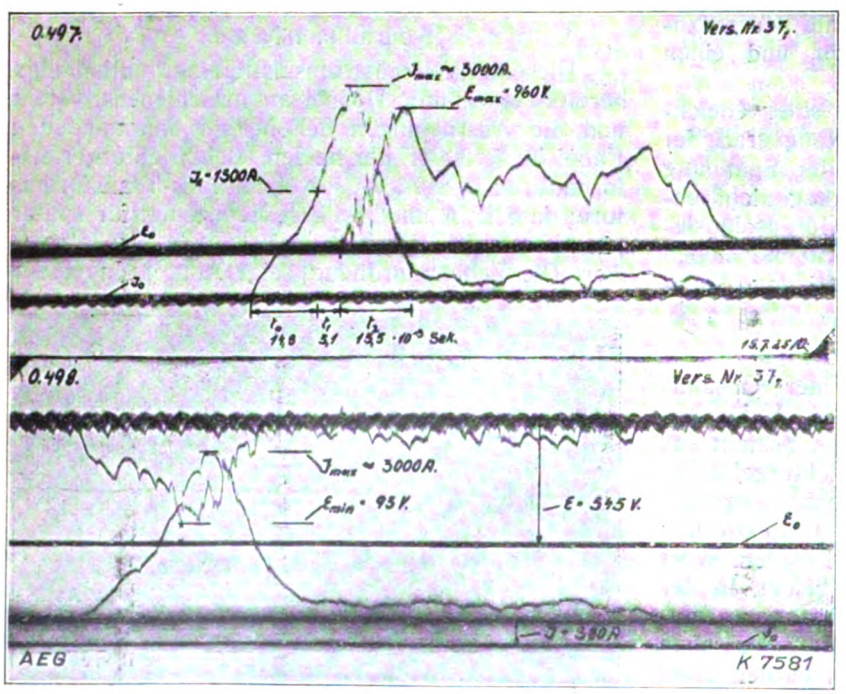
durch eine Trennwand oben geteilten Gerüst befinden sich vorn die beiden Sammelschienen-Systeme mit ihren Trennschaltern, hinten die Ölschalter und Strom- und Spannungswandler. Die Antriebe für die Trenn- und Ölschalter sind im unteren ungeteilten Raum nach der Vorderseite geführt, die als Schaltwand ausgebildet ist. Auf den Blech-Abschlußtüren der vorderen oberen Zellen sind die Instrumente angeordnet. Als Ölschalter sind Schalter der Ovalkesseltype mit einer Abschaltleistung von 150 000 kVA vorgesehen, die auch nach erheblicher Steigerung der Zentralenleistung eine genügend große Kurzschlußfestigkeit besitzen.

Die selektive Abschaltung eines gestörten Gleichrichters allein auch unter den schwierigsten Betriebsbedingungen wird erreicht durch die Verwendung von Rückstrom-Schnellschaltern auf der Gleichstromseite.

Das Oszillogramm (Abb. 2) zeigt die Vorgänge in einer Anlage mit der prinzipiellen Schaltung gemäß Abb. 3, die auch in Bonn zugrunde gelegt ist.

Zwei Gleichrichtersätze arbeiten parallel auf einen Stromverbraucher; außer dem normalen mit geringer Zeitverzögerung arbeitenden Überstromschutz auf Drehstrom- und Gleichstromseite ist bei jedem Gleichrichtersatz ein Rückstrom-Schnellschalter in Serie mit dem Gleichstromautomaten vorgesehen. Durch Hilfskontakte werden beim Öffnen eines Rückstrom-Schnellschalters auch Gleichstromautomat und Ölschalter des betreffenden Satzes sofort mit ausgeschaltet.

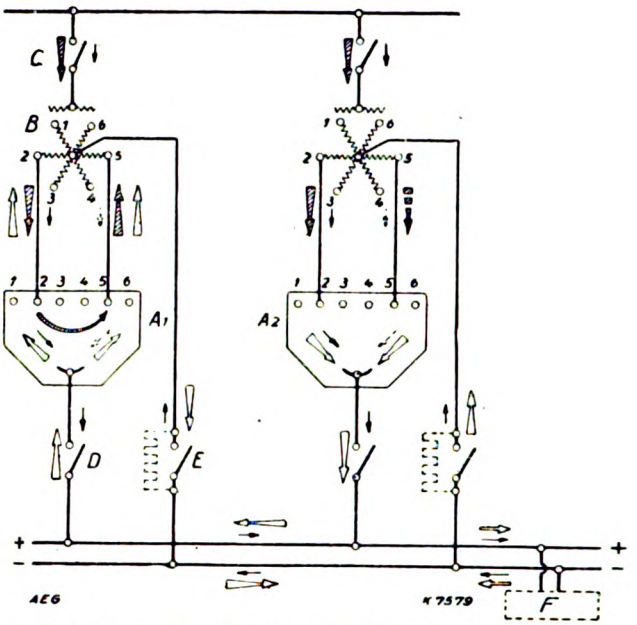
Bei einer Rückzündung im Gleichrichter 1 ergibt sich folgender Verlauf:



Oszillographiert sind: bei (1): Strom im Schalter (J), Spannung an den Schalterkontakten (E) (eingestellter Auslösestrom $J_A = 1500$ A), bei (2): Strom (J), Sammelschienenspannung (E).

Abb. 2. Rückstrom-Schnellschalter bei Gleichrichter-Rückzündungen (mit Überbrückungswiderstand).

Im gestörten Gleichrichter tritt an die Stelle des normalen gleichstromseitigen Belastungsstromes (im Oszillogramm von der Nullinie nach



1, 2, 3, 4, 5, 6 = Gleichrichteranoden bezw. Transformatorphasen,
A_1 = Gleichrichter 1,
A_2 = Gleichrichter 2,
B = Transformator,
C = Ölschalter,
D = Normaler Automat,
E = Rückstrom-Schnellsch.,
F = Stromverbraucher.

Abb. 3. Rückstrom-Schnellschalter als Selektivschutz bei Gleichrichter-Rückzündungen.

unten geschrieben) ein hoch ansteigender Rückstrom (nach oben geschrieben). Der Rückstrom-Schnellschalter öffnet (im Oszillogramm erkennbar an der zwischen den Schalterkontakten auftretenden Spannung), der Rückstrom sinkt auf einen kleinen gefahrlosen Wert herab, begrenzt durch einen die Schnellschalterkontakte überbrückenden Widerstand (Zeitdauer, gerechnet von dem Augenblick an, wo die Einstellstromstärke des Schnellschalters überschritten ist, etwa 12- bis 20 Tausendstel s). Nach etwa 0·1 bis 0·2 s wird dann weiter durch die elektrische Verkuppelung auch der in Serie liegende Gleichstromautomat geöffnet und der Rückstrom dadurch unterbrochen; außerdem wird auch

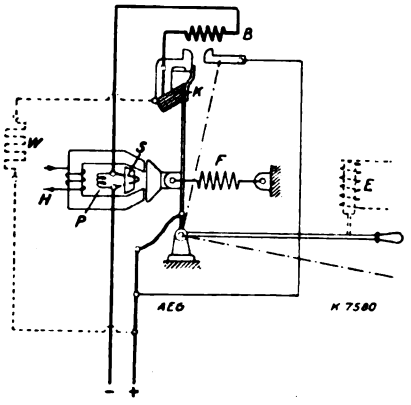
gestörter Gleichrichter (1)

gesunder Gleichrichter (2)

Digitized by Google

der Ölschalter ausgelöst und damit der gestörte Gleichrichter von beiden Netzen abgeschaltet.

Der gesunde Gleichrichter A_2 wird im Augenblick der Rückzündung des Gleichrichters A_1 zwar stoßweise hoch überlastet, arbeitet jedoch ohne Unterbrechung weiter, so daß die Stromlieferung an die Stromverbraucher nicht aussetzt.



B = Magnetisches Blasfeld,
E = Einschaltmagnet,
F = Feder (öffnet d. Schalter, wenn Haltemagnet losläßt),
H = Haltespule (fremderregt),
K = Kontaktbürste,
P = Induktiver Parallelwiderstand zu S,
S = Hauptstromschleife,
W = Widerstand, überbrückt den geöffneten Schalter.

Abb. 4. Schema eines Gleichstrom-Schnellschalters.

In der Gleichstromspannung macht sich die Störung durch einen zwar erheblichen, aber nur ganz kurzzeitigen Spannungsrückgang bemerkbar, der im Lichtnetz nur als unbedeutendes Zucken des Lichtes bemerkbar ist.

Die früher drohende Gefahr, daß jede Einzelstörung zu einem Ausfall der ganzen Anlage mit seinen direkten und indirekten Folgen führt, ist damit ausgeschlossen.

Kurz erläutert sei noch das Arbeitsprinzip der verwendeten Schnellschalter (Abb. 4):

Der Schalter wird durch einen fremderregten Haltemagneten H ohne jede Verklinkung gegen den Zug starker Federn F geschlossen gehalten. Steigt der Strom in der Hauptstromschleife S in bestimmter Richtung genügend hoch an, so wird der magnetische Fluß des Haltemagneten in einen magnetischen Nebenschluß abgesaugt (nicht aufgehoben, daher keine Zeitverzögerung!), die Federn reißen den Schalter auf, ein sehr starkes, besonders ausgestaltetes magnetisches Blasfeld B bewirkt äußerst rasche Lichtbogenlöschung. Bei entgegengesetzter Stromrichtung öffnet der Schalter nicht, da die Hauptstromschleife dann die Haltespule unterstützt. Abb. 5 zeigt den Schnellschalter für 1600 A.

Gleichrichter und Zubehör.

Die beiden Gleichrichtergefäße sind sechsphasig und haben je 12 Anoden, von denen je zwei parallel an einer Phase liegen. Die Vakuumgefäße sind aus zwei starken Blechen aus bestem Flußstahl, die flache Kegelform besitzen, zusammengeschweißt. Für die Anoden sind 12 Flansche aufgeschweißt, oben in der Mitte befindet sich ein weiterer Flansch für den Absaugestutzen und die Zündanode. Im Boden ist der Flansch für die Kathode vorgesehen. Abb. 6 zeigt den Schnitt durch einen Gleichrichter des 1500 bezw. 2000 A Modells.

Die Anoden haben die Form eines Kegels dessen Kante sehr stark abgerundet ist. Die Oberfläche der Anode ist mit dicht nebeneinanderliegenden Rillen versehen, damit sich der Stromaustritt gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt. Jede Anode besitzt einen außerhalb des Gefäßes sitzenden Rippenkühler, mit dem sie durch einen starken Haltebolzen verbunden ist. Diese Art der Anodenkühlung hat sich bei allen Belastungsverhältnissen ausgezeichnet bewährt und hat den Vorzug der größten Einfachheit.

Im Innern der Anodenflansche sind Schutzschirme gegen die Gefäßmitte angeordnet, um eine bestimmte Lichtbogenführung zu erreichen.

Der Anodenträger ist mit dem Isolator und dem Kühlerkörper zwischen einem unteren Ring und einer oberen Preßplatte aus Schmiedeeisen federnd eingespannt, der untere Ring wird durch zwei weitere Ringe mit dem Anodenflansch verschraubt. Bei Öffnung des Gleichrichters braucht nur dieser untere Ring gelöst zu werden, und nur diese eine Dichtung zwischen zwei Eisenteilen ist bei der Montage wieder herzustellen. Die Dichtungen bestehen aus profilierten Bleiringen und zwei Aluminium-Drahtringen, von denen der innere lackiert ist, um gegen die Einwirkung des Quecksilberdampfes geschützt zu sein. Sämtliche Dichtungsflächen enthalten eine Rille, die mit dem Vorvakuum durch eine Rohrleitung verbunden ist. Hierdurch wird der Druck zwischen dem Innern des Gleichrichters und der Atmosphäre unterteilt und eine leichte Kontrollmöglichkeit für die einzelnen Dichtungsstellen erreicht. Diese Dichtungen ermöglichen völlig einwandfrei, das für den Betrieb erforderliche hohe Vakuum, auch bei schwankendem Betrieb, dauernd zu halten.

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß eine isolierte Lichtbogenführung nicht vorhanden

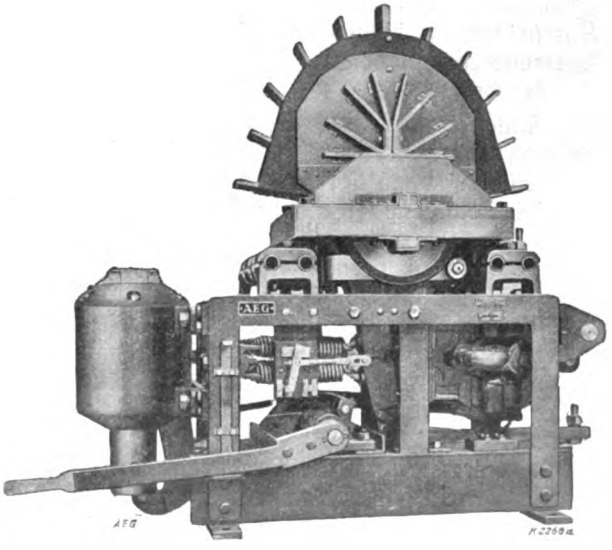


Abb. 5. Rückstrom-Schnellschalter 1600 A mit Fernschaltmagnet.

Digitized by Google

ist, ohne daß die Wirkungsweise und Betriebssicherheit der Gleichrichter irgendwie beeinträchtigt werden. Dagegen wird der Vorteil eines denkbar einfachen Aufbaues der Gleichrichter und einfachster Formen der Isolatoren erreicht; es entfällt ferner die Notwendigkeit, das Gleichrichtergefäß zwecks Einbaues größerer Teile mit einem abnehmbaren Deckel zu versehen, und damit die besonders große Dichtung für diesen Deckel.

Der Absaugestutzen enthält außer dem besonders weiten Vakuumrohr nach der Quecksilberpumpe oben den Zündisolator mit der Zündspule und dem beweglichen Eisenkern mit Kontaktvorrichtung, an dem die Zündanode an einer Stange, die das Eintauchen in das Kathoden-Quecksilber ermöglicht, angebracht ist. Zündung und Erregung geschehen durch Gleichstrom; die Einrichtungen sind bekannt, so daß hier nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht.

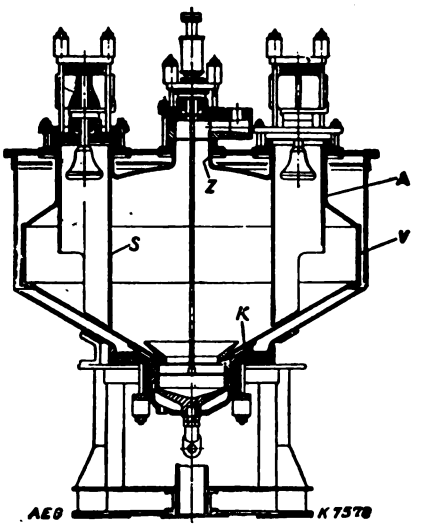
Die Kathode wird durch doppelte Gummidichtungen, die durch einen eisernen Ring voneinander getrennt sind, gedichtet und gleichzeitig gegen das Gefäß isoliert. Im Innern der Kathode befinden sich Einrichtungen, die verhüten, daß das zurückfließende Quecksilber die bei seinem Kreislauf etwa aufgenommenen Verschmutzungen mit in die Kathode hineinbringt, ferner daß die Isolation der Kathode durch das zurückfließende Quecksilber gefährdet wird und daß sich der Kathodenfleck außerhalb des Quecksilberspiegels der Kathode an den Gefäßwandungen ansetzt.

Das ganze Vakuumgehäuse sitzt in einem dieses umschließenden Kühlgefäß, durch welches das Kühlwasser über einen Thermostaten als selbsttätigen Kühlwasserregler hindurchfließt; durch den Thermostaten wird der Kühlwasserverbrauch selbsttätig auf das Mindestmaß beschränkt. Der Zufluß erfolgt durch einen isolierten Gummischlauch, der Abfluß im freien Strahl in einen Trichter aus Isoliermaterial. Die Anodenhälse werden ebenfalls von dem Kühlwasser umspült, wodurch eine ausgezeichnete Anodenkühlung erreicht wird. Das Vakuumgefäß wird zum Schutze gegen Korrosions-Erscheinungen mit einem besonderen Rostschutzmittel behandelt.

Die Kühlung der Kathode wird getrennt vorgenommen, damit auch kurz nach der Inbetriebsetzung oder bei schwachem Betrieb und auftretenden Stößen, wenn der Kühlwasserregler geschlossen ist, genügende Kühlung der Kathode gewährleistet ist.

Um das für den Gleichrichter erforderliche hohe Vakuum zu schaffen und zu erhalten, werden zwei hintereinandergeschaltete Pumpen verwendet, und zwar eine unter Öl laufende, umlaufende Schieberluftpumpe als Vorpumpe und eine Quecksilberdampfpumpe als Feinpumpe. Da diese Feinpumpe, die auf der Saugseite ein fast vollständiges Vakuum erzeugt, auf der Druckseite nur gegen geringen Druck — keinesfalls gegen den Atmosphärendruck — arbeiten kann, müssen bei direkter Hintereinanderschaltung stets beide Pumpen im Betrieb sein.

Dieser Nachteil wird vermieden durch die von der AEG grundsätzlich ausgeführte Zwischenschaltung eines größeren „Vorvakuumbehälters“ zwischen die beiden Pumpen. Ist in Zusammenarbeit der beiden Pumpen das Gesamtsystem (Gleichrichter-Rohrleitung-Vorvakuumbehälter) einiger-



A = Anodenarm, *V* = Vakuumgefäß,
K = Kathodenflansch, *Z* = Zündanodenarm:
S = Schutzschirm,

Abb. 6. Schnitt durch einen Gleichrichter der 1 500 bezw. 2 000 A-Type.

maßen evakuiert, so wird die umlaufende Pumpe stillgesetzt. Die Quecksilberdampfpumpe arbeitet allein und kann nun lange Zeit Luft- und Gasreste aus dem Gleichrichter in den Vorvakuumbehälter pumpen, bis in diesem relativ großen Behälter der Druck so weit gestiegen ist, daß die Druckgrenze der Quecksilberdampfpumpe (etwa 10 mm) erreicht ist.

Ein Ölrückschlagventil schützt den Gleichrichter vor Zurückströmen der Luft aus dem Vorvakuumbehälter (zum Beispiel wenn die Pumpe infolge Ausbleibens der Spannung aussetzt).

Die Vorteile dieser Anordnung, die in Abb. 7 wiedergegeben ist, sind mannigfacher Art:

Die umlaufende Pumpe braucht nur in sehr großen Zeitabständen ganz kurzzeitig eingeschaltet zu werden (etwa täglich einmal oder auch erst in Zwischenräumen von einigen Tagen).

Falls erforderlich, kann die sehr betriebssichere und leistungsfähige Quecksilberdampfpumpe allein weiter arbeiten, und der Gleichrichter erreicht allerbestes Vakuum; eine regelmäßige Überwachung durch Bedienungspersonal erübrigt sich.

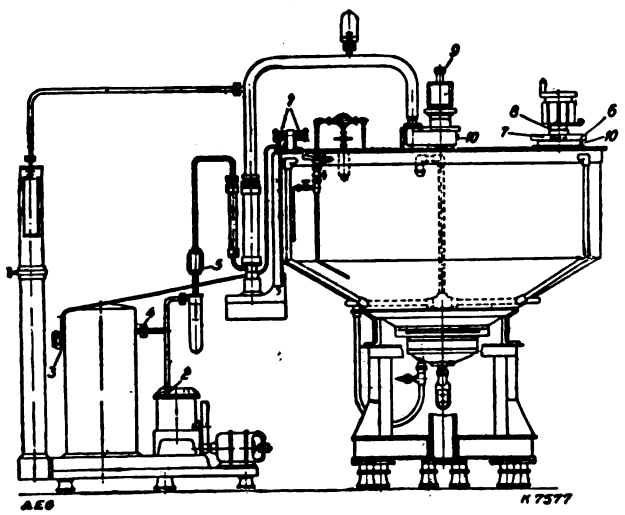
Steigt der Druck im Vorvakuumbehälter nach längerer Zeit auf den kritischen Wert, so zeigt ein Kontaktmanometer durch eine Alarmeinrichtung an, daß es Zeit ist, den Vorvakuumbehälter wieder abzupumpen (Zeitdauer einige Minuten).

Die ganze Anordnung ist gerade wegen ihrer Einfachheit von Bedeutung, da ohne Mitlaufen der umlaufenden Pumpe der Gleichrichter mit der ruhenden Quecksilberdampfpumpe allein unter

Digitized by Google

allerbestem Vakuum gehalten werden kann (keine Abnutzung, kein Geräusch).

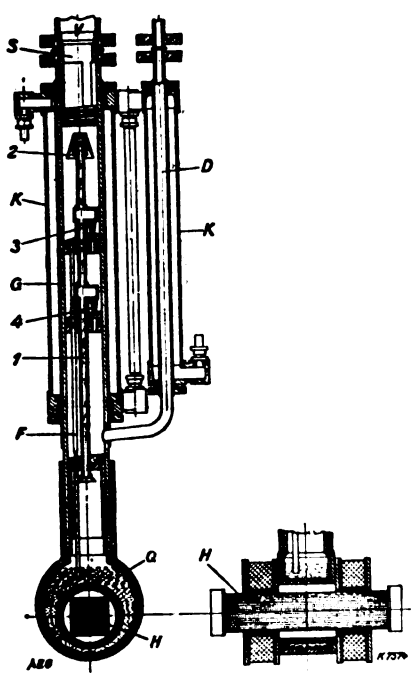
Das Prinzip der Quecksilberdampfpumpe ist in Abb. 8 dargestellt.[1]) Der Quecksilberbehälter ist



1 = Anschluß der Vorvakuumröhrchen,
2 = Umlauf. (Öl-) Pumpe,
3 = Kontaktmanometer,
4 = Vorvakuumgefäß,
5 = Abschlußhahn,
6, 7, 8 = Anodendichtungen,
9 = Abschlußdeckel der Zündanode,
10 = Vorvakuumanschluß.

Abb. 7. Pumpenanordnung an einem Großgleichrichter.

ringförmig und bildet die Sekundärwicklung eines Transformators; der Sekundärstrom ist, da das Quecksilber nur eine kurzgeschlossene Windung



1 = Dampfstrahlrohr,
2 = Düse (erste Stufe),
3 = Düse (zweite Stufe),
4 = Düse (dritte Stufe),
D = Druckrohr,
F = Fallrohr f. rückfließendes Quecksilber-Kondensat,
G = Kondensraum,
H = Eisenkern des Heiztransformators,
K = Kühlmantel,
Q = Quecksilberbehälter,
S = Saugstutzen,
V = Anschluß des Vakuumgefäßes.

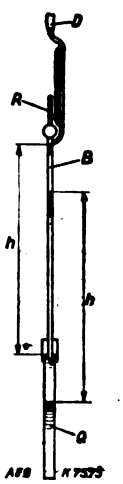
Abb. 8. Schnitt durch eine Quecksilber-Diffusionspumpe.

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 877.

darstellt, groß und bringt das Quecksilber zum Verdampfen. Der Quecksilberdampf steigt durch das Rohr 1 in die Höhe und tritt durch die obere Düse *2*, die ihn umlenkt, in den Pumpenkörper.

Der Pumpenkörper ist von einem Kühlmantel *K* umgeben und wird durch Wasser gekühlt. Die Kühlung bewirkt die Kondensation des Quecksilberdampfes und hierdurch die Erzeugung eines hohen Vakuums im Raume *G*, so daß der an *V* angeschlossene Gleichrichter durch die Saugwirkung evakuiert wird. Die Düsen 3 und 4 wirken ähnlich einem Wasserstrahlejektor und unterstützen die Saugwirkung. Das kondensierte Quecksilber fließt durch das Rohr *F* in den Behälter zurück. Aus dem unteren Raum der Pumpe werden die Gase durch das Druckrohr *D* über das Rückschlagventil in den Vorbehälter gedrückt. Die Kühlung des Druckrohres dient dazu, mitgerissenen Quecksilberdampf zu kondensieren.

Die Quecksilberdampfpumpe ist direkt an dem Gleichrichter befestigt, damit die Vakuumrohrverbindung möglichst kurz wird. Das Druckrohr der Quecksilberpumpe führt, wie aus Abb. 7 ersichtlich, über einen Abschlußhahn 5, der als doppeltes Druckventil ausgeführt ist, und über das Rückschlagventil zu dem Vorvakuumgefäß 4 mit einem Abzweig zu der Ölpumpe *2*. Die Ölpumpe mit ihrem Motor, das Vorvakuumgefäß und das Kompressions - Vakuummeter sind auf einer gemeinsamen Grundplatte angeordnet, die auf Isolatoren steht.



B = Barometerrohr,
D = Anschluß z. Vakuumgefäß (Dichtung),
Q = Quecksilberbehälter,
R = Kapillarrohr,
h = Barometrische Druckhöhe = etwa 760 mm.

Abb. 9. Schema eines Kompressions-Vakuummeters nach Mac. Leod.

Als Vakuummeßgerät hat jeder Gleichrichter außer dem Mac Leod'schen Kompressions-Vakuummeter ein direkt zeigendes, elektrisches Vakuummeter, dessen Anzeigeinstrument mit auf dem Betätigungsfeld der Gleichrichter angeordnet ist[2]).

Die Wirkungsweise des Kompressions-Vakuummeters ist im Prinzip folgende:

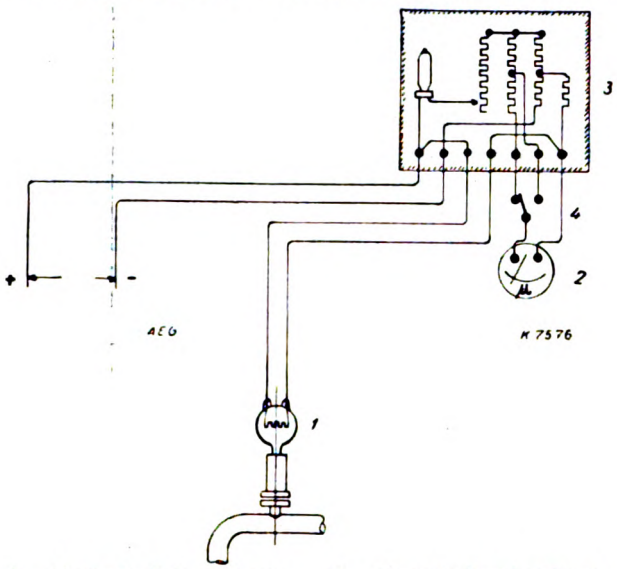
Der Gasinhalt einer mit dem Vakuumgefäß in Verbindung stehenden Meßkugel (Abb. 9), die nach oben in eine Kapillare *R* ausläuft, wird durch Heben der Quecksilbersäule *Q* in dieser Kapillare zusammengedrückt. In der Kapillare wird die Quecksilbersäule auf eine bestimmte Marke eingestellt, so daß das Gasvolumen zusammengepreßt wird. Aus der sich einstellenden Differenz der Quecksilbersteighöhe in der Kapillare und in dem zum Gleichrichter führenden Glasrohr *D* kann der Druck unmittelbar bestimmt werden. Für die genaue Messung kleiner Drücke gibt es nur dieses Instrument. Es hat jedoch den Nachteil, daß es für jede Ab-

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 858.

Digitized by Google

lesung von neuem eingestellt und außerdem aus Glas hergestellt werden muß, damit die Quecksilbersäulen in der Kapillare und dem Verbindungsrohr zum Gleichrichter sichtbar sind.

Diese Nachteile hat das elektrische Hitzdrahtvakuummeter nicht. Bei diesem Instrument wird



1 = Veränderlicher Lampenwiderstand, *3* = Vorschaltwiderstand,
2 = Vakuum-Meßinstrum., *4* = Umschalter.

Abb. 10. Elektrisches Vakuummeter.

die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit der Gase vom Druck zur Messung des Druckes benutzt. In einem mit dem Innern des Gleichrichters in Verbindung stehenden Glasgefäß (Abb. 10, 1) befindet sich ein mit einer konstanten Spannung geheizter Meßdraht, dessen Wärme je nach dem vorhandenen Druck mehr oder weniger abgeleitet wird, so daß die sich einstellende Temperatur des Meßdrahtes und damit sein Widerstand sich nach dem Druck verändern. Durch Messung des Widerstandes mit Hilfe einer Brückenschaltung 3 kann an den Ausschlägen eines Millivoltmeters 2 der Druck abgelesen werden.

Die Zuleitung der Anodenkabel geschieht durch zwei Standrohre auf beiden Seiten der Gleichrichter. Durch ein perforiertes Blechgitter sind die Anoden gegen Berührung geschützt, da zwischen zwei Anoden eine Spannung von maximal etwa doppelter Höhe der Gleichstromspannung auftritt. Die Gleichrichter, Pumpenaggregate und Zündumformer sowie die Kabelstandrohre sind auf Isolatoren aufgestellt, da das ganze Aggregat unter voller Gleichstrom-Spannung gegen Erde steht. Es ist daher erforderlich, daß die Berührung durch das Personal verhindert wird. Die Anlage ist aus diesem Grunde mit einem Drahtgitter umgeben, durch das sämtliche Bedienungsgriffe für die Vakuumhähne, für das Vakuummeter und das Kühlwasser isoliert herausgeführt sind. Die Gesamtansicht der Gleichrichter zeigt Abb. 11.

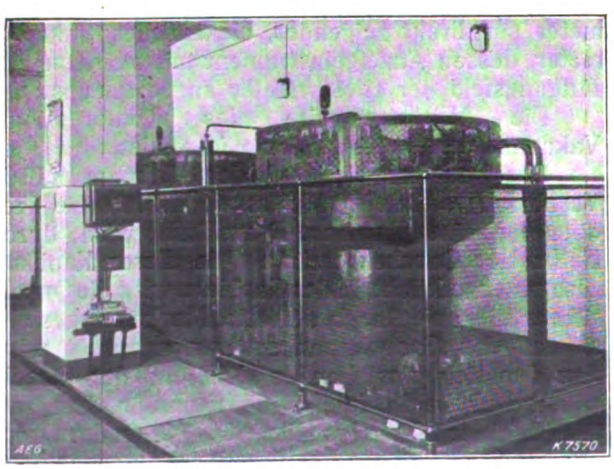
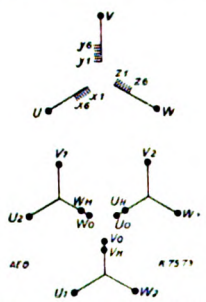


Abb. 11. Zwei Großgleichrichter je 1500 A, 460/520 V beim Städtischen Elektrizitätswerk Bonn.

Sämtliche Hilfsantriebe sind für Drehstrom vorgesehen. Auch für die Quecksilberdampfpumpen wird Wechselstrom benötigt. Damit ein Evakuieren der Gleichrichter möglich ist, auch wenn die Drehstromanlage außer Betrieb ist, ist ein kleiner Hilfsumformer für eine Leistung von 5 kVA aufgestellt, der von dem Gleichstromnetz gespeist wird.

Die Zündung der Gleichrichter erfolgt automatisch durch ein Relais, das im Gleichstromkreis liegt und einen Schaltapparat für den Zündumformer steuert. Das gleiche Relais bewirkt, daß bei Heruntergehen der Last auf einen bestimmten Betrag der Hilfslichtbogen gezündet wird und als Erregung so lange brennt, bis nach Überschreiten der



U, V, W = Primäranschlüsse,
x, y, z (*1 bis 6*) = Regulieranzapfungen im Primär-Nullpunkt,
$U_1, U_2, V_1, V_2, W_1, W_2$ = Sekundäranschlüsse für die Anoden (sechsphasig),
U_0, V_0, W_0 = Sekundärer Nullpunkt (Anschluß des Gleichstrom-Minuspoles),
U_H, V_H, W_H = Heizanzapfungen.

Abb. 12. Transformatorschaltung für Anschluß von sechsphasigen Gleichrichtern.

Mindestlast das Abreißen der Hauptlichtbogen nicht mehr zu befürchten ist.

Transformatoren und Regulierung.

Die Transformatoren zum Anschluß der Gleichrichter an das Drehstromnetz 6300 V haben konzentrische Wicklungen, die sich bei Gleichrichtertransformatoren wegen ihrer Festigkeit besonders bewährt haben.

Die Schaltung der Transformatoren ist eine Spezialschaltung für Gleichrichter und zwar primär Sternschaltung, sekundär Doppelzickzackschaltung, gemäß Schema Abb. 12. Diese Schaltung ergibt eine günstige Ausnutzung der Transformatortype und einen guten Transformatorwirkungsgrad. Die

Digitized by Google

Stromkurvenform auf der Primärseite ist nur ganz wenig verzerrt, hierdurch wird ein guter Leistungsfaktor erzielt.

Außerdem bietet die Schaltung in bezug auf die Spannungs-Regulierung besondere Vorteile, da sie durch Ab- und Zuschalten von Regulierwindungen im Sternpunkt auf der Primärseite erfolgen kann, ohne daß noch besondere Drosselspulen im Sekundärnullpunkt erforderlich sind.

Die Regulierwindungen jeder einzelnen Spannungsstufe sind mit Rücksicht auf Kurzschlußfestigkeit und Streuungsverhältnisse des Transformators über die ganze Länge der Schenkel gewickelt; Anfang und Ende jeder Stufe der Regulierwicklung ist als Anzapfung über Deckel geführt zum Anschluß des am Transformator angebauten Regulierschalters.

Mit den Transformatoren wurde vor Ablieferung außer den Proben nach den RET 23 eine Kurzschlußprüfung mit voller Kurzschlußleistung vorgenommen; für diese Prüfung, der alle Gleichrichtertransformatoren der AEG wegen der im Betrieb möglichen hohen Beanspruchungen unterzogen werden, besitzt die AEG in ihrer Transformatorenfabrik ein besonderes Kurzschlußmaschinenaggregat von großer Leistung.

Die Transformatoren sind in Wellblechkästen für Ölselbstkühlung eingebaut und mit Ölausdehnungsgefäß ausgerüstet; die Transportrollen sind als Lenkrollen ausgebildet zur Erleichterung des Transportes innerhalb der Station selbst.

Abb. 13 zeigt den an den Transformator direkt angebauten Regulierschalter. Jede Transformatorenphase auf der Primärseite hat sechs Anzapfungen im Nullpunkt, die zu den senkrecht übereinanderliegenden Kontakten des Regulierschalters herausgeführt sind. Die durch eine Spindel vorgeschobene Hauptbürste des Regulierschalters schließt jeweils drei Anzapfungen zum Sternpunkt zusammen. Die Regulierung erfolgt dabei fortlaufend, indem zunächst immer nur die nächste Anzapfung e i n e s Schenkels hinzugenommen wird. Die 3×6 Transformatoranzapfungen ergeben demnach $18 - 2 = 16$ verschiedene Reguliereinstellungen. Es wird also mit einer verhältnismäßig beschränkten Anzahl von Transformatoren-Anzapfungen eine weitgehende Feinstufigkeit der Regulierung erreicht. Die geringen Unsymmetrien, die bei dieser Regulierung auftreten, sind bei den praktisch vorkommenden Reguliergrenzen völlig belanglos.

Besondere Hilfsbürsten vor bezw. nach der Hauptbürste und drei Funkenzieher (am oberen Ende der Spindel durch Nocken gesteuert) bewirken, daß beim Übergang von einer Stufe auf die andere die Hauptkontaktbahn völlig funkenfrei bleibt und Kurzschluß von Transformatorwicklungen durch vorübergehende Zwischenschaltung eines Widerstandes vermieden wird.

Der Regulierschalter wird mittels der unten liegenden Fernschalteinrichtung durch Betätigungsschalter ferngesteuert; außerdem ist Handbedienung vorgesehen.

Die Regulierung ist eingerichtet für einen Bereich von 460 bis 520 V bei allen Belastungen und konstanter Drehstromspannung. Der Spannungsabfall des Gleichrichters einschließlich Transformator und Anoden-Drosselspulen beträgt etwa 6 vH; es ergibt sich somit ein Spannungsunterschied von etwa 6 V je Stufe. Diese ist somit kleiner als die bei Akkumulatoren-Batterien üblichen Spannungsstufen. Bei Parallelarbeit ergibt diese Regulierung beim Zu- bezw. Abschalten einer Stufe eine Zu- bezw. Abnahme der Last von höchstens 20 vH der Vollaststromstärke, also 300 A, so daß eine allmähliche Lastübernahme auf den Gleichrichter bezw. Abgabe an die Maschinen und Batterie stattfindet.

Die Regulierschalter können sowohl in der Gleichrichterstation selbst, als auch von der Zentrale in der Karlstraße aus, die etwa 1·5 km entfernt ist, betätigt werden. Stellungsfernanzeiger zeigen hier die Stellung der Regulierschalter und Fernamperemeter die Belastung der Gleichrichter an. Da die Batterie der Station Mülheimerplatz auf die gleiche Weise von der Zentrale aus betätigt wird, wird die gesamte Stromversorgung und Lastverteilung von einem Punkte aus geregelt.

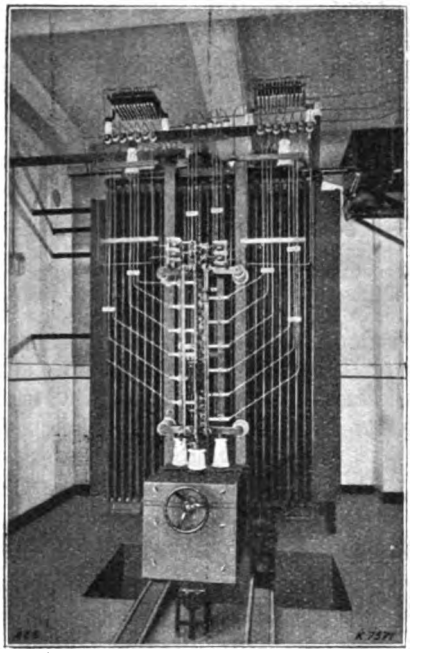


Abb. 13. Gleichrichtertransformator mit angebautem Regulierschalter.

A b n a h m e b e d i n g u n g e n.

Bei der Bestellung wurden vom Elektrizitätswerk Bonn folgende besondere Bedingungen gestellt:

1. Die Gleichrichteranlage einschließlich der dazu gehörigen Transformatoren verträgt folgende Überlastungen:

100 vH stoßweise, 50 vH 2 min lang und 25 vH 12 min lang.

2. Der Spannungsabfall der Gleichrichteranlage beträgt ungefähr 6 vH, so daß ein sicheres

Digitized by Google

Parallelarbeiten mit den Gleichstrom-Turbogeneratoren auf der Zentrale und mit den Batterien auf der Unterstation gewährleistet ist.

3. Der Leistungsfaktor der Anlage beträgt zwischen ein Viertel bis Vollast nicht unter 0·94.

4. Zu gewährleistende Wirkungsgrade:

1/1	3/4	1/2	1/4 Last
90·5	91·5	92	91 %

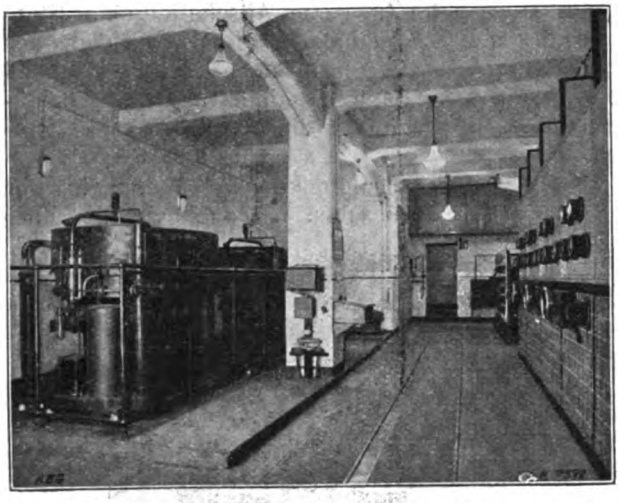


Abb. 14. Gesamtansicht der Großgleichrichteranlage des Städtischen Elektrizitätswerkes Bonn.

5. Bei der vorläufigen Abnahme werden die Gleichrichter nebst Zubehör einer Kurzschluß- und einer Rückzündungsprobe unterzogen. Hierbei werden auf der Gleichstromseite Sicherungen für 1500 A Nennstromstärke eingebaut und die Überstromautomaten werden festgestellt. Die Ölschalter für die Transformatoren werden dabei auf eine Auslösestromstärke eingestellt, die einer gleichstromseitigen Stromstärke von 4500 A entspricht.

Bei den im Anschluß an die Inbetriebnahme vorgenommenen Abnahmeversuchen wurden diese Bedingungen in jeder Hinsicht erfüllt, so daß die Anlage sofort für den Netzbetrieb herangezogen werden konnte.

Eine Gesamtansicht der Anlage ist in Abb. 14 dargestellt.

Erwähnt sei hier noch, daß die AEG zuerst Gleichrichter in Einheiten von 1500 A gebaut hat, von denen die ersten im Jahre 1924 in Betrieb genommen worden sind. Außer der beschriebenen Anlage wird schon eine große Anzahl dieser Type seit längerer Zeit verwendet, u. a. für Licht- und Kraftbetrieb von 460/500 V in den Elektrizitätswerken Preßburg, Barmen, Leipzig (hier umschaltbar für Bahnbetrieb 600 V), für Straßenbahnbetrieb von 600 V in den Elektrizitätswerken Wien (zwei Stationen), von 750 V in München, für Bahnbetrieb von 800 V von der Nord-Südbahn-Gesellschaft Berlin, und der Reichsbahndirektion Berlin, Unterwerk Hennigsdorf. Bestellt ist eine größere Anzahl von der Reichsbahndirektion Berlin für die Berliner Vorortbahnen für 800 V Gleichstromspannung, 1500 A Dauerleistung und einer Überlastbarkeit, die einer Leistung von 2000 A nach den Maschinennormen entspricht. Mit den letztgenannten Gleichrichtern wird somit die Lieferung von Gleichrichtern für 2000 A aufgenommen.

Zum Gedächtnis an Alexander Volta.

Von A. Ettingshausen, Graz.

Wie bekannt, wird in diesem Jahre in der Stadt Como am See gleichen Namens die Erinnerung an den daselbst vor 100 Jahren (am 5. März 1827) verstorbenen großen Sohn der Stadt in besonders feierlicher Weise begangen. Die zu Ehren seines Gedächtnisses in Aussicht genommenen Veranstaltungen erstrecken sich auf die Monate Mai bis Oktober dieses Jahres und mit Italien nimmt die ganze gebildete Welt regsten Anteil an den Feiern, welche dem unsterblichen Genius dieses Mannes gelten, der die Menschheit mit einer der größten Entdeckungen beglückt hat.

Volta (am 18. Februar 1745 in Como geboren) stammte aus einem alten lombardischen Geschlechte, dessen Stammbaum bis zum Beginn des 15. Jahrhunderts vorhanden sein soll. Seine Mutter war eine geborene Gräfin Inzaghi. Schon in jugendlichen Jahren schrieb er elektrische Arbeiten (über die Leidenerflasche und über Reibungselektrizität) und wurde mit 29 Jahren Lehrer der Physik am Gymnasium in Como; fünf Jahre darauf an die Universität Pavia berufen, beginnt er, von 1792 an, jene elektrischen Forschungen, die ihn zur Erfindung der galvanischen Säule, unbedingt der glänzendsten Leistung in seinem an Erfolgen reichen Leben, geführt haben. Die Säule ist tatsächlich der Ausgangspunkt für alle großen Errungenschaften, welche der Elektrizität in ihrem Siegeslaufe beschieden waren.

Voltas Schriften sind zumeist in der Form von Briefen an wissenschaftliche Freunde verfaßt.[1]) Die erste Veröffentlichung „Über tierische Elektrizität" erschien in Brugnatellis Giornale Fisicomedico und ist ein Abdruck seiner in der Aula der Universität Pavia (Mai 1927) gehaltenen Promotionsrede. In einem kurzen Briefe an den Mailän-

[1]) Die Briefe von 1792 bis 1795 sind in deutscher Sprache in „Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften" Nr. 114, jene aus den Jahren 1796 und 1800 in Nr. 118 von A. I. v. Öttingen herausgegeben worden. Die Übersetzungen stammen von H. Fechner, Ritschel, I. W. Ritter und dem Herausgeber selbst. In umfassender, ausgezeichneter Weise werden Volta's Arbeiten und die sich anschließenden Entwicklungen von Wilhelm Ostwald in seinem Buche: „Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre" Leipzig 1896 dargestellt. Die genannten Werke liegen auch diesem Aufsatze zu Grunde. Als „Collezione dell' Opere del Cavaliere Conte Alessandro Volta" Firenze 1816 wurden die sämtlichen Werke Volta's von V. Antinori herausgegeben.

Digitized by Google

der Arzt Dr. Boronio hatte übrigens Volta schon vor dieser Veröffentlichung über die von ihm angestellten Versuche berichtet: er stimmt hierbei vollständig der Ansicht Galvani's bei, daß sich der präparierte Frosch gewissermaßen wie eine Leidenerflasche verhalte.

Volta war damals 47 Jahre alt; er hatte sich aber bereits durch Erfindung des Elektrophors, der elektrischen Pistole, des Eudiometers und einer Wasserstofflampe, sowie durch Verbesserung des Elektrometers, Konstruktion des Kondensators und eine Untersuchung über die Elektrizität des Wasserdampfes in wissenschaftlichen Kreisen bekannt gemacht. In den weiteren Schriften „über tierische Elektrizität" hebt er hervor, daß die elektrische Flüssigkeit an erster Stelle auf die Nerven wirke, welche sie durchläuft, und dann als zweiten Effekt erst die Bewegung der von ihnen abhängigen Muskel veranlasse; auch vom Einflusse der Verschiedenheit der bei den Versuchen verwendeten Metalle ist hier schon die Rede. In zwei Briefen an Cavallo (auch aus dem Jahre 1792; erschienen in den Londoner Phil. Trans. von 1793) berichtet Volta über die Entdeckungen Galvani's doch wendet er sich schon von dessen Ansicht der tierischen Elektrizität ab und erklärt die beobachteten Erscheinungen als Wirkung sehr schwacher künstlicher Elektrizität, die in einer Weise erfolgt, von der man keine Ahnung hatte, nämlich durch einfache Anbringung zweier Belegungen aus verschiedenen Metallen. Freilich scheint ihm, daß die natürliche und rein organische tierische Elektrizität in manchen Fällen nicht geleugnet werden könne; doch ist die Identität des galvanischen Fluidums mit dem elektrischen erwiesen. In dem Briefe an Aldini in Bologna (Nov. 1792) werden die Metalle direkt als Ursache des elektrischen Stromes, als „wahre Erreger und Motoren der Elektrizität" im eigentlichen Sinne bezeichnet, während das tierische Organ, ja die Nerven selbst passiv seien; „weder Nerven noch Muskeln erzeugen eine Bewegung des elektrischen Fluidmus von sich aus, wohl aber die Metalle zufolge einer ihnen eigenen Fähigkeit und Kraft der Abstoßung oder Anziehung gegen das Fluidum und zwar ein Metall mehr als ein anderes, sobald sie verschieden sind."

Die Briefe an den Abbé Vassalli in Turin aus den Jahren 1793 bis 1795 enthalten die erste Spannungs- oder Potentialreihe; es wird ferner als Prinzipium ausgesprochen, daß aus jeder Berührung ungleichartiger Leiter eine Wirkung entstehe, welche die elektrische Flüssigkeit in Bewegung versetze: die metallischen Leiter haben den Vorzug, „daß sie die elektrische Flüssigkeit nicht nur in Bewegung setzen, sondern auch aufregen." In drei Briefen Volta's an Prof. Gren in Halle (sie erschienen in Brugnatellis Ann. di Chimica, 1796 und 1797) werden ferner Versuche bei verschiedenen Schaltungsweisen von Leitern erster und zweiter Klasse ausführlich beschrieben, wobei immer mehr dem Kontakt der Metalle die hauptsächliche Wirkung zugemessen wird; es sind hier auch die als Voltasche Fundamentalversuche bezeichneten, mit Ausschluß feuchter Leiter, enthalten. Endlich ist in einem fast drei Jahre später an Sir Joseph Banks, den Präsidenten der Royal Society in London, gerichteten Schreiben vom 20. März 1800 (abgedruckt in den Philos. Trans.) die genaue Einrichtung der Säule und der Couronne des tasses mitgeteilt, welche auf der Erkenntnis beruht, daß eine Summation der elektromotorischen Erregungen erzielt werden kann; es werden in diesem Briefe auch schon die physiologischen Wirkungen des von seinem Erfinder als elektromotorisches Instrument bezeichneten Apparates angeführt und das Organ des Zitterrochens mit demselben verglichen. Im folgendem Jahre (1801) wurde Volta, dessen Ruhm sich immer mehr verbreitete, von der Pariser Akademie berufen und hielt daselbst im Institut in Gegenwart des ersten Konsuls Bonaparte[2]) einen Vortrag über seine Entdeckungen; auf Antrag Napoleons wurde ihm eine goldene Medaille verliehen und sind ihm zu Ehren die beiden Volta-Preise von der französischen Akademie gestiftet worden.

An der großen Entwicklung der durch seine wunderbare Erfindung angebahnten Untersuchungen nahm Volta weiter keinen Anteil; er schrieb zwar noch einige Abhandlungen, darunter eine über den Hagel, doch beteiligte er sich nicht an dem langen Streite, der darüber entstand, ob die elektrischen Erscheinungen der Säule lediglich, bezw. hauptsächlich durch den Kontakt heterogener Metalle hervorgerufen werden (wobei elektrische Wirkungen zwischen Metall und Flüssigkeit nicht gerade geleugnet werden), oder ob die chemischen Prozesse in der Säule ursächlich mit den elektrischen Vorgängen verbunden seien. Die Frage nach den Bedingungen, unter welchen letztere hervorgerufen sind, beschäftigte die Physiker bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, wo die Ionentheorie auf den Plan trat, und wurde mit Aufwand großen Scharfsinns auf beiden Seiten erörtert: doch schienen die Argumente auf keiner Seite völlig entscheidend und überzeugend zu sein. Poggendorff sagte, daß die Kontakttheorie weder widerlegt, noch die chemische bewiesen sei. Bemerkenswert mag sein, daß Volta die Erscheinung der Gasentwicklung beim Gebrauch seiner Säule — die bei einigen seiner Versuche sicher aufgetreten ist — unbeachtet läßt, während er sonst als genauer und sorgfältiger Beobachter jeden Umstand erwähnt.

Volta hat wiederholt größere Reisen ins Ausland unternommen; so im Jahre 1777 in die Schweiz und den Elsaß, 1781 nach Deutschland und Holland, im folgendem Jahre besuchte er Frankreich und England. Überall trat er mit den ersten Physikern in persönliche Berührung; auch Voltaire lernte er in Ferney kennen. Mit dem Anatomen Antonio Scarpa aus Pavia machte er

[2]) Mit Bonaparte hatte Volta bereits 1796 eine Begegnung, als er vom Magistrate Como mit dem Grafen Giovio zur Begrüßung des Generals bei dessen Einzug in Mailand abgesendet war.

Digitized by Google

1784 eine große Reise, welche über vier Monate in Anspruch nahm und die ihn auch unter andern nach Wien führte.

Die beiden Gelehrten wurden vom Fürsten Kaunitz und sogar von Kaiser Josef II. selbst empfangen und durch ein Geschenk ausgezeichnet; sie besuchten dann eine Reihe von Städten, wie Prag, Dresden, Leipzig, Berlin, Göttingen und kehrten über München und Innsbruck in die Heimat zurück. Im Jahre 1804 gedachte Volta von der Professur in Pavia zurückzutreten, blieb jedoch über Wunsch Napoleons, der ihn außerordentlich hoch schätzte, weiter in seiner Stellung; erst 1819 legte er sie endgültig nieder und lebte in Zurückgezogenheit in seiner Vaterstadt Como, wo er 1823 von einem Schlaganfall getroffen wurde und am 5. März 1827, 82 Jahre alt, starb.

Reiche Ehren und Anerkennungen sind dem großen Forscher bei Lebzeiten zu Teil geworden; er war Mitglied der Royal Society, Associé de l'Institut, Officier der Ehrenlegion, auch eines der ersten Mitglieder des Italienischen Instituts und wurde 1810 von Napoleon zum Grafen und Senator von Italien erhoben; 1814 ernannte ihn Kaiser Franz zum Direktor der physikalisch-mathematischen Falkultät der Universität Pavia.

Über Voltas Persönlichkeit hat der französische Astronom Franz Arago in sehr symphatischer Weise ein Urteil abgegeben, welches hier angeführt werden möge: „Volta war schlank, seine Züge waren edel und regelmäßig, wie bei einer antiken Statue, die Stirne breit, tief vom Denken durchfurcht, er hatte einen Blick, der Seelenruhe mit Geistestiefe verband. Sein Benehmen verriet Spuren seiner ländlichen Jugendgewohnheiten. Er war schnell im Denken, seine Ideen waren groß, richtig; sein Charakter aufrichtig und freundlich. Ehrgeiz, Geldgier, Rivalität kennzeichneten niemals seine Handlungen; seine Liebe zur Arbeit wurde durch keine weltliche Beimengung getrübt."

Wie schon erwähnt, treten neben der Erfindung der Säule alle übrigen schönen Leistungen Voltas in den Hintergrund. Zur Erinnerung an dieses große Ereignis wurde im Jahre 1899 in Como die Centenarfeier begangen; dieselbe war mit einer Ausstellung verbunden, welche viele kostbare Volta-Reliquien enthielt: unglücklicherweise aber wurde durch einen Brand damals ein großer Teil dieser Schätze vernichtet.

Für die diesjährige Feier in Como sind ganz ungewöhnliche Vorbereitungen getroffen worden. Seit Jänner 1926 erscheint daselbst eine Monatsschrift „Voltiana", welche vom „Comitato esecutivo per le onoranze a Volta nel primo centenario della morte" in reicher Ausstattung herausgegeben wird. Diese Zeitschrift stellt sich die Aufgabe, über alle Veranstaltungen und Kundgebungen anläßlich der Centenarfeier des Todestages Volta's eingehend zu berichten, das Leben und das Werk des großen Physikers zu beleuchten, ihn als Gelehrten und Menschen zu schildern und seine Stellungsnahme zu Wissenschaft, Literatur und Kunst seiner Zeit zu erörtern.

In Como finden während der Zeit von Mai bis Oktober auch zwei große Ausstellungen statt: eine internationale Ausstellung der Elektrizität und eine nationale der Seiden-Industrie (welche ja in der Stadt Como und der Provinz seit jeher ihren Hauptsitz hatte).

Die Ausstellung ist in der prächtigen Villa Olmo untergebracht, einem Palastbau, in deren Nähe noch eine Anzahl von weiteren Bauten aufgeführt worden ist? auch ein neues, großes Volta-Museum wurde errichtet, welches ein Denkmal Comos für seinen großen Mitbürger und einen Tempel seines unsterblichen Ruhmes bilden soll. Außer Denkwürdigkeiten aus dem Nachlasse des Gelehrten werden daselbst auch genaue Nachbildungen der bei dem Brande im Jahre 1899 verloren gegangenen Instrumente verwahrt werden.

Weiters wird im September d. J. in Como ein internationaler Physiker-Kongreß abgehalten, der sich der Beteiligung der hervorragendsten Vertreter der Physik aus der ganzen Welt erfreuen dürfte[3]).

[3]) Eine teilweise Angabe des Vortrags-Programmes findet sich im Heft 31 d. J., S. 646.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Ein neuer Apparat zur stufenlosen Spannungsregelung. Dr. Ing. W. Reiche, Dresden, gibt eine eingehende Darstellung über die Einrichtung und Wirkungsweise des neuen von der Firma Koch & Sterzel A.-G. ausgeführten und als „Schubtransformator" bezeichneten Apparates, die hier im Anschluß an die Beschreibung im Heft 23, S. 471, d. J., auszugsweise wiedergegeben werden soll. Der Apparat besitzt einen Kern K (Abb. 1, 1 *a*), der die in Nuten liegende Sekundärwicklung W_3 trägt. Zu beiden Seiten des Kernes sind in axialer Richtung gegen denselben verschiebbar zwei fest miteinander verbundene Joche J_1 und J_2 angeordnet. Dieselben tragen zwei Erregerwicklungen W_1 und W_2, die von derselben Stromquelle gespeist werden, dieselbe Windungszahl, aber entgegengesetzte Windungsrichtung besitzen. In den Endstellungen ähnelt der Apparat einem Manteltransformator, so daß sich in diesen beiden Fällen die Streuung in den normalen Grenzen halten wird. In den Zwischenstellungen würde aber, da die Sekundärwicklung nicht mehr vollständig von der Erregerwicklung umfaßt wird, der Sekundärstrom die gleichmäßige Aufteilung der Induktionsflüsse stören, so daß die Streuung sehr groß würde. Um das zu verhindern, ist in der Mitte des Joches eine den Kern umfassende in sich geschlossene Sperrwicklung Sp angeordnet. Aus demselben Grund befinden sich noch zwei Schubwicklungen S_1 und S_2 im Joch, die aus mindestens zwei gegeneinander geschalteten Spulen bestehen. Eine dieser Spulen liegt unmittelbar an der Erregerwicklung und wird vom gesamten Induktionsfluß durchdrungen, die andere Spule liegt in einer Jochnut zwischen der Sperr- und der Erregerwicklung. Da sie nur vom halben Fluß induziert wird und der ersten Spule gegengeschaltet ist, muß sie die doppelte Windungszahl erhalten. Die Sekundärwicklung muß in mehreren Nuten gelagert werden, da sich sonst im mittleren Regelbereich der Induktionsfluß quer durch

Digitized by Google

die einzige Nut schließen müßte, was einen großen Blindstrom erfordern würde. Dadurch treten aber die gleichen Isolationsschwierigkeiten wie beim Drehtransformator auf, so daß die Apparate nur bis etwa 30 kV Prüfspannung gebaut werden können. Die normale Bauart ist die mit rechteckigem Kern, da dieser die gedrängteste Ausführung gestattet und außerdem runde Spulen wegen der notwendigen großen Berührungsfläche zwischen Kern und Joch einen großen Abstand zwischen den Wicklungen bedingen, was wieder die Streuung vergrößert. Die Joche mit den Erreger- und Hilfswicklungen werden in einem Rahmen gelagert, der gegenüber dem feststehenden Kern durch Spindeln gehoben und gesenkt werden kann. Als Stromzuführungen zu den Erregerspulen dienen mäanderförmige, biegsame Kupferbänder. Die geschliffenen Gleitflächen vom Kern und den Jochen werden durch kräftige Federn aufeinandergepreßt. Um das trotzdem auftretende Brummen zu schwächen und die Gefahr des Kernbrandes zu verhüten, muß die Induktion in den Zähnen von Kern und Joch niederer als im Elektromaschinenbau gewählt werden. H. K.

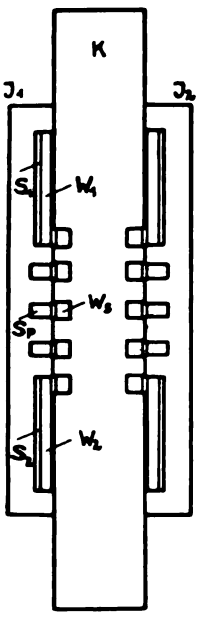


Abb. 1.

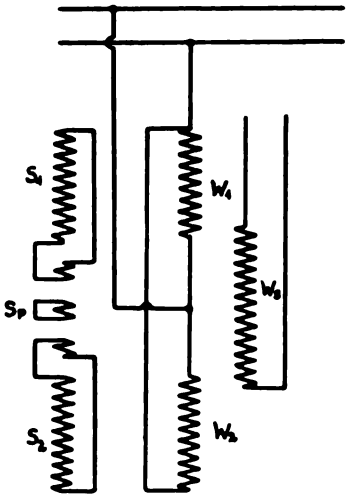


Abb. 1a

(ETZ, Bd. 48, Heft 19, 1927.)

Verschiedene Meßverfahren zur Bestimmung der zusätzlichen Verluste bei Asynchronmaschinen wurden im Prüf- und Versuchsfeld des Dynamowerkes der SSW untersucht und verglichen. In Betracht kommen: 1. Das Bremsverfahren; 2. Das Kreisbetriebsverfahren, wobei wegen des Schlupfes für jeden Belastungspunkt die Übersetzung zwischen Motor und Generator geändert werden muß; 3. Das Übererregungsverfahren (Betrieb als leerlaufender Synchronmotor bei Läuferspeisung mit Gleichstrom); 4. Das Kurzschlußverfahren, wobei die Maschine synchron angetrieben wird, die Ständerwicklung kurzgeschlossen ist und der Läufer mit Gleichstrom erregt wird. Treibt man asynchron an, so muß der Läufer mit Drehstrom der Schlupffrequenz erregt werden, was unbequem ist. — Das einfachste ist das Kurzschlußverfahren. Bei allen anderen kommt durch die umständliche Wechselstromleistungmessung eventuell an zwei oder drei Stellen eine Fehlerquelle hinzu, besonders wenn, wie bei 2. und 3., der Leistungsfaktor ein schlechter ist. Nach den Vergleichsmessungen, die allerdings nur mit einem kleinen Asynchronmotor vorgenommen wurden, zeigt das Kurzschlußverfahren außerdem die beste Übereinstimmung mit dem direkten Bremsverfahren, dem es die große Einfachheit voraus hat. Erwünscht wäre ein weiterer Vergleich bei größeren Maschinen um die Brauchbarkeit des Kurzschlußverfahrens zu untersuchen. — Undurchführbar sind allerdings sowohl Verfahren 3 wie Verfahren 4 bei Käfigläufermaschinen. f. f.

(Siemens-Zeitschrift, Bd. 7, Heft 4, 1927.)

Über einen Einphasenmotor. Wie J. Biermanns, Berlin, durch Versuch und Rechnung nachweist, läßt sich das gegenläufige Drehfeld eines Drehstrommotors bei Einphasenbetrieb fast völlig auslöschen, das heißt es können annähernd die günstigen Eigenschaften des Drehstrom-Induktionsmotors erreicht werden, wenn man zwei Phasen in Serie an das Einphasennetz legt und hiezu die dritte Phase mit einem Kondensator in Reihe parallel schaltet. Dieser Kondensator muß hiebei seiner Größenordnung nach etwa die Scheinleistung des Drehstrommotors besitzen und bedarf, wenn überhaupt, nur einer äußerst grobstufigen Regelung. Nur bei Leerlauf und geringen Belastungen war die Stromaufnahme des Motors im Einphasenbetrieb einigermaßen größer, ein Nachteil, der durch Regelung der Hilfsphasenspannung mittels Anzapfungen an der Hauptphase veringert werden kann. A.

(Arch. f. Elektr., Bd. 17, Heft 5, 1927.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Selektivschutz von Hochspannungsnetzen. Von J. Biermanns, Berlin. Die Gründe, die in vermaschten Netzen zur Einführung eines verläßlichen Schutzsystems führen, durch welches auftretende Fehler auf einen möglichst kleinen Bereich der Leitung beschränkt werden, sind bekannt. Die Kriterien derartiger Fehler sind in der Regel Überströme, Spannungsabsenkungen und Energieumkehrungen. Die früher bekannten Schutzarten, die einen dieser Fehler erfassen, sind in vermaschten Netzen mit mehr oder weniger Nachteilen behaftet und der verläßlichste Schutz wird natürlich der sein, der alle diese Kriterien erfaßt. Dieser Forderung genügt unter anderem auch das Impedanzrelais, wie es von den Firmen Häfeli, Basel, und der AEG, Berlin, ausgeführt wird. Die Auslösezeit dieses Relais[1]), das selbst richtungsempfindlich ist und auf Überströme anspricht, ist proportional dem Quotienten *E/I*. Durch den Stromanregungsmagneten wird auch eine Umschaltung des Spannungspfades vorgenommen, wodurch es auch auf Doppelerdschlüsse richtig anspricht. In Fällen, in welchen die Netzkurzschlüsse kleiner sind als der normale Betriebsstrom, könnte die Stromanregung natürlich nicht ansprechen und muß daher durch eine spannungsabhängige Überstromanregung, sogenannte Impedanzanregung, ersetzt werden. Um das richtige Arbeiten des Relais zu zeigen, wurden in einer Reihe von Mittel- und Hochspannungsnetzen Kurzschluß-, Doppelerdschluß- und Lichtbogenversuche gemacht. Besonders hervorzuheben sind die Lichtbogenversuche in einem 100 kV-Netz, bei welchem die Versuchsergebnisse gezeigt haben, daß der Lichtbogen, obwohl er zirka 6 bis 7 m lang war, nicht mehr als 3 vH der normalen Spannung verbrauchte und eine merkbare Verzögerung der Auslösung durch diesen zusätzlichen Widerstand nicht auftrat. Auch die Betriebsergebnisse von Netzen, in welchen diese Impedanzrelais eingebaut sind, zeigen das richtige Arbeiten des Schutzes. Zur Verhinderung des Außertrittfallens von Einankerumformern und Synchronmaschinen trotz richtigen Arbeitens des Netzschutzes wird vorgeschlagen, an Stelle des jetzt üblichen Nullspannungsrelais zwei Spannungsabfallrelais in verschiedenen Phasen zu verwenden, die erst bei 80 vH Spannungsabsenkung ansprechen und deren Kontakte in Reihe geschaltet sind. Dadurch soll erreicht werden, daß die Maschinen wohl bei dreiphasigen, nicht aber bei zweiphasigen Schlüssen abgeschaltet werden. Mit einer derartigen Relaisanordnung wurden in einem 30 kV-Netz gute Betriebserfahrungen gemacht. Ei.

(Bulletin d. Schweizer El. V., Nr. 3, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Die Einheiten für den spezifischen elektrischen Widerstand und die elektrische Leitfähigkeit. P. Melchior unterzieht die bei uns und im Ausland gebräuchlichen Einheiten einer kritischen Betrachtung. In der

[1]) Vgl. E. u. M. 1925. S. 369 ff.

Digitized by Google

Technik bezieht man die Einheit des spezifischen räumlichen Widerstandes und der Leitfähigkeit auf einen Draht von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt, in der Physik auf einen Würfel von 1 cm Kantenlänge. Die Dimensionen sind $\Omega \cdot \frac{mm^2}{m}$ resp. Ω.cm für den Widerstand und S/cm resp. S.m/mm² für die Leitfähigkeit, wobei S = Siemens = $1/\Omega$. Man kann aber statt einer Normalgestalt auch die Masseneinheit zugrundelegen und erhält dann den Begriff des spezifischen Widerstandes der Masse: $\varrho_m = \varrho \cdot \gamma$ und der Leitfähigkeit der Masse: $\varkappa_m = \varkappa/\gamma$, worin γ = spez. Gewicht. Diese Maßangaben sind im Ausland oft sehr gebräuchlich und haben dann eine besondere Bedeutung, wenn es sich um Vergleich der Leitfähigkeiten mit Berücksichtigung des Gewichtes handelt, etwa um die Eignung eines Materials für Freileitungen oder für das bewegliche System eines Meßapparates. Auch läßt sich bei dünnen Drähten der Querschnitt bequemer aus dem Gewicht als durch direkte Messung ermitteln. Unter Widerstandskapazität versteht man eine Größe, die nur von der Gestalt des Leiters abhängt, gemäß der Gleichung $R = \varrho \cdot C$. Die relative Leitfähigkeit, zuerst von Matthiessen eingeführt, wird auf Normalkupfer bezogen, das bei 20° C 58 S m/mm² Leitfähigkeit hat; die Matthiessen-Einheit ist ihrer Natur nach dimensionslos. Die Oberflächenleitfähigkeit: $\varkappa' = \frac{1}{Rb}$ spielt bei Isolierstoffen eine gewisse Rolle; ihre Einheit ist $1/\Omega$, somit unabhängig von der Längeneinheit.

Zum Vergleich und zur Umrechnung der verschiedenen Einheiten dient nachstehende Tabelle, bei der in Spalte 2 die Größen der Maßeinheiten, bezogen auf die metrische technische Einheit, enthalten sind, während Spalte 3 und 4 die entsprechenden Maßzahlen für Kupfer und Aluminium bringt. Die oberste Gruppe betrifft den spezifischen räumlichen Widerstand, die zweite die räumliche Leitfähigkeit, die dritte und vierte den spezifischen Widerstand und die Leitfähigkeit der Masse.

1	2	3	4
Dimension der Maßeinheit	Größenverhältnis der Maßeinheit	Maßzahl für	
		Kupfer	Aluminium
Ohm . mm²/m . .	1	0·01724	0·0286
Ohm . mm²/km .	0·001	17·24	28·6
Ohm . cm	10 000	$17{\cdot}24 \cdot 10^{-7}$	$28{\cdot}6 \cdot 10^{-7}$
Mikrohm . cm . .	0·01	1·724	2·86
Ohm . mil/foot . .	0·0016624	10·371	17·2
Mikrohm . inch .	0·0254	0·6788	1·125
m/Ω mm²	1	58	35
Matthießen	58	1	0·603
km/Ω mm²	1000	0·058	0·035
1/Ω cm = S/cm . .	0·0001	580 000	350 000
Ohm . g/m²	1	0·15328	0·0775
lb . Ohm/Meile² .	0·00017514	875·19	442
m²/g Ohm	1	6·52418	12·9

Die englischen Maße darin sind:

1 engl. Pfund (pound, abgek. lb) . 0·4536 kg
1 „ Meile (mile) . . . . . 1609 m
1 „ Fuß (foot, abgek. ft.) . . . 0·3048 m
1 „ Zoll (inch abgek. in.) . . . 0·0254 m
1/1000 Zoll (mil) . . . . . 0·0254 mm
1 circular mil = 1 mil² . $\pi/4$ . . . . 0·0005067 mm²

Frl.

(Zeitschrift f. tech. Physik, Bd. 8, Nr. 4, 1927.)

Gaußmeter mit direkter Ablesung zur Messung von magnetischen Feldstärken. Von G. Dupouy. Das Instrument benutzt bekannte Erscheinungen des Kristallmagnetismus. Auf einen um eine Achse drehbaren Kristall, der in ein magnetisches Feld gebracht wird, wirkt ein Drehmoment proportional dem Quadrat der Feldstärke. Diesem Drehmoment wirkt entgegen die Direktionskraft einer Spiralfeder. Für jeden Wert des Feldes ergibt sich eine bestimmte Gleichgewichtslage. Der Verfasser verwendet als Kristall den Eisenspat (Eisenkarbonat, Siderose d'Allevárd, rhomboedrisch), der eine besonders starke Anisotropie hat. Es beträgt für dieses Mineral die Differenz der Magnetisierungskoeffizienten $\chi_1 - \chi_2 = 47{\cdot}89 \cdot 10^{-6}$ bei 16° C. Die Drehungsachse des Apparates steht senkrecht auf einer Ebene, welche die dreizählige Achse des Kristalls und die Richtung der Kraftlinien des Feldes enthält. Bezeichnet ϑ den Winkel, welchen die Hauptachse des Kristalles mit der zu erwartenden Richtung der Kraftlinien (nach Einschaltung des Feldes) nur unter dem Einfluß der Direktionskraft der Spiralfeder bildet, und dreht sich der Kristall unter der Wirkung des Feldes um den Winkel ϱ, so bildet seine Achse mit der Richtung der Kraftlinien nunmehr einen Winkel $\vartheta_0 - \varrho$ und es gilt:

$$\frac{1}{2} m H^2 (\chi_1 - \chi_2) \sin 2(\vartheta_0 - \varrho) = C \cdot \varrho,$$

worin m die Masse des Kristalls, H die Intensität des Feldes und C die Konstante der Direktionskraft bezeichnet. Durch willkürliche Wahl von ϑ_0, der Ausgangsstellung des Kristalls, kann man verschiedene Empfindlichkeiten (Meßbereiche) einstellen. In der wirklichen Ausführung ist der Kristall in einem Rohr (aus Glas) befestigt, welches an seinen Endpunkten in Spitzen gelagert ist. Das Rohr trägt einen Zeiger, der auf einer Skala spielt. Das Ganze ist auf ein Stativ aufgebaut. Um das Rohr herum liegt zum Schutz eine geschlitzte Messinghülse. Die Eichung erfolgt durch Vergleich mit einem Fluxmeter, das seinerseits wieder an ein Magnetometer angeschlossen sein muß. Der Kristall hatte die Abmessungen eines Zylinders von 3 mm Länge und 2·5 mm Durchmesser. Der dem Felde ausgesetzte röhrenförmige Teil ist sehr schmal, so daß man den Luftspalt eines magnetischen Feldes gut ausmessen kann. Eine Schwierigkeit bildet die starke Temperaturabhängigkeit des kristallmagnetischen Effektes. Für die Verwendung von Siderose nimmt das Drehmoment bei 17° um 0·7 vH je Grad ab. Abhilfe wird durch Anwendung von zwei Kristallen mit entgegengesetztem Temperaturkoeffizienten zu schaffen sein. Der neue Meßapparat wurde mit Erfolg zur punktweisen Ausmessung des Feldes eines großen, von der französischen Akademie der Wissenschaften bestellten Elektromagneten verwendet. Vielleicht läßt sich das Instrument auch zur direkten Messung von Starkströmen aus dem diese umgebenden Felde verwenden.

Co.

(Le Génie Civil, Bd. 90, Nr. 10, 1927.)

Stromverteilung.

Die Bestimmung von Kurzschlußströmen in Hochspannungsnetzen mittels Modells. Das bereits seit einigen Jahren in Amerika in Anwendung stehende Verfahren der Bestimmung des Kurzschlußstromes an einer beliebigen Stelle großer Überlandnetze mittels Modells zur Ermittlung der richtigen Relaiseinstellung gab in Holland J. G. Bellaar Spruyt Veranlassung, die Einführung in dortige Betriebe vorzuschlagen. Es handelt sich dabei jedoch durchwegs um mit 10 000 V betriebene Kabelnetze mit unverhältnismäßig größerer Kapazität und es wurde, da die Beschaffung aus Amerika wegen Bedenken gegen die Zuverlässigkeit der ohne Rücksicht auf die Kapazität gebauten Modelle nicht zustande kam, ein solches von der Stromverkaufsgesellschaft selbst ausgeführt. Ir. H. C. A. Kortlandt gibt eine Beschreibung desselben. Die Kapazität wird auch hier nicht berücksichtigt, und zwar mit Hinweis darauf, daß bei Kurzschluß nur sehr geringe Spannungen im Netze herrschen und diese Vernachlässigung nur zu ungünstigeren Werten führen kann. Als Maschinenimpedanzen sind die der Vollbelastung und bei voller Erregung bei Unterscheidung der Werte für den momentanen und den Dauerkurzschlußstrom einzusetzen. Genaue Kenntnis des Kurzschlußstroms ist nicht erforderlich und jedenfalls läßt er sich immer viel genauer ermitteln als die maximale Abschaltleistung der Schalter im voraus angegeben werden kann. Das Modell ist einphasig ausgeführt, die Generatoren und Transformatoren sind durch Selbstinduktionen, die Leitungen durch Selbstinduktionen und

Digitized by Google

Widerstände nachgebildet. Die Maschinen liegen an dem einen Pol der speisenden Stromquelle; als solche dienen die Sekundärwicklung eines primär mit 220 V gespeisten Transformators für 5, 10 und 50 Volt; der andere Pol wird über ein Amperemeter zur Kurzschlußstelle des Netzes geführt. Die Selbstinduktionen und Widerstände sind so bemessen, daß auf diese Weise zunächst der dreiphasige Kurzschlußstrom bestimmt wird; dieser wird, weil er die größte Belastung der Schalter ergibt, als der ungünstigste Fall angesehen. Für die Bestimmung des ein- und zweiphasigen Kurzschlusses können den Maschinenimpedanzen weitere Impedanzen parallel geschaltet werden, die auch dazu dienen können, den Einfluß einer bestehenden Zentrale auf den Kurzschlußstrom zu bestimmen. Der Aufbau ist ähnlich dem einer Schalttafel mit drei Feldern, an der Rückseite sind die Spulen und die von vorne betätigten Schalter angebracht, vorne ein Amperemeter und ein Voltmeter. Die Spulen aus 1·5 mm² Kupferdraht für 15 A haben einen Eisenkern mit regelbarem Luftspalt zur Regelung des magnetischen Widerstandes, die Selbstinduktion soll aber möglichst unabhängig vom Strom sein. Eisenfreie Spulen sind jedoch für die Nachbildung der Maschinen nicht verwendbar, weil der Ohmsche Widerstand bei der großen Zahl der zur Herstellung der nötigen Selbstinduktion erforderlichen Windungen viel zu groß würde. Bei 10 V angelegter Spannung sind die Stromablesungen mit 1000 zu multiplizieren, so daß Kurzschlußströme bis zu 15 000 A festgestellt werden können, durch Herabsetzung der Versuchsspannung auf 5 V bis 30 000 A, durch Erhöhung auf 50 V bis 3000 A. An der Grenze des Meßbereiches nach unten sind ablesbar Ströme bis herab zu 200 A. Strombegrenzungsreaktanzen lassen sich an verschiedenen Stellen des nachgebildeten Netzes einfügen und so der strombegrenzende Einfluß derartiger Einrichtungen vorausbestimmen. Gn.

(Sterkstroom, Bd. 5, Nr. 9, 1927).

Energieverteilung in Amerika. Ein anschauliches Bild über die im westlichen Teil der V. St. A. gebräuchlichen Verteilungssysteme gibt die Beschreibung der Anlagen der Puget Sound Power and Light Co. von M. J. Crawford. Die Hauptdaten dieser Anlagen sind zunächst:

Versorgungsgebiet[1]) 240 × 320 km² . . .	76 800 km²
Zahl der Einwohner in diesem Gebiet .	1 000 000
Zahl der versorgten Ortschaften	350
davon Städte mit 20 000 bis 400 000 E.	5
Gesamtleistung, installiert	230 000 PS
„ , vertragsm. Fremdbezug	21 600 „
Jährliche Erzeugung	635 Mill. kWh
Spitzenbedarf	127 000 kW
Gesamtlänge des Leitungsnetzes	2401 km
davon 110 kV	300 „
„ 55 „	1380 „
Größere Zentralen	Je eine mit 80 000, 40 000 und 30 800 PS und zwei mit je 26 800 PS

Entsprechend der verschieden dichten Besiedlung stehen verschiedene Verteilungssysteme in Verwendung, die im folgenden kurz skizziert werden sollen:

1. Städte. *a*) Gleichstromkabelnetz. Dieses ist ein Überrest der ersten Entwicklung und bedeckt im Kern der Stadt Seattle eine Fläche von 3·2 × 0·8 km². Es wird nicht mehr erweitert — derzeit hat es eine Leistung von 12 000 kW —, der Zuwachs an Verbrauchern wird vielmehr mit Wechselstrom versorgt. Von den drei Umformerstationen haben zwei vollständige Akkumulatorenreserve, die dritte dient nur zur Spitzendeckung. Die Spannungsregelung erfolgt durch Umschalten von einer Sammelschiene auf die andere, die Spannung der beiden Schienen wird dauernd um 25 V verschieden gehalten. Die Kabel sind in Tonrohre eingezogen, die in Beton liegen. — *b*) Wechselstromkabelnetz. Die Verteilspannung innerhalb der Städte beträgt 13 800 V. Die Unterstationen sind stets von mehreren Seiten gespeist[2]), an den Grenzen der Stadt liegen die 55 kV Unterstationen oder etwa vorhandene Zentralen. In den Unterstationen stehen Transformatoren für 13 800/4500 V mit sekundär herausgeführtem Nullpunkt, so daß eine zweite Verteilspannung von 4500/2600 V zur Verfügung steht. Automatisch wirkende Schalteinrichtungen bewirken beim Versagen einer 13 kV Zuspeisung das Umschalten auf ein anderes Speisekabel. Die 4500 V Speiseleitungen sind als Dreileiterkabel von 177 mm² ausgeführt, durch je drei einpolige Überstromschalter geschützt und besitzen in jeder Phase einen Drehregler. An einzelnen Phasen dieses Netzes sind, wie Abb. 2 zeigt, kleinere Transformatoren-

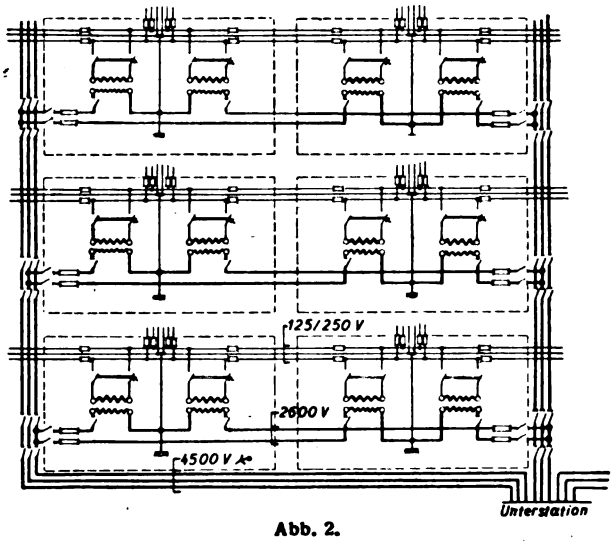


Abb. 2.

stationen angeschlossen, von welchen das Verbrauchernetz im Einphasendreileitersystem mit 125/250 V gespeist wird. Wo Bedarf an Drehstrom vorliegt, wird ein dritter Leiter mitgeführt und durch Hinzufügen eines dritten Einphasentransformators, sowie entsprechende Umschaltungen die Erweiterung durchgeführt. — *c*) Freileitungsnetz. In jenen Teilen der Stadt, die noch keine Kabelung der Leitungen erfordern, ist das eben beschriebene System als Freileitungsnetz ausgebildet. Die 4500 V Leitungen sind dabei mit 107 mm², die 2500 V Leitungen als Draht von 21 mm² ausgeführt. Im Industriegebiet sind kleinere Verbraucher an 4500/2600 V Drehstrom angeschlossen (und zwar meistens drei Einphasentransformatoren, nur bei den ganz kleinen Einheiten Drehstromtransformatoren), während für die größeren eigene 13 kV Leitungen vorgesehen sind und bei Abnehmern von mehr als 5000 PS für doppelte Anspeisung mit selbsttätiger Umschaltung gesorgt ist. Der Erdung wird größte Aufmerksamkeit geschenkt, ihr Zustand ständig überwacht.

2. Größere Ortschaften und Vorstädte. Das Leitungsnetz ist ähnlich ausgebildet wie in den Städten, jedoch ausschließlich als Freileitung verlegt. Die Hochspannungsleitungen sind durchwegs in 13 mm² ausgeführt, die Transformatoren auf Masten montiert, und zwar bis zu drei Einphasentransformatoren je 200 kW auf einem aus zwei Masten bestehenden Gerüst. Bei größeren Leistungen werden kleine umzäunte Freiluftstationen errichtet.

3. Flaches Land. Je nach der Dichte der Besiedlung erfolgt die Verteilung mit 33, 13 oder 6 kV. Im allgemeinen ist jedem Gehöft eine Stichleitung und eine Masttransformatorenstation zugeordnet, die dann gleich auf Gebrauchsspannung transformiert. Nur wo mehrere bei einander gelegene Gehöfte vorhanden sind, werden Sekundärleitungen geführt, wenn möglich am Hochspannungsgestänge auf eigenen, tiefer angeordneten Auslegern. Die Hochspannungsleitungen sind im allgemeinen in 13 mm² Hartkupferdraht mit 10·5 m hohen

[1]) Zum Vergleich: Der Flächeninhalt von Österreich beträgt 83 833 km².

[2]) Vgl. Rühle, E. u. M. 1926, S. 405 ff.

Digitized by Google

Masten und 60 bis 75 m Spannweite ausgeführt. Die hölzernen Querarme tragen Holzstützen mit Glasisolatoren. A. Fr.

(General Electric Review, Bd. 29, Heft 12, 1926.)

Leitungen und Leitungsbau.

Herkules-Isolatoren. Diese neue Isolatorentype besitzt gegenüber den bisher verwendeten Freileitungs-Stützen-Isolatoren eine größere Durchschlagsfestigkeit und eine größere Wurffestigkeit, so daß die Betriebssicherheit der Leitungen eine bessere wird.

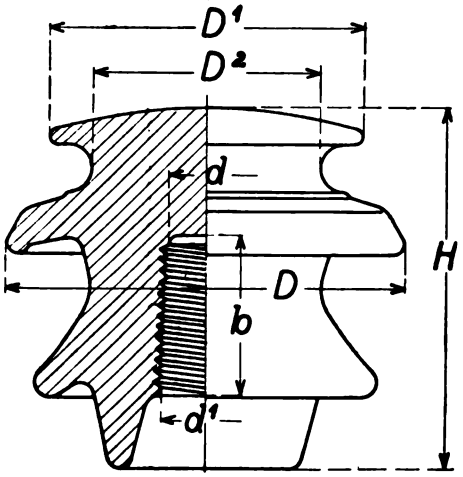


Abb. 3. Herkules-Isolator.

Tabelle 1. Betriebsspannungen, Abmessungen und Gewichte der Herkules-Isolatoren.

Betriebsspannung in kV		Abmessungen in mm							Gewicht zirka kg
Inland (VDE)	Ausland	*H*	*D*	D_1	D_2	*d*	d_1	*b*	
6	13	125	140	110	80	28	31	55	1·6
10	17	135	160	115	82	28	31	60	2·6
15	21	155	180	140	100	28	32	70	4·45
20	29	170	200	145	105	28	32	75	5·5
25	33	190	220	150	110	28	32	75	6·2
30	41	235	240	160	118	38	43	90	8·0

Abb. 3 zeigt den neuen Herkules-Isolator. Die Abmessungen (Tabelle 1) sind so gewählt, daß die Überschlagspannungen dieselben sind, wie bei den normalisierten Deltaglocken. Ebenso sind die Abmessungen des Gewindes dieselben, so daß gegebenenfalls für die Herkules-Isolatoren dieselben Stützen verwendet werden können. Die Durchschlagsfestigkeit der Herkules-Isolatoren liegt so hoch, daß es in den meisten Fällen nicht gelingt, den Isolator unter Öl durchzuschlagen. Der Isolator ist also praktisch durchschlagsicher, da er auf alle Fälle eher über- als durchschlägt. In Abb. 4 sind die Durchschlagspannungen der Deltaglocken, Weitschirmisolatoren und Herkules-Isolatoren graphisch dargestellt.

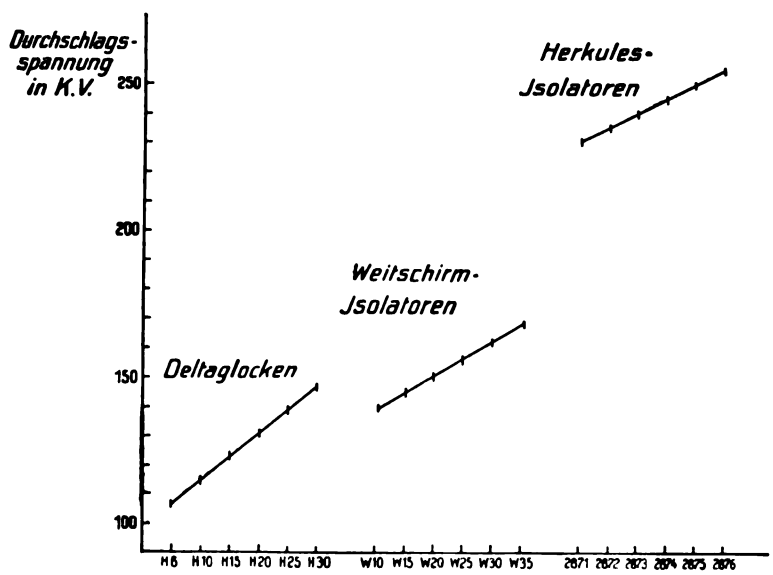


Abb. 4. Durchschlagsfestigkeit verschiedener Stützen-Isolatoren.

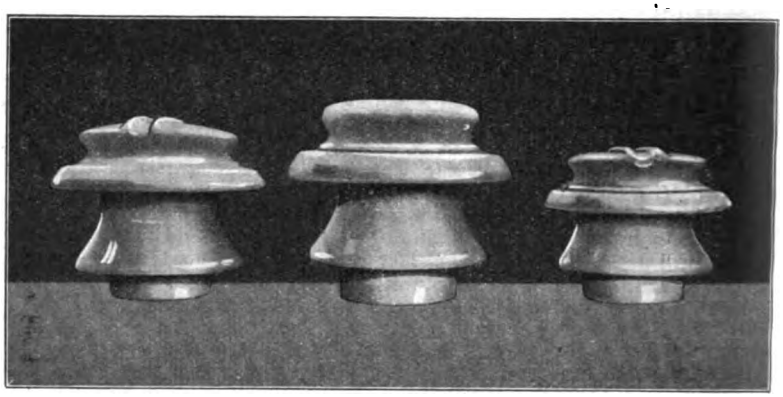


Abb. 5. Herkules-Isolatoren mit Kopfrille.

Einen weiteren Vorteil des Herkules-Isolators bieten die kurzen kräftigen Schirme. In manchen Gegenden sind die Beschädigungen der schwachen Schirme der normalisierten Deltaglocken durch Steinwürfe und Schüsse sehr häufig. Hier bietet nun die kräftige Gestaltung des Herkules-Isolators einen ausreichenden Schutz. An einem 8 m hohen Mast ausgeführte Wurfversuche mit faustgroßen Steinen ergaben, daß der Herkules-Isolator noch nach 25 Volltreffern betriebssicher war, während die Deltaglocke bereits nach zwei Volltreffern unbrauchbar wurde. Durch die kräftige Gestaltung wird es möglich, daß die Herkules-Isolatoren bei Auswechslungen ohne weiteres vom Monteur im Rucksack transportiert werden können, ohne zu zerbrechen.

Eine weitere Störungsursache sind häufig die Kurzschlüsse, die an den Isolatoren durch größere Vögel auftreten, wenn sie mit beiden Leitungen oder, wie es wohl meistens der Fall sein wird, mit einer Leitung und einem Mastteil in Berührung kommen. Um nun zu verhindern, daß ein auf dem Kopf des Isolators sitzender Vogel das Seil mit den Krallen berührt, ist der oberste Teil des Isolatorkopfes so verbreitert, daß das Seil von oben fast ganz abgedeckt wird. Andererseits kann ein auf der Traverse sitzender Vogel den Leitungsdraht infolge des tief in der Halsrille liegenden Seiles und der weiten Ausladung des oberen Schirmes nicht anpicken. Kurzschlüsse durch Vögel werden also praktisch nicht auftreten. Die Ausbildung des Vogelschutzes ist aus Abb. 1 zu ersehen. Wird dagegen das Seil auf den Kopf des Isolators verlegt, so ist eine Abdeckung des Seiles natürlich nicht möglich, so daß bei den mit Kopfrille ausgerüsteten Herkules-Isolatoren die tief liegende Vogelschutzrille fortfallen kann. Herkules-Isolatoren mit Kopfrille zeigt Abb. 5.

Die Zerreißfestigkeit der Herkules-Isolatoren liegt im Mittel über 2000 kg also mindestens ebenso hoch, als die der normalen Deltaglocken. Die Bruchform der Herkules-Isolatoren geht aus Abb. 6, rechts, hervor.

Bereits seit über zwei Jahren ist eine größere Anzahl Herkules-Isolatoren in Betrieb: so hat zum Beispiel der Zweckverband Überlandwerk Edertalsperre in Kassel bereits über 15 000 Stück dieser Isolatoren einge-

Digitized by Google

baut, die Isolatoren haben bisher bei allen Gewittern und sonstigen auftretenden Überbeanspruchungen standgehalten. Beim Herkules-Isolator sind alle bisher bekannt gewordenen Fehlermöglichkeiten durch die Formgebung ausgeschaltet worden und scheint er berufen zu sein, der Stützen-Isolator für alle Spannungen bis 30 kV zu werden.

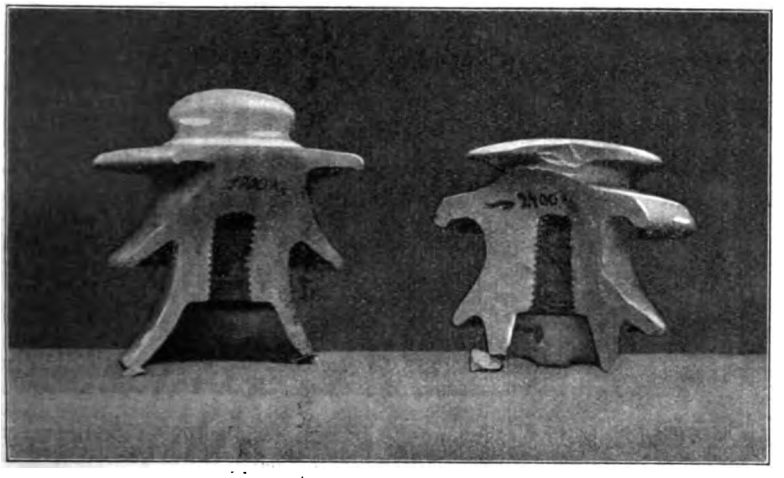


Abb 6. Bruchform einer durchschlagsicheren Deltaglocke und eines Herkules-Isolators.

Die ersten Anregungen und Entwürfe zu den Herkules-Isolatoren gab Obering. H. Sieber; ausgeführt wird der Isolator von der Kronacher Porzellanfabrik Stockhardt & Schmidt-Eckert, Kronach (Bayern), die die Versuche zur Schaffung des durchschlagsicheren Stützen-Isolators durchgeführt hat.

Ober-Ing. W. Cordes.
Kronach (Bayern).

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

(Fortsetzung aus Heft 35, Seite 713.)

Regelung von Ein- und Mehrphasennetzen.

Eine Erfindung der ÖSSW in Wien betrifft Schalteinrichtungen zur selbsttätigen Schaltung von Anlagen zur Erzeugung oder Umformung elektrischer Energie, die mit anderen auf ein gemeinsames Verteilnetz parallel arbeiten. Um die Zu- und Abschaltung solcher selbsttätiger Anlagen in reiner Abhängigkeit von der Belastung ohne Verwendung von Hilfstransformatoren, Schaltuhren oder besonderen Steuerleitungen zu ermöglichen, werden diese Anlagen durch eine selbsttätige Schaltvorrichtung in eindeutiger Abhängigkeit von der Belastungsstromstärke in den Zubringer- bzw. Verteilleitungen zu- und abgeschaltet, die an die zu schaltende Anlage selbst angeschlossen sind. Dies ermöglicht die Zu- und Abschaltung der Station in eindeutiger Abhängigkeit von der Belastung und die Unterbringung der hiefür nötigen Einrichtungen in der zu schaltenden Station selbst. Die Abschaltung erfolgt zweckmäßig in Abhängigkeit von der durch die Anlage übertragenen Belastung, zum Beispiel durch einen Minimalstromauslöser im Hauptstromkreis. Die bis nun von der Anlage gelieferte Energie wird jetzt durch die mit ihr auf das gemeinsame Verteilnetz arbeitenden Stationen übernommen und strömt dem Versorgungsgebiet der abgeschalteten Anlage hauptsächlich über jene Leitungen zu, welche diese Anlage mit den übrigen auf dem elektrisch kürzesten Wege verbinden. Übersteigt nun der auf diesem Wege der abgeschalteten Anlage zuströmende Aushilfsstrom einen vorbestimmten Wert, so wird zum Beispiel durch ein von diesem Strom beeinflußtes Höchststromrelais die Anlage selbsttätig wieder zugeschaltet. (Ö. P. Nr. 105692.)

Bei einer Vorrichtung zum automatischen Parallelschalten von Wechselstromnetzen nach einer Erfindung der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien wirkt ein System, das von dem Produkt der in beiden Netzen herrschenden Spannungen und dem Sinus des zwischen diesen Spannungen herrschenden Winkels ($E_1 . E_2 . \sin \eta$) beeinflußt wird, derart mit einem zweiten vom Produkt der Spannungen und dem Cosinus des von den Spannungen eingeschlossenen Winkels ($E_1 . E_2 . \cos \varphi$) beeinflußten Systems zusammen, daß die Parallelschaltung nur dann erfolgt, wenn das Sinussystem mindestens eine bestimmte Zeit in der Nullage verharrt und das Cosinussystem in einer bestimmten Richtung ausschlägt. An den parallel zu schaltenden Netzen 1 und 2 (Abb. 10) liegen die Spannungswandler 3 bezw. 4, welche das Sinussystem mit der Scheibe 5 und das Cosinussystem mit der Scheibe 6 speisen. Die Stromwicklung 7 des Sinussystems liegt unter Vorschaltung einer Drosselspule 8, die Stromspule 9 des Cosinussystems unter Vorschaltung eines Ohmschen Widerstandes 10 an dem Wandler 3, während die Spannungsspulen 11 und 12 der beiden Systeme an den Wandler 4 angeschlossen sind. An der zur Scheibe 5 des Sinussystems gehörigen Achse 13 ist das eine Ende einer Spiralfeder befestigt, deren anderes Ende an einem schwenkbaren Hebelarm angebracht ist. Zu beiden Seiten dieses Hebelarmes befinden sich zwei Kontakte, durch die beispielsweise die Stromwicklung 9 des Cosinussystems kurzgeschlossen wird, sobald der

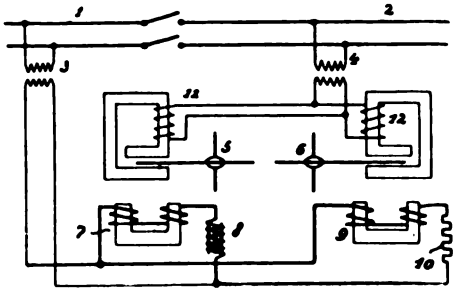


Abb. 10.

Hebelarm aus der Mittellage herausbewegt wird, wenn die Scheibe nach rechts oder links ausschlägt. Wesentlich ist es, die Dämpfung des Sinussystems so gering zu machen, daß sein Ausschlag bei langsamen Änderungen möglichst genau dem augenblicklichen Drehmoment folgt, während das Cosinussystem, das nur beim positiven Drehmoment und erst nach Ablauf einer gewissen Zeit die Parallelschaltung vollziehen soll, stark gedämpft sein muß. Zweckmäßigerweise besitzt das Cosinussystem einen Anschlag, der unter dem Einfluß einer Rückstellfeder seine Nullage festhält und eine Drehung bei negativem Drehmoment verhindert.

(Ö. P. Nr. 105274.)

Zwei verschiedenartige Wechselstromnetze können durch Induktionsumformer miteinander gekuppelt werden, wobei das die Energieübertragung bestimmende Drehmoment durch eine auf der Welle des Induktionsumformers sitzende Kollektormaschine geregelt wird, zum Beispiel eine Gleichstrommaschine, die einen Gleichstrom-Drehstrom-Umformer speist. Die AEG in Berlin verwendet bei einer solchen Anordnung einen Hilfsmaschinensatz, der in Verbindung mit Aluminiumzellen oder dergleichen bei Abweichungen der Periodenzahlen vom Normalwert die Erregung einer der genannten Gleichstrommaschinen derart beeinflußt, daß der den Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer speisende Gleichstrom und dadurch auch die Durchflußleistung des Periodenumformers einen bestimmten Wert nicht überschreitet. Durch weitgehende Verringerung der Ohmschen Widerstände der beiden Gleichstrommaschinen

Digitized by Google

des Periodenumformers und durch zusätzliche Hauptstromwicklungen, welche bei der ersten Maschine kompoundierend, bei der zweiten gegenkompoundierend geschaltet sind, wird die Empfindlichkeit des Umformers gegen Belastungs- und Frequenzschwankungen des Netzes gesteigert. (D. R. P. Nr. 443086.)

Eine Erfindung der S S W in Berlin betrifft einen Umformer zur Kupplung zweier Netze, der zur Pufferwirkung geeignet ist, ohne das Periodenübersetzungsverhältnis zu stören. Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß zum Zwecke der Pufferung Schwungmassen auf dem Umformer angeordnet und die beiden je mit einem Netz verbundenen Umformerhälften Einrichtungen zur Einstellung einer beliebigen Leerlaufdrehzahl erhalten. Die Netze 1 und 2 (Abb. 11) sind

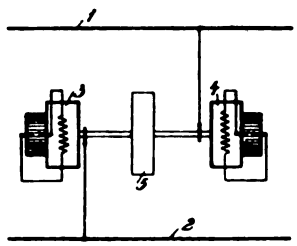


Abb. 11.

zum Beispiel durch einen aus zwei Drehstrom-Nebenschlußmaschinen 3 und 4 bestehenden Umformer verbunden. Soll das auf der Umformerwelle befindliche Schwungrad 5 zur Wirkung gebracht werden, und zwar bei einem Leistungsfluß aus dem Netz 1 in das Netz 2, so muß die Drehzahl der als Motor arbeitenden Maschine 4 abwärts geregelt werden. Gleichzeitig mit dieser Regelung muß die als Generator arbeitende Maschine 3 ebenfalls dieser neuen Drehzahl angepaßt, das heißt, um den gleichen relativen Betrag nach unten geregelt werden, damit die Periodenzahl des Netzes 2 konstant bleibt, ganz gleich, ob die Umformerwelle ihre Drehzahl ändert oder nicht. (Ö. P. Nr. 106227.)

Eine Anzeige- und Reguliereinrichtung für elektrische Leitungsnetze mit mehreren Unterstationen und Verbrauchernetzen hat eine Erfindung der A E G in Berlin zum Gegenstand, welche bezweckt, die Lastverteilung so zu beeinflussen, daß plötzliche Laständerungen vermieden werden und der Belastungsfaktor möglichst groß gehalten wird. Die bisher zu diesem Zwecke benützten Einrichtungen leiden daran, daß durch verschiedene Temperaturen des Meßdrahtes und durch die Kriechströme an den Isolatoren die Meßresultate beeinflußt werden. Dieser Übelstand wird gemäß der Erfindung dadurch vermieden, daß die Frequenz des Meßstromes in Abhängigkeit von der Last verändert und zur Instrumentenanzeige herangezogen wird. Und zwar wird erfindungsgemäß eine Hilfsstromquelle vorgesehen, deren Periodenzahl der die Leitungssysteme durchfließenden Leistung entspricht, und eine Einrich-

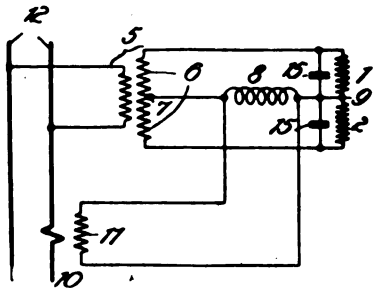


Abb. 12.

tung, welche die Energierichtung der von dieser Hilfsstromquelle erzeugten Ströme bei Über- und Unterschreiten einer bestimmten, aber einstellbaren Leistung umkehrt und hiedurch Regel- und Anzeigevorrichtungen steuert. (D. R. P. Nr. 438930.)

In neuerer Zeit sind cos φ-Regler bekannt geworden, die selbsttätig die Einregelung des Netzleistungsfaktors in einer gewünschten Höhe bewirken. Sie beruhen auf der Differenzialwirkung zweier Spulen, die sowohl vom Netzstrom als auch von der Netzspannung beeinflußt werden. Gemäß einer Erfindung der S S W in Berlin werden die Reglerspulen 1 und 2 (Abb. 12) in Serie mit der Sekundärwicklung 6 eines Spannungswandlers 5 geschaltet, die aus zwei einander gleichen, entgegengesetzt gewickelten Hälften besteht und die Mitte 7 der Sekundärwicklung wird über eine Drosselspule 8 oder einen Kondensator zur Verbindungsstelle 9 der beiden Reglerspulen 1 und 2 geführt, wobei diese Drosselspule oder der Kondensator noch außerdem über einen Stromwandler 10, 11 des Netzes gespeist wird. Ein Eisenkern der Spulen 1, 2 vermag bei Abweichung des eingestellten cos φ-Wertes Hilfsstromkreise zu schließen, durch welche ein Phasenschieber korrigierend betätigt wird. (D. R. P. Nr. 439611.)

Bei einer Einrichtung zum Konstanthalten elektrischer Betriebsgrößen in Verteilernetzen, insbesondere des Leistungsfaktors nach dem Vorschlage der A E G in Berlin sind mit dem Netz zwei Zählerwerke verbunden, von denen das eine den Wirk- und das andere den Blindverbrauch aufnimmt und welche beide gemeinsam auf eine Kontaktvorrichtung derart einwirken, daß das resultierende Drehmoment der beiden Zählerwerke die Erregung einer zur Aufnahme der Blindlast in dem Verteilernetz liegenden Synchronmaschine steuert. Die beiden Zählerwerke drehen sich, wenn der Leistungsfaktor die festgesetzte Größe hat, in entgegengesetzter Richtung, sodaß das resultierende Drehmoment Null ist. (D. R. P. Nr. 433747.)

Wenn in einem durch Ausfallen eines Schalters abgetrennten Netzteil blindleistungserzeugende Maschinen und Apparate liegen, wird die Spannung durch diese Blindleistungserzeugung aufrecht erhalten und die bleibende Spannung kuppelt sämtliche Maschinen und

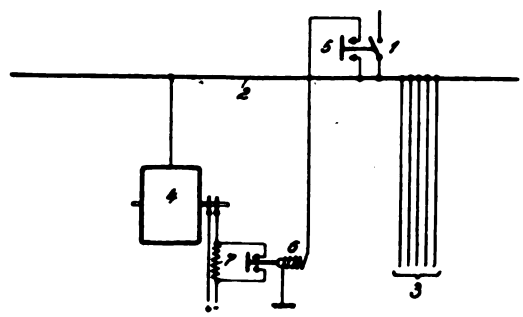


Abb. 13.

Apparate und schafft einen Wirk- und Blindleistungsausgleich zwischen ihnen, so daß sich die Maschinen des abgeschalteten Netzteiles in der Regel unter langsamem Sinken der Spannung und der Frequenz langsam stillsetzen. Dies kann zur Folge haben, daß beim Wiedereinlegen des ausgefallenen, zum Kraftwerk führenden Schalters noch eine gewisse Spannung im abgeschalteten Netzteil vorhanden ist und die Spannungsauslöser noch nicht angesprochen haben. Da die Drehzahl der Maschinen aber inzwischen auf einen Bruchteil der synchronen Drehzahl gesunken ist, so bedeutet das Wiedereinlegen des Netzschalters einen mehr oder weniger vollkommenen Kurzschluß. Noch unangenehmer werden die Verhältnisse, wenn der abgeschaltete Netzteil betriebsmäßig im Augenblick des Abschaltens mit Blindleistungsüberschuß arbeitet und die unverbrauchten Blindleistungen durch höhere Magnetisierung sämtlicher Maschinen eine erhebliche Spannungserhöhung im abgeschalteten Netzteil hervorbringen. Nach einer Erfindung der S S W in Berlin soll eine Verhütung dieser unzulässigen Spannungszustände im abgeschalteten Netzteile mit Blindleistungserzeugung dadurch erreicht werden, daß die Blindleistungsabgabe der Blindleistungserzeuger nach der Abschaltung selbsttätig beschränkt wird. Nach Abb. 13 speist Netzschalter 1 ein Sammelschienensystem 2, an das neben gewöhnlichen Ver-

Digitized by Google

brauchern 3 eine Blindleistungsmaschine (Synchronmotor 4) angeschlossen ist. Beim Ausfallen des Schalters 1 wird dessen Hilfskontakt 5 geöffnet, die Spannungsspule des Schützes 6 wird stromlos und der Widerstand 7 durch Abfallen des Schützankers selbsttätig in den Erregerkreis des Synchromotors eingeschaltet, dessen Erregung dadurch soweit geschwächt wird, daß eine Spannungssteigerung nicht zu befürchten ist oder sogar soweit, daß die Spannung an den Sammelschienen 2 so stark sinkt, daß sämtliche Spannungsauslöser des abgeschalteten Netzteiles sofort ansprechen.
(Ö. P. Nr. 105543.)

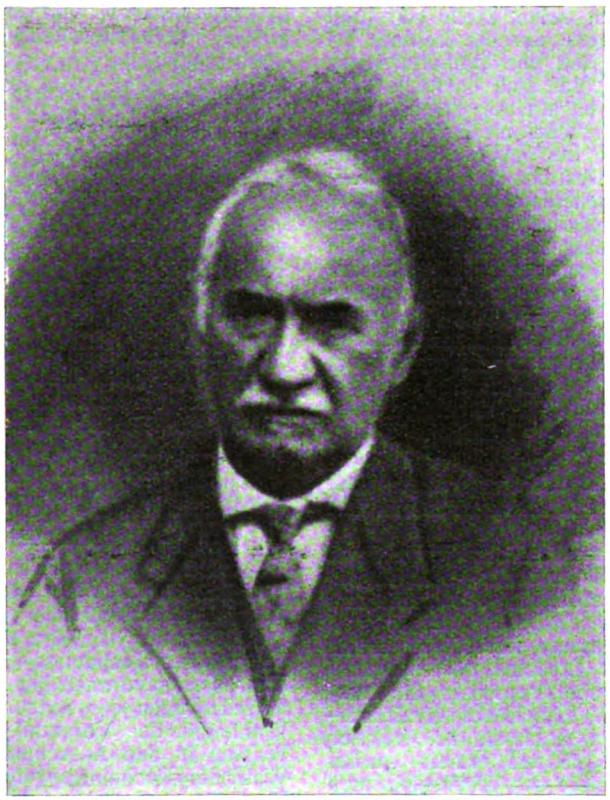
Gegenstand einer Erfindung der Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden ist eine Einrichtung zur Erzielung eines von der Frequenz der speisenden Spannung unabhängigen, jedoch der Spannung selbst proportionalen Stromes; sie besteht darin, daß in den Stomkreis in Reihe zur speisenden Spannung und dem Verbraucher eine von ihrem Ankerstrom erregte Kollektormaschine geschaltet ist, deren Rotationsspannung gegen den Strom um mindestens 90° phasenverschoben ist (um Selbsterregung unmöglich zu machen) und bei der größten auftretenden Frequenz ein Mehrfaches der Gegenspannung des oder der Stromverbraucher ist. Auch die Rotationsspannung einer von ihrem Ankerstrom erregten Kollektormaschine von annähernd konstanter Drehzahl ist diesem Strom proportional und unabhängig von der Frequenz, eine Eigenschaft, die auch dem bisher benützten Vorschaltwiderstand zukommt. In Gegensatz zu diesem, kann die von der Kollektormaschine verbrauchte Energie zum Beispiel als mechanische Arbeit an eine Welle abgegeben werden.
(D. R. P. Nr. 439309.)

(Fortsetzung folgt)

Chronik.

Ingenieur Gustav Bergholtz †.

Nach 37-jähriger verdienstvoller Tätigkeit im Siemens-Konzern und nach einem verhältnismäßig kurzen Ruhegenuß von acht Jahren ist Gustav Bergholtz am 13. April nach mehrwöchentlichem Krankenlager verschieden. Gustav Bergholtz erblickte als Sohn des Justizrates A. Bergholtz am 28. Juni 1855 in Hamm i. W. das Licht der Welt. Nach Vollendung der Vorbereitungsschule, der Mittelschule in Hamm i. W. und in Münster i. W., sowie eines Praktikums und des Militärdienstes oblag er dem Studium des Maschinenbaues an dem Kgl. Gewerbeinstitut Charlottenburg. Nach vorübergehender Tätigkeit bei der damals noch kleinen, aber aufstrebenden Firma August Borsig, Berlin, trat er im Jahre 1882 in das Blockbureau von Siemens & Halske in Wien ein. Zu dieser Zeit wurden die für die Anlagen der Firma benötigten Schwachstromkabel, ebenso wie der Bedarf in Starkstromkabeln vom Berliner Kabelwerke bezogen. Die Anregung, die Kabelerzeugung in Wien aufzunehmen, stammt von Gustav Bergholtz. Auf diese Weise kam die Kabelfabrik der Firma Siemens & Halske in Wien, III., Hainburgerstraße 29, mit ihrem Direktor Gustav Bergholtz im Jahre 1890 in Betrieb, die im Jahre 1897 zur Schaffung eines großen, zeitgemäßen Kabelwerkes in Wien, XXI., Siemensstraße 88, führte, welchem im Jahre 1910 ein eigenes Metallwerk (Walzwerk und Drahtzieherei) angegliedert wurde. Auch hier wirkte der Geist Gustav Bergholtz's durch die letzten Jahrzehnte für seine Mitarbeiter bis zum Jüngsten derselben herunter beispielgebend. Er kann in Österreich zu den führenden Altmeistern der Kabeltechnik gezählt werden. Bei der im Jahre 1908 stattgehabten Einbeziehung der Siemens & Halske A. G., Kabelfabrik in die seit dem Jahre 1904 bestehenden Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke, Wien, wurde Gustav Bergholtz zum Direktor der Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke ernannt, als welcher er bis zu seiner im Jahre 1919 über eigenes Ansuchen erfolgten Pensionierung wirkte.



Jeder, der Gelegenheit hatte, mit Gustav Bergholtz in nähere persönliche Berührung zu kommen, kennt ihn als den strengen aufrechten Sohn der Westfalenlandes, als einen Mann von hohem Pflichtgefühl, unbeugsamen Willens, aber gerechter Denkungsweise, unnachgiebig gegen sich und treu gegen sich und Andere. In seinem ganzen Leben fühlte er sich innig mit dem Schicksal und der Entwicklung seiner Firma verbunden und gab für diese sein Bestes her. Neben diesen hervorragenden Eigenschaften soll aber seiner geradezu sprichwörtlichen Bescheidenheit im privaten und geschäftlichen Leben, welche ihm einen großen Freundeskreis erwarb, gedacht werden. — Das Charakterbild des Heimgeganen wäre aber unvollständig, wollte man in ihm nicht den geraden deutschen Mann erkennen, welchem seine Heimat und sein Volk mit seiner stolzen Tradition, sowie deren restlose Erhaltung und Förderung über Alles ging. Diese innere Überzeugung vermochte es auch, daß Gustav Bergholtz kurz nach Beginn des Weltkrieges am 4. September 1914 in seiner ehemaligen Charge als Vizewachtmeister im 60. Lebensjahre als Kriegsfreiwilliger zur bayrischen Landwehr einrückte. Seine körperliche Tüchtigkeit, verbunden mit einem eisernen Willen, begegneten mit Erfolg allen, im Hinblick auf sein Alter, gewiß bedeutenden, an ihn im Westen und Osten gestellten Anforderungen; im Herbst 1918 kehrte er als Oberleutnant mit dem E. K. I und II. und einer hohen bayrischen Auszeichnung wohlbehalten in den Kreis seiner Familie und seiner Mitarbeiter zurück.

Im Jahre 1919 übernahm er wiederum die Leitung des Kabelwerkes, jedoch machten sich bald darauf Anzeichen einer schweren inneren Erkrankung bemerkbar, der bald die von ihm gewünschte Übersetzung in den wohlverdienten Ruhestand folgte. Er lebte seit dieser

Digitized by Google

Zeit mit seiner Familie in seinem ländlichen Heim in der Prein, inmitten des Rax- und Schneeberg-Gebietes. Dort haben seine Familie, seine Freunde und Kollegen ihn auf dem am Waldesrande, gegenüber dem Rax-Plateau, idyllisch gelegenen Friedhofe der Gemeinde Prein, angesichts seiner von ihm so geliebten Berge, zur ewigen Ruhe gebettet.

Der „Elektrotechnische Verein in Wien" verliert in Gustav Bergholtz eines seiner ältesten Mitglieder und einen eifrigen Förderer des Vereines. Er wird dem Heimgegangenen stets ein treues und ehrendes Andenken bewahren. M. Maerz.

50 Jahre Maschinenfabrik Oerlikon. Am 3. November v. J. waren seit der Gründung der Maschinenfabrik Oerlikon 50 Jahre verflossen. Das ursprünglich den allmeinen Maschinenbau unter der Firma „Werkzeug- und Maschinenfabrik Oerlikon" pflegende Unternehmen nahm schon 1885 den Bau elektrischer Maschinen auf, nachdem es dem Gründer der Fabrik P. E. Huber gelungen war, zur Leitung dieses neuen Erzeugungszweiges Charles Brown, einen der bekanntesten Mitarbeiter von Gebr. Sulzer und bisherigen Direktor der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur zu gewinnen, an dessen Stelle einer der Söhne Browns trat. 1886 wurde der Firmenwortlaut in „Maschinenfabrik Oerlikon" geändert. 1891 erbaute das Unternehmen zusammen mit der AEG bei der Frankfurter Ausstellung die erste Hochspannungsdrehstrom-Kraftübertragung Lauffen-Frankfurt, und der Erfolg dieser Anlage zeigte sich sehr bald darin, daß bereits Mitte 1892 von der Maschinenfabrik Oerlikon 97 Kraftübertragungsanlagen mit zusammen 19 940 PS ausgeführt waren. Zu dieser Zeit trat auch Ch. E. L. Brown aus dem Unternehmen aus und an seine Stelle trat Emil Huber, der Sohn des Gründers, der die Leitung bis 1910 behielt. 1900 wurde der Bau von Dampfturbinen, System Rateau, aufgenommen, der sich ebenfalls sehr rasch entwickelte. 1905 begannen auf der Strecke Seebach-Wettingen die ersten Versuche mit hochgespanntem einphasigen Wechselstrom, die bekanntlich für die allgemeine Einführung dieses Systems auf den elektrischen Bahnen der Schweiz entscheidend waren und 1910 zur Lieferung einer 2000 PS Probelokomotive für die Lötschbergbahn durch die Maschinenfabrik Oerlikon führten, die auch seither im hervorragenden Maße an der Elektrisierung der schweizerischen und französischen Bahnen beteiligt war. Nach dem Rücktritte Hubers im Jahre 1910, in welchem Jahre auch sein Vater sich von der Stelle eines Verwaltungsratvorsitzenden zurückzog, übernahm dessen Stelle Dr. H. Behn-Eschenburg, der noch heute zusammen mit Dr. Schindler-Huber und Ing. I. Büchi an der Spitze des Unternehmens steht.

Nicht nur auf den bereits angeführten sondern auch auf allen übrigen Gebieten der Starkstromtechnik hat die Maschinenfabrik Oerlikon Bedeutendes geleistet, wie sehr anschaulich aus einem ausführlichen, von Prof. Dr. Kummer verfaßten Bericht (mit sehr reichhaltigem Literaturverzeichnis) in der anläßlich des Jubiläums herausgegebenen Festschrift hervorgeht, welcher auch die vorstehenden Daten entnommen sind. Der Bericht von Prof. Kummer schildert zunächst die Aufnahme des Elektromaschinenbaues, wobei besonders die Ausführung einer 50 PS, 20000 V Gleichstrom-Kraftübertragung auf etwa 8 km zu erwähnen ist, bei welcher ein Gesamtwirkungsgrad von 75 vH erzielt wurde. Aus den Arbeiten auf dem Gebiete des Wechselstromes ist von 1888 bis 1892 außer der Lauffener Kraftübertragung der Bau von Maschinen nach Kapp mit einem Ringanker zwischen zwei vielpoligen Magnetsystemen zu beiden Seiten des Ankers bemerkenswert. Sehr bald begann auch die Maschinfabrik Oerlikon sich mit dem Bau elektrischer Antriebe von Werkzeugmaschinen zu befassen und ebenso war sie eine der ersten, die elektrische Krane und andere Hebezeuge baute. Im letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts wurden dann große, langsam laufende Wechselstrommaschinen für die unmittelbare Kupplung mit Dampfmaschinen gebaut. In diese Zeit fällt auch der Bau der ersten elektrischen Bahnausrüstungen, zunächst natürlich nur Gleichstrombahnen, doch wurden schon 1893 die Grundlagen für den Bau von Drehstrommotoren geschaffen, die auch für Bahnzwecke geeignet sind. Die neuere Gleichstromtechnik von 1890 bis heute ist zunächst durch die Einführung der Kompensationswicklungen und Wendepole gekennzeichnet, später kam die Typisierung der Maschinen nach Normalläufern, Langsamläufern und Schnelläufern dazu. Für die Entwicklung der Drehstromerzeuger ist natürlich auch die immer häufigere Verwendung von Dampfturbinen, großen Wasserturbinen und Dieselmotoren als Antriebsmaschinen mitbestimmend gewesen. In den zuletzt genannten Zeitraum fällt auch die Entwicklung der Asynchronmaschinen (Stufenmotoren), des Transformators und der Hochspannungstechnik, sowie der elektrochemischen und elektrothermischen Anwendungen. Auf allen diesen Gebieten hat, wie der angeführte Bericht zeigt, die Maschinenfabrik Oerlikon in hervorragendem Maße mitgearbeitet.

Durch die rasche Entwicklung des elektrischen Stromverbrauches in der Schweiz und durch die zunehmende Elektrisierung steht die Maschinenfabrik Oerlikon auch heute wieder vor großen Aufgaben, zu deren Lösung sie auf Grund ihrer bisherigen Leistungen voll befähigt erscheint. J.

XXIV. Hauptversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke in Bregenz (22. bis 25. September 1927.)

Tagesordnung:

Die Verhandlungen finden im Saale des Hotel Krone in Bregenz, Leuthbühel statt.

Donnerstag, 22. September (Nachmittags).

Vorstands- und Ausschußsitzung des Verbandes der Elektrizitätswerke und der Einkaufsgenossenschaft. Begrüßungsabend im Deutschen Haus.

Freitag, 23. September (Vormittags)

Eröffnung der Hauptversammlung.

Referate und Vorträge:

a) Die Weltkraftkonferenz. (Direktor Ing. Karel).

b) Haushaltungsstrom-Tarife unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse kleinerer Werke. (Direktor Ing. Ernst).

c) Elektrizitätsverwertung im Haushalt unter besonderer Berücksichtigung der österreichischen Verhältnisse. (Vizedirektor Ing. Beron).

d) Sachversicherung in Elektrizitätswerken. (Direktor Ing. Kvetensky).

(Nachmittags 16 Uhr 30 min). Fortsetzung der Vorträge gelegentlich der Besichtigung des Werkes der Vorarlberger Kraftwerke G. m. b. H.

e) Die Schutzeinrichtungen der Krafterzeugungs- und Verteilungsanlagen der Vorarlberger Kraftwerke. (Direktor Ing. Semler).

f) Die Einführung von Buchführungs- und Stromverrechnungsmaschinen. (Direktor Zwiesele). (Nachmittags 14 Uhr).

Geschäftlicher Teil (nur für Mitglieder):

Tätigkeitsbericht über das abgelaufene Geschäftsjahr.

Rechnungsabschluß über das Geschäftsjahr 1926/27 und Bilanz per 31. März 1927.

Bericht der Rechnungsprüfer.

Haushaltungsvoranschlag für das Geschäftsjahr 1927/28.

Abänderungen der Satzungen.

Wahlen in den Vorstand.

Wahlen in den Ausschuß.

Wahl der Rechnungsprüfer pro 1927/28.

Bestimmung des Ortes der XXV. Hauptversammlung.

Anträge.

Anfragen.

Abends: Gemeinsames Abendessen im Deutschen Haus.

Samstag, 24. September.

Hauptversammlung der Einkaufsgenossenschaft des Verbandes. Bodensee-Fahrt nach Friedrichshafen und Besichtigung der Zeppelin Werft.

Sonntag, 25. September.

Exkursionen nach den Parthennen, Gampadelswerk, Lünersee und Spullerseewerk sowie nach Andelsbusch.

Digitized by Google

Literaturberichte.

3530 **Mechanische Schwingungen und ihre Messung.** Von Dr. Ing. J. Geiger, Oberingenieur, Augsburg. Mit 290 Textabb. und 2 Tafeln. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1927.

Während früher der Ingenieur, wohl mit einziger Ausnahme des Elektrotechnikers, an Schwingungserscheinungen meist achtlos vorbeiging, sind in letzter Zeit eine Reihe von Werken erschienen, welche sich auch mit solchen Schwingungsproblemen befassen, wie sie insbesonders für den Maschinenbauer und Bauingenieur von Bedeutung sind.

Es wird aber trotzdem vielleicht mancher Ingenieur, der sich in Bezug auf ein bestimmtes Anwendungsgebiet der Schwingungslehre informieren wollte, in der Literatur nicht den richtigen Führer gefunden haben, da die bisher erschienenen Werke meist nicht unbeträchtliche mathematische Voraussetzungen an den Leser stellten, so daß der im praktischen Beruf stehende Techniker oft nicht bis zu dem von ihm gestellten Problem vordringen konnte.

Das neu erschienene Werk von Dr. Geiger will nun diese Lücke dadurch ausfüllen, daß es die meßtechnische und experimentelle Seite der mechanischen Schwingungslehre besonders eingehend behandelt und mit einem Minimum an mathematischen Rüstzeug auszukommen trachtet. Dabei sollen insbesonders auch anschauliche graphische Methoden verwendet werden.

Das gesteckte Ziel konnte dadurch erreicht werden, daß der Verfasser in diesem Werk eine ganz umfassende Menge von praktischen Kenntnissen und Erfahrungen niedergelegt hat, welche wohl in jahrelanger mühevoller Arbeit zusammengetragen wurden. Längere mathematische Ableitungen finden sich nur im ersten Abschnitt, der von der Theorie der Schwingungserscheinungen handelt und es werden sogar auch hier außer der vorgeführten strengen Ableitung der Grundgesetze diese auch in elementarer Form verständlich gemacht. Ausgehend von der einfachen Schwingung des materiellen Punktes, werden die Schwingungen mit Dämpfung und die erzwungenen Schwingungen besprochen, ferner die Längsschwingungen und Biegungsschwingungen von Mehrmassen-Systemen und kontinuierlich ausgebreiteten Massen behandelt, worauf dann auf die Eigenfrequenz schwingender Systeme eingegangen wird. Schon in diesem mit „Theorie" bezeichneten Abschnitt wird beispielsweise auf die Biegungsschwingungen von Dampfturbinenschaufeln, auf die Eigenschwingungen von Turbinen-Fundamenten usw. eingegangen. Hieran schließt sich je ein Abschnitt über Stöße, die Dämpfung, über die Feststellung der erregenden Kräfte(zum Beispiel Massendruckdiagramme von Mehrkolbenmaschinen), die Bestimmung der schwingenden Massen, sowie über Elastizität (zum Beispiel experimentelle Bestimmung des elastischen Verhaltens bei Biegeschwingungen).

Besonderes Gewicht ist, wie schon eingangs erwähnt, auf die meßtechnischen Methoden gelegt worden. Demgemäß wurde in einem eigenen Abschnitt vorerst die Theorie der Meßinstrumente behandelt, worauf dann eine Beschreibung der wichtigsten Meßgeräte für mechanische Schwingungen folgt. Hier wird beispielsweise der Indikator, die Torsion-Indikatoren, der Vibrograph, der Pallograph, der Seismograph, die verschiedenen Beschleunigungsmesser, der Zungen-Tachometer usw. besprochen, wobei die meisten der erwähnten Apparate, sowohl durch schematische Skizzen, als auch durch Photographien ausgeführter Instrumente erläutert sind. Es wird auch das wichtigste über die Handhabung dieser Apparate gesagt und ihr Anwendungsgebiet besprochen. Schließlich werden noch die Abhilfemaßnahmen bei störenden Schwingungen, sowie die nutzbringenden Anwendungen von mechanischen Schwingungen (zum Beispiel Abfederung von Fahrzeugen) behandelt.

Schon aus dieser kurzen Inhaltsangabe ersieht man die Fülle der praktischen Anwendungen, jedoch würde es den Rahmen dieser Besprechung weit überschreiten, auf die zahlreichen interessanten Details einzugehen, die gerade für das vorliegende Werk charakteristisch sind.

Leider muß jedoch auch bemerkt werden, daß sich in diesem sonst so guten Buch einige kleine Ungenauigkeiten vorfinden, die wohl vermeidbar gewesen wären. Betrachten wir, um ein Beispiel herauszugreifen, die Darstellung der Stoßvorgänge (siehe Seite 89 u. f.). Diese wurden hier einfach so behandelt, daß die Stoßzeitkurve als eine halbe Sinuslinie aufgefaßt und dann nach den bekannten Formeln für erzwungene Schwingungen gerechnet wurde. Kompliziertere Formen des Kraftverlaufes sollen durch Überlagerung von Sinusschwingungen verschiedener Perioden dargestellt werden. Dieser Vorgang, der im allgemeinen ja sicherlich einwandfrei ist, ist aber gerade bei der klassischen Form des Stoßproblemes, wenn nämlich der Stoßvorgang sehr kurz dauert (das heißt bei Schwingungsvorgängen kurz im Vergleich zur Eigenschwingungszahl des Systems), sehr unübersichtlich und gestattet keinen klaren Überblick über den ganzen Vorgang, sodaß eine genauere Diskussion dieses Falles notwendig wäre. Bekanntlich wird nämlich in der Mechanik gezeigt, daß hier lediglich der Impuls $\int P dt$ maßgebend ist und die Wirkung des Stosses also von der Form der Kraftzeitkurve unabhängig und nur von deren Fläche abhängig ist. Im erstbetrachteten Fall, wo auf eine Masse m, welche durch eine an einem festen Punkte befestigte Feder mit der Federkonstanten c im Gleichgewicht gehalten wird, plötzlich eine Kraft P wirkt, erfolgt die Bewegung bei raschem Stoßverlauf einfach so, daß die Masse freie Schwingungen um die Ruhelage auszuführen beginnt, wobei sich die Anfangsgeschwindigkeit v_0 aus

$$m v_0 = \int P dt$$

ergibt.

Im zweiten Falle, wo der Befestigungspunkt der Feder ruckweise etwa um a_p verschoben wird und beispielsweise dann fest bleiben soll, ergibt sich wieder eine freie Schwingung, bei der die Masse m anfänglich in Ruhe ist, aber die Feder mit der Kraft

$$P_0 = c\, a_p$$

vorgespannt ist. Wird hingegen der Befestigungspunkt ruckweise um einen endlichen Betrag verschoben und kehrt dann sofort wieder in die Ausgangslage zurück, so bleibt die Masse m überhaupt in Ruhe, da der Impuls $\int P dt$ unendlich klein wird.

Derlei Überlegungen sind natürlich so einfach, daß sie jeder einigermaßen mechanisch geschulte Leser selbst anstellen könnte, jedoch sollten sie gerade in einem Buche, das durchaus elementar sein will und auch an vielen Stellen noch einfachere Dinge ausführlich bespricht, vielleicht doch nicht fehlen.

Alles in Allem muß jedoch gesagt werden, daß das Buch sicherlich eine wertvolle Bereicherung der technischen Literatur darstellt, für welche das Wort „aus der Praxis, für die Praxis" im besten Sinne gilt.

Priv. Doz. Dr. Gauster.

78 **Hilfsbuch für Elektrotechnik.[1]) Starkstromausgabe.** Herausgegeben von K. Strecker. Zehnte Auflage. Verlag Julius Springer, Berlin 1925. Preis geb. Mk. 13·50.

Die vorliegende zehnte Auflage des bekannten Hilfsbuches zeigt schon im Titel die nun endgültig durchgeführte Trennung in zwei Teile: eine Starkstrom- und eine Schwachstromausgabe an. Dementsprechend wurde das in der neunten Auflage enthaltene Kapitel über drahtlose Telegraphie weggelassen und erscheint im Schwachstrombande. Neu hinzugekommen ist ein Abschnitt über Nomographie. Neu bearbeitet wurden die Kapitel: Messungen an elektrischen Maschinen, Leitung und Verteilung, das Licht und seine Messung, sowie das Kapitel über die Verteilung des Lichtes. Wünschenswert wäre eine Erweiterung des Abschnittes über Schaltanlagen. Freiluftanlagen sind in den letzten Jahren auch in Europa immer zahlreicher geworden; sie fehlen im Buche noch ganz.

Das Hilfsbuch ist allzu bekannt um noch besonders empfohlen zu werden. Hervorgehoben seien jedoch die

[1]) S. auch E. u. M. 1921, S. 554.

Digitized by Google

überaus zahlreichen Literaturangaben, die bis 1924 — das Buch selbst ist 1925 erschienen — ergänzt wurden. Druck und Ausstattung sind einwandfrei.

F. Fritz.

2943 **Die Schachtfördermaschinen.** Zweiter Teil: Die Dampffördermaschinen. Von Dr. Franz Schmidt. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 291 und VII Seiten mit 231 Abbildungen. Verlag von Julius Springer.

Mit dem zweiten Teil des im dritten Bande des Werkes „Bergwerksmaschinen", herausgegeben von Dipl. Ing. Hans Bansen, erschienenen Buches wird der dritte Band des Gesamtwerkes abgeschlossen.[1]) Das Buch ist vorwiegend für den Bergmann und Studierenden bestimmt, kann aber zufolge seiner umfassenden Darstellung der Kolbendampfmaschine als Antriebsmaschine bei den Hauptschachtfördermaschinen auch dem Konstrukteur gute Dienste leisten. Die naturgemäß breite und liebevolle Darstellung der Kolbendampfmaschine kann über die grundsätzlichen Nachteile dieser Antriebsform nicht hinwegtäuschen. Der im XIV. Abschnitt besprochene Dampfverbrauch gibt ein Bild von der heute besonders im Vordergrund stehenden Wirtschaftlichkeit. Nach den dargestellten Versuchen wurden bei neueren Dampffördermaschinen verhältnismäßig günstige Dampfverbrauchsziffern erreicht. Man darf allerdings nicht übersehen, daß die angegebenen Dampfverbrauchsziffern flotten Betrieb und Abdampfverwertung, bezw. Kondensation voraussetzen, was, wie man auf den meisten Bergwerken feststellen kann, nur selten zutrifft. Interessant sind die Bestrebungen, die Steuerfähigkeit der Dampffördermaschinen zu verbessern, was durch ziemlich verwickelte Einrichtungen einigermaßen gelungen erscheint (Steuerungs- oder Fahrtregler). Leider werden die damit erzielten Ergebnisse nicht durch Fahrschaubilder belegt, wodurch anschauliche Vergleiche mit elektrisch angetriebenen Fördermaschinen möglich wären. Auf jeden Fall sieht man, daß der Bau eines selbsttätigen Steuerungs- oder Fahrtreglers für Dampffördermaschinen zu sehr unübersichtlichen Einrichtungen führt, deren Wirkung für den Bergmann sicher nicht leicht zu ergründen ist. Den Bremsen wird ein verhältnismäßig geringer Raum gewidmet, besonders neuzeitliche Schnellschlußbremsen sind nicht näher beschrieben. In den Ausführungsbeispielen finden sich ältere und neuere Bauformen von Koepe-Zwillings- und Zwillingsverbundmaschinen.

Die Gliederung der Darstellung ist sehr übersichtlich und gibt die Möglichkeit rascher Orientierung in dem umfangreichen Stoff des dargestellten Gegenstandes.

Ing. H. Schwaighofer.

Eingegangene Druckschriften.

Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H. Siemensstadt.

Druckschriften. Nr. 2910. Asynchrone Generatoren und Blindleistungsmaschinen. (Enthält Arbeiten von Dr. Ing. M. Schenkel, in ETZ 1924. Heft 47, VDE-Tagung in Wiesbaden und Siemens-Zeitschr. 1927, Heft 3.)

Nr. 3177. Über den Einfluß des elektrischen Einzelantriebes auf die Wirtschaftlichkeit textilindustrieller Betriebe (Sonderabdruck eines Aufsatzes von Dr. Ing. F. Schiebuhr aus der Siemens-Zeitschrift, Heft 12 von 1925).

Nr. 3084. Die Elektro-Holzbearbeitungsmaschine. (Sonderabdruck eines Aufsatzes von Dipl. Ing. L. Pöllath aus „Die Werkzeugmaschine", 1927. Heft 10.)

Nr. 3233. Elektrokarren in städtischen Betrieben. 8 S. mit 20 Abb.

Nr. 3253. Hochleistungsbohrmaschinen.

Nr. 3130. Selbsttätige Schweißvorrichtung. (Ein Schweißkopf und ein Steuerkasten werden mit einer Einrichtung zur Bewegung des Werkstückes, einer rotierenden Drahtbürste und einem Gestell zu einer Lichtbogen-Nahtschweiß-, einer Spurkranz- oder einer Rollenschweißmaschine zusammengebaut.)

[1]) Vgl. Die Besprechung der früheren Auflage, E. u. M. 1924, S. 43.

Nr. 3129. Schweißumformer für Lichtbogenschweißungen.

Nr. 3176. Die Beleuchtung in der Textilindustrie. (Erweiterter Sonderabdruck eines Aufsatzes von Dipl. Ing. E. Baltz aus der Siemens-Zeitschrift, Heft 12 von 1925.)

Nr. 3184. Zeitzähler für Wechselstrom bis 600 V und 40 bis 60 Per/s.

Preislisten. T 4, Mai 1927. Elektrische Webstuhlantriebe. 36 S. (Technische Bemerkungen über Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer für den Einzelantrieb von Webstühlen und über vollständige Webstuhleinzelantriebe, Leistungen usw. der Motoren, Antriebsteile, Schalter, Verteilungskasten usw. Maße und Gewichte). — Z 1, Mai 1927. Gleichstrom-Amperestundenzähler bis 500 V und 200 A. — Z 8, April 1927. Wattstundenzähler mit 2 Triebsystemen bis 400 V und 40—60 Per/s sowie 30 bezw. 2 × 30 und 3 × 30 A.

Baugesellschaft für elektrische und technische Anlagen Ludwig Doczekal & Cie., Wien.

Elektrofahrzeuge. 16. S. Kurze Beschreibung verschiedener Fahrzeuge für Personen und Lastenbeförderung.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	22. VIII. 1927	24. VIII. 1927	26. VIII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	127½	126	126

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	50¼-51¼	50-51	50-51
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	90—95	90—95	85—90

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 26. August 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	15	0	62	5	0
Wire bars	62	5	0	—	—	
Standard { Kassa . .	54	12	6	54	13	9
Standard { 3 Monate .	54	18	9	55	0	0
Zinn:						
Engl. ingots	284	0	0	285	0	0
Standard { Kassa . .	287	10	0	287	12	6
Standard { 3 Monate .	283	12	6	283	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	23	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	27	11	3	27	6	3
Remelted	28	0	0	—	—	—
English Swansea . .	28	1	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export, Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 11. September 1927 | Heft 37

INHALT:

Die zusätzlichen Eisenverluste in Drehstromasynchronmotoren. (Erster Teil). Von Dr.-Ing. L. Dreyfus, Västerås. S. 737.

Methoden zur Bestimmung kleiner Wassergehalte in Mineralölen, insbesondere Transformatoren- und Schalterölen. Von Dr. von der Heyden und Dr. Typke, Chem. Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik, Berlin-Oberschöneweide. S. 743.

Mehrrohr-Durchführungen. Von Dipl.-Ing. J. Wallich, Hermsdorf-Thür. S. 744.

RUNDSCHAU: Leitungen und Leitungsbau. S. 746. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 747. / Elektrische Apparate. S. 747. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 749.

CHRONIK. S. 749.

LITERATURBERICHTE. S. 751.

Die zusätzlichen Eisenverluste in Drehstromasynchronmotoren.

Erster Teil.

Die Berechnung der zusätzlichen Eisenverluste in Drehstromasynchronmotoren mit Schleifringanker.

Von Dr. Ing. L. Dreyfus, Västerås.

In Drehstromasynchronmotoren spielen die zusätzlichen Eisenverluste eine größere Rolle als in irgend einer anderen normalen Maschine. Denn bei keiner anderen Maschine lassen sich durch Erhöhung der zusätzlichen Eisenverluste ähnliche kommerzielle Vorteile erringen. Das kommt daher, daß sowohl die Ausnützung der Maschine als auch die zusätzlichen Eisenverluste mit der Verringerung des Luftspaltes und der Vergrößerung der Ampereleiterzahl pro Nut zunehmen, und daß der durch die Rücksicht auf die Ausnützung der Maschine bestimmten Tendenz keine anderen Nachteile als eben nur diese, im allgemeinen unbekannten zusätzlichen Eisenverluste im Wege stehen.

Bei anderen Maschinen verhindert die Rücksicht auf die Feldverzerrung oder die Überlastbarkeit eine zu weitgehende Verkleinerung des Luftspaltes. Beim Asynchronmotor wird ein kleiner Luftspalt durch die Rücksichtnahme auf den Leistungsfaktor geradezu erzwungen und die immer weiter fortschreitende Einführung von Kugellagern hat die denkbar kleinsten Luftspalte möglich gemacht.

Bei anderen Maschinen begrenzen Kommutierungsschwierigkeiten die zulässige Ampereleiterzahl pro Nut. Beim Asynchronmotor ist die obere Grenze nur durch die Rücksicht auf Erwärmung und Streuung gegeben.

Man könnte denken, die zusätzlichen Verluste müßten sich wenigstens durch Erwärmung der Maschine fühlbar machen, und damit die Ausnützung der Maschine herabsetzen. Aber da sie ihren Hauptsitz im Zahnkranz und ganz besonders in den Zahnkronen haben, kommt ihnen die Eigenventilation des Rotors mehr als irgend welchen anderen Verlusten zu statten.

Da man die zusätzlichen Eisenverluste bisher weder zuverläßlich berechnen, noch nach einer im Prüffeld anwendbaren Methode zuverlässig messen konnte, bestand keine Möglichkeit, eine Bestimmung der zusätzlichen Eisenverluste durch Normalienbestimmungen vorzuschreiben. Der Lieferant hat daher kein besonderes Interesse, die zusätzlichen Eisenverluste zu unterdrücken. Er würde damit nur zu einer kostspieligen Maschine kommen und könnte dem Kunden nicht einmal die Überlegenheit seiner Maschine beweisen. Im Laufe der Jahre sind deshalb die zusätzlichen Eisenverluste vermutlich immerfort gestiegen.

Wer sich mit dem Gegenstande nicht näher befaßt hat, ist geneigt, die Vorausberechnung der zusätzlichen Eisenverluste für sehr schwierig zu halten, jedenfalls für so umständlich, daß sie für die Praxis nicht in Frage kommen kann. Aber diese Ansicht ist vollkommen irrig. Es fehlte bisher nur an einer wohl durchgearbeiteten Theorie. Besitzt man eine solche, so lassen sich die zusätzlichen Eisenverluste beinahe ebenso einfach und mit mindestens derselben Genauigkeit vorausberechnen, wie die normalen Eisenverluste. Eine derartige Theorie habe ich im vergangenen Jahre ausgearbeitet und ich habe mich durch zahlreiche Versuche davon überzeugt, daß sie mit der Wirklichkeit befriedigend übereinstimmt. Durch diese Theorie ist es möglich geworden, die zusätzlichen Wirbelstromverluste im Ankereisen ohne irgend einen Erfahrungskoeffizient mit aller wünschenswerten Genauigkeit vorauszuberechnen und für die zusätzlichen Hystereverluste zwar nicht zu genauen Werten, aber doch zu einer sehr guten Schätzung zu gelangen.

Zur Ableitung dieser Theorie war sehr viel Rechenarbeit nötig, und wenn ich mich auf die sehr umfangreiche Veröffentlichung beschränken würde, welche in diesem Jahre im „Archiv für Elektrotechnik" erscheinen wird, wo würde man die Anwendung einer so mühsam entwickelten Theorie in der Praxis kaum für möglich halten. Ich will daher im folgenden einen Auszug mitteilen, welcher alle Ableitungen vermeidet und nur das

Digitized by Google

bringt, was für die Anwendung der Theorie wichtig ist, nämlich erstens eine Übersicht über die Ursachen der zusätzlichen Eisenverluste, zweitens Formeln zu ihrer Berechnung und drittens Anwendungsbeispiele, welche zeigen, wie die Theorie arbeitet und wie wichtig die Aufschlüsse sind, zu denen sie führt.

A. Über Ursache und Sitz der zusätzlichen Eisenverluste sowie über einige Wege zu ihrer experimentellen Erforschung.

Als „normale Eisenverluste" bezeichne ich diejenigen Eisenverluste, welche durch Ummagetisierung des Eisens mit der normalen Frequenz entstehen. Die normale Frequenz ist im Primärkreis die Netzfrequenz, im Sekundärkreis die Schlüpfungsfrequenz. Alle im Stillstand auftretenden Eisenverluste sind somit „normale Eisenverluste".

Dagegen bezeichne ich als „zusätzliche Eisenverluste" diejenigen Eisenverluste, welche durch Ummagnetisierung des Eisens mit anderen, gewöhnlich sehr viel höheren Frequenzen entstehen. Zusätzliche Eisenverluste treten nur bei Lauf auf. Ihre Ursache sind die Oberfelder des Stator und Rotor verkettenden Luftspaltfeldes und von diesen Oberfeldern sind die Zahnfelder weitaus am wichtigsten. Im folgenden wird nur von diesen die Rede sein.

Man hat vielfach geglaubt, daß für die überraschend hohen Werte der Eisenverluste die ungenügende Isolation zwischen einzelnen Ankerblechen verantwortlich zu machen sei. Was die „zusätzlichen Eisenverluste" betrifft, so ist diese Ansicht irrig. Sorgfältige Messungen haben gezeigt, daß nur die durch das langwellige Hauptfeld erzeugten „normalen Wirbelstromverluste" durch ungenügende Blechisolation auf das 2 bis 3-fache gesteigert werden. Hingegen war für die durch die kurzwelligen Zahnfelder erzeugten „zusätzlichen Eisenverluste" eine Vergrößerung nicht zu konstatieren.

Wir unterscheiden zwei Arten von Zahnfeldern:

1. das „Nutzenschlitzfeld" das bei offenen und halb offenen Nuten eine unvermeidliche Komponente des Stator und Rotor verkettenden Hauptfeldes ausmacht, und

2. das „Sägezahnfeld", dessen Ursache die Treppenform der Amperewindungsverteilung im Stator und Rotor bildet.

Die durch das Nutenschlitzfeld erzeugten Verluste nenne ich „Reluktanzverluste", weil sie auf der Veränderlichkeit der Luftspaltreluktanz beruhen. Die Verluste des Sägezahnfeldes bezeichne ich als „Treppenverluste", da sie durch die Treppenform der Amperewindungsverteilung bedingt sind.

Um Verwechslungen zu vermeiden, bezeichne ich stets denjenigen Teil (Stator oder Rotor), welcher das verlustbringende Feld erzeugt, mit dem Index 1, den anderen Teil hingegen, in welchem die Verluste erzeugt werden, mit dem Index 2. Auch das verlustbringende Feld selbst und dessen Periodenzahl im anderen Teile erhält den Index 1.

1. Die Reluktanzverluste.

Das „Nutenschlitzfeld" ist die Einsattelung in der Hauptfeldkurve, welche jeder Nutöffnung gegenüber entsteht. (Abb. 1). Ihre Tiefe

$$B_g - B_{s1} = B_g\left(1 - \frac{\delta}{d_1}\right)$$

ist demjenigen Felde B_g proportional, welches an gleicher Stelle ohne Nutenschlitz zu erwarten wäre.

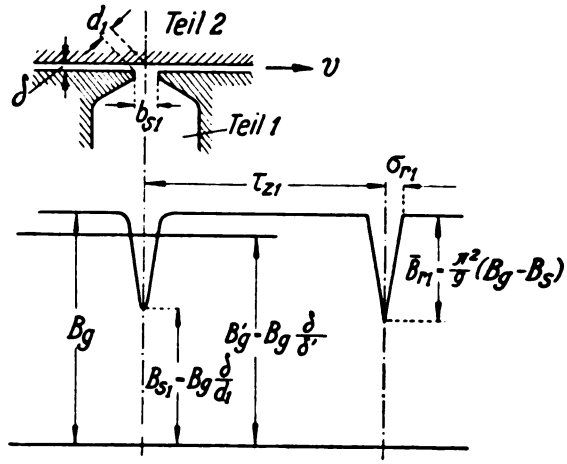


Abb. 1. Schwächung des Luftspaltfeldes durch die Nutenschlitze des Teiles „1" (Nutenschlitzfeld).

Ihre Breite wächst mit der Schlitzbreite b_{s1} einerseits und mit dem Verhältnis $\frac{b_{s1}}{\delta}$ und $\frac{\delta}{d_1}$ andererseits. Gemäß Abb. 1 ersetzen wir das wirkliche Nutenschlitzfeld durch ein dreieckförmiges Ersatzfeld gleicher Kraftlinienzahl. Als seine Tiefe wählen wir

$$\overline{B}_{r1} = \frac{\pi^2}{9} B_g\left(1 - \frac{\delta}{d_1}\right) \quad \ldots \quad (1\,a).$$

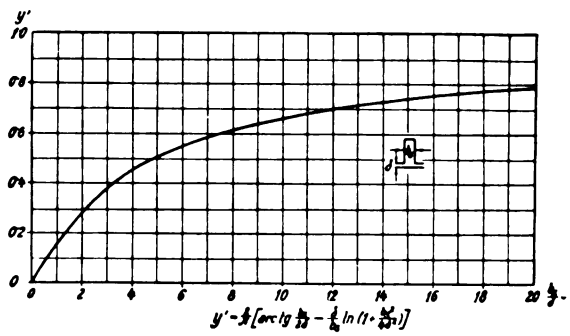


Abb. 2.

Seine Breite berechnen wir zu

$$2\,\sigma_{r1} = \frac{18}{\pi^2} \frac{b_{s1}\, y_1'}{1 - \frac{\delta}{d_1}} \quad \ldots \quad (1\,b).$$

Hierbei bedeutet y'_1 die bekannte Cartersche Funktion, die aus Abb. 2 als Funktion des Verhältnisses Schlitzbreite zu Luftspalt zu entnehmen ist. Das Nutenschlitzfeld vermindert den gesamten Kraftfluß, sodaß der Mittelwert B_g' des Stator und Rotor verkettenden Feldes im Verhältnis $\frac{\delta}{\delta'}$

Digitized by Google

kleiner ausfällt als die Induktion B_g zwischen den Zahnkronen. Formeln für diese bekannte Erscheinung brauche ich nicht mitzuteilen.

Das vom Stator erregte Nutenschlitzfeld kann als ein Oberfeld aufgefaßt werden, welches über die Oberfläche des Rotors mit der Umfangsgeschwindigkeit v hinwegläuft. Wäre der Rotor ungenutet, würden gewisse leicht berechenbare Wirbelstrom- und Hystereseverluste entstehen. Man würde diese Verluste als „Oberflächenverluste" bezeichnen, da derartige kurzwellige Oberfelder gar nicht tief in das Eisen eines glatten Ankers eindringen.

Die Unterbrechung der Ankeroberfläche durch die in Wirklichkeit fast immer vorhandenen Nutenschlitze vergrößert diese zusätzlichen Verluste und zwar aus drei Gründen:

1. legen die Nutenschlitze der Ausbreitung der Oberfelder Hindernisse in den Weg, die eine Erhöhung der Induktion und damit der Verluste bewirken,

2. tritt bei den gebräuchlichen halbgeschlossenen Nuten gleich hinter dem Schlitz eine beträchtliche Verschmälerung der Zahnkrone ein und damit abermals eine Erhöhung der Induktion und der Verluste.

3. lenken die Nuten wenigstens einen Teil des Flusses der Oberfelder in die Zahnstege und durch diese in den Ankerrücken ab, so daß auch dort zusätzliche Verluste entstehen.

Diese letzte Überlegung lehrt uns, daß immer an drei Stellen mit dem Auftreten von zusätzlicher Eisenverluste zu rechnen ist. Demgemäß unterscheiden wir:

1. Oberflächenverluste in den Zahnkronen, verursacht durch den sich bereits durch die Zahnkronen schließenden Flux der Oberfelder.

2. Zahnkranzverluste in den Zahnstegen, verursacht durch Ausläufer der Oberfelder, die sich erst durch den Ankerrücken schließen, und endlich aus demselben Grunde.

3. Rückenverluste, wenngleich diese letzteren im allgemeinen vernachlässigbar klein sind.

Soweit diese drei Arten von Verlusten durch das Nutenschlitzfeld bedingt sind, bezeichnen wir sie mit dem gemeinsamen Namen „Reluktanzverluste". Die Reluktanzverluste treten bereits im Leerlauf in voller Stärke in Stator und Rotor auf. Sie werden daher bei der Bestimmung der Leerlaufverluste mitgemessen, und bei der indirekten Wirkungsgradbestimmung mit berücksichtigt. Auf die Möglichkeit ihrer experimentellen Bestimmung ist von mehreren Seiten hingewiesen worden. Man geht dabei so vor, daß man die Eisenverluste bei Leerlauf sowohl bei Erregung von Stator (P') als auch vom Rotor aus (P'') in bekannter Weise bestimmt, und davon die bei Stillstand und Erregung mit gleichem Feld gemessenen Eisenverluste (P''') abzieht. Der Rest ist ungefähr gleich zum doppelten Betrage der Reluktanzverluste. P' enthält nämlich die „normalen Eisenverluste" des Stators bei der Netzfrequenz sowie die „zusätzlichen Eisenverluste" in Stator und Rotor. Analog enthält P'' die „normalen Eisenverluste" des Rotors für die Netzfrequenz sowie „zusätzlichen Eisenverluste" in Stator und Rotor. P_0''' dagegen enthält keine zusätzlichen Eisenverluste, statt dessen aber die normalen Eisenverluste in beiden Teilen. Bei großen Leerlaufströmen wird das Resultat insofern ungenau, als ja der Leerlaufstrom auch gewisse andere zusätzliche Verluste erzeugt, die wir als „Treppenverluste" bezeichnet haben.

2. *Die Treppenverluste.*

Im Gegensatz zum Nutenschlitzfeld tritt das Sägezahnfeld erst bei Belastung in voller Stärke auf. Die meisten Zusatzverluste, welche bei der indirekten Wirkungsgradbestimmung nicht berücksichtigt werden, sind deshalb Treppenverluste.

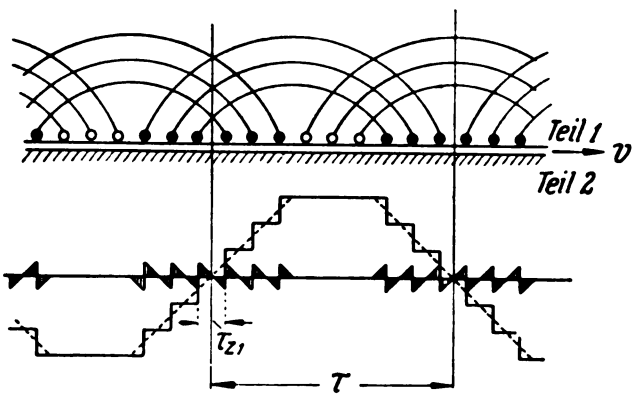


Abb. 3. Amperewindungsverteilung bei 3 Nuten pro Pol und Phase.

Abgesehen hiervon bildet das Sägezahnfeld bekanntlich den Hauptteil der sogenannten doppeltverketteten Streuung.

Wie schon gesagt, beruht das Sägezahnfeld auf der Treppenform der Amperewindungsverteilung. Zeichnet man diese für den Augenblick auf,

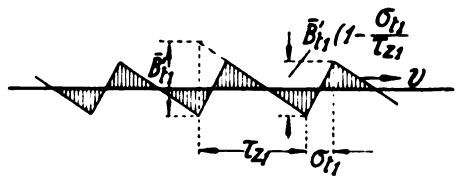


Abb. 4. Belastungsfeld des Teiles „1" („Sägezahnfeld").

in welchem der Strom einer Phase gerade durch Null geht, so erhält man für eine Wicklung mit 3 Nuten pro Pol und Phase Abb. 3. Wäre die Wicklung nicht in Nuten konzentriert, sondern gleichmäßig am Ankerumfang verteilt, so ergäbe sich die strichlierte Trapezform. Der Unterschied zwischen beiden Kurven hat die Form eines Sägezahnes. Er erzeugt ein entsprechendes Luftspaltfeld, das jedoch an der Oberfläche des anderen Teiles (2) sich nicht ebenso sprunghaft ändert, sondern über dem Bogen

$$\sigma_{t1} = 2\, b_{s1}\, y_1'' \doteq 1{\cdot}4\, b_{s1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2\,a)$$

Digitized by Google

um

$$\overline{B'_{t1}}\left(1-\frac{\sigma_{t1}}{\tau_{z1}}\right)=\frac{0{\cdot}4\,\pi}{\delta_t}\cdot J_1\sqrt{\frac{3}{2}}\frac{n_{s1}}{a_1}\left(1-\frac{\sigma_{t1}}{\tau_{z1}}\right)\quad(2b)$$

ansteigt. Dieses Feld ist das sogenannte Sägezahnfeld. (Abb. 4).

In Gleichung (2 *a*) bedeutet y_1'' eine Funktion des Verhältnisses Schlitzbreite zu Luftspalt, die aus Abb. 5 entnommen werden kann. In Gleichung (2 *b*) ist τ_{z1} die Zahnteilung, δ_t der Luftspalt einschließlich eines kleinen Zuschlages für die Sättigung der Zahnkronen bei den Oberflächenverlusten und für die Sättigung der Zahnstege bei den Zahnkranzverlusten. J_1 bedeutet den Effektivwert des Phasenstromes, n_{s1} die Anzahl der Nutenleiter, a_1 die Anzahl der parallelen Kreise. $\overline{B'_{t1}}$ ist also direkt proportional der Ampereleiterzahl pro Nut und umgekehrt proportional dem Luftspalt. In einigen der später mitgeteilten Fälle wird anstatt mit $\overline{B'_{t1}}$ mit der maximalen Amplitude

$$\overline{B_{t1}}=\frac{0{\cdot}4\,\pi}{\delta_t}\cdot J_1\sqrt{2}\frac{n_s f_1}{a_1}\quad\ldots\quad(2c)$$

gerechnet, wobei f_1 den Wicklungsfaktor für die Grundwelle des Hauptfeldes bedeutet.

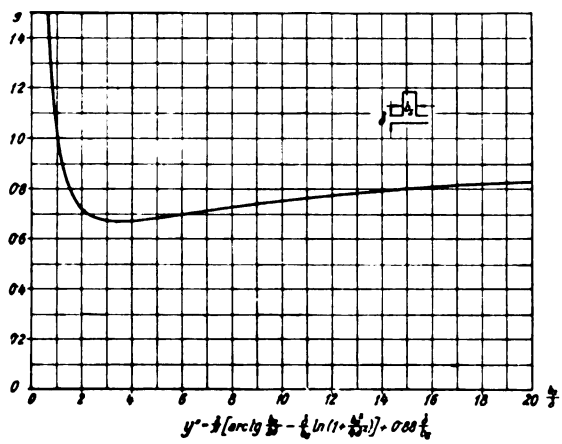


Abb. 5.

Bei Lauf wird das Sägezahnfeld des einen Teiles durch die Zahnkronen des anderen Teiles gleichsam hindurch geschleift und erzeugt dadurch in den Zahnkronen, Zahnstegen und im Rücken zusätzliche Eisenverluste, die wir unter der gemeinsamen Bezeichnung „Treppenverluste" zusammenfassen. Für die Treppenverluste gilt in noch höherem Grade als für die Reluktanzverluste, daß sie durch die Ankernutung und die allmähliche Verschmälerung der Zahnkronen vergrößert werden, und jede Theorie, die Anspruch auf Zuverlässigkeit macht, muß darauf Rücksicht nehmen. Im vorliegendenn Falle ist dies durch ein graphisch analytisches Verfahren geschehen, auf welches hier jedoch nicht näher eingegangen zu werden braucht.

Im normalen Betrieb sind die Treppenverluste stets von Reluktanzverlusten begleitet und es erhebt sich die Frage, ob trotzdem beide Verlustgattungen getrennt berechnet und dann einfach addiert werden dürfen? Für die Hystereseverluste ist dies natürlich nicht zulässig. Hier zeigt sich indessen, daß bei Vollast die durch das Sägezahnfeld bedingten Hystereseverluste durch das Nutenschlitzfeld wahrscheinlich nicht wesentlich erhöht werden. Es genügt daher, allein die Hysterese-Treppenverluste zu bestimmen. Hingegen sind die resultierenden zusätzlichen Wirbelstromverluste ungefähr ebensogroß wie die unter Berücksichtigung der wirklichen Eisensättigung berechnete Summe aus Reluktanz- und Treppenverlusten.

Bei der großen Bedeutung, welche gerade die Treppenverluste für die indirekte Wirkungsgradberechnung besitzen, ist auch ihre experimentelle Bestimmung von größter Wichtigkeit. Ich will deshalb noch ganz kurz auf einige Methoden eingehen, welche hierbei zur Anwendung kommen können.

Denken wir uns zuerst den Motor normal belastet, wobei wie gewöhnlich der Stator den Primärkreis bilden möge. Dann erzeugen die Statoramperewindungen Zahnfelder, die mit einer gewissen Geschwindigkeit umlaufen, zum Beispiel mit $\frac{-1}{17}$ und $\frac{+1}{19}$ der synchronen Geschwindigkeit, falls der Stator 18 Nuten pro Polpaar besitzt. Es läßt sich nun zeigen, daß bei so kleinen Geschwindigkeiten die Treppenverluste im Rotor praktisch genommen ebenso groß sind, als wenn die beiden Zahnharmonischen im Raume stillständen. Das bedeutet aber, daß man die ständig wechselnde Amperewindungsverteilung des Stators in einem beliebigen Augenblick festhalten und den Rotor dagegen mit einer normalen Tourenzahl umlaufen lassen kann, ohne an den Treppenverlusten im Rotor etwas wesentliches zu ändern. Mit anderen Worten: Soweit allein die Treppenverluste in Frage kommen, kann mit Gleichstromerregung in einem Teile gearbeitet werden.

Auf dieser Erkenntnis beruht eine einfache Methode, welche die Treppenverluste zunächst im Kurzschluß bestimmt. Man erregt dabei zunächst im Stator 2 hintereinander geschaltete Phasen mit einem Strom $J'_1\sqrt{\frac{3}{2}}$ (J'_1 = Effektivwert des Vollaststromes oder besser etwas kleiner) und treibt den 3phasig kurzgeschlossenen Rotor (Strom J'_2) mit der normalen Tourenzahl an. Die gemessenen Eisenverluste seien P'. Sodann legt man die Gleichstromerregung in den Rotor und mißt bei gleichem Mittelwert der Amperewindungen die Ströme J_1'', J_2'' und die Eisenverluste P''. Da bei beiden Messungen die Ströme nicht viel verschieden waren, kann unbedenklich der Ansatz

$$P'=xJ_1'^2+yJ_2'^2,$$
$$P''=xJ_1''^2+yJ_2''^2$$

gemacht werden. Hieraus folgen die unbekannten Proportionalitätsfaktoren x und y, mit denen dann auch die Treppenverluste für die bei Vollast gemessenen Stator- und Rotorströme berechnet werden können.

Natürlich enthält diese Messung nicht den Einfluß des überlagerten Hauptfeldes auf die Treppen-

Digitized by Google

verluste und man erhält deshalb diese etwas zu hoch. Doch läßt sich dieser Fehler nachträglich in der Betriebsschaltung kontrollieren. Man kann zum Beispiel um einen Statorzahn einige Windungen legen und den Effektivwert der „Zahnspannung" bei gleichem Rotorstrom aber verschiedenen Statorspannungen ermitteln. Da die Verluste im Zahnkranz dem Quadrate des Effektivwertes dieser Spannung proportional sind, läßt sich aus einer solchen Messung der Einfluß der Eisensättigung für diesen Teil der Verluste ableiten. Eine analoge Methode kann uns auch über den Einfluß des übergelagerten Hauptfeldes auf die Oberflächenverluste aufklären und damit die Unsicherheit beheben, mit welcher die beschriebene Kurzschlußmethode behaftet ist.

Eine andere Methode besteht darin, den Asynchronmotor als leerlaufenden, übererregten Synchronmotor zu prüfen. Man mißt dann allerdings die normalen Eisenverluste und die primären Kupferverluste mit, kann aber diese leicht gesondert bestimmen und in Abzug bringen. Führt man die Messung sowohl bei Stator- als bei Rotorerregung durch, so kann man auf demselben Wege wie oben die Treppenverluste des Stators und Rotors trennen und gelangt so zu den Proportionalitätsfaktoren x und y, mit denen beim Betrieb als Asynchronmotor zu rechnen ist.

Man darf indessen nicht glauben, daß diese einfache und deshalb für das Prüffeld besonders geeignete Methode den Einfluß der Hauptfeldsättigung auf die Treppenverluste ganz richtig wiedergibt. Da nämlich beim leerlaufenden Synchronmotor alle Amperewindungen praktisch genommen in dieselbe räumliche Achse fallen, so liegen die höchsten Treppen der Amperewindungsverteilung und deshalb auch die höchsten Zahnfelder gerade im Bereich der kleinsten Sättigung, also ganz anders als beim belasteten Asynchronmotor.

B. Die Berechnung der zusätzlichen Eisenverluste.

Der Skineffekt.

Die zusätzlichen Eisenverluste entstehen durch Ummagnetisierung des Eisens mit sehr hohen Frequenzen. Bereits die Grundwelle ($n = 1$) des Zahnfeldes erzeugt die hohe Frequenz

$$\nu_{z1} = \nu_1 \cdot q_{10} \quad \ldots\ldots \quad (3),$$

wobei ν_1 die der Drehzahl entsprechende Grundfrequenz und q_{10} die Zähnezahl pro Polpaar bedeutet. Zum Beispiel für einen 50periodigen Motor mit 4 Nuten pro Pol und Phase bei Synchronismus:

$$\nu_{z1} = 50 \cdot 24 = 1200.$$

Es liegt deshalb die Vermutung nahe, daß bei so hohen Frequenzen der Skineffekt stark ausgeprägt ist. Das trifft jedoch nur für die Oberflächen-Reduktanzverluste zu, weil diese hauptsächlich auf den Oberwellen des Nutenschlitzfeldes beruhen. Die viel wichtigeren Treppenverluste überschätzt man im allgemeinen um wenig, wenn man den Skineffekt ganz vernachlässigt.

Daß der Skineffekt selbst bei Zahnperiodenzahlen von über 1000 so wenig ausmacht, hat zwei Ursachen: Die Hauptursache ist die verhältnismäßig geringe Eisenpermeabilität μ_z. Die Zahnfelder lagern sich ja dem Hauptfeld über, finden also bereits eine Vormagnetisierung vor. Die sogenannte „reduzierte Blechstärke"

$$\xi_n = \Delta \cdot 2\pi \sqrt{n \nu_z \mu_z \lambda \cdot 10^{-5}} \quad \ldots \quad (4)$$

nach welcher man für die n-te Harmonische des Zahnfeldes die Größe des Skineffektes beurteilt, ist also nicht sehr groß. Zum Beispiel

Zahnperiodenzahl $\nu_z = 1200$,
wirksame Permeabilität $\mu_z = 600$,
elektrische Leitfähigkeit der Bleche $\lambda = 6$,
Blechstärke (cm) $\Delta = 0{\cdot}05$,

$$\xi_n = 2\sqrt{n}.$$

Als zweite Ursache ist zu nennen, daß zwar einerseits die Wirbelstromverluste durch den Skineffekt erniedrigt werden, daß aber auf der anderen

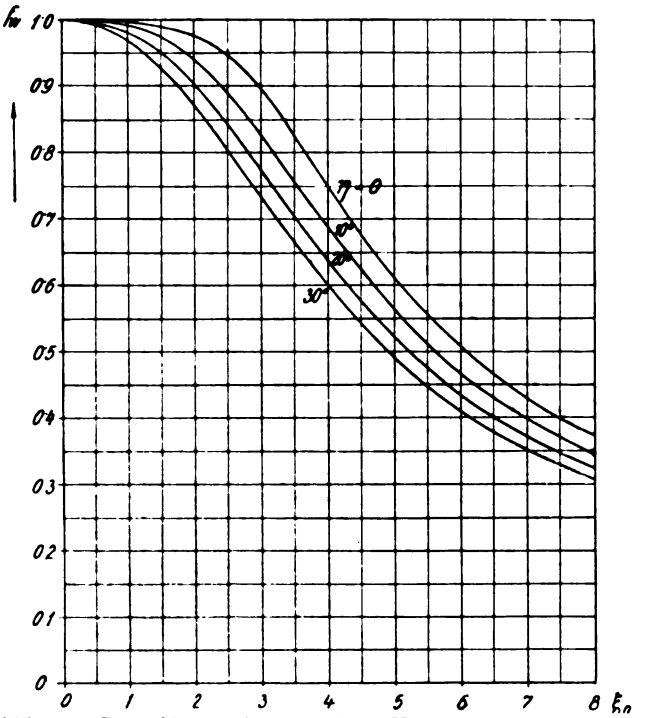


Abb. 6. Die Verminderung der Wirbelstromverluste infolge der Wirbelstromrückwirkung, ausgedrückt durch den Reduktionsfaktor f_W.

Seite die Hystereseverluste infolge des Skineffektes zunehmen. Das würde nicht viel ausmachen wenn, wie man anzunehmen geneigt ist, die zusätzlichen Wirbelstromverluste ein vielfaches der zusätzlichen Hystereseverluste betrügen. Allein Experimente zeigen, daß diese Vermutung irrig ist. Die zusätzlichen Hystereseverluste sind im allgemeinen gar nicht so sehr viel kleiner als die zusätzlichen Wirbelstromverluste. Wer also den Skineffekt berücksichtigen will, muß sowohl an die Wirbelstromverluste wie an die Hystereseverluste denken.

Abb. 6 und 7 zeigen die Faktoren f_W und f_H, mit denen die auf gewöhnliche Weise berechneten Wirbelstrom- bezw. Hystereseverluste zwecks

Digitized by Google

Berücksichtigung des Skineffektes zu multiplizieren sind. Diese Faktoren hängen außer von ξ auch von dem Hysteresewinkel η ab, um welchen der Induktionsvektor hinter dem Vektor der Feldstärke zurückbleibt. Setzt man

$$\xi_W = \frac{3}{\cos\frac{\eta}{2} + \sin\frac{\eta}{2}} \quad \ldots (5a),$$

$$\xi_H = 2\left(\cos\frac{\eta}{2} + \sin\frac{\eta}{2}\right) \quad \ldots (5b),$$

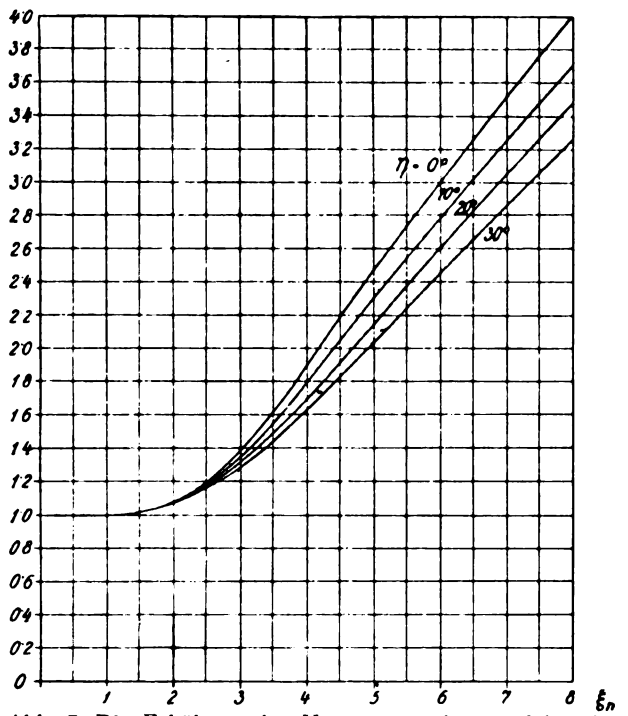


Abb. 7. Die Erhöhung der Hystereseverluste infolge der Wirbelstromrückwirkung, ausgedrückt durch den Vergrößerungsfaktor f_H.

so gilt mit guter Annäherung:

für $\xi_n > \xi_W$

$$f_W = \frac{\xi_W}{\xi_n} \quad \ldots (6a),$$

für $\xi_n > \xi_H$

$$f_H = \frac{\xi_n}{\xi_H} \quad \ldots (6b),$$

Die Grundgesetze für Wirbelstrom- und Hysteresisverluste.

Für die Wirbelstromverluste pro Volumeneinheit in einem homogenen Wechselfeld von der Periodenzahl ν und der maximalen Induktion B gilt der Ansatz

$$p_W = \left(\pi^2 \cdot \frac{\lambda}{6}\right) \cdot \left[\frac{\nu}{1000} \cdot \frac{B}{1000} \cdot \Delta\right]^2 \cdot f_W \frac{\text{Watt}}{\text{cm}^3} \quad (7).$$

Dabei soll die elektrische Leitfähigkeit λ nicht mit Gleichstrom gemessen, sondern aus den im Eppsteinapparat gemessenen Wirbelstromverlusten berechnet werden. Man erhält auf diese Weise gewöhnlich zirka 50 vH höhere Werte als durch Widerstandsmessung.

Für die Hysteresverluste pro Volumeneinheit im homogenen Wechselfeld verwenden wir den bekannten Richterschen Ansatz in folgender neuen Schreibweise.

$$p_H = \frac{\sigma_H}{100} \cdot \left(1 + \frac{B_c}{B}\right) \cdot \frac{\nu}{1000} \cdot \left(\frac{B}{1000}\right)^2 \cdot f_H \frac{\text{Watt}}{\text{cm}^3} \quad (8).$$

Für gewöhnliches schwach legiertes Dynamoblech ($\lambda = 6$, Verlustziffer bei $B = 15\,000$ gleich

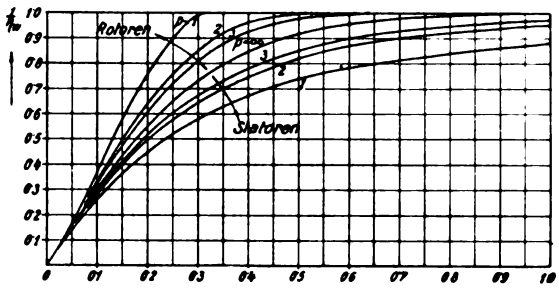


Abb. 8. Darstellung der Funktion $\frac{1}{\eta_W} = f\left(\frac{H}{\tau''}\right)$.

6 Watt/kg) und Induktionen unter $B = 15\,000$ kann für das Hauptfeld

$$\sigma_H = 0{\cdot}26,$$
$$B_c = 2000$$

gesetzt werden. Für die zusätzlichen Hystereseverluste, die durch Überlagerung hochfrequenter Felder über das Hauptfeld entstehen, ist σ_H' viel größer. Solange noch nicht eingehende Unter-

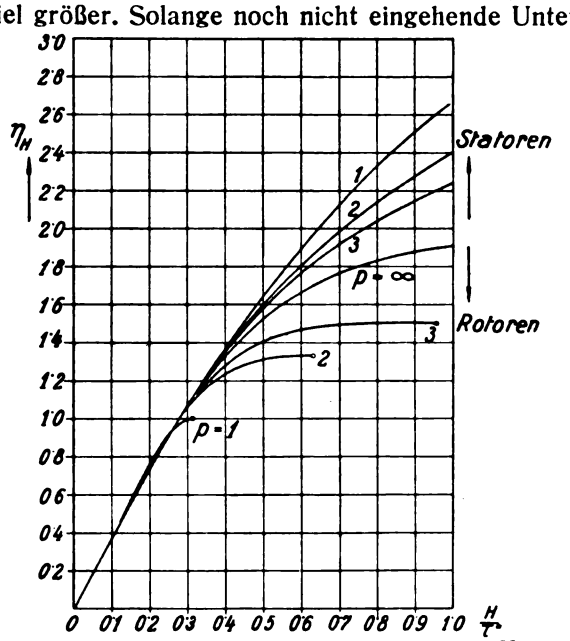


Abb. 9. Darstellung der Funktion $\eta_H = f\left(\frac{H}{\tau''}\right)$.

suchungen vorliegen, kann

$$\sigma_H' = 0{\cdot}5$$

geschätzt werden. Für das Verhältnis der spezifischen Hysterese, zu den spezifischen Wirbelstromverlusten folgt dann

$$\frac{p_H}{p_W} = \frac{\sigma_H'\left(1 + \frac{B_c}{B}\right)}{\frac{\pi^2}{10} \cdot \frac{\lambda}{6}} \cdot \frac{1}{\nu\,\Delta^2} \cdot \frac{f_H}{f_W} \quad \ldots (9)$$

Digitized by Google

und für $\sigma_H' = 0{\cdot}5$, $B_c = 2000$, $\lambda = 6$, $\Delta = 0{\cdot}05$, $f_H = 1$, $f_W = 1$:

$$\frac{p_H}{p_W} = \frac{1 + \frac{2000}{B}}{\frac{v}{1000}} . 0{\cdot}2.$$

Es ist zweckmäßig, die Ansätze (7) und (8) auch auf Drehfelder umzurechnen, welche mit sinusförmiger Verteilung und konstanter Umfangsgeschwindigkeit

$v = \nu . l$ (ν Periodenzahl, l Wellenlänge)

über die Ankeroberfläche hinweglaufen. Denn alle Zahnfelder haben im Luftspalt Drehfeldcharakter. Wir erhalten dann für die Wirbelstromverluste eines Drehfeldes von der Amplitude B pro cm² Ankeroberfläche (glatter Anker, Eisenoberfläche 0 exclusive Isolation)

$$\frac{P_W}{O} = \left(\frac{\pi}{2}\frac{\lambda}{6}\eta_W\right) \cdot \frac{1}{l} \cdot \left(\frac{v}{1000}\frac{B}{1000} \cdot \Delta\right)^2 \cdot f_W \Big| = \left(\frac{\pi}{2}\frac{\lambda}{6}\eta_W\right) \cdot l \cdot \left(\frac{\nu}{1000} \cdot \frac{B}{1000}\Delta\right)^2 \cdot f_W \Big| \quad (10)$$

und für die Hystereseverluste:

$$\frac{P_H}{O} = \frac{\sigma_H}{100} \cdot \left(1 + \eta_H \frac{B_c}{B}\right) \frac{\eta_W}{2\pi} . l . \cdot \frac{\nu}{1000}\left(\frac{B}{1000}\right)^2 . f_H \quad (11).$$

η_W und η_H sind Funktionen des Verhältnisses Rückenhöhe zu halbe Wellenlänge, die in den Abb. 8 und 9 aufgetragen sind. Für kurzwellige Oberfelder ist $\eta_W = 1$ und $\eta_H = 2$, $\sigma_H = \sigma_H'$ zu setzen. Ein sinusförmig verteiltes Wechselfeld gleicher Periodenzahl und Amplitude erzeugt in einem glatten Anker genau halb so große Wirbelstromverluste und annähernd halb so große Hystereseverluste. Bilden wir noch

$$\frac{P_H}{P_W} = \frac{\sigma_H' \left(1 + \eta_H \frac{B_c}{B}\right)}{\frac{\pi^2}{10} \cdot \frac{\lambda}{6}} \frac{1}{\nu \Delta^2} \cdot \frac{f_H}{f_W} \quad (12)$$

und entwickeln für Oberfelder mit $\sigma_H' = 0{\cdot}5$, $\eta_H = 2$, $B_c = 2000$, $\lambda = 6$, $\Delta = 0{\cdot}05$, $f_H = 1$, $f_W = 1$

$$\frac{P_H}{P_W} \doteq \frac{1 + \frac{4000}{B}}{\frac{\nu}{1000}} . 0{\cdot}2,$$

so erkennen wir, daß bei schwachen Oberfeldern und niedrigen Zahnperiodenzahlen Hysterese- und Wirbelstromverluste von gleicher Größenordnung werden können.

(Schluß folgt.)

Methoden zur Bestimmung kleiner Wassergehalte in Mineralölen, insbesondere Transformatoren- und Schalterölen.

Von Dr. **von der Heyden** und Dr. **Typke**, Chem. Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik, Berlin-Oberschöneweide.

Die am häufigsten angewandte Methode zur Bestimmung von Wasser in Mineralöl ist die von Marcusson eingeführte Destillation mit Xylol.[1]) Diese Methode ist jedoch, insbesondere wegen der durch die Löslichkeit des Wassers in Xylol, die unter verschiedenen Bedingungen immer etwas differiert, bedingten Fehlergrenzen, nicht geeignet, um sehr kleine Wassergehalte, wie sie zum Beispiel in Transformatorenölen enthalten sind, bestimmen zu können. Auch durch Zentrifugieren, wie es ja vielfach in der Mineralölindustrie zur Wasserbestimmung üblich ist, kann man natürlich kleine gelöste Wassermengen nicht ermitteln. Zu erwähnen ist auch noch die sogenannten Spratzprobe, die ein qualitatives Feststellen von Wasser gestattet.

Im folgenden sollen nun die in den letzten Jahren gemachten Vorschläge zur Wasserbestimmung einer kritischen Besprechung daraufhin, ob sie zur Bestimmung kleiner Wassergehalte geeignet sind, unterzogen werden.

Reiner[2]) bestimmt das Wasser so, daß er sorgfältig getrocknete Preßluft durch das in ein waschflaschenähnliches Gefäß gefüllte Öl, das auf mindestens 120° erhitzt wird, bläst, und das Wasser mittels Phosphorpentoxyd absorbiert. Zur Bestimmung von Wasser in Kabelisolieröl erscheint diese Methode einwandfrei, bei Transformatorenölen, die bei einem Flammpunkt von etwa 150° auch leichter flüchtige Bestandteile enthalten, bestehen jedoch erhebliche Bedenken. Es ist darauf bereits hingewiesen worden.[3])

Auf einem anderen Prinzip beruht die von Örtel angegebene Arbeitsweise. Es wird eine bestimmte Menge Öl in ein Becherglas von bestimmten Abmessungen und Gewicht eingewogen und der Inhalt eines Röhrchens mit dem Örtelschen Präparat hineingeschüttet. Dann bestimmt man unter Umrühren die eintretende Temperaturerhöhung. Aus einer Tabelle läßt sich dann der Wassergehalt des Öles ablesen. 0·5° Temperaturerhöhung entsprechen 0·1 vH; 0·8° entsprechen 0·2 vH Wasser usw. Angestellte Versuche ergaben aber, daß bei vollständig trockenem Transformatorenöl (Durchschlagsfestigkeit 180 kV/cm) eine Temperatursteigerung von ¼° eintrat; die Methode ist also als zur Bestimmung kleiner Wassermengen nicht brauchbar zu bezeichnen.

[1]) Vgl. Holde, Kohlenwasserstofföle und Fette, 6. Aufl., S. 75.

[2]) ETZ 1925, S. 1447.

[3]) v. d. Heyden und Typke, ETZ 1926, S. 203.

Digitized by Google

Boller[4]) bestimmt den Wassergehalt von Öl so, daß er indifferentes Gas durch die Ölprobe leitet und dieses dann über Calciumcarbid führt; das entwickelte Azethylen wird durch Abscheidung als C_2Cu_2 bestimmt. Eine gewisse Vorsicht ist dieser Methode gegenüber insofern geboten, als durch gewisse in gebrauchten oder lange aufbewahrten Ölen gebildete Säuren eine Acethylenentwicklung eintritt. Dies wurde im chemischen Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik verschiedentlich beobachtet.

Die Methode von Siemens[5]) besteht darin, daß das im Öl enthaltene Wasser durch Natrium- oder Kaliummetall zersetzt wird und der entwickelte Wasserstoff volumetrisch bestimmt wird. Es hat sich nun gezeigt, daß auch bei trockenem Öl darin enthaltene organische Säure mit dem Alkalimetall Gas entwickelt. Zum Beispiel wurden bei einem gebrauchten Öl von der Säurezahl 1·5, das eine Durchschlagsfestigkeit von 130 kV/cm hatte, bei Anwendung von 15 cm³ Öl 2·8 cm³ Gas erhalten. Die Methode kann also bei Ölen, die organische Säure enthalten, was bei allen im Betriebe befindlichen Ölen mehr oder minder der Fall ist, nicht angewandt werden. Bei neuem, trockenem Öl bildeten sich nur einige winzige Bläschen, dann hörte jede Gasentwicklung auf, während ein neues Transformatorenöl, das durch Stehen über Wasser abgesättigt worden war, eine gut meßbare Wasserstoffentwicklung zeigte. Bei neuen Ölen scheint die Methode also zur Bestimmung des Wassergehaltes anwendbar zu sein. Ob nun tatsächlich bei Transformatoren- und Schalterölen die damit nachgewiesenen Wassergehalte im Zusammenhange mit der Durchschlagsfestigkeit stehen, müßte noch nachgewiesen werden.

Eine sehr ähnliche Wasserbestimmungsmethode hat Losana[6]) angegeben. Er benutzt zur Bestimmung des Wassers Natriumamalgam oder metallisches Calcium und fängt ebenfalls den gebildeten Wasserstoff auf. Hier liegt die Sache natürlich ebenso, wie bei der oben beschriebenen Methode von Siemens, so daß nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht.

Rodman[7]) destilliert bei vermindertem Druck unter beständigem Rühren ab und kondensiert durch flüssige Luft. Die Menge wird dann durch Druckmessung bestimmt. Es sollen so Milligramme Wasser bestimmt werden können.

Wenn man also die vorstehend beschriebenen Wasserbestimmungsmethoden betrachtet, so findet man, daß die Methoden für die Anwendung bei Transformatoren- und Schalterölen entweder Bedenken haben oder verhältnismäßig umständlich auszuführen sind. Die sicherste Methode bleibt nach wie vor die Messung der Durchschlagsfestigkeit, mittels deren sich ein schädlicher Wassergehalt mit Sicherheit feststellen läßt.

[4]) Chem. Ztg. 50, S. 537; Petroleum 1927, S. 146.

[5]) Erfinder Estorff und Nagel, D. R. P. Nr. 442946.

[6]) Giorn. di chim. ind. ed. appl. 4, 570.

[7]) Journ. Ind. and Engineering Chem. 13, 1149.

Mehrrohr-Durchführungen.

Von Dipl.-Ing. J. Wallich, Hermsdorf-Thür.

Die nach mehrjähriger Entwicklungsarbeit von der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. ausgebildeten Mehrrohr-Durchführungen bestehen aus ineinander geschobenen Porzellanrohren, die durch ein nicht treibendes Bindemittel starr miteinander verbunden sind. Bei diesen Durchführungen fällt also die sonst übliche Füllung mit Öl oder Masse fort. Hiermit entfällt auch jede Feuers- oder Explosionsgefahr sowie jede Gefährdung durch elektrochemische Veränderungen der Füllung unter der Einwirkung des elektrischen Feldes oder durch ungleiche Wärmeausdehnungen von Porzellan und Füllung. Infolge der ausschließlichen Verwendung von Porzellan besitzen die Mehrrohr-Durchführungen weiter den Vorzug unbedingter Wetterbeständigkeit, so daß sie sich ganz besonders auch für den Einbau in die heute immer mehr zur Ausführung gelangenden Freiluft-Umspannwerke eignen.

Wand- oder Apparate-Durchführungen der Mehrrohr-Bauart werden von den Hermsdorf-Schomburg-Werken für 45, 60 und 100 kV Betriebsspannung in laufender Fabrikation hergestellt.

Bei diesen Durchführungen stimmt zwecks Beschränkung der Typen auf eine Mindestzahl die konstruktive Durchbildung der entsprechenden Teile überein, so daß also Freiluft-Öl- und Freiluft-Innenraum-Durchführungen das gleiche Freiluftteil, Freiluft-Öl- und Innenraum-Öl- Durchführungen das gleiche Ölteil, Freiluft-Innenraum- und Innenraum-Innenraum-Durchführungen das gleiche Innenraumteil aufweisen. Sämtlichen Typen gemeinsam ist weiter die sorgfältige Vorprüfung der einzelnen Porzellanrohre vor dem Zusammenbau. Schon diese Vorprüfung, bei der jedes Rohr eine viertel Stunde lang mit einer Spannung geprüft wird, die rund 33 vH über der späteren Betriebspannung der fertigen Durchführung liegt, läßt ein gutes Verhalten im praktischen Betrieb erwarten. Einen zuverlässigen Anhalt hierfür geben ferner die umfangreichen Versuche, die an diesen Durchführungen mit technischem und hochfrequentem Wechselstrom sowie mit Spannungsstoß durchgeführt worden sind. Hieraus seien nachstehend die Ergebnisse an einer Freiluft-Öl- und an einer Innenraum-Innenraum-Durchführung, beide für 60 kV Betriebspannung, herausgegriffen.

Die in Abb. 1 dargestellte Freiluft-Öl-Durchführung blieb bei der Prüfung mit Wechselstrom von 50 Hertz bei der Betriebspannung von 60 kV

Digitized by Google

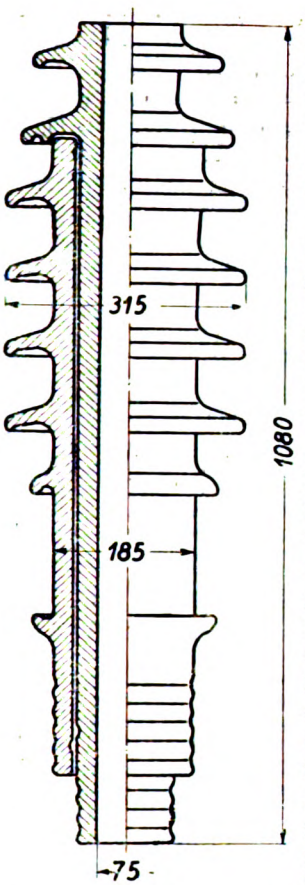


Abb. 1.
Freiluft-Öl-Durchführung für 60 kV Betriebspannung.

völlig dunkel und zeigte Glimmerscheinungen erst bei 100 kV. Gleitfunken traten bei 130 kV auf, während der Überschlag, Abb. 2, bei 185 kV erfolgte.

Der anschließenden Regenprüfung mit Wasser von 100 μScm Leitfähigkeit unter einem Einfallwinkel von 45° bei einer Niederschlaghöhe von 3 mm/min ging eine Vorberegnung von 5 Minuten voraus. Auch hier blieb die Durchführung bei der Betriebspannung vollkommen dunkel. Die ersten Glimmerscheinungen wurden vielmehr erst bei 76 kV, die ersten Gleitfunken bei 105 kV beobachtet. Der Überschlag setzte bei 170 kV ein. Der an der Durchführung gemessene Regen-Überschlagweg, bezogen auf die vom Regen nicht benetzte Strecke, beträgt 43 cm, so daß sich die spezifische Überschlagsbeanspruchung bei Regen zu rund 4 kV/cm ergibt.

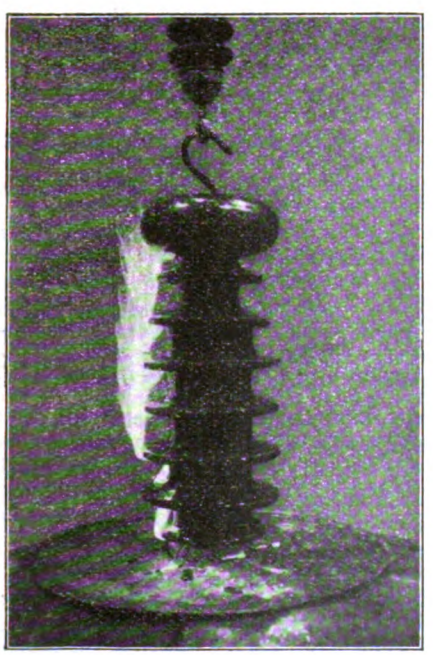


Abb. 2. Trockenüberschlag bei 185 kV an einer Freiluft-Öl-Durchführung für 60 kV Betriebspannung.

Bei der Prüfung mit hochfrequentem Wechselstrom von 30 000 Hertz, Abb. 3, wobei der Kopplungsgrad des Tesla-Transformators 16 vH betrug, schlug die Durchführung bei 340 kV Scheitelwert über.

Die 60 kV-Innenraum-Durchführung von 1360 cm Länge des Porzellanteiles und 185 cm Flanschdurchmesser zeigte bei der Prüfung mit techni-

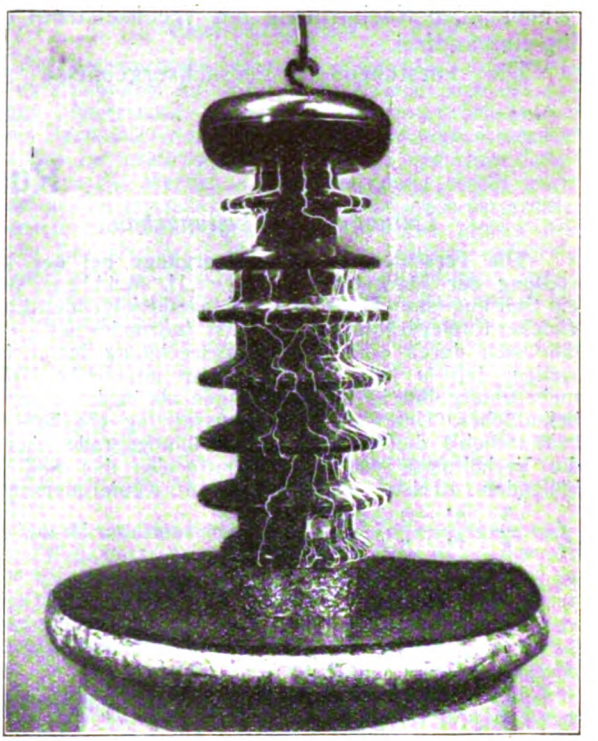


Abb. 3. Hochfrequenzüberschlag bei 340 kV Scheitelwert an einer Freiluft-Öl-Durchführung für 60 kV Betreibspannung.

schem Wechselstrom gleichfalls erst bei 100 kV die ersten Glimmerscheinungen und bei 120 kV

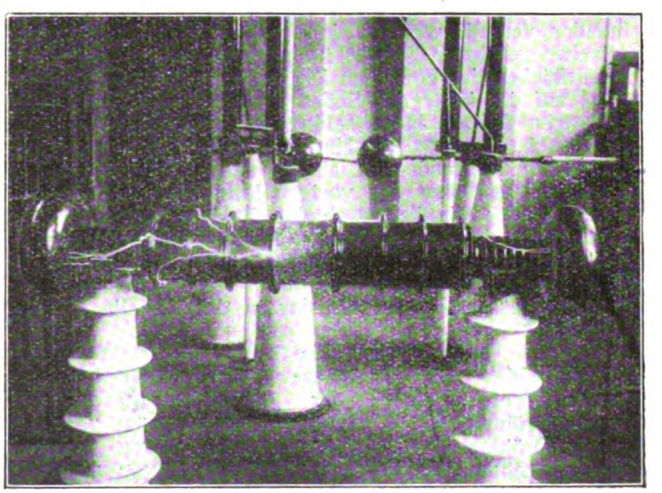


Abb. 4. Stoßprüfung mit 365 kV Scheitelspannung an einer Innenraum-Durchführung für 60 kV Betriebspannung.

die ersten Gleitfunken. Der Überschlag trat bei 176 kV auf. Bei der Prüfung mit hochfrequentem Wechselstrom, die unter den gleichen Bedingungen wie bei der Freiluft-Öl-Durchführung erfolgte,

Digitized by Google

setzte der Überschlag bei 217 kV Scheitelwert ein. Hierauf wurde die Durchführung in der aus Abb. 4 ersichtlichen Anordnung einer scharfen elektrischen Stoßprüfung unterworfen, wobei sie mit 365 kV Scheitelspannung beansprucht wurde. Trotz dieser außerordentlich hohen Beanspruchung zeigte sich die Durchführung bei der abschließenden Nachprüfung mit Wechselstrom völlig einwandfrei.

Die vorstehenden Versuchsergebnisse sind um so höher zu bewerten, als sie nicht von nur einmaligen Versuchen an den genannten Durchführungen herrühren. Die angeführten Versuche sind vielmehr jeweils an den betreffenden Durchführungen mindestens 20 mal wiederholt worden. Da die mitgeteilten Werte die Mittelwerte aus diesen Versuchsreihen darstellen, dürften sie hinreichend dartun, daß die neuartigen Mehrrohrdurchführungen den im praktischen Betrieb auftretenden Beanspruchungen mit Sicherheit gewachsen sind.

Rundschau.

Leitungen und Leitungsbau.

Die verschiedenen Verseilvorgänge bei der Herstellung der Starkstromkabel. Dr. H. Müller. Wenn ein Seil aus einer Reihe von aufeinanderfolgenden Lagen gleicher Kupferdrähte aufgebaut ist (normales Seil), dann läßt sich durch eine Überschlagsrechnung leicht feststellen, daß in jeder Lage bequem um sechs Drähte mehr untergebracht werden können als in der unter ihr befindlichen. Unter dieser Voraussetzung ergeben sich bekanntlich[1]) die nachfolgenden Füllungsgrade, das ist die Verhältnisse vom Querschnitte des das Seil einhüllenden Kreises zum effektiven Kupferquerschnitt.

$$f = \frac{3}{4}\,\frac{n^2 - n + 0{\cdot}33}{n^2 - n + 0{\cdot}25}$$ für einen zentralen Draht,

$$= \frac{3}{4}\,\frac{n^2}{n^2 + 0{\cdot}15\,n + 0{\cdot}006}$$ für 3 zentrale Drähte,

$$= \frac{3}{4}\,\frac{n^2 + 0{\cdot}33\,n}{n^2 + 0{\cdot}41\,n + 0{\cdot}0428}$$ für 4 zentrale Drähte,

$$= \frac{3}{4}\,\frac{n^2 + 0{\cdot}67\,n}{n^2 + 0{\cdot}7\,n + 0{\cdot}1225}$$ für 5 zentrale Drähte als Kern eines Seiles mit n Drahtlagen.

Wie man sich durch Differenzieren nach n leicht überzeugen kann, nimmt der Füllungsgrad im ersten Falle mit wachsender Lagenzahl rasch gegen den Wert 0·75 ab, während in den anderen drei Fällen der Füllungsgrad immer unter 0·75 bleibt, aber auch nach einigen Lagen praktisch 0·75 wird. Diese Überlegungen sind streng richtig, falls es sich um parallel nebeneinander gelegte Drähte handelt. Wenn die Drähte mit Drall miteinander verseilt werden, dann gibt ein senkrecht zur Seilachse geführter Schnitt im allgemeinen Ellipsen als Schnittflächen der einzelnen Drähte deren kleine Achsen radial auf die Mitte des Seiles gerichtet sind, während die langen Achsen hiezu senkrecht liegen; da in jeder Lage nach eingangs erwähnter Überlegung eigentlich mehr Raum vorhanden ist, als für eine Vermehrung der Drahtzahl gegenüber der vorigen Lage um sechs nötig wäre, haben auch die durch den Drall schiefgestellten Drähte mit den vergrößerten Achsen Platz, vorausgesetzt, daß der Drall kein zu kurzer ist, nämlich dann, wenn der Steigerungswinkel der Schraubenlinie des Einzeldrahtes größer ist als der in der Tabelle 1 angegebene.

Tabelle 1.

Seil mit	2. Lage	3. Lage	4. Lage	5. Lage	6. Lage
1 zentr. Draht . .	90°	75°	73° 42′	73° 16′	73° 5′
2 zentr. Drähten .	67° 56′	68° 54′	69° 41′	69° 58′	70° 36′
4 zentr. Drähten .	71° 26′	71° 13′	71° 24′	71° 34′	71° 44′
5 zentr. Drähten .	73° 33′	72° 41′	72° 29′	72° 26′	72° 26′

Ist der Verseilwinkel größer als 75°, also in

$$\lambda = m\,d = \pi \,.\, d \,.\, \tan\alpha,$$

wo λ die Drallhöhe, d den Durchmesser des Zylinders, bedeutet, den die Achsen der Drähte einer Lage bilden, (m größer als 11·7), dann finden die Drähte im allgemeinen Platz. Eine Ausnahme bildet bloß die zweite Lage eines Seiles mit einem zentralen Draht. Hier haben die 6 Drähte der zweiten Lage theoretisch nur dann Platz, wenn sie ohne Drall um den zentralen Draht herumgelegt werden. Praktisch besagt dies, daß der Drall möglichst lang sein soll. Bezieht man den Drall nicht wie oben auf den Durchmesser d des Zylinders, der von den Achsen der Drähte gebildet wird, sondern auf den Außendurchmesser $d + \delta$ (Kaliberdurchmesser) der betreffenden Seillage, dann sind noch kleinere Zahlen $m' = \frac{\lambda}{d + \delta}$ zulässig, was die bekannte Erfahrungsregel, wonach der kürzeste Drall nicht kleiner als 10 Kaliber sein soll, bestätigt. Durch diese Tatsache ist der Möglichkeit kurzer Verdrallung der Drähte eines Seiles, die aus Gründen der Flexibilität durchaus erwünscht wäre, eine Grenze gezogen. Der kurze Drall verbietet sich aber auch schon darum, weil durch den Drall zwar mehr Kupfer in das Seil gesteckt wird, aber der wirksame Querschnitt statt verbessert dabei fast im gleichen Maße verschlechtert wird.[1]) (Alle bisher vorgebrachten Erkenntnisse beziehen sich überdies, wie man leicht übersieht, sinngemäß auch auf anormale Seile, das sind Seile mit Kupferdrähten anderer Querschnitte als Kern, obwohl dies nicht ausdrücklich erwähnt oder abgeleitet wird. D. Ref.)

Handelt es sich, wie bei der Verseilung von Drei- oder Vierleiterkabeln, nur um ein einlagiges Seil, dann wird der Durchmesser des Kreises, welcher die Querschnittsellipsen der isolierten Einzeladern umhüllt, theoretisch etwas größer sein als der 2·155fache resp. 2·414fache der isolierten runden Einzelader. Bei den praktisch vorkommenden hohen Drallängen spielt dies, wie die Rechnung zeigt, keine Rolle; diese Tatsache mag aber bei Hochspannungskabeln, bei welchen die möglichst hartgewickelten Einzeladern so mit einander verseilt werden sollen, daß einerseits die Kreisform der Einzelader erhalten bleibt, andererseits auch das verseilte Kabel rund wird, eine Rolle spielen. Um die isolierten Adern zu einem Kreisquerschnitt zu ergänzen, sind die in der Tabelle 2 angegebenen Beilauf-Querschnitte an Papiergarn oder Jute erforderlich.

Tabelle 2.

	Innere Fläche	Eine Randfläche	Ges. Ausfüllfläche
Zweileiterkabel	—	0·785 d^2	1·571 d^2
Dreileiterkabel	0·040 d^2	0·417 d^2	1·291 d^2
Vierleiterkabel	0·215 d^2	0·305 d^2	1·434 d^2

Nimmt man zum Beispiel Papiergarn als Füllmittel und bezeichnet man als effektiven Papierquerschnitt in einem Zwickel den Querschnitt, der sich ergibt durch Multiplikation der Dicke des Papieres mit der Gesamtlänge der im Querschnitte durch diesen Zwickel aufindbaren Papierkanten, dann zeigt sich bei Verwendung sehr schmiegsamen Materials (Papiergarn aus Papieren von 0·05 mm Stärke) ein günstigster Füllungsgrad von 50 vH. Es erscheinen diese Feststellungen auch deshalb von Wichtigkeit, weil vielleicht auch hierin der Schlüssel zur Erklärung der Verkohlungserscheinungen an den Rändern zwischen isolierten Einzeladern und Beilauf liegt. An diesen Grenzflächen verschiedenen und verschieden dichten Materials treten Brechungen der Kraft-

[1]) Ç. Baur, Das elektrische Kabel, 1903, S. 80.

[1]) Vgl. zum Beispiel Copper Wire Tables, Nr. 31, Bureau of Standards, Washington 1914, p. 72 ff.

Digitized by Google

linien aber auch Ladungserscheinungen auf. Weiters wäre es durchaus verständlich, wenn die scheinbar so sehr verschiedenen Materialien, nämlich gewickelte Isolation und Papierkordelisolation, verschiedene Ausdehnungskoeffizienten hätten, was zu dem beobachteten Abspalten der Zwickel von den gewickelten Adern führen müßte. Die Operationen des Aufbringens der Gürtelisolation der Bandeisenbewicklung und des Jutepolsters der Papierumspinnung, die ja auch einen Verseilvorgang bei der Herstellung von Starkstromkabeln beinhalten, werden durch die gleichen Formeln beherrscht oder durch solche, welche von Müller bereits in einer früheren Arbeit[1]) angegeben wurden. So gilt zum Beispiel für die Bandeisenbewicklung

$$\frac{b}{1+k} = \frac{v \cdot D \cdot \pi}{\sqrt{v^2 + D^2\pi^2}},$$

wo b die Breite des Bandeisens, v den Vorschub in mm, D den Durchmesser des zu bewehrenden Kabels und K die Überlappung in Bruchteilen der Bandbreite bedeuten. Da zwei Eisenbänder übereinander gelegt werden, wird jedes von ihnen in offener Spirale aufgewickelt, so daß K etwa gleich —0·25 ist. Hingegen bietet die Flachdraht- oder Profildrahtberechnung Interessantes. Hier handelt es sich darum, die Profildrähte so auf das Kabel aufzubringen, daß sie stets flach am Kabel aufliegen, also trotz der Rotation bei der Verseilung stets die gleiche relative Lage zur Kabelachse einnehmen. Die Flachdrähte werden daher bei jeder Drallänge einmal um ihre Achse tordiert. Um die Drähte trotzdem glatt aufliegend auf das Kabel zu bekommen, muß man auf die richtige Führung der Drähte beim Verseilvorgang mit doppelter Sorgfalt achten. Man führt zu diesem Zwecke die von den Seilkörben kommenden Flachdrähte zuerst durch eine verschiebbare Führungsplatte mit kreisförmig angeordneten Löchern und sodann auf das Kabel. Auf den richtigen Abstand a dieser Führungsplatte von dem Punkte des Kabels, auf welchen sich die Flachdrähte auflegen, kommt es an. Ist der Durchmesser des Löcherkreises in der Führungsplatte D_f, der Durchmesser des Zylinders, welchen die Achsen der Flachdrähte am fertig bewehrten Kabel bilden D und die Drallänge der Drahtbewehrung λ, dann ist der korrekte Abstand der Führungsscheibe vom Auflagepunkt der Bewehrungsdrähte

$$a = \lambda{,}2\,\pi \sqrt{\left(\frac{D_f}{D}\right)^2 - 1}.$$

Dr. Konstantinowsky.
(ETZ, Bd. 48, Hefte 12, 13, 1927.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Akkumulatorenlokomotive für die Kohlengruben der Mines de Lens. A. Sprecher beschreibt eine von der Société de constructions électriques de France gebaute Grubenlokomotive, die den im französischen Kohlenbergbau üblichen Verhältnissen, das ist 600 mm Spur in verhältnismäßig hohen und schmalen Stollen angepaßt ist. Sie hat mit einer Ladung die Förderung einer Schicht (600 Nutz-tkm) zu leisten, wobei die zur Rückbeförderung der leeren Hunte erforderliche Arbeit eingerechnet ist. Im vorliegenden Fall wiegen die Hunte 280 kg leer, fassen 530 kg Kohle und laufen auf Rollenlagern: die Förderstrecke ist eingleisig. Bei einer Motorenleistung von 2 × 10 PS und einer Batterieentladung von 700 Ah bei 60 V ergeben sich folgende Fördermöglichkeiten:

Hunte im Zug	km/h	Nutz-tkm	Wh/Nutz-tkm
25	18	455	96·5
48	13	650	67·5
60	10·8	685	64·5

Da allzulange Züge große Anlagen für Abstellgeleise und viele Hunte erfordern, wurde als Normallänge ein Zug von 48 Hunten, das heißt von 38 bis 40 t angenommen. Die damit erreichbare Geschwindigkeit ist etwa drei- bis viermal so groß als bei Pferdezug; es ersetzt eine Lokomotive rund 12 Pferde. Die Lokomotive hat

Gesamtlänge	4320 mm
Breite	960 „
Höhe über S. O.	1550 „
Radstand	1000 „
Raddurchmesser	680 „
Grundfläche der Batterie	2570 × 910 mm
Gewicht ohne Batterie	4200 kg
„ einer Bleibatt.	3800 „
„ „ Eisen-Nickel-Batt.	2700 „

Der Außenrahmen besteht aus Stahlblech mit Profileisenversteifungen. Auf jeder Seite befindet sich ein gedeckter Führerstand, so daß der ganze Zwischenraum bis zur Dachhöhe von der Batterie eingenommen werden kann. Der Batterietrog ruht auf Walzen und kann daher leicht abgerollt werden. Diese Anordnung ergibt nicht nur die größte Raumausnutzung, sondern auch die größte Sicherheit bei der Fahrt, da der Führer immer die Strecke frei übersieht. Da mit zwei Führern gefahren wird, hat jeder Zeit, sich abwechselnd auszuruhen. Jeder Motor leistet einstündig 10·5 PS bei 585 U/min und 60 V. Sein Wirkungsgrad einschließlich der Zahnräder 104/14 ist 0·75. Fahrschalter und Überstromausschalter sind in beiden Führerständen vorhanden und luftdicht geschlossen. Ersterer hat je drei Stellungen für Reihen- und Parallelschaltung. Als Batterie kann entweder eine Eisen-Nickelbatterie von 48 Zellen mit 750 Ah entsprechend 45 kWh oder eine Tudor-Ironclad-Batterie von 32 Zellen mit 866 Ah entsprechend 54 kWh verwendet werden.

Bei Versuchen ergab sich ein Wirkungsgrad der Lokomotive, gemessen am Zughaken von 30 bis 65 vH bei 70 bis 385 kg Hakenzug. Im Betrieb auf einer 1400 m langen Strecke mit 7 vT mittlerer Steigung und 10 m Bogen und mit 76 m langen Zügen von 48 Hunten ergab sich ein Fahrwiderstand von 12 kg/t auf einem 18 kg/m Gleis. In den ersten drei Monaten wurden täglich 600 Nutz-tkm mit einer Ladung gefördert. In den folgenden drei Monaten konnten nach einer 3½ stündigen Zwischenladung am Nachmittag weitere 250 Nutz-tkm gefahren werden. Die Volladung der Bleibatterie erfordert etwa 6½ Stunden. Die Ladung erfolgt mittels Umformer aus 300 V Drehstrom automatisch. Der Arbeitsverbrauch blieb auch nach längerem Betrieb gleich, und zwar 70 Wh/Nutz-tkm bezw. 27 Wh/gefahrene tkm. Auf einer anderen Strecke von 11 vT mittlerer Neigung und 2·5 km Länge ergaben sich Verbrauchszahlen von 98 bzw. 34 Wh/tkm. Der Oberbau ist der gleiche, nur hat eine Streckenhälfte zahlreiche Bogen von 10 m Halbmesser. In den ersten sechs Monaten wurden von der Lokomotive 6750 km und 85 000 Nutz-tkm gefahren. Im Dezember 1926 wurden für 14 358 Nutz-tkm 150 Wh/Nutz-tkm drehstromseitig verbraucht. Die Kosten der Lokomotivförderung beliefen sich hiebei für 1 Nutz/km auf:

Löhne für Ladestation	Frcs. 0·018
„ „ Fahrer u. Weichensteller	„ 0·159
Stromkosten zu 30 ctm/kWh	„ 0·057
Öl, Fett, destill. Wasser usw.	„ 0·010
	Frcs. 0·244

gegenüber Frcs 1·87 bei Pferdebetrieb. Alle Zahlen sind ohne Amortisation gerechnet. Diese werden bei elektrischem Betrieb auf Frcs. 0·355 und bei Pferdezug auf Frcs. 0·176 geschätzt. Wl.
(Le Génie Civil, Bd. 90, Nr. 22, 1927.)

Elektrische Apparate.

Einen neuen Gleichrichter geben L. O. Grondahl und P. H. Geiger an. Er stützt sich auf die vom erstgenannten bereits früher gemachte Beobachtung, daß eine mit Kupferoxyd bedeckte Kupferplatte dem Strom verschiedenen Widerstand entgegensetzt, je nachdem er in der Richtung Oxyd-Kupfer oder umgekehrt fließt[1]): der Widerstand in der Richtung Oxyd-Kupfer ist erheblich kleiner. Ein Gleichrichterelement besteht aus

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 525.

[1]) L. O. Grondahl, Phys. Rev. 27, Juli 1926.

Digitized by Google

einer Kupferscheibe, auf welcher eine Schicht Kupfer-Oxyd gebildet ist. Eine gute elektrisch leitende Verbindung mit der Oxydschicht wird durch ein Endglied aus weichem Metall, zum Beispiel Blei, hergestellt. Die Kupferscheibe und das Endglied werden zweckmäßig in Form von Unterlagsscheiben ausgeführt und das ganze wird in geeigneter Weise zusammengespannt. Die Gleichrichtung scheint in einer mikroskopisch dünnen Schicht der Übergangsfläche Kupfer-Kupferoxyd vor sich zu gehen. Irgendwelche elektrolytische, chemische oder physikalische Veränderungen treten nicht auf. Die Elemente können in Serien- oder Parallelschaltung benutzt werden, oder in Schaltungen zur Ausnutzung beider Halbwellen in Verbindung mit einem Transformator wie bei Röhren-Gleichrichtern (entweder Transformator mit Mittenabzweig oder vier Elemente in der bekannten Graetz'schen Anordnung). Je zwei Elemente oder auch alle vier Elemente werden zweckmäßig zu einer Einheit vereinigt. Bei guter Kühlung kann eine solche Einheit eine gleichgerichtete Spannung von 6 V liefern und einen Strom, der von der verwendeten Oberfläche abhängt. Die zulässige Stromdichte hängt ebenfalls von der Stärke der Kühlung ab. Bei Stromdichten über 0·32 A/cm² ist eine starke Luft- oder Ölkühlung notwendig. Mit besonders guten Anordnungen läßt sich die Stromdichte auf etwa 0·55 A/cm² treiben.

Die Eigenschaften des Gleichrichters sind durchaus unveränderlich, weil kein punktweiser Kontakt vorhanden ist, und der Widerstand ist so niedrig, daß der Gleichrichter verhältnismäßig große Ströme vertragen

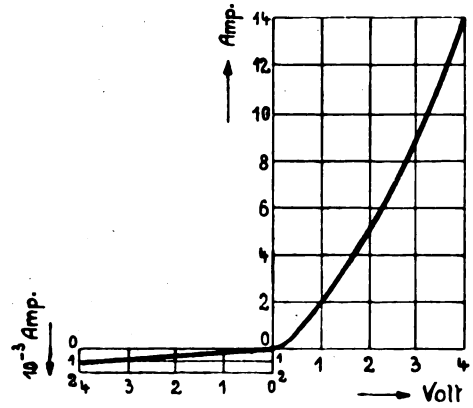


Abb. 1.

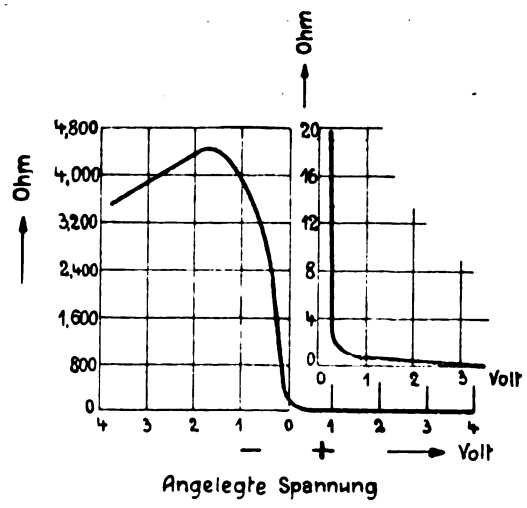


Abb. 2.

kann. Die ganze Oberfläche zwischen Kupfer- und Oxyd nimmt an der Gleichrichtung teil. Abb. 1 zeigt die Abhängigkeit des Stromes von der Spannung; in der Abbildung ist der Teil der Kurve, der den Strom in der Kupfer-Kupferoxyd-Richtung darstellt (im folgenden als negativer Strom bezeichnet) in tausendfachem Maßstab gezeichnet. Die Ordinatenskala über der Abszisse ist in A, unter der Abszisse also in mA geteilt. Abb. 2 ist aus der Kurve Abb. 1 abgeleitet und zeigt die Abhängigkeit des Widerstandes von der elektromotorischen Kraft. Die negativen Werte der elektromotorischen Kraft entsprechen der Richtung Kupfer-Kupferoxyd. Besonders zu bemerken ist, daß in der negativen Richtung der Widerstand bis zu einer angelegten Spannung von etwa 1·6 V ansteigt, um bei größeren Spannungen wieder abzufallen, eine Tatsache, die beim Entwurf des Gleichrichters berücksichtigt werden muß, wie weiter unten gezeigt wird. Das Verhältnis des Widerstandes in positiver Stromrichtung zum Widerstand und in der entgegensetzten Richtung zeigt die Tab. I; man sieht, daß das Verhältnis dauernd ansteigt.

Tabelle I.

Angelegte Spannung V	0·5	1	2	3	4	5
Verhältnis d. Widerstände	4	7·5	10	11·4	12	$12{\cdot}2\times10^3$

Auch bei Spannungen über 5 V steigt es weiter an, jedoch wird man den Gleichrichter praktisch nicht mit höherer Spannung betreiben. Den theoretischen Wirkungsgrad eines Vierfach-Gleichrichters in Abhängigkeit von der Strombelastung zeigt Tab. II. Im günstigsten Falle beträgt der Wirkungsgrad 72 vH.

Tabelle II.

Strom in A	0·033	0·16	0·2	0·4	0·5	0·6	0·7	1·0	1·2	1·4
Wirkungsgrad in vH	40	50	62	70	72	71	67	64	62	60

Da das Gleichrichtungsverhältnis bei sehr niedrigen Spannungen sich der 1 nähert, folgt daraus, daß der Wirkungsgrad bei sehr niedrigen Spannungen sich 0 nähern muß. Die Tab. II gibt aber den wirklich bei Belastung eintretenden Wirkungsgrad nicht richtig an, weil beim wirklichen Betrieb in der Richtung des hohen Widerstandes eine hohe Spannung im Gleichrichter liegt, während die Spannung in Richtung des niedrigen Widerstandes nur gering ist. Wirklich aufgenommene Kurven sind in der Abb. 3 dargestellt, und

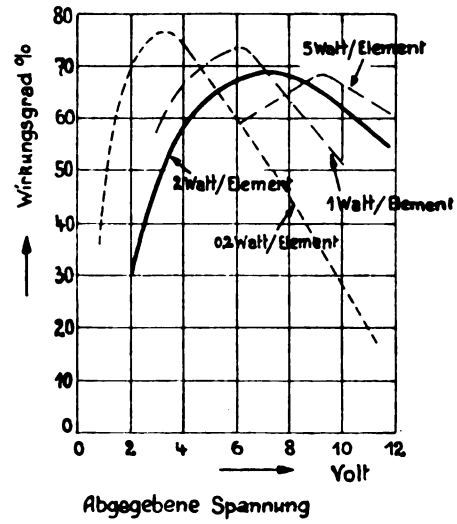


Abb. 3.

zwar von einem Vierfach-Gleichrichter mit Elementen von 38 mm Durchmesser. Die abgegebene Leistung wurde für jede Kurve konstant gehalten. Die Punkte links vom größten Wirkungsgrad entsprechen einem Ansteigen der Verluste durch den negativen Strom, wenn auch der Strom in negativer Richtung sehr klein ist, so sind nämlich wegen des großen Widerstandes die durch ihn hervorgerufenen Verluste durchaus nicht zu vernachlässigen. Die Anzahl der erforderlichen Elemente für eine gegebene Leistung hängt auch von der Kühlmethode ab. Die Schaltung, in welcher die Elemente miteinander zu verbinden sind, also die Anzahl derjenigen Elemente, die in Serie und die parallel geschaltet wer-

Digitized by Google

den müssen, ist auch aus einer der Kurven zu entnehmen, die Abb. 3 zeigt. Für guten Wirkungsgrad erhält man die Zahl der in Serie geschalteten Elemente, indem man die gewünschte Spannung durch die Spannung dividiert, die den besten Wirkungsgrad an der zugehörigen Kurve ergibt. Es sind dann genügend Elemente parallel zu schalten, um den gewünschten Strom zu erhalten. Wenn ein Transformator mit Mittenabzweig benutzt wird, soll die Zahl der in Serie geschalteten Scheiben verdoppelt werden, dann arbeitet jedes Element auf demselben Teil der Charakteristik, wie bei den Vierfach-Gleichrichtern. Für Anwendungszwecke, bei denen nur wenige Zehntel Ampere oder weniger gebraucht werden, zum Beispiel zur Erzeugung des Anodenstromes von Vakuumröhren, wird man Elemente mit ganz kleinem Durchmesser benutzen können.

Wie zu erwarten ist, zeigen Oszillogramme des gleichgerichteten Stromes, daß die Form der Kurve etwas verändert wird. Der Formfaktor der gleichgerichteten Welle schwankt zwischen 1·13 und 1·25 (reine Sinuskurve 1·11). Die niedrigeren Werte sind ein wenig niedriger, als sie in der Sinuskurve sind. Die Spannungsregulierung eines Gleichrichters hängt hauptsächlich von dem inneren Widerstand der Elemente ab. Es läßt sich zeigen, daß geradeso wie in einer Akkumulatoren-Batterie dadurch reguliert werden kann, daß die Anzahl der parallel geschalteten Zellen geändert wird. Vielfach kann eine praktisch genügende Konstanz dadurch erreicht werden, daß in den Gleichrichter die genügende Menge Kupfer hineingebaut wird. Bei der Prüfung eines Gleichrichters kleiner Leistung ließ sich der Spannungsabfall zwischen Leerlauf und Belastung von 16·5 auf 8·5 vH dadurch herabdrücken, daß die doppelte Menge Kupfer verwendet wurde.

Der neue Gleichrichter dürfte sich bald ein größeres Anwendungsgebiet erobern. Viele Messungen, die bisher mit Wechselstrom-Instrumenten ausgeführt wurden, lassen sich jetzt durch Gleichstrom-Instrumente bewerkstelligen. Zur Ladung von Batterien, zur Betätigung aller möglichen Apparate, die mit Gleichstrom gespeist werden müssen, dürfte er sich bald einbürgern. Hierzu wird auch vor allen Dingen die Unzerbrechlichkeit beitragen, die gegenüber Röhren-Gleichrichtern besonders angenehm empfunden wird. Die Verfasser erhoffen weiter seine Verwendung auch für große Gleichrichteranlagen. Für Radiozwecke werden umschaltbare Gruppen gebaut, um sowohl Anoden- wie auch Heizbatterie laden zu können, auch für Netzanschlußgeräte ist der Gleichrichter geeignet.

Die Natur des Gleichrichtungsvorganges ist bisher nicht einwandfrei geklärt. Weder die Erklärung auf Grund thermoelektrischer noch eine solche auf elektrolytischer Wirkung wird durch die Erfahrung bestätigt. Einer der Verfasser hat eine Theorie vorgeschlagen, die davon ausgeht, daß Kupfer und Oxyd in sehr enger Berührung sind. Er nimmt an, daß unter dieser Voraussetzung auch bei Raumtemperatur und ohne Anwendung einer Spannung eine große Anzahl Elektronen vom Kupfer in das Kupferoxyd übergehen kann. Das Kupfer erfüllt denselben Zweck wie die Glühkathode einer Vakuumröhre und hält eine starke Ladung von Elektronen im Oxyd aufrecht. Wegen der kurzen Entfernung zwischen den Elektronen und der großen Oberfläche ist der Widerstand für den Elektronenstrom in Richtung Kupfer zum Oxyd klein. Wenn die Spannung in entgegengesetzter Richtung angelegt wird, versucht sie die Elektronen ins Kupfer zurückzutreiben. Dagegen wirkt die sofortige Austreibung der Elektronen aus dem Kupfer ins Oxyd, so daß die Elektronen nahe der Kupferoberfläche konzentriert sind. Dadurch soll eine Gegenspannung entstehen, die ein Fließen des Elektronenstromes in Richtung vom Oxyd zum Kupfer verhindert. Es sind Versuche im Gange, die diese Theorie festigen sollen.

Pederzani.

(Journal A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 3, 1927.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Fernsprechweitverkehr in Frankreich. Von L. Cahen. Der Plan für den Ausbau des Kabelnetzes für den Fernsprechweitverkehr wurde im Jahre 1922 für ein Netz von 3500 km aufgestellt. In der ersten Ausbauperiode sollen etwa 2000 km Kabel gelegt werden. Hievon entfallen: 1. auf die Strecke Paris — Sélestat — Straßburg — Basel 600 km, 2. auf Paris — Rouen — Le Havre 210 km, 3. auf Paris — Lille (Brüssel) 230 km, 4. auf Paris — Boulogne (London) 200 km, 5. auf Paris—Lyon—Marseille (800 km). Die Lieferung und Legung der Kabel für das Baulos 2 wurde 1924, für das Los 3 im Jahre 1925 der Studiengesellschaft für den telegraphischen und telephonischen Weitverkehr übertragen. Diese Gesellschaft hatte bereits im Jahre 1921 — 1922 das Kabel Paris — Sainte Assise als Luftkabel[1]) verlegt und im Jahre 1925 die Kabelstrecke Lyon — Saint Etienne mit 62·5 km fertiggestellt. In dem Kabel zwischen Paris und Le Havre haben die als Vierer geschalteten Leiter eine Stärke von 0·9 und 1 mm; die bezüglichen Arbeiten wurden 1926 beendet. Now.

(Bullet. de la soc. franç. des Electr., Bd. 7, Nr. 66, Februar 1927.)

Legung der ersten internationalen Fernsprechkabel in Belgien. Für den internationalen Fernsprechweitverkehr wird Belgien ein wichtiges Verkehrszentrum bilden. Im Jahre 1925 wurden die Pläne für die Ausgestaltung des belgischen Kabelnetzes aufgestellt. Es sollen folgende Teilstrecken zur Ausführung kommen: 1. Brüssel — La Panne, 2. Brüssel — Hergenrath, 3. Brüssel — Lille, 4. Brüssel — Roosendaal. Die Kabellegungen in den Baulosen 1, 3 und 4 wurden im Jahre 1926 den Ateliers de Construction Electriques de Charleroi übertragen. Im erstgenannten Baulos kamen Kabel mit 37 bis 65 Vierern zur Legung, von denen ein Teil auch für den Telegraphenverkehr eingerichtet wird. Das Los zerfällt in die Teilstrecken Brüssel — Gent (54 km), Gent — Brügge (46 km), Brügge — Ostende (25 km), Ostende — La Panne (31 km). Die Kabellegungen wurden Ende 1926 fertiggestellt. Das Baulos Brüssel — Lille ist 110 km lang und enthält 63 Vierer. Das Baulos Brüssel — Roosendaal (40 km) besteht aus den Teilstrecken Brüssel — Anvers mit 87 Vierern und Anvers — Roosendaal mit 45 Vierern. Die Fertigstellung dieser Lose ist für das heurige Jahr in Aussicht genommen. Später werden Kabel von Brüssel nach Luxemburg und nach Charleroi—Mons gelegt werden. Now.

(Ateliers de constr. électr. de Charleroi, Nr. 112, Rev. 1926.)

Chronik.

Geheimer Baurat Dr. Ing. e. h. Sigmund Bergmann†

Mit dem am 7. Juli d. J. im 77. Jahre verstorbenen Geheimen Baurat Dr. Ing. e. h. Sigmund Bergmann, dem Begründer und Generaldirektor der Bergmann-Elektricitäts-Werke, Aktiengesellschaft, ist ein Mann dahingeschieden, dem die elektrotechnische Industrie zweier Weltteile außerordentlich viel verdankt und dem es vergönnt war, maßgebend an ihrer Entwicklung mitzuarbeiten.

In Dennstädt bei Mühlhausen i. Thür. am 5. Juni 1851 geboren, ging der junge Bergmann nach Beendigung seiner Lehrzeit im Alter von 18 Jahren nach New York. Ein glücklicher Zufall brachte ihn mit Edison zusammen, mit dem er längere Zeit zusammenarbeitete und der ihn bald in seinen engeren Mitarbeiterstab aufnahm. Nachdem Bergmann in den Vereingten Staaten festen Fuß gefaßt hatte, gründete er seine Fabrik, in der er Ferndruck- und Telephon-Apparate herstellte. Sein Scharfsinn als Erfinder, seine Geschicklichkeit und Fähigkeit, unausgereifte und unentwickelte Ideen für die praktische Verwertbarkeit durchzubilden,

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 245.

Digitized by Google

machten die junge Fabrik nicht nur zu einem der bedeutendsten Betriebe ihres Industriezweiges, sie wurde auch die Geburtsstätte vieler wichtiger elektrischer Erfindungen.

Kurze Zeit nachher bot der nun bereits berühmte Erfinder Edison seinem früheren Angestellten die Teilhaberschaft an und die Firma „S. Bergmann" wurde zu der Firma „S. Bergmann & Co." erweitert. Unter diesem anonymen Worte „& Co." war niemand anderer als Edison verborgen. Die Entwicklung der ersten Telephone ist mit dem Namen Bergmann auf das innigste verknüpft, da es ihm gelang, eine ganze Anzahl grundlegender Verbesserungen durchzuführen. Viele von Edisons Erfindungen wurden erstmalig in den Bergmann'schen Werkstätten durchprobiert. Edison hebt in seinem Empfehlungsschreiben, das er seinem Partner Bergmann zur Einführung in deutsche Industrie- und Finanzkreise mit auf den Weg gab, besonders hervor, daß Bergmann den ersten Phonographen hergestellt und vervollkommnet habe. Als dann im Jahre 1880 die Glühlampe erfunden wurde, war es Bergmann, der die zu der praktischen Anwendbarkeit dieser neuen Lichtquelle unbedingt erforderlichen Installationsgegenstände, die Sockel, Schalter, Fassungen usw. durchbildete.

In dem im Jahre 1883 herausgegebenen Katalog, der vielleicht die erste Preisliste der elektrotechnischen Industrie darstellt und 82 Seiten umfaßte, werden nicht nur konstruktiv musterhaft durchgebildete Leuchtschalter, Steckdosen und ähnliches gezeigt, sondern auch zahlreiche Lampen, Kronleuchter, Wandarme für alle möglichen Zwecke und die verschiedenartigsten Räume, und es zeugt von der genialen Auffassungsweise des Konstrukteurs Bergmann, daß ihre Ausführung sich in der gleichen Form bis auf den heutigen Tag erhalten hat.

Doch die kleine ursprüngliche Fabrik wurde bald für den unermüdlichen Schaffer zu klein. Nach der Übersiedlung in ein 6-Stock hohes Eckhaus arbeitete Bergmann das Papierisolierrohr-System aus und konstruierte die zu dessen Herstellung erforderlichen Maschinen. In dieser Werkstatt wurde auch der erste Motorzähler, der je gebaut wurde, entworfen. Das oberste Stockwerk erhielt die Laboratoriums- und Versuchsräume Edisons und mehr als 12 Jahre arbeiteten Bergmann und Edison erfolgreich und in größter Freundschaft zusammen. In dieser Zusammenarbeit wurden hier Erfindungen und Erfahrungen in der Schwachstrom- und Starkstromtechnik fabrikationsmäßig verwertet und weiter entwickelt. Damals gelang Bergmann eine große Anzahl von grundlegenden elektrotechnischen Erfindungen, die ihren Niederschlag in zum Teil heute noch verwendeten Maschinen und Apparaten fanden.

Später wurde das Unternehmen mit den anderen Edison gehörenden Fabriken in der „Edison Electric Light Co." vereinigt und 1890 in die „General Electric Co." umgewandelt. Bergmann ließ sich den auf seine Person entfallenden Anteil auszahlen und kehrte nach Europa zurück. In Berlin gründete er dann die Gesellschaft „S. Bergmann & Co., Akt.-Ges., Fabrik für Isolier- und Leitungsrohre, Spezialfabrik für elektrische Anlagen", deren Haupterzeugnis die nach ihm benannten „Bergmannrohre" bildeten. Mit dem weiteren Aufschwung der Motorentechnik folgte im Jahre 1893 die „Bergmann Elektromotoren- und Dynamowerke A.-G." Beide Werke vergrößerten sich rasch unter seiner weitblickenden tatkräftigen Leitung und 1900 wurden die beiden Fabriken zu einer Firma vereinigt, der heutigen „Bergmann-Elektricitäts-Werke, Aktiengesellschaft".

Geheimrat Bergmann war in jeder Beziehung das Bild einer in sich geschlossenen Persönlichkeit, die das einmal vorgenommene Ziel, ohne Rücksicht auf sich selbst, verfolgte, bis ihr der Erfolg beschieden war. In ihm waren der praktische Ingenieur, der die seltene Gabe besaß, technische Ideen in einfacher Form zur Ausführung zu bringen, mit dem weitblickenden Organisator-Finanzmann vereinigt. Seine großen Erfolge verdankt er dieser glücklichen Veranlagung und vor allem auch seinem unermüdlichen Fleiß und seiner eisernen Energie. Nach außen hin trat Geheimrat Bergmann wenig in die Erscheinung. Alle Ehrenämter lehnte er ab. Nur die ihm im Jahre 1918 von der Technischen Hochschule München verliehene Würde eines Dr. Ing. e. h. nahm er als äußeres Zeichen an, daß die offizielle Fachwelt seine Arbeit und sein Werk anerkannte. Die Entwicklung seiner Werke, die heute den Gründer und Führer betrauern, bietet die Gewähr, daß in seinen Mitarbeitern und Nachfolgern sein Geist weiter lebt als zukunftsfroher Ausblick für die deutsche Elektrotechnik.

Baclesse.

Internationaler Materialprüfungs - Kongreß in Amsterdam (13. bis 17. September 1927). Vor einem Jahr fand auf Einladung des holländischen und des schweizerischen Materialprüfungsverbandes eine Besprechung von Fachleuten aus aller Welt in Zürich statt, welche sich einstimmig für die Wiederabhaltung eines Internationalen Materialprüfungs-Kongresses in Amsterdam im Jahre 1927 aussprachen und die Vorbereitung desselben den beiden einladenden Verbänden übertrugen. Es soll versucht werden, auf diesem Kongreß auch wieder einen Internationalen Verband für Materialprüfung zu begründen, der vor dem Krieg ein immer mehr als unentbehrlich empfundenes Glied der technischen Arbeit war und dessen Fehlen bei der heute gesteigerten Wichtigkeit der Materialfragen und den auf Gemeinschaftsarbeit und Vereinheitlichung gerichteten Bestrebungen sich als empfindliche Lücke geltend macht. Jedenfalls steht bereits außer Zweifel, daß die seit 15 Jahren unterbrochene Reihe der Internationalen Materialprüfungs-Kongresse nunmehr ihre ständige Fortsetzung finden wird.

Als Folge des Wiederaufbaues der internationalen Beziehungen ist auf Initiative und unter dem Vorsitz des Präsidenten des Technischen Versuchsamtes Ing. Dr. Wilhem Exner und mit dem Sitz im Technischen Versuchsamt, Wien, IX., Michelbeuerngasse 6, auch in Österreich wieder ein Verband für Materialprüfung unter starker Teilnahme der Industrie und der Fachkreise gegründet worden. Der Österreichische Verband für die Materialprüfungen der Technik hat sich neben der Pflege der internationalen Beziehungen und der Förderung der inländischen Versuchs- und Forschungsarbeit ganz besonders die Aufgabe gestellt, die in anderen Ländern gewonnenen Forschungsergebnisse und Erfahrungen uns nutzbar zu machen, und den wesentlichen Anteil, welcher der Materialprüfung, Materialforschung und Materialkunde bei den wichtigen Fragen der Rationalisierung zukommt, ebenso wie in Deutschland und in den Weltstaaten, im Interesse der österreichischen Volkswirtschaft auch bei uns immer mehr zur Geltung zu bringen.

Der Amsterdamer Kongreß wird vom 13. bis 17. September tagen. Er führt in deutscher Sprache den den Fachleuten bekannten Namen „Internationaler Kongreß für die Materialprüfungen der Technik". Die holländische Bezeichnung lautet in deutscher Übersetzung „Internationaler Kongreß für Materialkenntnis", was den wirklichen Umfang des Faches sehr zutreffend ausdrückt. Für den Kongreß ist bereits eine Anzahl von österreichischen Teilnehmern und Berichterstattern angemeldet.

In den Hauptsitzungen werden sprechen: Lynch, East-Pittsburgh (Amerikanische Westinghouse-Gesellschaft), über „Materialprüfung als Ansporn für Forschungsarbeit", Mesnager, Paris (Vorsitzender des französischen Materialprüfungs - Verbandes, früher Straßen- und Brückenbau-Hochschule), über „Bruch der festen Körper", Körber, Düsseldorf (Institut für Eisenforschung), über das „Problem der Streckgrenze", Rosenhayn, Teddington (Physikalisches National-Laboratorium von England), über „Plastische Formänderung und Bruch der Metalle".

Der Kongreß wird in gewohnter Weise in 3 Sektionen, *A* (Metalle), *B* (Zemente, Steine und Beton) und *C* (Diverse: Öle, Kautschuk, Holz usw.) in deutscher, englischer und französischer Sprache arbeiten.

Digitized by Google

In Verbindung mit dem Kongreß werden ein Ausflug zur Besichtigung der Schleusenarbeiten in Ymuiden, eine Ausstellung von Baumaterialien aus den holländischen Kolonien, ein Schlußbankett in Scheveningen sowie verschiedene Veranstaltungen für die Damen der Kongreßmitglieder stattfinden. Die auf dem Kongreß gehaltenen Vorträge und Diskussionen werden nach dem Kongreß im Druck erscheinen und für die Kongreßteilnehmer zum Preise von 20 holl. Gulden erhältlich sein.

Der Österreichische Materialprüfungs - Verband entsendet zum Kongreß und zu den anläßlich desselben stattfindenden internationalen Besprechungen sein geschäftsführendes Vorstandsmitglied, Zivilingenieur Otto Hönigsberg und dessen Stellvertreter, Professor Dr. Hans Romanowicz.

Der Sitz des holländischen Kongreß-Komitees ist Amsterdam, Valckenierstraat 2.

Zeugnisse technischer Versuchsanstalten. Im Sinne der Lex Exner (Gesetz vom 9. September 1910, RGBl. Nr. 185) sind Zeugnisse, die von einer autorisierten technischen Versuchsanstalt ausgestellt sind, als öffentliche Urkunden anzusehen. Es war die Absicht des Gesetzgebers, diesen Zeugnissen eine besonders nachdrückliche Geltung zu verschaffen. Daß diese Absicht erreicht wurde, beweist die stets zunehmende Zahl von Erwerbungen der Autorisation, eine für die Entwicklung des Technischen Versuchswesens in Österreich sehr ersprießliche Einrichtung auf gesetzlicher Grundlage. Trotz dieser erhöhten Geltung der Zeugnisse kommen leider Fälle vor, daß von ausgestellten Zertifikaten technischer Versuchsanstalten eine mißbräuchliche Verwendung durch den Antragsteller erfolgt. Meist ist mit der Erlangung eines derartigen Attestes ein erhebliches geschäftliches Interesse verbunden. Es kommt vor, daß Zeugnisse im Wege der geschäftlichen Propaganda unvollkommen abgedruckt und verbreitet werden. Durch Weglassungen oder stilistische Änderungen kann der Sinn eines Zeugnisses leicht verändert werden. Wenn auch diese Fälle von mißbräuchlicher Verwendung nicht allzu zahlreich sind, hat das Technische Versuchsamt doch den Anlaß einiger diesbezüglicher Klagen, die ihm von Seite der Versuchsanstalten zugekommen sind, benützt, über die Frage des Schutzes der Zeugnisse gegen Mißbrauch eine Enquete abzuhalten. Als Referent fungierte der Präsident des Patentamtes, Sektionschef Bergmann, in seiner Eigenschaft als Leiter des Referates „Gewerblicher Rechtschutz" im Bundesministerium für Handel und Verkehr. Aus dem Berichte, den Sektionschef Bergmann bei Gelegenheit der Plenarsitzung des Beirates des Technischen Versuchsamtes am 5. Juli d. J. erstattete, geht hervor, daß weder das Gesetz gegen den unlauteren Wettbewerb, noch das Bundesgesetz, noch das Strafgesetz eine Handhabe bietet, um gegen eine unvollkommene Wiedergabe von Befunden der Versuchsanstalten einzuschreiten. Nur wenn die Wiedergabe durch eine Zeitung erfolgt, kann auf Grund des Gesetzes vom 7. April 1922, BGBl. Nr. 218, eine Berichtigung verlangt werden, auch dann, wenn die Veröffentlichung in Form eines Inserates erfolgt ist. Um zu einer Regelung zu gelangen, bleibt daher nur der Weg eines neu zu schaffenden Gesetzes für das ein Entwurf ausgearbeitet wurde.

Die wichtigste Bestimmung dieses Entwurfes lautet wie folgt: „Der Inhalt eines Zeugnisses, das von einer technischen Untersuchungs-, Erprobungs- oder Materialprüfungsanstalt im Rahmen der ihr durch das Gesetz vom 9. September 1910, RGBl. Nr. 185, erteilten Befugnis ausgestellt wurde, darf im geschäftlichen Verkehre auszugsweise oder in sonst veränderter Art in öffentlichen Bekanntmachungen oder in Mitteilungen, die für einen größeren Kreis von Personen bestimmt sind, nur dann wiedergegeben werden, wenn die Anstalt, die das Zeugnis ausgestellt hat, vorher ihre Zustimmung hiezu erteilt hat und wenn die auszugsweise oder sonst veränderte Wiedergabe ausdrücklich den Hinweis auf die Zustimmung der betreffenden Anstalt und auf die Abweichung der Wiedergabe von der Urausfertigung enthält." Co.

Abteilung für Feuerungs- und Gastechnik an der Technischen Hochschule in Wien. An der Technischen Hochschule in Wien besteht eine Unterabteilung für Feuerungs- und Gastechnik, in welcher die Hörer sowohl jene Gegenstände hören, welche die Feuerungstechniker als auch die Gastechniker benötigen und die sich sowohl auf Maschinenbau als auch auf Chemie beziehen. Der dazu erforderliche Lehrplan, der großes Gewicht auf die Ausbildung in praktischen Laboratoriumsarbeiten legt, erfordert 9 Semester und schließt mit einer Diplomarbeit. Den fertigen Diplom-Ingenieuren ist weiter auch noch Gelegenheit zur Erwerbung des Doktortitels der technischen Wissenschaften gegeben. Die so ausgebildeten Feuerungs- und Gastechniker finden gerne Aufnahme in der Industrie.

Obwohl die Anzahl der im ersten Jahrgange aufzunehmenden Hörer auf 20 beschränkt ist, sind die Aussichten der Aufnahme bei rechtzeitiger Anmeldung günstig. Die Einschreibungen beginnen am 15. September beim Rektorat der Technischen Hochschule in Wien, IV., Karlsplatz 13.

Der Reichsverband des deutschen Elektro-Installateur-Gewerbes e. V. (VEI), Frankfurt am Main, ist aus dem seit 25 Jahren bestehenden „Verband deutscher Elektro-Installationsfirmen" hervorgegangen. Der Reichsverband hat eine außerordentlich günstige Entwicklung genommen. Er zählt heute fast 9000 Elektro-Installationsfirmen aus dem ganzen Reiche zu seinen Mitgliedern, die in 17 Bezirksvereinen und mehr als 380 lokalen Organisationen zusammengeschlossen sind. Der Gründer des Verbandes, Herr Gg. Montanus, Frankfurt a. M., wurde auf dem Jubiläums-Verbandstage im Juni d. J. zum Ehrenvorsitzenden des Verbandes ernannt.

Literaturberichte.

2953 **Schalterbau, 2. Band.**[1]) Schaltlehre (Wege zum Schaltplan) Von Prof. Ing. R. Edler. 2. Auflage. Leipzig 1927. Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung. 407 Seiten mit 346 Abb. Preis geh. Mk. 18·50, geb. Mk. 19·75.

In der Folge „Schalterbau" ist nun der zweite Band: „Schaltlehre" erschienen. Die Schaltlehre stellt sich die Aufgabe, nach Feststellung der Schaltbedingungen auf Grund der möglichen Schaltungen die besten Lösungen herauszusuchen und den „Schaltplan" zu entwerfen. Ausgehend von den einfachen Schaltungen der Installationstechnik, werden die Schaltungen für Beleuchtungsanlagen, Akkumulatorenbatterien und Meßgeräte behandelt, dann auf die Ausbildung von Schaltwalzen, Anlasser übergegangen und schließlich die schwierigen Aufgaben der Block- und Stellwerksschaltungen einer eingehenden Besprechung unterzogen.

Das Neue und Wertvolle an der Darstellung beruht darauf, einfache Wege zu zeigen — Vorläufer mit viel Theorie gibt es schon, — folgerichtig vorzugehen, statt des vielen mehr oder weniger von der Geschicklichkeit und Erfahrung des Konstrukteurs abhängenden Herumsuchens, wobei man doch nicht sicher war, ob nicht eine noch günstigere Lösung vergessen wurde; die neue Darstellung verschafft schließlich die Überzeugung, keine der möglichen und zulässigen Lösungen ausgelassen zu haben, was für den Konstrukteur so wertvoll ist. Das Buch kann den einschlägigen Fachkreisen bestens empfohlen werden.

Ing. V. Horwatitsch.

3525 **Einige Prinzipien der theoretischen mechanischen Technologie der Metalle.** Von Hofrat A. Reitö, Professor der mechanischen Technologie an der Technischen Hochschule zu Budapest. Ordentl. Mitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften. — 503 S. mit 232 Abb. und 40 Zahlentafeln. 1927. Selbstverlag des

[1]) Vgl. die Besprechung des ersten Bandes E. u. M. 1924, S. 28.

Digitized by Google

Verfassers. In Kommission bei VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin.

Der Verfasser hat in den Jahren 1915 bis 1924 ein vierbändiges Werk über die Grundlagen der bleibenden Formänderungen in ungarischer Sprache herausgegeben. Nunmehr erscheint der die Metalle betreffende Teil unter dem angegebenen Titel in deutscher Sprache. Das vorliegende Werk ist als erstes seiner Art zu bezeichnen. Es liegt in ihm der Versuch vor, die mechanische Technologie als exakte Wissenschaft, auf benachbarte Wissensgebiete gestützt, aufzubauen. Mechanik, insbesondere die Bruchtheorien, Kristallographie, Atomtheorie, Metallographie, Chemie und physikalische Chemie spielen eine wichtige Rolle, speziell in dem ersten Hauptteil, der die Wirkung der inneren Kräfte auf das Gefüge behandelt. Der zweite Hauptteil, (Wirkung der äußeren Kräfte auf das Gefüge) ist der Hauptsache nach der Mechanik der bleibenden Formänderungen gewidmet. Das interessante Werk ist des eingehenden Studiums wert. Basch.

Eingelaufene Bücher.

Raxbahn. Die elektrischen Einrichtungen der Seilschwebebahn auf die Raxalpe. Von Dr. Ing. Felix Horschitz. 27 Seiten mit 14 Abb. Scholle-Verlag. Wien 1927.

Die Schrift enthält eine eingehende Darstellung dieser interessanten Bergbahn in außerordentlich schöner Austattung. Die Einrichtung dieser Bahn ist in dem Aufsatz des Autors in E. u. M. 1926, Seite 562, beschrieben.

Siemens-Jahrbuch 1927. Herausgegeben von der Siemens & Halske A.-G. und den Siemens-Schuckertwerken G. m. b. H. 472 Seiten. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin.

Anleitung zur Durchführung von Versuchen an Dampfmaschinen, Dampfkesseln, Dampfturbinen unn Verbrennungskraftmaschinen. Zugleich Hilfsbuch für den Unterricht in Maschinenlaboratorien technischer Lehranstalten. Von Dipl. Ing. Franz Seufert. Achte, verbesserte Auflage. 161 Seiten mit 55 Abb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 3·60.

Untersuchungen über den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit von Ölen und seine Bedeutung für die Schmiertechnik. Mitteilung aus dem Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Karlsruhe 1925/26. Von Dr. Ing. S. Kießkalt. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Heft 291. 14 Seiten und eine zweiseitige Tabelle, mit 8 Abb. und 7 Zahlentafeln. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis brosch. Mk. 3·50, für VDI-Mitglieder Mk. 3·15.

Elektrotechnische Lehrhefte. II. Teil. Magnetismus und Wechselstromtechnik. Von Prof. Dipl. Ing. G. Haberland. 123 Seiten mit 151 Abb. Bibliothek der ges. Technik 352. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1927. Preis Mk. 1·95.

Was müssen Käufer und Verkäufer elektrischer Arbeit von der Phasenverschiebung und ihrer Bekämpfung wissen? Von Ing. Gustav M. Meyer. 182 Seiten mit 74 Textabb., Bodenbach a. d. Elbe 1927. Meyer's Techn. Verlag. Preis Mk. 5·—, čK 40·—, S 8·—, schw. Fr. 7·—.

Die Herstellung der Blattfedern. Von T. H. Sanders. Deutsche Übersetzung von A. Cecerle. 245 Seiten mit 182 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 27·—.

Kraft- und Wärmewirtschaft in der Industrie. I. Band. Von Dr. Ing. Ernst Reutlinger und Ing. M. Gerbel. Gleichzeitig dritte, vollständig erneuerte und erweiterte Auflage von Urbahn-Reutlinger, Ermittlung der billigsten Betriebskraft für Fariken. 264 Seiten 109 Textabbildungen und 53 Zahlentafeln. Verlag Julius Springer, Berlin und Wien 1927. Preis Mk. 16·50.

Vorrichtungen im Maschinenbau nebst Anwendungsbeispielen aus der Praxis. Von Obering. Otto Lich. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. 500 Seiten mit 656 Tetaxbb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 26·—

Die Maschinenfeuerversicherung und Maschinenbetriebsschädenversicherung nach den §§ 81 ff. des Reichsgesetzes über den Versicherungsvertrag vom 30. Mai 1908 und den Versicherungsbedingungen für die Feuerversicherung sowie den Versicherungsbedingungen der Betriebsschädenversicherung. Von Dr. Werneburg. Stilke's Rechtsbibliothek Nr. 58. 120 Seiten. Verlag Georg Stilke, Berlin 1927. Preis Mk. 3·50.

Berichtigung.

Fortschritte im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen. Von F. Niethammer, Prag, Heft 29 und 30 d. J.

Im Heft 30, Seite 612, ist in der zweiten Spalte, unten, folgendes zu berichtigen:

Stator: Bohrung $D = 990$ mm; 72 Nuten.

Rotor: $2 \times 16 = 32$ Nuten bewickelt; $2 \times 5 = 10$ Nuten unbewickelt; Teilleiter etwa 4×5 mm².

D. S.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg	29. VIII. 1927	31. VIII. 1927	2. IX. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126	126	126¼
(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg			
Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	50-51	50-51	49½ 50½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	85—90	85—90	85—90

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 2. September 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	0	0	62	5	0
Wire bars	62	5	0	—	—	
Standard { Kassa . .	54	12	6	54	13	9
Standard { 3 Monate .	55	2	6	55	3	9
Zinn:						
Engl. ingots	286	5	0	287	5	0
Standard { Kassa . .	289	0	0	289	5	0
Standard { 3 Monate .	284	10	0	284	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	23	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	27	6	3	27	10	0
Remelted	27	15	0	—	—	—
English Swansea . .	27	16	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.

Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.

Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 18. September 1927 | Heft 38

INHALT: Der wirtschaftlichste Betriebsplan der Kesselbatterie eines Wärmekraftwerkes. Von Ing. J. Hak, Paris. S. 753. / Die zusätzlichen Eisenverluste in Drehstromasynchronmotoren. (Erster Teil). Von Dr.-Ing. L. Dreyfus, Västerås. (Schluß). S. 756.

RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 762. / Verbrennungskraftmaschinen. S. 763. Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 764. Elektrische Meßkunde. S. 764. / Stromverteilung. S. 765 Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 766. / Elektrische Apparate. S. 767. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 767. / Baustoffe. S. 768.

PATENTBERICHT. S. 768.

CHRONIK. S. 770.

LITERATURBERICHTE. S. 771.

Der wirtschaftlichste Betriebsplan der Kesselbatterie eines Wärmekraftwerkes.

Von Ing. J. **Hak**, Paris.

Die erhöhte Aufmerksamkeit, die in den letzten Jahren dem durchschnittlichen Wirkungsgrade des Kesselhauses in Wärmekraftwerken gewidmet wird, führt zur eingehenden Untersuchung der wirtschaftlichsten Gruppierung der einzelnen Kessel einer Batterie. Eine praktische Bedeutung hat die exakte Lösung dieses Problems erst seit Einführung der jetzt schon genügend verläßlich wirkenden automatischen Kesselregulatoren erhalten, da nämlich die übliche Handregulierung der Kessel nur in ganz grober Annäherung den Folgerungen dieser Lösung nachkommen kann.

Könnte man einen Kessel ohne weiters mit irgend einer üblichen industriellen Einrichtung, zum Beispiel mit einem Generator vergleichen, so wäre das Problem des Kesselbetriebsplanes mit jenem der wirtschaftlichsten Gruppierung von einigen eine übliche Wirkungsgradcharakteristik aufweisenden Maschinen gleichwertig, und seine Lösung derjenigen des wirtschaftlichsten Parallelbetriebs mehrerer Generatoren oder Transformatoren ähnlich. Der Hauptunterschied liegt, im Falle einer Kesselbatterie in dem Umstande, daß ein täglich für einige Stunden abgestellter Kessel, im Gegensatz zum stillstehenden Generator, gewisse Stillstandsverluste bezw. Leerlaufverluste aufweist, die in der Berechnung berücksichtigt werden müssen.

Um ein anschauliches Bild von dem Kohlenverbrauch eines Kessels zu gewinnen, benützen wir für die Berechnung nicht die übliche Wirkungsgradcharakteristik, sondern die Kohlenverbrauchskurve,[1]) die den perzentualen Kohlenverbrauch (in Prozenten des Vollbetriebsverbrauchs) in Abhängigkeit von der perzentualen Belastung ergibt. Für größere moderne Kessel hat diese Kurve etwa die in der Abb. 1 angegebene Gestalt, das heißt sie kann, mit Ausnahme von Anfangswerten, durch eine Gerade ersetzt werden. Bezeichnet man mit v_0 den Schnittpunkt dieser Geraden mit der Nullachse, so kann für den perzentualen Kohlenverbrauch v bei der Belastung b vH

$$v = v_0 + \alpha b$$

gesetzt werden, wo α den von der Belastung unabhängigen spezifischen Kohlenverbrauch bedeutet. Nur bei schwacher Belastung wird der Kohlenverbrauch durch unvermeidliche Zusatzverluste, die von der Kesselkonstruktion, der Feuerungsart usw. abhängig sind, vergrößert, und erreicht, bei der Nullbelastung, einen Wert v_n. Im Leerlauf, wo kein Dampf abgegeben wird, der Kessel sich aber unter Volldruck befindet, wird der Kohlenverbrauch v'_0 ausschließlich zur Deckung der

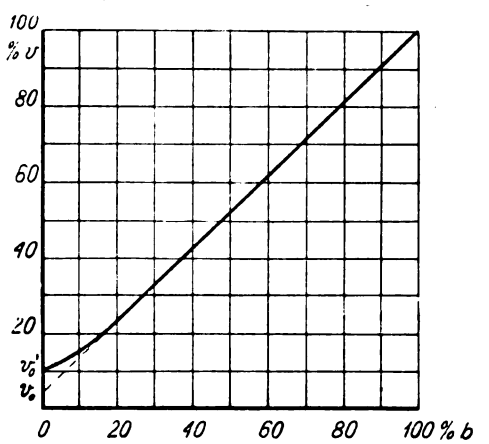


Abb. 1. Kohlenverbrauch v in vH des Vollbetriebsverbrauchs in Abhängigkeit von der perzentualen Belastung b.

Wärmeverluste verwendet. Der Leerlaufkohlenverbrauch einer Leerlaufperiode ist also der Zeit proportional.

Bei einem abgestellten Kessel dagegen verursachen die dauernd ablaufenden Wärmeverluste eine Abkühlung des Mauerwerkes und besitzen eine mit der Zeit sinkende Charakteristik. Die Stillstandsverluste eines Kessels sind hauptsächlich die durch Strahlung und Leitung verursachten Abkühlungsverluste, die man, am Anfang der Stillstandsperiode den gleichmäßigen einem Versuch

[1]) Stein: Regelung und Ausgleich in Dampfanlagen, Springer 1926, S. 133; vgl. E. u. M. 1927, Heft 7, S. 139.

Digitized by Google

im Vollbetriebe entnommenen Verlusten gleichsetzen könnte. Da aber der stillstehende Kessel auch gegen den Innenraum Wärme abgibt, weil praktisch der Feuerraum nicht vollständig luftdicht abgeschlossen werden kann, so sind die Stillstandsverluste am Anfang der Stillstandsperiode etwa 1·5 bis 2 mal größer als die Verluste durch Strahlung und Leitung im Vollbetriebe.

Nimmt man an, was natürlich nur wenig angenähert gelten kann, daß die Abkühlung eines Kessels jenem eines homogenen Körpers gleichgesetzt werden kann, und daß die Stillstandsverluste der Temperatur proportional sind, so kann ihr Verlauf rechnerisch verfolgt werden; sie sinken nach der Exponentialkurve mit der Zeit ab. Die der bekannten Gleichung für die Abkühlung eines Körpers gleichwertige Gleichung

$$s = s_a e^{-\frac{t}{Z}},$$

wo s die Stillstandverluste zur Zeit, t, s_a die Anfangsstillstandverluste und Z eine Zeitkonstante bedeuten, ergibt für die gesamten Stillstandsverluste S während einer Periode von t Stunden

$$S = \int_0^t s\,dt = \left(1 - e^{-\frac{t}{Z}}\right) Z\, s_a.$$

Über die Größe von Stillstandverlusten liegen nur wenige veröffentlichte Versuche vor. Nach den von Praetorius[2]) durchgeführten Messungen kann etwa $Z = 80$ Stunden gesetzt werden, was natürlich nur für die untersuchten Kessel gilt. Die Gleichung für S lieferte, unter Annahme dieses Wertes Z und für drei verschiedene Anfangswerte s_a, die in der folgenden Zusammenstellung wiedergegebenen Gesamtstillstandsverluste S in vH des Vollbetriebskohlenverbrauchs:

Stillstandsperiode t =	1	2	4	6	8	10	12	14	20	24	30	48	80	∞ Stunden
S = für s_a = 5 vH	4·9	9·9	19·5	28·8	38	47	56	64	88·5	103	125	180	253	400 vH
„ s_a = 6 „	5·9	11·8	23·4	34·6	46	56	67	77	106	124	150	216	303	480 „
„ s_a = 7 „	6·9	13·8	27·3	40·3	53	65	78	90	124	145	175	252	354	560 „

Die Stillstandsverluste müssen bei der Wiederaufnahme des Betriebes ersetzt werden. Es geschieht nicht nur während der Anlaufperiode, in der der Dampfdruck auf den Betriebswert gesteigert wird, sondern auch noch in den ersten Stunden des Vollbetriebes bevor das Mauerwerk die normale Temperatur erreicht hat. Dieses Ersetzen der Stillstandsverluste äußert sich dadurch, daß der Wirkungsgrad des Kessels nur allmählich seinen normalen Wert erreicht. Bei kurzen Betriebsperioden wird dieser Normalwert nicht einmal am Ende der Betriebsperiode erreicht. Zur Durchführung von Vergleichsrechnungen, die an sich nur sehr angenähert sein können, genügt es aber, mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrade zu rechnen, der sich über die ganze Anlauf- und Betriebsperiode erstreckt. Da aber das Erwärmen des Mauerwerkes mit einem Wirkungsgrade erfolgt, der etwa dem der Feuerung (55 bis 65 vH) gleichgesetzt werden kann, so sind die tatsächlichen, den Stillstandverlusten entsprechenden Kohlenmengen etwa 1·5 bis 1·8 mal größer als die oben angegebenen Werte von S.[3])

Für einen im 10-stündigen täglichen Betrieb (Anlaufzeit inbegriffen) befindlichen Kessel, dessen Anfangsstillstandverluste 6 vH betragen, ist nach der obigen Zusammenstellung der Stillstandkohlenverlust $S = 77$ vH. Hat der Kessel einen normalen (besten) Wirkungsgrad $\eta_b = 80$ vH, so beträgt sein durchschnittlicher täglicher Wirkungsgrad nur noch

$$\eta = \frac{10.80 - 77.1{\cdot}7}{10.100} = 67\text{ vH}.$$

Um der gestellten Aufgabe näher zu treten, untersuchen wir zuerst den einfachen Fall von zwei parallelarbeitenden Kesseln. Der erforderliche

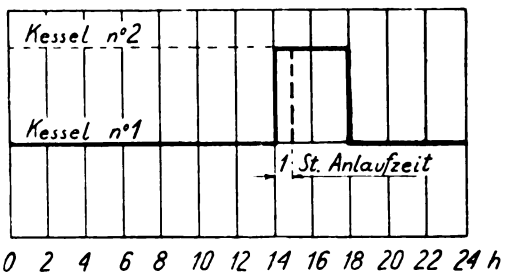


Abb. 2. Beispiel. Betriebsplan einer Anlage von zwei Kesesln.

Dampfbedarf ergibt zum Beispiel die in der Abb. 2 angedeutete Kesselgruppierung. Der Kessel n^0 1 ist dauernd, der Kessel n^0 2 (Spitzenkessel) nur während 4 Stunden (Anlaufzeit inbegriffen) im Betriebe. Der Einfachheit halber soll vorausgesetzt werden, daß die beiden Kessel nur vollbelastet, das heißt ohne zusätzliche Verluste durch Belastungsänderung laufen, was natürlich in der Praxis nie der Fall sein kann. Wird der Kessel n^0 2 täglich nach 4-stündiger Betriebsperiode abgestellt, so betragen seine Stillstandsverluste, bei $s_a = 7$ vH, 124 vH, und der tägliche durchschnittliche Wirkungsgrad der Anlage ist, mit Annahme von $\eta_b = 80$ vH,

$$\eta = \frac{80.24 + 80.4 - 124.1{\cdot}7}{100.24 + 100.4} = 72{\cdot}5\text{ vH}.$$

Könnte man dagegen den Kessel n^0 2 während der Periode der schwachen Belastung der Anlage leerlaufen lassen, so wäre seine Betriebsperiode auf 3 Stunden beschränkt. Betragen die in der Abb. 1 eingetragenen tatsächlichen Leerlaufverluste zum Beispiel $v'_0 = 10$ vH, so wäre der dieser zweiten Betriebsart entsprechende Wirkungsgrad der Anlage

$$\eta = \frac{80.24 + 80.3}{100.24 + 100.3 + 21.10} = 74\text{ vH}.$$

Nun ist aber theoretisch noch eine dritte Betriebsart möglich, bei der im Gegensatz zu den

[2]) Arch. für Wärmewirtschaft 1925, Heft 2 und 11; 1926, Heft 1; Stein, a. a. O., S. 139.

[3]) Vgl. Gercke, ETZ 1925, S. 884.

Digitized by Google

beiden vorgehenden, kein Kessel abgestellt oder im Leerlauf gelassen wird. Beide Kessel dienen dauernd zur Deckung des gesamten Dampfbedarfs, der fortwährend gleichmäßig auf sie verteilt wird. Dann arbeiten zwar die beiden Kessel während 21 Stunden nur mit Halblast, und ihr Wirkungsgrad beträgt nur

$$80 . \frac{50}{50 + 0{\cdot}5\, v_0} \text{ vH.}$$

wie es der Kurve Abb. 1 entnommen werden kann, aber der durchschnittliche Wirkungsgrad der Anlage ist verbessert. Er erreicht, wenn der Wert von v_0 (Abb. 1) zum Beispiel 4 vH beträgt,

$$\eta = \frac{2.21.40 + 2.3.80}{2.21.50 + 2.21.0{\cdot}5.4 + 2.3.100} = 77{\cdot}5 \text{ vH},$$

was gegenüber den beiden ersten Fällen eine nicht zu unterschätzende Ersparnis ergäbe.

Wirkungsgrade, die diese Vergleichsrechnung für den Betrieb mit Kesselabstellung bezw. mit Leerlauf ergibt, hängen von den Werten von s_a und v'_0 und von der Länge der Stillstands- oder Leerlaufperiode ab. Für kleine s_a und größere v'_0 sowie für kurze Stillstandsperioden kann der Betrieb mit abgestelltem Kessel einen höheren durchschnittlichen Wirkungsgrad der Anlage ergeben. Ausschließlich aber wird man bei dem durchlaufenden Betrieb beider Kessel wesentlich höhere Werte des durchschnittlichen Wirkungsgrades erhalten, da nämlich v_0 fast immer kleiner als s_a ist.

Ganz ähnlich kann der kompliziertere Fall mehrerer Kessel behandelt werden. Für eine Anlage von zum Beispiel fünf Kesseln, deren Betriebszeiten in der Abb. 3 eingetragen sind, erhält man, mit Benutzung von $s_a = 7$ vH und $\eta_b = 80$ vH, für die erste Betriebsart (Stillstandsetzen von vier Kesseln):

$$\eta = \frac{(24 + 14 + 10 + 5 + 3)\,80 - (65 + 90 + 118 + 129)\,1{\cdot}7}{(24 + 14 + 10 + 5 + 3)\,100} = 68 \text{ vH}.$$

Werden die vier Kessel n^0 2 bis 5 im Leerlauf belassen, so wird, bei $v'_0 = 10$ vH, der durchschnittliche Wirkungsgrad der Anlage:

$$\eta = \frac{(24 + 13 + 9 + 4 + 2)\,80}{(24 + 13 + 9 + 4 + 2)\,100 + (11 + 15 + 20 + 22).10} = 71 \text{ vH}.$$

Arbeitet man endlich dauernd mit sämtlichen Kesseln der Anlage indem man den jeweils nötigen Dampfbedarf gleichwertig auf sie verteilt, so erhält man, bei $v_0 = 4$ vH,

$$\eta = \frac{5.11.\frac{1}{5}.80 + 5.4.\frac{2}{5}80 + 5.5\frac{3}{5}80 + 5.2.\frac{4}{5}80 + 5.2.80}{5.11\left(\frac{1}{5}100 + \frac{4}{5}4\right) + 5.4\left(\frac{2}{5}100 + \frac{3}{5}4\right) + 5.5\left(\frac{3}{5}100 + \frac{2}{5}4\right) + 5.2\left(\frac{4}{5}100 + \frac{1}{5}4\right) + 5.2.100} = 76 \text{ vH}.$$

Praktische Anwendungsmöglichkeiten.

Die Voraussetzungen der durchgeführten Rechnungen stellen natürlich nur eine grobe Annäherung an die praktisch vorkommenden Verhältnisse vor.

Es ist nicht zu vergessen, daß der vollständige Leerlauf eines Kessels nur ziemlich schwierig und nur bei gewissen Maßnahmen durchführbar ist. Auch die tatsächliche Verteilung der Schwachbelastung auf sämtliche Kessel der Anlage ist mit Rücksicht auf die Dampfüberhitzung nur schwer oder nur teilweise zu bewerkstelligen.

Außerdem ist die Belastung der Kesselbatterie durch die Belastungskurve des Werkes gegeben und ändert sich nicht stufenweise, wie zur Vereinfachung der Rechnung angenommen werden mußte. Die Kessel befinden sich daher während der Betriebsperioden nicht in einem regelmäßigen Voll-

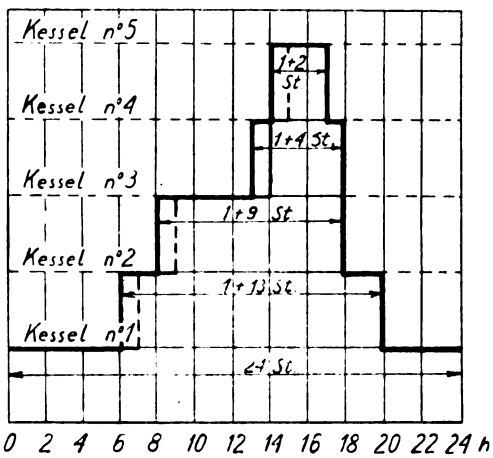


Abb. 3. Beispiel. Betriebsplan einer Anlage von fünf Kesseln.

betriebe, sondern in dauernd schwankendem Betriebe.

Da jede Belastungsänderung besondere, bei der Handregulierung unvermeidliche Zusatzverluste zur Folge hat,[4]) so können die für die drei Betriebsarten angegebenen Werte des durchschnittlichen Wirkungsgrades nicht erreicht werden. Trotzdem, da der schädliche Einfluß der Belastungsänderungen sich bei den beiden ersten Betriebsarten gleich fühlbar macht, kann die beschriebene Berechnung einen Anhalt für den Vergleich des Betriebes mit abgestellten und mit leerlaufenden Kesseln ergeben.[5])

Wäre der Einfluß der Belastungsänderungen auch für die dritte Betriebsart (ununterbrochener Betrieb sämtlicher Kessel) derselbe geblieben, so könnte man alle drei Betriebsarten untereinander vergleichen, und man hätte so die Überlegenheit

[4]) Vgl. Josse, ZVDI 1922, S. 62; G. Hilliger, ZVDI, 1923, S. 1045.

[5]) Vgl. Stein, a. a. O., S. 144.

Digitized by Google

dieser dritten Betriebsart bewiesen. Bei einer Handregulierung der Kessel ist dies aber nicht der Fall; die notwendige Verteilung der Gesamtbelastung auf die einzelnen Kessel der Batterie, die dauernd und mit Genauigkeit erfolgen müßte, ruft dauernde und im Vergleich zu den beiden ersten Betriebsarten vergrößerte Schwankungen in der Belastung der einzelnen Kessel hervor, so daß die dadurch verursachten Zusatzverluste erheblich vergrößert würden.

Die theoretisch durch die dritte Betriebsart erzielte Verbesserung wäre daher praktisch durch die vermehrten Zusatzverluste wieder aufgehoben, und der praktisch erzielbare durchschnittliche Wirkungsgrad vielmehr unter die bei den beiden ersten Betriebsarten erreichbaren Werte gesunken.

Automatische Kesselregler.

Es ist leicht anzusehen, daß eine Beseitigung der zusätzlichen Verluste durch Belastungsänderung, die Vorteile der dritten Betriebsart vollständig zur Wirkung bringen kann, soweit sie mit Rücksicht auf andere oben angegebene Umstände wenigstens teilweise durchführbar ist.

Hat man mit den Zusatzverlusten durch Belastungsänderung nicht oder nur in ganz beschränktem Maße zu rechnen, so können die Ergebnisse der vorstehenden Näherungsrechnung für alle drei Betriebsarten untereinander verglichen werden, und die Überlegenheit der letzten Betriebsart bleibt auch praktisch bestehen.

Eine fast vollständige Beseitigung der Zusatzverluste durch Belastungsänderung ist durch die automatischen Kesselregler, auf die hier bei dieser Gelegenheit nur ganz kurz hingewiesen werden kann,[6]) gegeben. Sie ersetzen die Handregulierung durch eine mit Genauigkeit und ohne Verzögerung wirkende selbstständige Regulierung, und einer der größten Vorteile liegt eben darin, daß sie den durchgehenden Betrieb der mit ihnen ausgerüsteten Kessel ermöglichen. Die als dritte angegebene Betriebsart findet dann auch eine praktische Verwendung und kann eine erhebliche Verbesserung des durchschnittlichen Wirkungsgrades der Anlage ergeben.

In den letzten Jahren finden die automatischen Kesselregler eine immer steigende Verwendung in Wärmekraftwerken. So stellt zum Beispiel die Fa. Roucka in Blansko (Mähren) derartige Apparate (Brenngeschwindigkeitsregler, Luft- und Dampfmeßapparate usw.) her, über die in der Zeitschrift bereits eingehend berichtet worden ist.[7])

[6]) Siehe zum Beispiel: Münzinger, ZVDI 1925, S. 808; Niethammer, ZVDI 1925, S. 861; Schulz, ZVDI 1926, S. 718; Berner, Braunkohle 1926, 30. Jänner.

[7]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, Heft 12, S. 60 ff.

Die zusätzlichen Eisenverluste in Drehstromasynchronmotoren.

Erster Teil.

Die Berechnung der zusätzlichen Eisenverluste in Drehstromasynchronmotoren mit Schleifringanker.

Von Dr. Ing. L. Dreyfus, Västerås.

(Schluß aus Heft 37, Seite 737.)

Zusammenstellung der Bezeichnungen für gewisse Maschinen-Abmessungen, Wicklungdaten und elektromagnetische Daten (vergl. Abb. 10).

Direkte Abmessungen (cm, cm², cm³).

D Luftspalt-Durchmesser,
L' Ankereisenlänge inklusive Blechisolation,
L Ankereisenlänge exklusive Blechisolation,
δ Luftspalt,

$d = \sqrt{\delta^2 + \left(\frac{b_s}{2}\right)^2}$ siehe Abb. 1,

Δ' Blechstärke inklusive Blechisolation,
Δ Blechstärke exklusive Blechisolation,
$O = D\pi L$ Ankereisenoberfläche im Luftspalt exklusive Blechisolation (glatter Anker),
τ Polteilung am Luftspalt,
τ_z Zahnteilung am Luftspalt,
b_z Zahnstegbreite gleich hinter der Zahnkrone,
b_s Schlitzbreite,
h Nutentiefe,
b Nutenbreite,
τ'' Polteilung im Nutengrund,
τ_z'' Zahnteilung im Nutengrund,
b_z'' Zahnbreite im Nutengrund,
b'' Nutenbreite im Nutengrund,
b_{zm} mittlere Zahnbreite.
H Rückenhöhe,
V_z Zahnvolumen.

Besonders eingeführte Abmessungen und Rechengrößen.

y', y'' Funktionen von $\frac{b_s}{\delta}$ siehe Abb. 2 und 5,

η_W, η_H Funktionen von $\frac{H}{\tau''}$ siehe Abb. 8 und 9,

δ' Ersatz-Luftspalt, der die feldschwächende Wirkung der Nutenschlitze berücksichtigt,

δ_t Ersatz-Luftspalt für das Sägezahnfeld, der den magnetischen Widerstand der Zahnkronen und Zahnstege berücksichtigt.

$\tau_z' = \tau_z - b_s y'$ reduzierte Zahnteilung am Luftspalt,

$O' = O\frac{\tau_z'}{\tau_z}$ reduzierte Ankereisenoberfläche,

$2\sigma_r$ Breite der Einsattelung des Nutenschlitzfeldes, siehe Abb. 1 und Gl. (1 b),

σ_t Schrägung des Sägezahnfeldes, siehe Abb. 4 und Gl. (2 a).

Pohlzahl, Nutenzahl, Wicklungsdaten und ähnliche Zahlen.

p Polpaarzahl,
Q Nutenzahl,
q_0 Nutenzahl pro Polpaar,
q Nutenzahl pro Pol und Phase,

Digitized by Google

$q_0' = q_0 \frac{\tau_z}{\tau_z'}$, $q' = q \frac{\tau_z}{\tau_z'}$ } scheinbare Nutenzahlen (Rechnungsgrößen),

n_s Leiterzahl pro Nut,

a Anzahl der parallelen Kreise,

f_1 Wicklungsfaktor für die Grundwelle des Hauptfeldes.

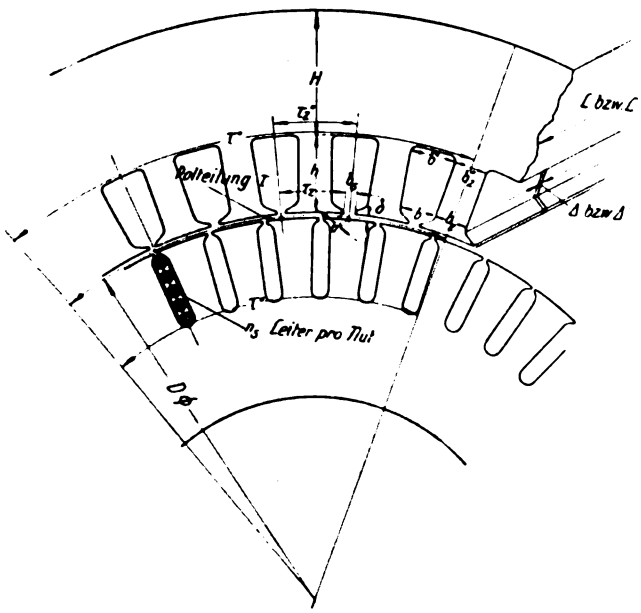


Abb. 10. Bezeichnungen.

Geschwindigkeiten, Periodenzahlen sowie einige elektromagnetische Daten.

v_s synchrone Umfangsgeschwindigkeit,

v Umfangsgeschwindigkeit,

ν_s synchrone Periodenzahl,

ν Rotations-Periodenzahl,

$\nu_z = \nu \cdot q_0$ Zahnperiodenzahl (Grundwelle),

λ elektrische Leitfähigkeit der Ankerbleche ($\lambda = 6$),

μ_z wirksame Permeabilität für die dem Hauptfeld überlagerten Zahnfelder,

$\xi = \Delta \cdot 2\pi \sqrt{\nu_z \lambda \mu_z 10^{-6}}$ reduzierte Blechstärke für die Zahnperiodenzahl [Gl. (4)],

σ_H Hysteresekoeffizient für das Hauptfeld,

σ_H' Hysteresekoeffizient für die Zahnfelder,

B_c Konstante des Ansatzes (8) für die Hystereseverluste,

f_W, f_H Funktionen von ξ, welche den Skineffekt berücksichtigen (Abb. 6 und 7),

B_g' Amplitude der Grundwelle des Hauptfeldes,

$B_g = B_g' \cdot \frac{\delta'}{\delta}$ Hauptfeldinduktion (Amplitude) zwischen den Zahnkronen,

$\overline{B_r}$ Tiefe des Nutenschlitzfeldes [Gl. (1 a)],

$\overline{B_t}$ Höhe des Sägezahnfeldes für $\sigma_t = 0$ [Gl. (2 c)],

$\overline{B_t'}$ Höhe des Sägezahnfeldes für $\sigma_t = 0$ [Gl. (2 b)],

J Strom pro Phase (Effektivwert),

J_0 Leerlaufstrom (Effektivwert),

Formeln zur Berechnung der normalen Eisenverluste, sowie der zusätzlichen Reluktanz- und Treppenverluste.

1. Die normalen Eisenverluste (Index n) in Rücken und Zähnen des primären Teiles, verursacht durch das Hauptfeld B_g'.

Die im folgenden angegebenen Werte für die „normalen" Wirbelstromverluste sind mit Rücksicht auf die ungenügende Isolation zwischen den Ankerblechen mit 2 bis 3 zu multiplizieren.

Wegen der in Wirklichkeit stets vorhandenen Abplattung der Hauptfeldkurve durch die Eisensättigung sollten die Hystereseverluste in den Statorzähnen etwas kleiner sein als nach der folgenden Rechnung, was aber häufig durch die Verschlechterung des Eisens beim Stanzen und Ausdornen der Nuten wieder ausgeglichen wird. Für die Berechnung der Rückenverluste empfiehlt es sich, σ_H und B_c für jede Blechsorte durch Messung der Eisenverluste eines ungenuteten Ankers zu bestimmen.

Zahnkranzverluste:

Wirbelstromverluste:

$$W_{nz} = \left(\pi^2 \frac{\lambda}{6}\right) \cdot \left[\frac{v_s}{100} \cdot \frac{B_g'}{10000} \cdot \frac{\tau_z}{b_{zm}} \cdot \Delta'\right]^2 \cdot V_z \quad (13).$$

Hystereseverluste:

$$\left.\begin{aligned} H_{nz} &= \frac{\sigma_H}{10} \cdot \left(1 + \frac{B_c}{B_g' \frac{\Delta'}{\Delta} \frac{\tau_z}{b_{zm}}}\right) \cdot \frac{v_s}{100} \cdot \\ &\quad \cdot \left(\frac{B_g'}{10000} \cdot \frac{\Delta'}{\Delta} \frac{\tau_z}{b_{zm}}\right)^2 \cdot V_z \\ &= W_{nz} \cdot \frac{\sigma_H \left(1 + \frac{B_c}{B_g' \frac{\Delta'}{\Delta} \frac{\tau_z}{b_{zm}}}\right)}{\frac{\pi^2}{10} \frac{\lambda}{6}} \cdot \frac{1}{\nu_s \Delta^2} \end{aligned}\right\} \quad (14).$$

Rückenverluste:

Wirbelstromverluste:

$$\left.\begin{aligned} W_{nr} &= \left(\frac{\pi}{2} \frac{\lambda}{6} \eta_W\right) \cdot \frac{100}{2\tau} \cdot \\ &\quad \cdot \left[\frac{v_s}{1000} \cdot \frac{B_g'}{10000} \cdot \Delta'\right]^2 \cdot O \\ &= \left(\frac{\pi}{2} \frac{\lambda}{6} \eta_W\right) \cdot 2\tau \cdot \\ &\quad \cdot \left[\frac{v_s}{100} \cdot \frac{B_g'}{10000} \cdot \Delta'\right]^2 \cdot O \end{aligned}\right\} \quad (15).$$

Hystereseverluste:

$$\left.\begin{aligned} H_{nr} &= \left(\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\sigma_H}{10} \cdot \eta_W\right) \cdot \\ &\quad \cdot \left(1 + \eta_H \frac{B_c}{B_g' \frac{\Delta'}{\Delta} \frac{\tau}{\tau''}}\right) 2\tau \cdot \\ &\quad \cdot \frac{v_s}{100} \left[\frac{B_g'}{10000} \frac{\Delta'}{\Delta}\right]^2 \cdot O \\ &= W_{nr} \cdot \frac{\sigma_H \left(1 + \eta_H \cdot \frac{B_c}{B_g' \frac{\Delta'}{\Delta} \frac{\tau}{\tau''}}\right)}{\frac{\pi^2}{10} \cdot \frac{\lambda}{6}} \cdot \frac{1}{\nu_s \Delta^2} \end{aligned}\right\} \quad (16).$$

Digitized by Google

Die zusätzlichen Reluktanzverluste in den Zahnkronen und Zahnstegen, verursacht durch das Nutenschlitzfeld $\bar{B}_{r1}$.

Die zusätzlichen Reluktanz- und Treppenverluste treten sowohl im Stator als im Rotor auf. In den folgenden Gleichungen bezeichnet der Index 1 denjenigen Teil und diejenigen elektromagnetischen Größen (Induktion, Periodenzahl), welche die Verluste erzeugen, dagegen der Index 2 denjenigen Teil, in welchem die Verluste erzeugt werden.

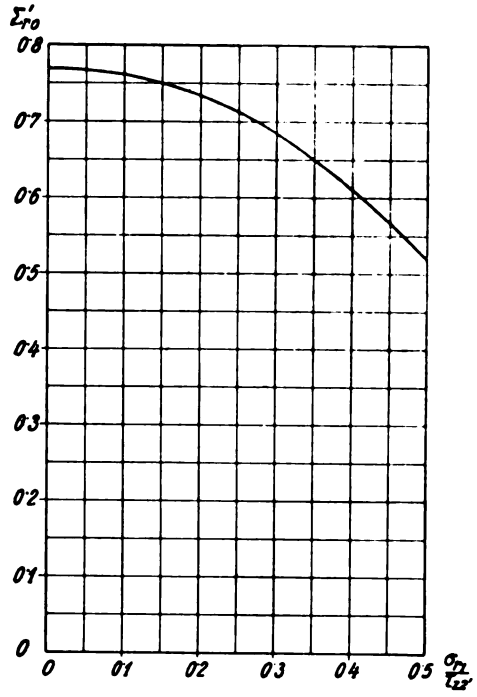


Abb. 11. Darstellung der Funktion $\Sigma_{r_0}' = f\left(\frac{\sigma_{r1}}{\tau_{z1}'}\right)$.

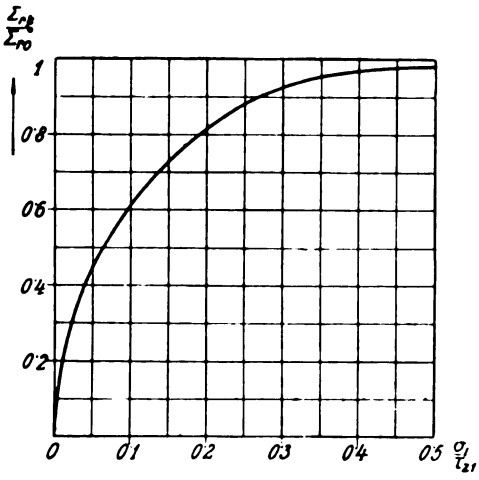


Abb. 12. Darstellung der Funktion $\frac{\Sigma_{r\xi}}{\Sigma_{r_0}}$.

Bei halbgeschlossennen Nuten mit schmalen Nutenschlitzen sind die Reluktanzverluste sehr klein. Sie können aber beträchtlich werden, wenn man bei kleinen Luftspalten (kleinen Maschinen) die Nutenschlitze verbreitert, um die Wicklung durch den Schlitz einlegen zu können. Bei Verwendung offener Nuten werden die Reluktanzverluste sehr groß.

Im folgenden werden nur für die Wirbelstromverluste Formeln angegeben, weil bei Belastung die Hystereseverluste des Sägezahnfeldes durch das Nutenschlitzfeld kaum erhöht werden. Die Reluktanz-Rückenverluste sind bei halbgeschlossenen Nuten zu vernachlässigen. Bei den Oberflächenverlusten ist der Skineffekt berücksichtigt worden. Bei den Verlusten im Zahnkranz, wo eine viel höhere Sättigung herrscht, ist der Skineffekt von geringerer Bedeutung.

Oberflächenverluste (in den Zahnkronen) (mit Skineffekt)

Wirbelstromverluste:

$$(W_{ro})_2 = \left(\frac{1}{\pi}\frac{\lambda}{6}\right)\frac{1}{\tau_{z1}}\left[\frac{v}{1000}\frac{\bar{B}_{r1}}{1000}\cdot\Delta'\right]^2 \cdot \frac{\xi_W}{\xi}\left[\Sigma_{ro}'\cdot\frac{\Sigma_{r\xi}}{\Sigma_{ro}}\right]\cdot O_2' \quad \ldots \quad (17).$$

ξ_W nach Gl. (5 *a*) oder meist genau genug $\xi_W = 3$

$\left[\Sigma_{ro}'\cdot\frac{\Sigma_{r\xi}}{\Sigma_{ro}}\right]$ nach Abb. 11 und 12.

Zahnkranzverluste:

Wirbelstromverluste (ohne Skineffekt):

$$(W_{rz})_2 = \left(\frac{1}{3}\frac{\lambda}{6}\right)\left[\frac{v}{1000}\frac{\bar{B}_{r1}}{1000}\cdot\frac{\Delta'}{b_{zm2}}\right]^2\frac{\sigma_{r1}}{\tau_{z1}}\cdot f(\beta_1)\cdot V_{z2} \quad \ldots \quad (18),$$

wobei $f(\beta_1) = 1$, außer in folgenden Ausnahmefällen:

$$(\tau_{z1} + \sigma_1) > (\tau_{z2}' \pm \sigma_{r1}) > (\tau_{z1} - \sigma_{r1}).$$

Ist hierbei

$$\beta_1 = |\tau_{z2}' - \tau_{z1}| + 2\sigma_{r1} < \sigma_{r1},$$

so wird

$$f(\beta_1) = 1 - \frac{1}{4}\left(\frac{\beta_1}{\sigma_{r1}}\right)^2.$$

Ist dagegen

$$\beta_1 = |\tau_{z2}' - \tau_{z1}| + 2\sigma_{r1} > \sigma_{r1},$$

so wird

$$f(\beta_1) = \frac{3}{4}\frac{\beta_1}{\sigma_{r1}}\left(2 - \frac{\beta_1}{\sigma_{r1}}\right)^2.$$

3. Die zusätzlichen Treppenverluste in den Zahnkronen, Zahnstegen und im Rücken, verursacht durch das Sägezahnfeld $\bar{B}_t$ bezw. $\bar{B}_t'$.

Die Treppenverluste bilden den Hauptteil der zusätzlichen Belastungsverluste und es ist daher von aller größtem Interesse zu erfahren, ob sie durch das Verhältnis der Zähnezahlen des Stators und Rotors in entscheidender Weise beeinflußt werden können. So weit ich die Verhältnisse zur Zeit überblicken kann, scheint dies nicht der Fall zu sein. Zwar sind die zusätzlichen Verluste im Zahnkranz und Rücken um so geringer, je kleiner der Unterschied zwischen den Zähnezahlen beider Teile gemacht wird. Allein auf der anderen Seite sind die Verluste in den Zahnkronen gerade für den Fall gleicher Zähnezahlen in Stator und Rotor besonders groß.

Eine einigermaßen genaue Berechnung dieser Verluste verlangt bei halbgeschlossenen Nuten die

Digitized by Google

Berücksichtigung der Zahnkronenform, da die allmähliche Verschmälerung der Zahnkrone die Eisensättigung und damit die Verluste wesentlich erhöht. Zum Verständnis der im folgenden vorgeschlagenen Methode ist zu sagen, daß das Säge-

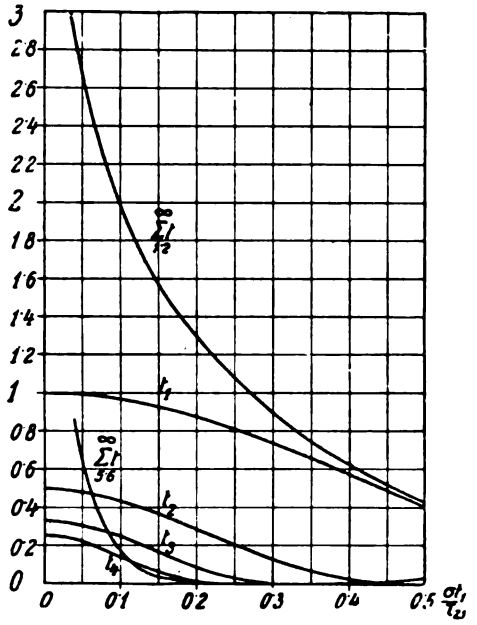


Abb. 13. Die Reihe Σt und die Beiträge der ersten 4 Harmonischen.

zahnfeld in Grund- und Oberwellen (Ordnungszahl k) zerlegt wurde, und der Einfluß der Verschmälerung der Zahnkrone auf die am stärksten ausgeprägten Harmonischen nach einem analytisch-graphischen Verfahren untersucht worden ist. Für den glatten Anker würde man für die Beiträge

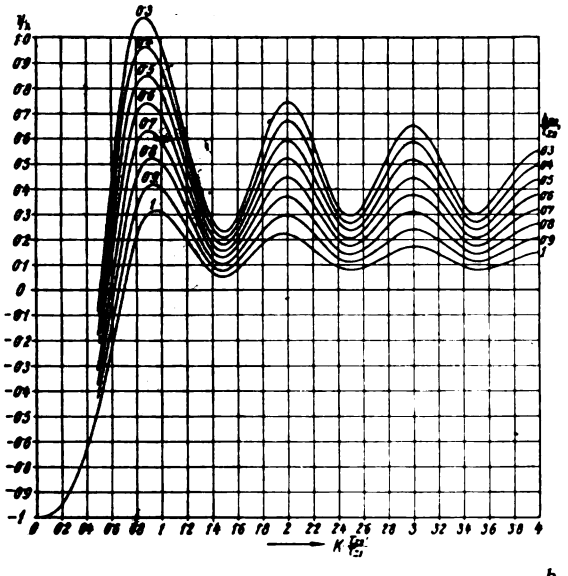


Abb. 14. Der Faktor ψ_K für verschiedene Verhältnisse $\frac{b_{z_2}}{\tau_{z_2}}$.

der einzelnen Harmonischen zu den Wirbelstromverlusten eine Summe:

$$\Sigma t = t_1 + t_2 + t_3 + \ldots t_K + \ldots \quad . \quad (19\,a)$$

erhalten, die in Abb. 13 nebst den Beiträgen t_1 bis t_4 als Funktion des Verhältnisses $\frac{\sigma_1}{\tau_{z1}}$ aufgezeichnet ist. Für Nutenanker mit halbgeschlossenen Nuten erhält man statt dessen für die Wirbelstromverluste in den Zahnkronen

$$\Sigma t' = \Sigma t + t_1 \psi_1 + t_2 \psi_2 + t_3 \psi_3 + t_4 \psi_4 + \ldots$$
$$\ldots + t_K \psi_K + \ldots \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19\,b).$$

Der Multiplikator ψ_K ist einerseits eine Funktion des Verhältnisses $K \frac{\tau_{z2}'}{\tau_{z1}}$ andererseits des Verhältnisses $\frac{b_{z2}}{\tau_{z2}'}$, das heißt der Zahnbreite gleich hinter der Zahnkrone zur reduzierten Zahnteilung. Für die gebräuchlichen Nutenformen kann ψ_K der Abb. 14 entnommen werden.

Was die Hystereseverluste betrifft, so kann deren Berechnung aus mehreren Gründen nicht mit gleicher Sicherheit durchgeführt werden. Die zu-

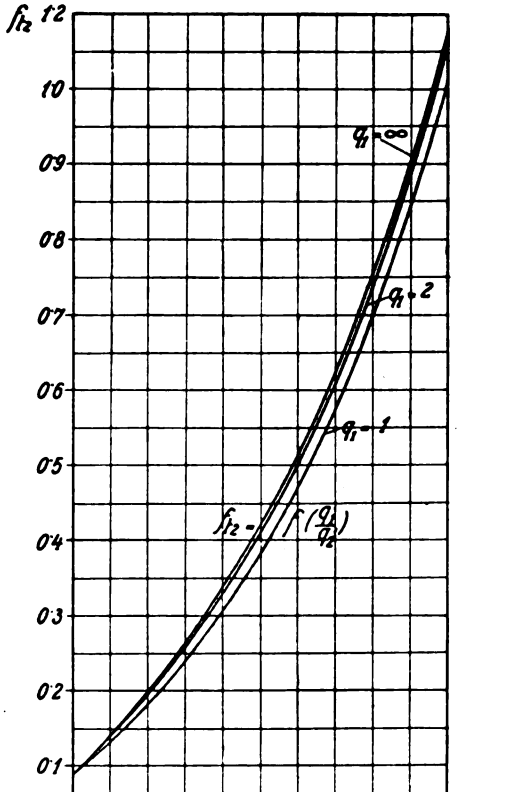


Abb. 15. Einfluß der Zähnezahlen auf die Treppenverluste im Zahnkranz.

sätzlichen Hyystereseverluste in den Zahnkronen schätzt man am besten auf Grund von Gleichung (12), indem man sie auf die bereits berechneten Wirbelstromverluste zurückführt. Die zusätzlichen Hystereseverluste in den Zahnstegen gehorchen den Gesetzen für unsymmetrische lineare Hysterese, sind also nach Gleichung 8 mit einem ziemlich hohen Wert von σ_H' zu berechnen. Die zusätzsichen Hystereseverluste im Ankerrücken können gewöhnlich vernachlässigt werden.

Digitized by Google

Oberflächenverluste (in den Zahnkronen) (ohne Skineffekt)

Wirbelstromverluste:

$$(W_{to})_2 = \left(\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{\lambda}{6}\right)\frac{1}{\tau_{z1}}\left[\frac{v}{1000}\cdot\frac{\overline{B}_{t1}}{1000}\cdot\Delta'\right]^2\cdot (\Sigma t')_1 \cdot O_2' \quad \ldots\ldots (19).$$

$\Sigma t'$ nach Abb. 13 und 14, Gl. (19 *a*) und (19 *b*)

Hystereseverluste:

$$(H_{to})_2 = (W_{to})_2 \cdot \frac{\sigma_H'\left(1+\frac{B_c}{\overline{B}_{t1}'}\cdot\frac{\Delta}{\Delta'}\cdot\frac{4}{1-\frac{\sigma_{t1}}{\tau_{z1}}}\right)}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{\lambda}{6}}\cdot \frac{1}{\nu_{z1}\,\Delta^2} \quad \ldots\ldots (20).$$

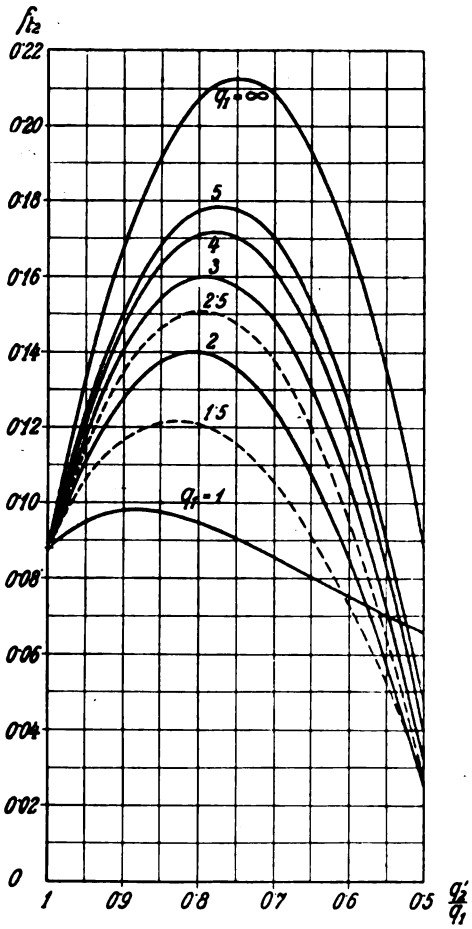


Abb. 16. Einfluß der Zähnezahlen auf die Treppenverluste im Zahnkranz.

Zahnkranzverluste (ohne Skineffekt)

Wirbelstromverluste:

$$(W_{tz})_2 = \left(\frac{1}{3}\,\frac{\lambda}{6}\right)\left[\frac{v}{1000}\cdot\frac{q_{01}\,\overline{B}_{t1}'}{1000}\cdot\frac{\Delta'}{q_{02}'\,b_{zm2}}\right]^2\cdot f_{t2}'\cdot V_{z2} \quad \ldots\ldots (21),$$

wobei

$$f_{t2}' = f_{t2} - \frac{1}{3}\,\frac{\sigma_{t1}}{\tau_{z1}}\left(\frac{q_{02}'}{q_{01}}\right)^2;$$

für $\tau_{z2}' < \tau_{z1}$ ist f_{t2} aus Abb. 15, für $\tau_{z2}' > \tau_{z1}$ aus Abb. 16 zu entnehmen.

Hystereseverluste:

$$(H_{tz})_2 = (W_{tz})_2 \cdot \frac{\sigma_H'\left(1+\frac{B_c}{B_2}\cdot\frac{\Delta}{\Delta'}\right)}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{\lambda}{6}}\cdot\frac{1}{\nu_{z1}\,\Delta^2} \quad (22),$$

wobei für $\tau_{z2}' < \tau_{z1}$:

$$B_2 = 0{\cdot}5\,\overline{B}_{t1}'\,\frac{\tau_{z2}'}{b_{zm2}}\cdot\left(1-\frac{\sigma_{t1}}{\tau_{z1}}\right)\left(1-\frac{q_{10}}{q_{20}'}\right)$$

bezw. für $\tau_{z2}' > \tau_{z1}$

$$B_2 = 0{\cdot}5\,\overline{B}_{t1}'\,\frac{\tau_{z2}'}{b_{zm2}}\cdot\left(1-\frac{\sigma_{t1}}{\tau_{z1}}\right)\left(1-\frac{q_{20}'}{q_{10}}\right)\left(2-\frac{q_{10}}{q_{20}'}\right).$$

Rückenverluste (ohne Skineffekt)

Wirbelstromverluste (näherungsweise)

$$(W_{tr})_2 = \left(\frac{1}{4\pi}\,\frac{\lambda}{6}\right)\cdot\frac{(t_1)_1}{\tau_{z1}}\cdot\left[\frac{v}{1000}\,\frac{\overline{B}_{t1}}{1000}\cdot\Delta'\right]^2\cdot \left|\frac{q_{10}-x_2\,q_{20}}{q_{10}}\right|\cdot\left[\frac{\sin\frac{q_{10}}{q_{20}'}\pi}{\frac{q_{10}-x_2\,q_{20}}{q_{20}}\pi}\cdot \frac{\sin\frac{q_{10}-x_2\,q_{20}}{q_{20}}\,\frac{b_{z2}''}{\tau_{z2}''}\,\pi}{\frac{q_{10}-x_2\,q_{20}}{q_{20}}\,\frac{b_{z2}''}{\tau_{z2}''}\,\pi}\right]^2\cdot O \quad \ldots (23).$$

Dabei ist t_1 aus Abb. 13 und Gl. (19 *a*) zu entnehmen.

x ist eine ganze Zahl (0, 1 oder 2) und so zu bestimmen, daß $q_{10} - x_2\,q_{20} \leqq \frac{q_{20}}{2}$; im allgemeinen ist daher $x = 1$.

Zahlenbeispiel für die Berechnung der normalen und zusätzlichen Eisenverluste bei Vollast.

Drehstrommotor 735 PS, 5000 V, 74/325 A, 50 ~ 740 U/min.

Abmessungen: (Stator Index 1, Rotor Index 2)

D	= 87·0,		
L'	= 41·0,		
L	= 38·0,		
δ	= 0·15,		
d_1	= 0·258,	d_2	= 0·180,
Δ'	= 0·054,		
Δ	= 0·05,		
O	= 10 380,		
τ	= 34·15,		
τ_{z1}	= 3·79,	τ_{z2}	= 2·275,
b_{z1}	= 1·74,	b_{z2}	= 1·20,
b_{s1}	= 0·42,	b_{s2}	= 0·20,
h_1	= 4·2,	h_2	= 3·0,
b_1	= 2·1,	b_2	= 1·05,
τ_1''	= 37·4,	τ_2''	= 32·1,
τ_{z1}''	= 4·16,	τ_{z2}''	= 2·14,
b_{z1}'	= 2·06,	b_{z2}''	= 1·09,
b_1''	= 2·10,	b_2''	= 1·05,
b_{zm1}	= 1·89,	b_{zm2}	= 1·15,
H_1	= 7·3,		
V_{z1}	= 20 200,	V_{z2}	= 10 500.

Besonders eingeführte Abmessungen und Rechengrößen.

y_1'	= 0·355,	y_2'	= 0·20,
y_2''	= 0·68,	y_2''	= 0·85,
η_{w1}	= 1·85,		
η_{H1}	= 0·72,		
δ'	= 0·16,		
δ_t	= 0·16,		
τ_{z1}'	= 3·64,	τ_{z2}'	= 2·23,
O_1'	= 9950,	O_2'	= 10 160,
σ_{r1}	= 0·325,	σ_{r2}	= 0·219,
σ_{t1}	= 0·57,	σ_{t2}	= 0·34.

Digitized by Google

Polpaarzahl, Nutenzahl, Wicklungsdaten und ähnliche Zahlen.

$p = 4$,
$Q_1 = 72$, $Q_2 = 120$,
$q_{01} = 18$, $q_{02} = 30$,
$q_1 = 3$, $q_2 = 5$,
$q_{01}' = 18{\cdot}75$, $q_{02}' = 30{\cdot}6$,
$q_1' = 3{\cdot}12$, $q_2' = 5{\cdot}1$,
$n_{s1} = 16$, $n_{s2} = 2$,
$a_1 = 1$, $a_2 = 1$,
$f_1 = 0{\cdot}96$, $f_2 = 0{\cdot}957$.

Geschwindigkeiten, Periodenzahlen sowie einige elektromagnetische Daten.

$v_s = 3415$,
$v = 3370$,
$\nu_s = 50$,
$\nu = 49{\cdot}3$,
$\nu_{z1} = 888$, $\nu_{z2} = 1480$,
$\lambda = 6$,
$\mu_z = 500$,
$\xi_1 = 2{\cdot}1$, $\xi_2 = 1{\cdot}62$,
$\sigma_H = 0{\cdot}26$,
$\sigma_H' = 0{\cdot}50$,
$B_c = 2000$,
$B_g' = 7900$,
$B_g = 8350$,
$\overline{B}_{r1} = 3830$, $\overline{B}_{r2} = 1525$,
$\overline{B}_{t1} = 12\,600$, $\overline{B}_{t2} = 6900$,
$\overline{B}_{t1}' = 11\,350$, $\overline{B}_{t2}' = 6250$,
$J_1 = 74$, $J_2 = 325$,
$J_{01} = 26{\cdot}4$.

1. Die normalen Eisenverluste in den Statorzähnen und im Statorrücken.

Zahnkranzverluste Gl. (13), (14).
Wirbelstromverluste

$$W_{nz} = \left(\pi^2 \frac{6}{6}\right) \cdot \left[0{\cdot}5 \cdot 0{\cdot}79 \cdot \frac{3{\cdot}79}{1{\cdot}89} \cdot 0{\cdot}054\right]^2 \cdot 20\,200 = 365$$

mit Rücksicht auf ungenügende Blechisolation

$$W_{nz} = 1100.$$

Hystereseverluste (ohne Rücksicht auf die Abplattung der Feldkurve)

$$H_{nz} = W_{nz} \cdot \frac{0{\cdot}26 \cdot \left(1 + \dfrac{2000}{7900 \cdot 1{\cdot}08 \cdot \dfrac{3{\cdot}79}{1{\cdot}89}}\right)}{\dfrac{\pi^2}{10} \cdot \dfrac{6}{6}} \cdot \frac{1}{50 \cdot 0{\cdot}05^2}$$

$$= 2{\cdot}35\, W_{nz} = 860.$$

Rückenverluste Gl. (15), (16).
Wirbelstromverluste

$$W_{nr} = \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{6}{6} \cdot 1{\cdot}85\right) \cdot \frac{100}{68{\cdot}3} [3{\cdot}415 \cdot 0{\cdot}79 \cdot 0{\cdot}054]^2 \cdot 10\,380 = 930$$

mit Rücksicht auf ungenügende Blechisolation

$$W_{nr} = 2800.$$

Hystereseverluste

$$H_{nr} = W_{nr} \cdot \frac{0{\cdot}26\left(1 + 0{\cdot}72 \dfrac{2000}{7900 \cdot 1{\cdot}08 \dfrac{34{\cdot}15}{37{\cdot}4}}\right)}{\dfrac{\pi^2}{10} \cdot \dfrac{6}{6}} \cdot \frac{1}{50 \cdot 0{\cdot}05^2}$$

$$= 2{\cdot}5\, W_{nr} = 2320.$$

2. Die zusätzlichen Reluktanzverluste in den Zähnen.

Oberflächenverluste Gl. (17), Abb. 11, 12.

$\frac{\sigma_{r1}}{\tau_{z1}} = 0\,086$, $\frac{\sigma_{r1}}{\tau_{z2}'} = 0{\cdot}146$,
$\frac{\sigma_{r2}}{\tau_{z2}} = 0{\cdot}096$, $\frac{\sigma_{r2}}{\tau_{z1}'} = 0{\cdot}06$,
$(\Sigma r_0')_1 = 0{\cdot}75$, $\left(\frac{\Sigma r_\xi}{\Sigma r_0}\right)_1 = 0{\cdot}285$,
$(\Sigma r_0')_2 = 0{\cdot}765$, $\left(\frac{\Sigma r_\xi}{\Sigma r_0}\right)_2 = 0{\cdot}30$.

Wirbelstromverluste

$$(W_{ro})_1 = \left(\frac{1}{\pi} \frac{\lambda}{6}\right) \cdot \frac{1}{2{\cdot}275} [3{\cdot}37 \cdot 1{\cdot}525 \cdot 0{\cdot}054]^2 \cdot \frac{3}{2{\cdot}1} [0{\cdot}765 \cdot 0{\cdot}30] \cdot 9960 = 35,$$

$$(W_{ro})_2 = \left(\frac{1}{\pi} \cdot \frac{\lambda}{6}\right) \cdot \frac{1}{3{\cdot}79} \cdot [3{\cdot}37 \cdot 3{\cdot}83 \cdot 0{\cdot}054]^2 \cdot \frac{3}{1{\cdot}62} [0{\cdot}75 \cdot 0{\cdot}285] \cdot 10\,160 = 165.$$

Zahnkranzverluste, Gl. 18 mit $f(\beta) = 1$.
Wirbelstromverluste

$$(W_{rz})_1 = \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{6}{6}\right) \left[3{\cdot}37 \cdot 1{\cdot}525 \cdot \frac{0{\cdot}054}{1{\cdot}89}\right]^2 \cdot 0{\cdot}096 \cdot 20\,200 = 14$$

$$(W_{rz})_2 = \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{6}{6}\right) \left[3{\cdot}37 \cdot 3{\cdot}83 \cdot \frac{0{\cdot}054}{1{\cdot}15}\right]^2 \cdot 0{\cdot}086 \cdot 10500 = 111$$

3. Die zusätzlichen Treppenverluste in den Zähnen und im Rücken.

Oberflächenverluste Gl. (20), Abb. 13, 14.

$\frac{\sigma t_{z2}}{\tau_{z2}} = 0{\cdot}15$ $\frac{\tau_{z1}'}{\tau_{z2}} = 1{\cdot}6$ $\frac{b_{z1}}{\tau_{z1}'} = 0{\cdot}54$
$\frac{\sigma t_{z1}}{\tau_{z1}} = 0{\cdot}15$ $\frac{\tau_{z2}'}{\tau_{z1}} = 0{\cdot}59$ $\frac{b_{z2}}{\tau_{z2}'} = 0{\cdot}48$

$(\Sigma t)_2 = 1{\cdot}56$

$(t_1)_2 = 0{\cdot}92$	$\psi_1 = 0{\cdot}22$	$t_1\psi_1 = 0{\cdot}20$	
$(t_2)_2 = 0{\cdot}36$	$\psi_2 = 0{\cdot}39$	$t_2\psi_2 = 0{\cdot}14$	
$(t_3)_2 = 0{\cdot}16$	$\psi_3 = 0\,35$	$t_3\psi_3 = 0{\cdot}056$	
$(t_4)_2 = 0{\cdot}07$	$\psi_4 = 0{\cdot}25$	$t_4\psi_4 = 0{\cdot}017$	
$(\sum_5^\infty t_n)_2 = 0{\cdot}04$	$\sum_5^\infty \psi = 0{\cdot}3$	$\sum_5^\infty t_n\psi_n = 0{\cdot}012$	
			$0{\cdot}42$

$(\Sigma t')_2 = 1{\cdot}56 + 0{\cdot}42 = 1{\cdot}98$

$(\Sigma t)_1 = 1{\cdot}56$

$(t_1)_1 = 0{\cdot}92$	$\psi_1 = 0{\cdot}30$	$t_1\psi_1 = 0{\cdot}275$	
$(t_2)_1 = 0{\cdot}36$	$\psi_2 = 0{\cdot}53$	$t_2\psi = 0{\cdot}191$	
$(t_3)_1 = 0{\cdot}16$	$\psi_3 = 0{\cdot}43$	$t_3\psi_3 = 0{\cdot}069$	
$(t_4)_1 = 0{\cdot}07$	$\psi_4 = 0{\cdot}30$	$t_4\psi_4 = 0{\cdot}021$	
$(\sum_5^\infty t_n)_1 = 0{\cdot}04$	$\sum_5^\infty \psi = 0{\cdot}30$	$\sum_5^\infty t_n\psi_n = 0{\cdot}012$	
			$0{\cdot}57$

$(\Sigma t')_1 = 1{\cdot}56 + 0{\cdot}57 = 2{\cdot}13$

Wirbelstromverluste

$$(W_{to})_1 = \left(\frac{1}{4\pi} \cdot \frac{6}{6}\right) \frac{1}{2{\cdot}275} \left[3{\cdot}37 \cdot 6{\cdot}9 \cdot 0{\cdot}054\right]^2 \cdot 1{\cdot}98 \cdot 9960 = 109$$

$$(W_{to})_2 = \left(\frac{1}{4\pi} \frac{6}{6}\right) \frac{1}{3{\cdot}79} \left[3{\cdot}37 \cdot 12{\cdot}6 \cdot 0{\cdot}054\right]^2 \cdot 2{\cdot}13 \cdot 10160 = 2380$$

Hystereseverluste

$$(H_{to})_1 = (W_{to})_1 \cdot \frac{0{\cdot}5\left(1 + \dfrac{2000}{6250 \cdot 1{\cdot}08} \cdot \dfrac{4}{0{\cdot}85}\right)}{\dfrac{\pi^2}{10} \dfrac{6}{6}} \cdot \frac{1}{1480 \cdot 0{\cdot}05^2}$$

$$= (W_{to})_1 \cdot 0328 = 360$$

$$(H_{to})_2 = (W_{to})_2 \cdot \frac{0{\cdot}5\left(1 + \dfrac{2000}{11350 \cdot 1{\cdot}08} \cdot \dfrac{4}{0{\cdot}85}\right)}{\dfrac{\pi^2}{10} \dfrac{6}{6}} \cdot \frac{1}{880 \cdot 0{\cdot}05^2}$$

$$= (W_{to})_2 \cdot 0{\cdot}408 = 970$$

Zahnkranzverluste, Gl. (21), (22), Abb. 15, 16.
Wirbelstromverluste

$$\frac{q_1'}{q_2} = 0{\cdot}625$$

$$\frac{q_2'}{q_1} = 1{\cdot}7 = \frac{1}{0{\cdot}588}$$

Digitized by Google

$f_{t1} = 0.140 \qquad f_{t1}' = 0{\cdot}140 - \frac{1}{3}\,0{\cdot}15\,.\,0{\cdot}625^2 = 0{\cdot}121$

$f_{t2} = 0{\cdot}80 \qquad f_{t2}' = 0{\cdot}80 - \frac{1}{3}\,.\,0{\cdot}15\,.\,1{\cdot}7^2 = 0{\cdot}655$

$$(W_{tz})_1 = \left(\frac{1}{3}\,\frac{1}{6}\right)\left[3{\cdot}37\,.\,30\,.\,6{\cdot}25\,.\,\frac{0{\cdot}054}{18{\cdot}75\,.\,1{\cdot}89}\right]^2 .\; .\,0{\cdot}121\,.\,20\,200 = 755$$

$$(W_{tz})_2 = \left(\frac{1}{3}\,\frac{1}{6}\right)\left[3{\cdot}37\,.\,18\,.\,11{\cdot}35\,\frac{0{\cdot}054}{30{\cdot}6\,.\,1{\cdot}15}\right]^2 .\; .\,0{\cdot}655\,.\,10\,500 = 2560$$

Hystereseverluste

$$B_1 = 0{\cdot}5\,.\,6250\,\frac{3{\cdot}64}{1{\cdot}89}\,.\,0{\cdot}85\,.\,0{\cdot}375\,.\,0{\cdot}4 = 765$$

$$B_2 = 0{\cdot}5\,.\,11\,350\,\frac{2{\cdot}23}{1{\cdot}15}\,.\,0{\cdot}85\,.\,0{\cdot}412 = 3850$$

$$(H_{tz})_1 = (W_{tz})_1\,.\,\frac{0{\cdot}5\,.\left(1 + \frac{2000}{765\,.\,1{\cdot}08}\right)}{\frac{\pi^2}{10}\,.\,\frac{\lambda}{6}}\,.\,\frac{1}{1480\,.\,0{\cdot}05^2}$$

$$= (W_{tz})_1\,.\,0{\cdot}47 = 355$$

$$(H_{tz})_2 = (W_{tz})_2\,.\,\frac{0{\cdot}5\left(1 + \frac{2000}{3850\,.\,1{\cdot}08}\right)}{\frac{\pi^2}{10}\,.\,\frac{\lambda}{6}}\,.\,\frac{1}{880\,.\,0{\cdot}05^2}$$

$$= (W_{tz})_2\,.\,0{\cdot}34 = 875$$

Rückenverluste, Gl. 23 mit $x_1 = 2$, $x_2 = 1$.

Wirbelstromverluste

$$(W_{tr})_1 = \left(\frac{1}{4\pi}\,\frac{6}{6}\right)\,.\,\frac{0{\cdot}92}{2{\cdot}275}\,[3{\cdot}37\,6{\cdot}9\,.\,0{\cdot}054]^2\,.\;.\,\frac{6}{30}\left[\frac{\sin 72^0\sin 29{\cdot}7^0}{1{\cdot}048\,.\,0{\cdot}518}\right]^2 .\,10\,380 = 80$$

$$(W_{tr})_2 = \left(\frac{1}{4\pi}\,\frac{6}{6}\right)\,.\,\frac{0{\cdot}92}{3{\cdot}79}\,[3{\cdot}37\,.\,12{\cdot}6\,.\,0{\cdot}054]^2\,.\;.\,\frac{12}{18}\left[\frac{\sin 74^0\sin 36{\cdot}6^0}{1{\cdot}256\quad 0{\cdot}64}\right]^2 .\,10\,380 = 360$$

Zusammenstellung der berechneten Eisenverluste.

		normale Eisenverluste		Reluktanzverluste		Treppenverluste	
		Wirbelstrom	Hysterese	Wirbelstrom	Hysterese	Wirbelstrom	Hysterese
Zahnkronen	Stator			35		1(90	360
	Rotor			165		2380	970
Zahnstege	Stator	1100	860	15		755	355
	Rotor			110		2560	875
Rücken	Stator	2800	2320			80	
	Rotor					360	
Summe		3900	3180	325		7225	2560
dito in vH der Nutzleistung		0·72	0·59	0·06		1·33	0·47
Summe in vH der Nutzleistung		1·37				1·8	

(Ein zweiter Teil folgt später.)

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Dampfkraftanlage mit Benson-Kessel im Kraftwerke der Siemens-Schuckertwerke. Von Dipl. Ing. W. Abendroth. Das Dampferzeugungsverfahren nach Benson[1]) besteht bekanntlich darin, daß man Wasser mit mehr als 224·2 at (dem kritischen Druck) durch eine beheizte Rohrschlange drückt. Das Wasser erwärmt sich und geht bei 374° ohne Aufkochen, aber bei fortschreitender Raumzunahme in Dampf über. Der Dampf wird auf 400° überhitzt, dann auf die Gebrauchsspannung abgedrosselt und nochmals überhitzt, und zwar bei 100 at Spannung auf 400°. Dieser Dampf arbeitet nun in der üblichen Weise in einer Kraftmaschine, wobei man aber wegen der zu großen Dampffeuchtigkeit bei der üblichen Kondensatorspannung bei 12 bis 35 at eine nochmalige Überhitzung auf 350° vornehmen muß. Die Dampfkesselanlage der SSW ist für 10 000 kg Dampf/h von 100 at und 400° an der Turbine gebaut worden. Ein vorhandener Wasserrohrkessel von 305 m² für 13 at mit Ölfeuerung wurde als Speisewasservorwärmer verwendet und mit ihm der Hochdruckdampferzeuger zusammengebaut, wobei der erforderliche Platz durch Heben des vorhandenen Kessels gewonnen wurde. In den ersten Zug des Kessels sind die drei Rohrsysteme des Benson-Kessels eingebaut, und zwar 1. die Strahlungsrohre, in welche das im 13 at-Kessel auf 180° vorgewärmte zu verdampfende Wasser mit 230 at durch die Speisepumpe gedrückt und auf 370 bis 380° erhitzt wird, 2. die Überhitzerrohre für den 225 at Dampf auf 400° und 3. die Überhitzerrohre für den auf 100 at abgedrosselten Dampf auf 400°. Die Gesamtheizfläche dieser drei Rohrbündel beträgt 216 m², die Rohre haben 20 mm Innen- und 32 mm Außendurchmesser. Sie bestehen aus zähem Stahl von hoher Festigkeit und sind überlappt im Feuer geschweißt. Man kann auch elektrische Stumpfschweißung oder alumino-thermische Schweißung verwenden. Dampf- oder Wassertrommeln fehlen. Die Speisepumpe ist eine stehende Dreikolbenpumpe, wie sie für hydraulische Kraftübertragungen vielfach benutzt wird. Ihr Leistungsbedarf beträgt bei Vollast und 10 bis 12 at Eintrittsdruck des Wassers 85 kW. Gespeist wird mit einem Gemisch von Kondensat und gereinigtem Rohwasser, doch ist die Speisung mit reinem Kondensat zweckmäßiger. Zur Erzeugung von 9400 kg Dampf von 99 at und 399° hinter dem zweiten Überhitzer aus Wasser von 22° wurden 980 kg Heizöl von 9950 WE benötigt. 1½ jährige Versuche ergaben keine nachteiligen Erscheinungen infolge des geringen Wasserinhaltes des Kessels. Dieser läßt sich in wenigen Minuten von Halb- auf Vollast treiben, ohne daß die Temperaturen schwanken, das Anheizen dauert, wenn warmes Wasser vorhanden ist, nur 10 bis 12 min. Der Kessel ist ein ausgesprochener Sicherheitskessel und hat sich als solcher bei einem Rohrbruch in einer Schlange auch wirklich bewährt. Der Kessel konnte nach Ausbesserung der schadhaften Stellen bereits am nächsten Tage wieder in Betrieb genommen werden. Über die mit dem 100 at Dampf betriebenen Turbinen von Escher, Wyss & Co. ist bereits berichtet worden[1]). Man rechnet bei dem Fortschreiten der Versuche mit einem Wärmeverbrauch von 2900 WE/kWh. Ein neuer Kessel, der 25 000 bis 30 000 kg/h Dampf von 180 at und 420° liefern soll, nebst der zugehörigen Turbine ist im Bau und soll noch in diesem Jahre in Betrieb kommen. Beim Bau beider Kessel hat sich ergeben, daß Anlagen mit Benson-Kesseln nicht teurer sind als Kessel für 35 at. J.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 21, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 502; 1927, Heft 18, S. 360.

Erfahrungen mit Dampfturbinenschaufeln aus Monelmetall. Die amerikanische Marine hat bei über 100 Torpedobooten mit sehr gutem Erfolge für einen großen Teil der Dampfturbinenschaufeln die als Monelmetall bekannte Legierung mit 67 vH Nickel und 28 vH Kupfer, sowie zusammen 5 vH Eisen, Mangan, Silicium und Kohlenstoff benützt. Eine Untersuchung von mehr als 30 Turbinen nach zweijährigem Betriebe ergab keine Korrosionen und keine Spur von Erosionen an den Schaufeln. Bei den Turbinen eines Schiffes wurden allein etwa 9000 Schaufeln von 50 bis 241 mm Länge und 25 mm Breite aus Monelmetall hergestellt, die mit Umfangsgeschwindigkeiten bis rund 220 m/s (270 m/s bei den Versuchen) liefen. Die kleineren Schaufeln wurden unmittelbar von profilierten Stangen abgeschnitten, die größeren bei 1000° gepreßt. Ähnlich gute Erfahrungen hat auch die französische Marine gemacht. Für ortsfeste

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 10, S 199.

Digitized by Google

Turbinen wird Monelmetall von der Allis Chalmer Mfg. Co. und der Terry Steam Turbine Co. verwendet. Die erstere gießt den Schaufelfuß in einen Bronze- oder Stahlring ein. Die Untersuchung einer Beschaufelung, die zum Teil aus Monelmetall, zum Teil aus Nickelstahl, einer Nickel-Kupferlegierung und Kohlenstoffstahl bestand, ergab nach halbjährigem Betriebe große Überlegenheit des Monelmetalls über die anderen Werkstoffe. Die Monelmetallschaufeln waren glatt und glänzend, die anderen rauh und oxydiert, bezw. korrodiert. Ein gleiches Ergebnis hatten Versuche der Terry Steam Turbine Co. mit Monelmetallschaufeln und solchen aus Nickelstahl mit 3·5 bis 30 vH Nickel, sowie solchen aus einer Sonderbronze. Diese Firma verwendet Monelmetall für das erste Gleichdruckrad und die Niederdruckstufen mit langen Schaufeln. Im Hinblick auf die Festigkeitseigenschaften von Monelmetall (56 bis 62 kg/mm² Zugfestigkeit, 30 vH Dehnung, 35 bis 42 kg/mm² Elastizitätsgrenze) kann die Bemessung der Schaufeln leicht so geschehen, daß im Betrieb (normale Drehzahl) 4·5 fache Sicherheit vorhanden ist.

(Le Génie Civil, Bd. 90, Nr. 17, 1927.)

Abnahmeversuche an einer 30 000/37 500 kW Dreizylinderturbine. Im Werke Zschornewitz der Elektrowerke wurde zu Ende 1926 von Brown-Boveri eine mit 1500 U/min laufende Turbine aufgestellt, die außer den beiden ersten zweikränzigen Gleichdruckrädern ausnahmslos Überdruckbeschaufelung aufweist. Die Richtung der Dampfströmung ist im Hoch- und Mitteldruckzylinder entgegengesetzt, wodurch der Axialschub in diesen beiden Teilen aufgehoben ist, im Niederdruckteil ist die übliche Zweiflußbauart verwendet, so daß dort ein Axialschub überhaupt nicht auftritt. Die Turbine wird durch vier Ventile gesteuert, von welchen zwei den Dampfeintritt in die Düsen der Gleichdruckräder regeln. Die beiden anderen, die bei Überlast verwendet werden, geben den Dampfeintritt unmittelbar in die Radkammer frei, die Gleichdruckräder werden dabei umgangen. Die Turbine ist für 14·5 ata Eintrittsdruck vor den Ventilen, 235° Eintrittstemperatur und 25 gradiges Kühlwasser gebaut. Zur Speisewasservorwärmung auf 110° kann in der Mitte und am Ende des Mitteldruckzylinders Dampf abgezapft werden. Der Generator für 6300 V kann andauernd 37 500 kW bei $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ abgeben, auch die Turbine kann 37 500 kW dauernd leisten. Die vom Sächsisch-Thüringischen Dampfkessel-Revisionsverein durchgeführten Abnahmeversuche ergaben bei $^1/_2$-, $^3/_4$-, $^1/_1$- (mit zwei, bezw. einer Kühlwasserpumpe) und $^5/_4$-Last — und zwar ohne Anzapfung — einen Dampfverbrauch nach Umrechnung auf die Garantiewerte (von Dampfdruck, Temperatur usw.) von 5·47, 5·11, 5·0, 4·98 und 4·95 kg/kWh entsprechend einem Wirkungsgrad der Turbine samt Kondensationsanlage von 74·2, 79·5, 79·6, 82·7 und 80 vH. Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß diese Versuche bei geschlossener Anzapfung stattfanden, wurde schließlich ein thermodynamischer Wirkungsgrad der Turbine allein von 78·5 bei Halblast und von 86·4 vH (Höchstwert) bei Vollast mit einer Kühlwasserpumpe berechnet. Mit Speisewasservorwärmung war der umgerechnete Dampfverbrauch bei Vollast 5·27 kg/kWh, der Wärmeverbrauch je kWh nutzbare Energie 3335 WE (gegen 3490 WE bei Vollast ohne Vorwärmung mit einer Kühlwasserpumpe). Alle Dampfverbrauchszahlen liegen — bis 4·74 vH — unter den gewährleisteten Werten. J.

(BBC-Mitteilungen, Mannheim, 14. Jahrgg., Heft 4, 1927.)

Verbrennungskraftmaschinen.

Ein Dieselmotorenkraftwerk am Panamakanal. Der zur Bedienung der Kanalschleusen erforderliche Strom wird gewöhnlich von einem Wasserkraftwerk geliefert, außerdem stand bisher an der Stromverteilungsstelle für den Kanal ein Dampfkraftwerk mit drei 1500 kW Turbinen und ölgefeuerten Kesseln zur Verfügung, das bei Wassermangel und bei Störungen in der Leitung verwendet wurde. Für ein neues Reservekraftwerk wurden im Hinblick auf die Möglichkeit sofortiger Inbetriebsetzung und die Vermeidung von Betriebskosten während des Bereitschaftsdienstes Dieseldynamos gewählt und die beiden anderen noch in Betracht kommenden Möglichkeiten — ein Reservewasserkraftwerk und ein Wasser- und Dampfkraftwerk —, die zwar geringere Anschaffungskosten verursacht hätten, verworfen, weil sie eben nicht die angeführten Vorteile der Dieselmotoren aufweisen und nicht volle Sicherheit geboten hätten, daß der Kanalbetrieb unter allen Umständen aufrechterhalten werden kann. Am 23. Jänner 1925 vergab daher die Kanalkommission an die Nordberg Mfg. Co. die Lieferung von drei 2500 kW Dieseldynamos. Zwei davon stehen bereits im Betrieb und auch der dritte Satz ist schon fertiggestellt. Die Maschinen sind stehende, einfachwirkende Sechszylinder-Zweitaktmotoren mit Lufteinspritzung mit 737 mm Zylinderdurchmesser und 1118 mm Hub, die mit 125 U/min laufen und mit 3125 kVA Schwungraddrehstromdynamos und 45 kW Erregermaschinen gekuppelt sind. Erzeugt wird Strom von 2200 V und 25 Per/s. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit, die den Sätzen für den Kanalbetrieb zukommt, wurden sie im Werke der Herstellerin auf einem ganz normalen Maschinenfundament aufgestellt und dort ausgedehnten Dauerversuchen unterzogen, wobei auch festgestellt wurde, daß in 32 sec das Anlassen der Maschinen und die Übernahme einer Belastung von 2500 kW möglich ist. Von baulichen Einzelheiten der Maschinen ist nur die Verwendung von Kreuzköpfen und von wassergekühlten Kolben zu erwähnen. Da als Brennstoff nicht ein bestimmtes Rohöl, sondern das jeweils durch den Kanal beförderte verwendet wird, sind für die Brennstoffleitungen besondere elektrische Heizvorrichtungen vorgesehen worden. Ferner wird sowohl die Einblase- als auch die Spülluft vor ihrer Verwendung sorgfältig von Staub und anderen Beimengungen befreit, schließlich wird auch das Kühlwasser filtriert. Bei Sinken des Kühlwasser- oder des Schmieröldruckes unter den normalen Wert wird die Brennstoffzufuhr zur Maschine selbsttätig abgestellt und die Maschine zum Stillstand gebracht. Bei den Versuchen war dies bei Vollast in 27 und bei Leerlauf in 100 sec möglich. Die Maschinen sind 14·8 m lang, einschließlich des Stromerzeugers 18³/₄ m, die Gesamtbreite ist 5 m, die Höhe über dem Maschinenhausfußboden 6·4 m (die Wellenachse liegt etwa in der Höhe des Fußbodens), jede Maschine wiegt 370 t und zusammen mit dem Stromerzeuger 454 t. Die Versuche zur Bestimmung des Brennstoffverbrauches dauerten ununterbrochen etwa 24 h, wovon 2 h auf Leerlauf, 3 h auf Viertellast, 4 h auf Halblast, je 5 h auf Dreiviertel- und Vollast und 1 h auf 110 vH-Last entfallen und die restlichen 4 h auf die Intervalle von 30 bis 45 min, die zur Erreichung eines neuen Belastungs- und Temperatur-Gleichgewichtszustandes erforderlich waren. Die Ergebnisse der Versuche, die mit einem Brennstoff von 10 300 WE/kg oberen Heizwert, einer Dichte von 20·6 Be bei 15·6°, einer Viskosität von 47 sec Saybolt bei 50° C und von 180 sec bei 30° C vorgenommen wurden, sind der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

Belastung in vH	25	50	75	100	110
Kühlwassereintrittstemperatur °C	18	16	14·5	14	13·5
Kühlwasseraustrittstemperatur °C	53·5	53	54	57	57
Abgastemperatur °C .	157	204	265	340	365
Gesamtbrennstoffverbrauch/h . . . . . kg	265	395	553	719	784
Brennstoffverbrauch je PS_i/h . . . . . g	128	126	140	146	146
Brennstoffverbrauch je PS_e/h . . . . . g	311	210	196	191	189
Indizierte Maschinenleistung PS_i [1])	1063	3150	3945	4925	5360
Indizierte Kompressorleistung PS_i	171·6	212·4	236·3	250·2	249·9
Indizierte Spülpumpenleistung PS_i	387·5	385	376·2	386	395
Bremsleistung PS_e. . .	943	1886·4	2823	3759	4163·1
Mech. Wirkungsgrad vH	45·8	59·9	71·6	76·3	77·2
Therm. „ „	21·9	29·4	31·5	32·2	32·6

[1]) Das heißt Pferdekräfte nach englischem Maß (= 550 Fußpfund/s = 76·04 kgm/s).

Digitized by Google

An Schmieröl wurde in 24 h für die Zylinder 5·67 l, für die Spülluftpumpe und den Kompressor 1·9 l verbraucht. Durch die übrigen Schmierstellen, wie Lager, Kreuzköpfe usw. wurden in 24 h rund 5400 l durchgetrieben. Der Kraftverbrauch der kleineren, motorisch angetriebenen Hilfsmaschinen, wie Kühlwasser-, Schmieröl- und Brennstoffpumpe, war zusammen etwa 43 kW. Der gemessene Brennstoffverbrauch liegt bei allen Belastungen weit unter dem gewährleisteten Wert, der bei Vollast 204 g/PSe beträgt. J.

(Power, Bd. 65, Nr. 19, 1927.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Relais für automatisch betriebene Niederspannungsnetze bilden den Gegenstand dreier Aufsätze von W. R. Bullard, G. G. Grissinger und John S. Parsons. Die Relais dienen zum Betätigen der Sekundärschalter von Transformatoren, welche vollkommen selbsttätig, je nach Bedarf aus- oder eingeschaltet werden. Insbesonders wird von ihnen verlangt: Ausschalten bei Über- oder Rückstrom (zum Beispiel beim Ausbleiben der Hochspannung), Einschalten bei Wiederkehr der Hochspannung, sobald das Sekundärnetz dazu geeignet ist. Um diese Aufgaben zu erfüllen, werden im allgemeinen drei Wicklungen verwendet: eine Strom-, eine Spannungsspule und eine „Phasenspule", die dem Schalterkontakt parallelgeschaltet ist und nur bei geöffnetem Schalter Spannung führt. Diese drei Wicklungen müssen derart entworfen sein, daß ihr Zusammenwirken in allen Fällen die richtige Schalterbetätigung zur Folge hat, ohne d ß die Spulen selbst Schaden leiden. So ist der Bereich, dem die Wicklungen genügen müssen, sehr erheblich. Die Stromspule muß bei verhältnismäßig sehr kleinen Rückströmen, die sich aus dem Magnetisierungsstrom des Transformators und dem Ladestrom des Speisekabels zusammensetzen und sich bei höheren Spannungen auf die Wirkkomponenten der beiden Ströme beschränken können, verläßlich ansprechen, darf aber unter Kurzschlußströmen auch nicht leiden; sie wird deshalb mittels induktiver Nebenwiderstände oder über Stromwandler gespeist, deren Sättigung das allzustarke Anwachsen der Ströme in der Relaisspule verhindert. Die Phasenspule wird schon bei einem sehr kleinen Spannungswert wirken müssen, kann aber bei spannungslosem Netz die volle Betriebsspannung erhalten und bei irrtümlich vertauschten Anschlüssen noch mehr; hier hat man sich durch Vorschaltung einer kleinen Glühlampe geholfen, deren stark positiver Temperaturkoeffizient sie zu einem mit der Spannung an Größe zunehmenden Schutzwiderstand macht. Schließlich dürfen weder Phasen- noch Stromwicklung bei Nullspannung bezw. Nullstrom wirksam sein, da dies schon an der Grenze wäre und keine Sicherheit gegen das sogenannte „Pumpen" böte, das heißt das unbegrenzt aufeinanderfolgende Öffnen und Schließen des Schalters. Es muß also zwischen dem Öffnungs- und dem Schließmoment eine Differenz vorhanden sein, die elektrisch oder mechanisch mittels einer Feder erzeugt werden kann. — Wesentlich ist auch die Phasenlage der in den drei Wicklungen wirksamen elektrischen Größen. Der Strom in der Stromspule soll — sofern seine Wirkkomponente negativ ist — öffnen, auch wenn er um nahezu 90° vor- oder nacheilt, damit ist die Trennung zwischen Öffnungs- und Schließbereich für die Stromspule als die Gerade gegeben, die auf dem Vektor der Netzspannung senkrecht steht. Für die Spannung an der Phasenspule gilt eine ähnliche Trennungslinie, doch muß sie so liegen, daß der Schalter, der durch die Phasenspule geschlossen wurde, nicht einen Strom erhält, der in der Stromspule das Ausschalten hervorruft. Da die Lage dieses nach dem Einschalten auftretenden Stromes zu der vorher an der Phasenspule herrschenden Spannung durch die Impedanz des Netzes einschließlich der Transformatoren gegeben ist, muß die Trennungslinie für die Wirksamkeit der Phasenspule jener der Stromspule um den Impedanzwinkel voreilend verdreht sein, während die Bereiche selbst vor der Drehung entgegengesetzt sein müssen.

Die Relais, welche nach diesen Grundsätzen ausgeführt sind, werden mit den dazugehörenden Apparaten, Schaltern, Phasenlampen, Stromwandlern usw. zu Schalteinheiten zusammengebaut, die außerordentlich kompendiös entworfen wurden, da sie ja größtenteils in kleinen Einbaustationen aufgestellt werden, wo nur sehr wenig Raum zur Verfügung steht. Das erste Relais ist im Jahre 1922 in Betrieb gegangen, seither wurde die Konstruktion mehrfach geändert, ohne von dem beschriebenen Prinzip abzugehen. Zurzeit sind etwa tausend Stück in Verwendung; die Richtung der Entwicklung geht nun dahin, eine Ausführung zu finden, die in allen Netzen gleichmäßig verwendet werden kann und nicht, wie oben beschrieben, dem Impedanzwinkel des Netzes angepaßt werden muß, in dem es arbeitet.

A. Fr.

(Journal AIEE, Bd. 46, Heft 1, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Einfache experimentelle Bestimmung der Kapazitäten (Kapazitätskoeffizienten und Teilkapazitäten) beliebig vieler Leiter behandelt Dr. Johann Labus, indem er von den statischen Gleichungen Maxwells für n voneinander isolierte Leiter:

$$V_m = a_{m1} Q_1 + a_{m2} Q_2 + a_{m3} Q_3 + \ldots + a_{mm} Q_m + \ldots + a_{mn} Q_n \quad (1),$$

$$Q_m = b_{m1} V_1 - b_{m2} V_2 - b_{m3} V_3 - \ldots - b_{mm} V_m - \ldots - b_{mn} V_n \quad (2)$$

ausgeht. ($V_1, V_2, \ldots V_n$; $Q_1, Q_2, \ldots Q_n$ = Potential und Ladung der n Leiter.) Liechtenstein[1]) hat zur Bestimmung der Koeffizienten b das folgende, wegen der großen Anzahl ballistischer Galvanometer kostspielige Verfahren vorgeschlagen: „Man verbinde sämtliche Leiter durch ballistische Galvanometer mit Erde und lasse diese Verbindung beim Leiter (1) noch offen. Wir laden den Leiter (1) nunmehr auf ein Potential V, das durch ein elektrostatisches Voltmeter gemessen wird. Nunmehr wird die Verbindung des Leiters (1) mit Erde hergestellt. Sämtliche Ladungen fließen durch die ballistischen Galvanometer zur Erde; die Ausschläge geben die Größe der durchgeflossenen Elektrizitäts-

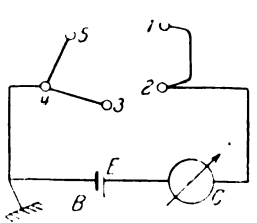


Abb. 1.

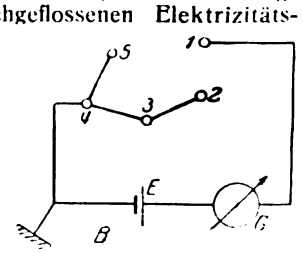


Abb. 2.

mengen an. Dividieren wir diese Größen durch V, so erhalten wir die Zahlen $b_{11}, b_{12}, \ldots b_{1n}$." (Die Verwendung von ebensoviel ballistischen Galvanometern, als Leitern ist wohl überflüssig; man kann ein und dasselbe Galvanometer nacheinander in die Erdverbindungen der einzelnen Leiter einschalten. Der Ber.) Der Verfasser schlägt dagegen vor, einmal die Kapazität der Leiter (1) + (2) und ein zweites Mal jene des Leiters (1) allein jeweils gegen alle übrigen, untereinander und mit Erde verbundenen Leiter nach Schaltung Abb. 1 und 2 mit Hilfe eines einzigen ballistischen Galvanometers G zu ermitteln. Der erste auf alle verschiedenen Kombinationen von je zwei Leitern erstreckte Versuch liefert $n\,(n-1)/2$ Gleichungen von der Form:

$$V_m = V_p = E; \quad V_r = 0;$$

$$Q_m + Q_p = (b_{mm} + b_{mp} + b_p) \cdot E \quad (3).$$

(Der Index m und p bezieht sich auf die beiden Leiter, deren Kapazität gegen die übrigen und Erde gemessen wird; der Index r auf alle übrigen mit Ausschluß der Leiter m und p.) Der auf alle n Leiter erstreckte zweite Versuch führt zu n Gleichungen von der Form:

$$V_m = E; \quad V_r = 0; \quad Q_m = b_{mm} \cdot E \quad (4).$$

Zusammen erhält man also $n\,(n-1)/2 + n = n\,(n+1)/2$ Gleichungen. Da $b_{mp} = b_{pm}$ ist, wird die Zahl der Un-

[1]) Beiträge zur Theorie der Kabel, Verlag Oldenburg, 1908.

Digitized by Google

bekannten gleich der Summe $1+2+3+4+\ldots+n = n(n+1)/2$; also gleich der Anzahl der erhaltenen Gleichungen.

Die Anzahl x der Einzelmessungen und der Gleichungen ist daher

Leiterzahl n	2	3	4	5	6	7...
Versuchszahl x	3	6	10	15	21	28...

An Stelle des ballistischen Galvanometers können natürlich beliebige andere Methoden der Kapazitätsmessung treten, wie zum Beispiel die Meßbrücke von Schering und dergleichen. Wird die Kapazität bei Hochfrequenz verlangt, so verwendet man zweckmäßig einen Röhrensender, der mittels eines Wellenmessers auf die verlangte Frequenz eingestellt wird. Die zu messende Kapazität wird dann zum geeichten Drehkondensator des Schwingungskreises parallel oder in Reihe geschaltet und sodann mittels des Drehkondensators wieder die frühere Frequenz eingestellt. Aus dem Unterschiede beider Kondensatoreinstellungen wird dann die gesuchte Kapazität in bekannter Weise berechnet. Sollen die Kapazitätskoeffizienten einer Leiteranordnung gegen einen, die Stelle der Erde vertretenden oder mit ihr verbundenen gemeinsamen Pol, zum Beispiel den Bleimantel eines Drehstromkabels oder die Kathode einer Elektronenröhre bestimmt werden, so kommt für die Anzahl der erforderlichen Gleichungen nur mehr die Anzahl der isolierten Leiter mit Ausschluß des gemeinsamen Poles in Betracht. Ist der n-te Leiter gemeinsamer Pol, so gilt in jedem Falle:

$$Q_n = -Q_1 - Q_2 - Q_3 - \ldots - Q_{n-1} \quad \ldots (8).$$

Addiert man nun alle Gleichungen (2), so ergeben sich aus dieser Bedingung, die für jede Spannungsverteilung erfüllt sein muß, n Beziehungen:

$$b_{m1} + b_{m2} + b_{m3} + \ldots + b_{mn} = 0 \quad \ldots (9).$$

oder

$$b_{mm} = -b_{m1} - b_{m2} - b_{m3} - \ldots$$
$$\ldots - b_{m,m-1} - b_{m,m+1} - \ldots - b_{mn}.$$

Setzt man nun noch $-b_{mp} = C_{mp}$, so erhält man die Gleichungen:

$$Q_m = C_{1m}(V_m - V_1) + C_{2m}(V_m - V_2) + \ldots$$
$$\ldots + C_{m-1,m}(V_m - V_{m-1}) + C_{m-1,m}(V_m - V_{m+1}) + \ldots;$$
$$\ldots + C_{n,m}(V_m - V_n) \quad \ldots (11).$$

Die Größen C_{pm} stellen dann die Teilkapazitäten zwischen einzelnen Leitern, bezw. zwischen diesen und dem gemeinsamen Pol dar. Wegen der von vorneherein gegebenen n Beziehungen unter (9) verringert sich die Anzahl der Versuche und Gleichungen auf $n(n+1)/2 - n = n(n-1)/2$, das sind ebensoviele, als wenn nur $n-1$ Leiter vorhanden wären. Als Beispiele für diesen Fall werden die Teilkapazitäten der Leiter eines Drehstromkabels untereinander und gegen den Mantel, sowie die Teilkapazitäten der Anode und der zwei Gitter gegen die Kathode einer Zweigitterröhre erläutert. R. H.

(Arch. f. Elektrot., Bd. XVIII, Heft 1, 1927.)

Ein neuer Registrierapparat zum gleichzeitigen Aufschreiben von Wirk- und Blindleistung. Neuere Tarife berücksichtigen fast ausschließlich die getrennte Verrechnung von Wirk- und Blindkilowattstunden, eventuell unter Beachtung eines vereinbarten cos φ-Wertes, wobei für eine Überschreitung der vereinbarten Blindlastentnahme ein Zuschlag verrechnet wird, während größere cos φ-Werte besonders vergütet werden. Es ist deshalb viel zweckmäßiger, Wirk- und Blindlast zu registrieren, statt wie bisher die Leistung eines Werkes durch Aufzeichnung der Wirklast und des cos φ zu kontrollieren. Dabei besteht noch die Unzulänglichkeit der richtigen Messung des mittleren Leistungsfaktors einer Drehstromanlage bei ungleicher Belastung der Zweige. Durch die Registrierung der Wirk- und Blindleistungskurven ergeben sich viel klarer die Eigenheiten eines Betriebes. Um nun nicht zwei verschiedene Meßgeräte zur Aufzeichnung der Leistungskurven verwenden zu müssen, hat Dr. Ing. G. Keinath einen kombinierten Wirk- und Blindleistungsschreiber entwickelt, der ähnlich den bekannten S. & H. Registrier-Wattmetern mit eisengeschlossenem elektrodynamischen Meßwerk ausgeführt wird. Die zwei Meßwerke sind durch ein Band miteinander gekuppelt und zeichnen die Leistungskurve mittels eines Ellipsenlenkers in rechtwinklige Koordinaten. Der Anschluß der beiden Meßwerke erfolgt in Aronschaltung, wobei für die Wirkleistungsmessung die Drehspulen wie üblich über zwei Ohmsche Widerstände an die verketteten Spannungen gelegt sind. Bei Blindleistungsmessungen wird durch eine Kunstschaltung mittels Drosselspulen und Justierwiderständen der Drehspulstrom um 90° hinter die aufgedrückte Spannung verschoben. Die Umschaltung für Wirk- bezw. Blindleistungsmessung wird durch einen Schaltmagneten mit Schaltwalze und Nockenscheibe besorgt, welche die Kontakt-Federpakete zwecks Ein- und Ausschaltung der Widerstände bezw. Drosselspulen zusammenpreßt oder freigibt. Die Steuerung des Schaltmagneten bewirkt ein Bimetallstreifen, die Schaltorgane, das ist der Schaltmagnet und die Heizwicklung auf dem Bimetallstreifen, liegen an einer Gleichspannung von 24 oder 110 V.

Durch entsprechende Ausbildung der Nockenscheiben wird ein Unterschied in der Kontaktdauer für die Wirk- und Blindleistungskurve gemacht, zum Beispiel 2 bezw. 1 min, daraus ergibt sich in origineller, neuartiger Weise die Kurvenunterscheidung. Kl.

(Siemens-Zeitschrift, Bd. 7, Heft 4, 1927.)

Stromverteilung.

Die Behandlung von Problemen in Dreiphasennetzen, deren Symmetrie gestört wurde, bereitet oft große Schwierigkeiten. Die Berechnungen können jedoch oft sehr vereinfacht werden durch die Anwendung des 1883 erstmals von Thevenin für Gleichstrom angegebenen Verfahrens, das jetzt von Pleijel und Ivar Herlitz auch für Wechselstromprobleme angewandt wird.

Die Rechnungsregel lautet: „Die Änderungen in Strom und Spannung, die in einem Netz auftreten, wenn zwei Punkte desselben direkt oder über eine gegebene Impedanz verbunden werden, sind denjenigen gleichzusetzen, die eine in der Verbindungsleitung eingeschaltete EMK hervorrufen würde, die in jedem Augenblick so groß ist als die Spannung an den Verbindungspunkten, wenn die Verbindung nicht gemacht worden wäre," Die Richtigkeit dieses Satzes wird an einem einfachen Beispiel bewiesen. Eine wesentliche Bedingung für die Anwendbarkeit der Methode ist jedenfalls die, daß Induktanzen und Resistanzen von Strom und Spannung unabhängig sind, da sonst eine Superposition der Auswirkung mehrerer EMKe unerlaubt wäre. Nur für den Fall als die Eisensättigung in dem zu betrachtenden Problem eine untergeordnete Rolle spielt, kann die Rechnungsart für erste Annäherungen Verwendung finden. Wie man sieht, ist die Theorie speziell für die Behandlung von Kurzschluß- und Erdschlußproblemen geeignet, da jene ja auf die Verbindung zweier vorher voneinander isolierter Punkte hinausläuft. Es kann jedoch auch die Berechnung der Stromverteilungn in einem vermaschten Netz oft dadurch sehr vereinfacht werden, daß man eine Verbindungsleitung vorerst wegdenkt und dann nach den Regeln des Theorems die Änderungen rechnet, die entstehen, wenn die Leitung wieder angeschlossen wird.

Bei der Brückenschaltung[1]) als spezielle Form eines Netzes ergibt sich allgemein, daß der Strom in einem bestimmten Netzteil immer dargestellt werden kann durch $i = \frac{e_0}{Z + Z_k}$, worin e_0 die Spannung an den Anschlußpunkten des Leiters ist, wenn man den Leiter vorerst entfernen würde. Z ist die Impedanz des Leiters und Z^k eine Konstante, die vom verbliebenen Rest des Netzes abhängt und berechnet werden kann, wenn es möglich ist, i für $Z = 0$ zu ermitteln; dann ist $Z_k = \frac{e_0}{i_k}$. Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß wir heute mit der Verwendung der symmetrischen Koordinatenzerlegung[2]) in

[1]) Siehe A. Fränkel, Theorie der Wechselströme, 1921, S. 69.

[2]) G. Oberdorfer, Das Rechnen nach der Methode der symmetrischen Koordinaten, E. u. M. 1927, S. 296.

Digitized by Google

der Behandlung von Unsymmetrieproblemen eine weitaus fruchtbarere Methode kennen, die außerdem der physikalischen Eigenart des Problems mehr Rechnung trägt und so ein tieferes Verständnis ermöglicht. Dr. Ob.
(Asea-Journal, Bd. 4, Nr. 4, 1927.)

Netzkupplung durch Synchron - Asynchron - Umformer. Zur Kupplung des Netzes der Dejefors Kraft & Fabriks A.-B. mit dem Kohlsater Werk des EW Karlstad (Schweden), die beide Drehstrom 50 Per/s erzeugen, deren Frequenzen jedoch bis zu ± 3 vH abweichen, wurde im EW Karlstad ein derartiger Umformer aufgestellt, der außer zur Kupplung der beiden Netze noch zur Umformung von 350 kW Drehstrom in Gleichstrom (zur Speisung des städtischen Netzes) dient. Es wurden zwei Maschinensätze aufgestellt. Der Hauptmaschinensatz besteht aus einer Synchronmaschine (500 kVA, 3000 V, 750 U/min), einer sechspoligen Asynchronmaschine, die für 25 vH Schlupf also 750 U/min gebaut ist, 370 kW als mechanische Leistung an der Welle und 125 kW elektrische Leistung an den Schleifringen abgibt, einem Gleichstromgegenverbundgenerator von 350 kW und einer Nebenschlußerregermaschine für die Synchronmaschine des Hilfsatzes. Das Hilfsaggregat besteht aus einer zweipoligen Synchronmaschine von 143 kVA und einem Gleichstromverbundgenerator von 130 kW. Normal hängt die Asynchronmaschine als Motor am Dejefors Netz, die synchrone Hauptmaschine als Generator am Kohlsater Netz. Die synchrone Hilfsmaschine ist an die Schleifringe des Asynchronmotors angeschlossen, erhält also Drehstrom der Schlupffrequenz, und treibt den Gleichstrom-Hilfsgenerator, der parallel mit dem Gleichstrom - Hauptgenerator auf das 500 V Gleichstromnetz arbeitet. Entsprechend der Änderung der Schlupffrequenz zwischen 9·5 und 15·5 Per/s bei Abweichungen der Netzperioden von 50 ändert sich die Drehzahl des Hilfssatzes zwischen 590 und 850.

In der Wirkungsweise ähnelt die Einrichtung der Krämerkaskade.[1]) Leistungsregelung (Größe und Richtung) erfolgt durch Beeinflussung der Erregung der Gleichstrom - Hilfsmaschine, Kompensierung der Asynchronmaschine durch Regelung der Erregung der synchronen Hilfsmaschine. Die Leistungsregelung erfolgt automatisch mittels eines Thury-Reglers, der auf konstante dem Dejefors-Netz entnommene Leistung regelt, die sich dann entsprechend dem jeweiligen Belastungszustand auf das Gleichstromnetz und das Kohlsater Netz aufteilt. Das Anlassen des Gesamtsatzes kann entweder von der Gleichstromseite aus erfolgen oder mittels eines Schlupfwiderstandes, der statt der synchronen Hilfsmaschine an die Schleifringe des Asynchronmotors angeschlossen wird. f. f.
(ASEA-Jounal, Bd. IV, Nr. 4, 1927.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Der Fahrwiderstand von elektrischen Lokomotiven und von Wagenzügen. Trotz der zahlreichen bekannten Untersuchungen über Fahrwiderstände von Eisenbahnfahrzeugen ist es wegen deren engen, meist auf bestimmte Fahrzeugtypen und Arbeitsbedingungen beschränkten Geltungsbereiches schwierig, für Vorausberechnungen richtige Grundlagen zu finden. W. J. Davis verarbeitet diese verschiedenartigen Einzeluntersuchungen durch Einführung der mittleren Achsbelastung (q) und der Achsenzahl (n) derart, daß dadurch die meisten praktisch vorkommenden Fälle (amerikanischer Bauformen und Größenverhältnisse) überdeckt werden.

Von der Fahrgeschwindigkeit unabhängig, hingegen von der Achsbelastung umgekehrt abhängig ist die Widerstandszahl a für Zapfen- und rollende Reibung; sie kann auf Grund zahlreicher Versuche bei Achsdrücken von 4 bis 18 t angesetzt werden zu:

$$a = 0{\cdot}65 + \frac{13{\cdot}1}{q}\ (\text{kg/t}),$$

wogegen für Achsbelastungen unter 4 t besser gilt:

$$a = \frac{4{\cdot}5}{\sqrt{q}} + \frac{5{\cdot}7}{q}\ (\text{kg/t})$$

[1]) Siehe E. u. M. 1927, Heft 31, S. 642.

durch welch beide Ausdrücke für a als Funktion der Achsbelastung den verschiedenen Gewichten, Ladungen und Achsenzahlen der Fahrzeuge Rechnung getragen wird.

Mit der Fahrgeschwindigkeit (V) linear veränderlich ist die Widerstandszahl (bV) der Spurkranzreibung, der die Widerstände durch Erschütterungen und Schwingungen zuzuzählen sind. Im Übrigen nehmen alle diese mit wachsendem festen Radstand ab und mit schlechterer Gleislage zu. Sie können pro t Fahrzeuggewicht zu 0·0093 V für Lokomotiven vor Zügen und für Personenwagen mit dreiachsigen Drehgestellen, zu 0·014 V für vierachsige Güterwagen und zu 0·028 V für allein fahrende Triebwagen angesetzt werden.

Der mit der Fahrgeschwindigkeit quadratisch veränderliche Luftwiderstand (cFV^2) eines führenden Fahrzeuges (Triebwagen) mit abgeschrägter Stirnfläche beträgt 0·00454 V^2, derjenige von angehängten Zügen aus vier- und sechsachsigen Durchgangswagen 0·000614 V^2, aus vierachsigen teils geschlossenen teils offenen Güterwagen 0·000984 V^2, sämtlich auf je ein Fahrzeug und 1 m² Querschnittfläche desselben senkrecht zur Fahrtrichtung bezogen.

Unter Zugrundelegung der angegebenen Werte für die Zapfenreibung (einschließlich Rollwiderstand), Spurkranzreibung (einschließlich der Zusatzwiderstände) und den Luftwiderstand ergibt sich für alle Arten von Fahrzeugen, soferne ihr Achsdruck 4 t überschreitet, die gemeinsame Widerstandsformel (Formelzeichen zum Teil abweichend von der Originalarbeit, Festwerte auf metrische Maße: kg Zugkraft, t Gewicht, V km/h bezogen):

$$w = a_1 + \frac{a_2}{q} + b\,V + \frac{cFV^2}{qn}\ (\text{kg/t})$$

mit den Festwerten:

	a_1	a_2	b	c
Elektr. Lokomotiven (ohne Verluste in den Motoren, Vorgelegen u. Antriebsteilen)	0·65	13·1	0·009	0·00454
Güterzüge (vierachsige Wagen mit 1·5 b. 1·7 m Drehgestellradstand)	0·65	13·1	0·014	0·00094
Personenzüge (sechsachsige Wagen m. 3·3 m oder vierachsige Wagen mit 2·4 m Drehgestellradstand)	0·65	13·1	0·009	0·00064
Schnellbahnzüge				
Führender Wagen	0·65	13·1	0·014	0·00454
übrige Wagen	0·65	13·1	0·014	0·00064
Triebwagen von Straßen- und Überlandbahnen (Drehgestellwagen)	0·65	13·1	0·028	0·00454

W.
(Gen. El. Rev. Bd. 29, H. 10, 1926.)

Die neuen Lokomotiven, Typ 1 AAA — AAA 1, der Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn. G. L. Meyfarth beschreibt die neuen großen elektrischen Lokomotiven der Lötschbergbahn,[1]) die von der S. A. des Ateliers de Sécheron in Genf geliefert worden sind. Die Hauptdaten der Lokomotiven, die mit Einphasenstrom 15 000 V, 16 ⅔ Per/s, betrieben werden und seit Mitte 1926 mit bestem Erfolg im Dienst stehen, sind die folgenden:

Länge über Puffer	20 260 mm
Triebraddurchmesser	1 350 „
Normale Fahrgeschwindigkeit	50 km/h
Maximale „	75 „
Einstundenleistung am Radumfang (nach AIEE-Vorschriften für stationäre Masch.)	4500 PS
Dauerleistung am Radumfang (nach gleichen Vorschriften)	3700 „
Anfahrzugkraft	34 000 kg
Gewicht des mechanischen Teiles einschl. Hohlwellenantrieb	77 t
Gewicht des elektrischen Teiles	64 „
Dienstgewicht (betriebsbereit)	141·6 „
Adhäsionsgewicht	114·6 „
Anhängelast auf 27 vT Steigung	600 „

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 73.

Digitized by Google

Die Lokomotiven sind dadurch besonders bemerkenswert, daß sie nicht nur die derzeit stärksten Einphasenlokomotiven der Welt darstellen, sondern auch im Bezug auf Gewicht pro Leistungseinheit (31·4 kg/PS Stundenleistung), die bisher weitaus beste Lösung bieten. (Hauptsächlich an dieser zweiten Zahl läßt sich auch die Überlegenheit der europäischen Entwürfe von elektrischen Großlokomotiven gegenüber Amerika erkennen. Man denke bloß an die Dreifachlokomotiven der Virginian Railway,[1]) die bei 7125 PS Gesamtleistung 642·5 t wiegen, also bei nur 60 vH Mehrleistung etwa das 4·5-fache Gewicht der neuen Lötschberglokomotiven haben. Gewicht pro Leistungseinheit ungefähr 90! Anm. d. Ber.)

Der Antrieb der Lokomotiven erfolgt als Einzelachsantrieb, nämlich Hohlwellenantrieb System-Sécheron. Dieser Antrieb, dessen Entwurf von Werz herrührt, stellt eine Verbesserung des bekannten Westinghouseantriebes dar. Der Sécheron-Antrieb besitzt gegenüber diesem den Vorteil, daß durch günstige Raumausnützung einerseits der Triebraddurchmesser wesentlich kleiner gewählt und anderseits eine wesentlich größere Länge der Antriebsfedern untergebracht werden kann. Die Lokomotive besteht aus zwei Drehgestellen, die den Lokomotivkasten tragen. Die Laufachsen sind Bisselachsen und mit der nächstgelegenen Triebachse durch Balanciers ausgeglichen. Die Triebmotoren sind im Drehgestellrahmen fest gelagert. Von der elektrischen Ausrüstung ist besonders die Steuerung der Motoren bemerkenswert. Diese ist als mechano-pneumatische ausgebildet (nach Meyfarth) und zwar besteht sie im wesentlichen aus einer Nockenwelle, die die Druckluftventile von pneumatisch betätigten Hüpfern ein- und ausschaltet. Die Steuerung stellt daher eine Kombination aus der bekannten elektro-pneumatischen Hüpfersteuerung und einer Handsteuerung dar, wobei aber gegen die erstere das Wegfallen der elektrischen Verriegelungsleitungen, gegenüber der zweiten der geringe Kraftaufwand vorteilhaft in Erscheinung tritt. Die Steuerung besitzt eine einfache mechanische Verriegelung gegen etwaiges (wenn auch praktisch kaum vorkommendes) Hängenbleiben von Hüpfern in der Weise, daß mit den Hüpfern in Bewegungs-Verbindung stehende Anschläge ein Weiterdrehen der Nockenwelle verhindern. Ein Weiterdrehen des Führerhandrades gegen diese Verriegelung rückt eine Rutschkupplung aus, wodurch gleichzeitig der Ölschalter ausgeschaltet wird. Die bei sonstigen Handsteuerungen meist nicht erzielbare Möglichkeit, die Triebmotoren plötzlich abschalten zu können, ohne die Lokomotive ganz abzuschalten, wird hier dadurch erreicht, daß die Nockenwelle auf elektropneumatischem Wege axial verschoben werden kann. Dadurch kommen die pneumatischen Ventile mit den Nockenscheiben außer Eingriff und alle Hüpfer sind dann ausgeschaltet. Die Rückstellung ist nur in der Nullstellung des Kontrollers möglich. Die drei Fahrtwender von den drei Doppelmotoren eines Drehgestelles werden von je einem elektropneumatischen Antrieb angetrieben. Außer dem Wechsel der Fahrtrichtung können die Fahrtwender auch die elektrische Bremse (Widerstandsbremse) einleiten. Diese ist für Abbremsung des Lokomotivgewichtes eingerichtet; die vom Stufentransformator fremd erregten Triebmotoren arbeiten auf die Bremswiderstände, die unter Vermittlung eines in der Bremsstellung zur Wirkung gelangenden Schieberrostes von den Ventilatoren gekühlt werden. Die Anordnung der Triebmotoren sowie des mit innenliegender Luftkühlung versehenen Transformators, der sonstigen Nebenbetriebe und Schutzeinrichtungen entspricht ganz denjenigen der von Sécheron gelieferten Personen- und Schnellzugslokomotiven der Schweizer Bundesbahnen. B. G.

(Schweizerische Bauzeitung, Bd. 89, Nr. 17, 1927.)

Der Fahrdiagraph ist ein neuartiges Gerät, das die Aufzeichnung von Fahrlinien, aber auch anderen mathematischen Linien nach einem Zeit und Arbeit sparenden mechanischen Verfahren erlaubt. Einer Beschreibung von Dr. Knorr in ETZ, Heft 4 d. J., entnehmen wir folgendes: Für einen Zug, der eine bestimmte Strecke befahrt, kann der Verlauf der Fahrgeschwindigkeit und des Fahrweges abhängig von der Zeit unmittelbar gezeichnet werden, wenn das gesamte Zugsgewicht, das Diagramm, das den Verlauf des Fahrwiderstandes und der beschleunigenden Kraft auf gerader, wagrechter Strecke in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit zeigt, sowie das Diagramm, das die Streckenwiderstände infolge von Steigungen, Krümmungen und dergleichen in Abhängigkeit vom Fahrweg darstellt, bekannt sind. Bei einer neueren Ausführung des Gerätes kann man noch den Verlauf der Zugkraft und der Streckenwiderstände gleichzeitig aufzeichnen. Außerdem kann man auch andere Linien, wie den Verlauf des Stromes, der aufgenommenen Leistung, des cos φ, ferner auch Vorgänge, die nach einer Exponentialkurve, wie die Wärmebeanspruchung der Lokomotivmotoren, verlaufen, zeichnen. Über das hinaus eignet sich der Apparat zur Integration von allgemeinen Linien, wobei außer der ersten gleichzeitig auch die zweite Integrallinie aufgenommen werden kann, was insbesondere für die Behandlung statischer Aufgaben schätzenswerte Vorteile bietet. Das Gerät zeigt bei dieser Vielseitigkeit eine überraschende Genauigkeit der Aufnahme. Ci.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 534.

Elektrische Apparate.

Zur Physik des Schleifkontaktes. Da durch eine Reihe sinnreicher Versuche erwiesen wurde, daß die Reibungsverluste nur zum geringen Teil an der Heizung der Kontaktstellen von Kohlenbürsten beteiligt sind und daß dieser Teil mit der Belastung zunimmt, folgert F. Schröter, daß die Änderungen des Kontaktwiderstandes auf dem Vorhandensein einer isolierenden Zwischenschicht unter der Bürstenlauffläche beruhen. Nur an einzelnen Stellen, an denen diese Schicht durchbrochen ist, wird Kontakt gebildet und an diesen konzentriert sich der Übergangswiderstand. Bei steigender Belastung und zunehmender Erwärmung der Berührungsstellen setzt nun bei etwa 700 bis 800° eine Zerstörung der Zwischenschicht ein, so daß die Zahl der Kontaktpunkte vermehrt wird. Diese Abnahme der isolierenden Schicht und Vergrößerung der Kontaktfläche läßt bei steigender Belastung den wachsenden Kohlenverschleiß und die Unterschiede in der Reibung zwischen Leerlauf und Belastung begreiflich erscheinen. Welcher Art jedoch diese Zwischenschicht ist, ob es sich hier um eine sogenannte Flüssigkeitshaut, wie sie von Rohmann entdeckt wurde, handelt oder eine nichtleitende Schicht von Kupferoxyd anzunehmen ist, bedarf noch der Klärung. St. Schw.

(Arch. f. Elektr., Bd. XVIII, Heft 2, 1927.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Fortschritte in Unterseekabeln. Von E. S. Heurtley. Zur Abwicklung des Telegraphenverkehres über Kanada nach Australien reichte in den letzten Jahren das 1902 verlegte Unterseekabel von Bamfield auf der Insel Vancouver nach der Insel Fanning (3466 Seemeilen) und von hier nach Suva auf den Fijiinseln (2054 Seemeilen) nicht mehr aus. Die südlicher verlaufende Kabelstrecke zum australischen Festlande war schon im Jahre 1923 verdoppelt worden; die Zulegung eines Kabels in den vorerwähnten Strecken erfolgte im Jahre 1926. Die alten Kabel haben einen Leiter mit 600 Pfd. Kupfer für die Seemeile (15·15 kg/km) und sind mit 340 Pfd. Guttapercha für die Seemeile (8·57 kg/km) umgeben. Die Lieferung und Legung des neuen Kabels zwischen Bamfield und Fanning wurde der Telegraph Construction & Maintenance Co., jene des südlicheren Teiles der Firma Siemens Broth & Co. übertragen. Die erstgenannte Firma schlug vor, den Kupferleiter mit ihrem Mumetall, einer Nickeleisenlegierung zu umhüllen, während Siemens Br., die mit der Western Electric Co. arbeitete, sich für Chrom-Permalloy entschieden, das bessere elektrische Verhältnisse ergibt als das bisher verwendete Per-

Digitized by Google

malloy.[1]) Das nördliche Kabel hat einen Kupferleiter mit 600 Pfd. für die Seemeile, vom Bewicklungsmaterial entfallen 104 Pfd., von der Guttapercha 370 Pfd. auf die Seemeile; beim südlichen Kabel beträgt das Kupfergewicht 277 Pfd., das Gewicht der Bewicklung 70 Pfd., das der Guttapercha 258 Pfd. Beide Firmen entschlossen sich, den Leiter mit Draht zu umwickeln. In der nördlichen Kabelstrecke ergab sich eine Selbstinduktion von 100 mH pro Seemeile an den Kabelenden. Während der Fabrikation zeigte sich, daß man eine größere Selbstinduktion erreichen konnte als vorgesehen war. Dementsprechend steigerte man zur Verbesserung der Übertragung die Selbstinduktion allmählich, so daß im mittleren Kabelteile 144 mH und auf je 750 Seemeilen von jedem Ende 106 mH erhalten wurden. Im südlichen Kabelteile ergaben sich Selbstinduktionswerte zwischen 157 und 175 mH, im Mittel 171 mH. Auf dem alten Kabel zwischen Bamfield und Fanning hatte man nach seiner Legung eine Leistung von 75 Zeichen in der Minute erzielt, durch verschiedene Verbesserungen gelangte man später bis zu 135 Zeichen/min in Duplexschaltung. Im neuen Kabel kann man die Sendegeschwindigkeit in einer Richtung infolge der zugeführten Selbstinduktion auf das Achtfache der im alten Kabel erreichten steigern. Bisher war es allerdings noch nicht möglich, über das neue Kabel mit ökonomischer Duplexschaltung zu arbeiten. Man bestimmte die Zeit, die zur Übermittlung eines Zeichens von Bamfield nach Fanning gebraucht wird; sie ergab sich zu 0·67 sec, woraus folgt, daß bei einer Sendegeschwindigkeit von 1000 Zeichen in der Minute gleichzeitig mehr als 40 Impulse im Kabel verlaufen. Now.

(The Electrician, Bd. 98, Nr. 2548, 1927.)

Baustoffe.

Material für Hochdruckdampfkessel. Von Prof. A. L. Mellanby und Prof. William Kerr. Bei allen Bestrebungen, die Dampfdrücke und Temperaturen zu erhöhen spielt die Materialfrage die wichtigste Rolle. Es ist bekannt, daß in einem heißen Kesselrohr über einer gewissen Temperatur eine leichte Dissoziation des Dampfes durch das Rohr stattfindet, wobei Wasserstoff entsteht und wahrscheinlich auch das Metall oxydiert wird. Dieser Effekt ist bis zu Temperaturen von rund 500° noch verschwindend klein, wächst aber dann sehr rasch. Sollte dies bei allen Metallen eintreten, so wäre eine Begrenzung der Dampferzeugung damit gegeben, über die man nicht hinauskommen könnte. Derzeit ist aber noch die verminderte Festigkeit der Metalle bei hohen Temperaturen allein ausschlaggebend. Ein Metall, das bei hohen Temperaturen durch längere Zeit von Kräften beansprucht wird, verliert mit der Zeit infolge des Alterns bedeutend an Festigkeit. Für jede Temperatur hängt die Bruchfestigkeit von der Zeit ab; es gibt jedoch bei jeder Temperatur eine gewisse Beanspruchung bei der auch nach langer Zeit kein Bruch des Materials eintritt. Ermittelt man für ein bestimmtes Material bei allen vorkommenden Temperaturen diese Grenzen und verbindet sie durch eine Kurve so sollte diese an Stelle der normalen Temperatur-Festigkeitslinie zur Berechnung der Wandstärken herangezogen werden. Die Verminderung der Festigkeit durch das Altern beträgt zum Beispiel bei Phosphorbronze bei rund 200° noch 0 vH und steigt bei rund 500° auf volle 100 vH, das heißt man kann bei 500° nicht mehr von einer Festigkeit der Bronze sprechen. Am günstigsten verhalten sich in dieser Beziehung Ni-Cr-Legierungen. Die „Alterungskurve" dieser Legierungen beginnt erst bei rund 400° zu fallen und erreicht erst bei rund 1200° den Wert Null, das heißt dieses Material behält bis zu Temperaturen von 400° dauernd seine volle Festigkeit; eine Verminderung auf Werte in der Nähe von Null tritt erst bei 1200° ein.

Von den drei typischen Konstruktionen für Höchstdruckkessel: dem Bensonkessel[2]) dem Atmoskessel[1]) und dem Löfflerkessel[2]), scheint die letztere die bei Höchstdruck auftretenden Schwierigkeiten mit dem einfachsten Mittel zu beseitigen, nämlich dadurch, daß die Dampferzeugung auf ein reines Überhitzerproblem zurückgeführt wird. Infolge der bei hohen Drücken bedeutend geringeren Löslichkeit der Hartebildner im Wasser ist die Speisewasseraufbereitung von außerordentlicher Wichtigkeit. Auch bei Verwendung von Verdampfern für die Zusatzwasseraufbereitung kann sich infolge von Kondensatorundichtheiten Kesselstein im Kessel bilden. Es ist aber zu erwarten, daß man aller dieser Schwierigkeiten noch Herr werden wird.

Der Höchstdruckkessel zerfällt in drei verschieden beanspruchte Teile. Ein Teil der Wasserrohre ist direkt der Strahlung der Feuergase ausgesetzt, ein Teil erhält die Wärme nur durch Übertragung und Leitung und der dritte Teil wird durch den Überhitzer gebildet. Über die Größe des Strahlungseffektes ist noch wenig bekannt, es scheint aber, daß die durch Strahlung übertragene Wärmemenge bei einer bestimmten Kesseltype direkt proportional der im Feuerraum entwickelten Wärmemenge und verkehrt proportional der bestrahlten Rohrfläche ist. Man kann jedenfalls ohne zu großen Fehler annehmen, daß die Temperatur in der Rohrwand rund 80° über der Temperatur des Kesselwassers liegt. Die Materialbeanspruchung bleibt also bei den bestrahlten Wasserrohren bis zu den höchsten Drücken innerhalb beherrschbarer Grenzen. Man erhält zum Beispiel bei 140 at noch Wandtemperaturen von nicht mehr als 410°. Stärkeren Anforderungen sind die Überhitzerrohre ausgesetzt. Unter der Annahme, daß die heißen Rauchgase den Überhitzer mit rund 1120° erreichen, kommt man bei ungefähr 150 at auf Wandtemperaturen von 625°. Ähnlich ist es beim Strahlungsüberhitzer. Bei Ni-Cr-Legierungen reduziert sich die Festigkeit infolge des Alterns bei einer Temperatur von 650° auf rund 25 vH derjenigen bei normalen Temperaturen, dagegen bei gewöhnlichem Flußeisen auf 8 vH. Man kann also behaupten, daß bei höheren Temperaturen und geringerer Beanspruchung die Überhitzer dieselbe Sicherheit — oder Unsicherheit — wie die der direkten Strahlung ausgesetzten Wasserrohre des Kessels haben. Die Ökonomiser dürften infolge der Anzapfdampfvorwärmung des Speisewassers in Zukunft immer mehr von den Luftvorwärmern verdrängt werden. Nimmt man an, daß bei Gegenstrom die Temperaturdifferenz zwischen den abziehenden Rauchgasen und der eintretenden Luft rund 110° beträgt, so ergibt sich eine Wandtemperatur die rund 55° über derjenigen der Luft liegt. Man kommt damit bei einer Lufttemperatur von 400° auf eine Wandtemperatur von höchstens 460°. Bei einem Höchstdruckkessel bleiben also die Materialbeanspruchungen immerhin noch in erträglichen Grenzen. Stip.

(Engineering, Bd. 73, Nr. 3185/86, 1927.)

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

(Fortsetzung aus Heft 36, Seite 731.)

Regelung von Ein- und Mehrphasennetzen.

Bei Anlagen, die mit Blindstromkompensatoren irgendwelcher Art ausgerüstet sind, können, da die Magnetisierungsströme im abgeschalteten Netzteil selbst erzeugt werden, diese die Spannung noch längere Zeit aufrecht erhalten, bis die umlaufenden Maschinen zur Ruhe gekommen sind. Der Netzteil ist durch die Kompensierung selbsterregend geworden und bleibt es auch nach dem Abschalten. Soferne keine erhebliche Sättigung irgendwelcher Art im System vorhanden ist, etwa eine magnetische Sättigung des Eisens der umlaufenden Maschinen, kann die selbsterregte Spannung nach dem Abschalten zu einer starken Überbeanspruchung führen. Nach einer den SSW geschützten Erfindung soll die Selbsterregung des abgeschalteten Teiles da-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 23, 52, 164, 621, 652.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 358.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 317; 1927, Heft 18, S. 359.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 738; 1926, S. 63; 1927, Heft 18, S. 367.

Digitized by Google

durch vernichtet werden, daß an diesen Teil beim Abschalten unmittelbar eine Selbstinduktion geschaltet wird. Diese bewirkt eine Entnahme von magnetisierendem Strom und stört daher die Gleichgewichtsbedingung der Selbsterregung. Dem Kompensator steht nicht mehr soviel voreilender Blindstrom zur Verfügung, wie die Stromverbraucher und die Spule zusammen an nacheilendem Blindstrom verbrauchen.

(D. R. P. Nr. 435427.)

Die Firma Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden schlägt ein Verfahren zur Unterdrückung von Oberwellen in elektrischen Leitungsnetzen durch auf die betreffende Oberwellenfrequenz abgestimmte Resonanzkreise vor. Erfindungsgemäß ist zur vollkommenen Aufhebung der durch den Verlustwiderstand des Abstimmungskreises bedingten Restspannung eine ihr gleiche aber ihr entgegengesetzt wirkende Spannung in den Resonanzstromkreis einzuführen, wobei diese Einführung zum Beispiel durch eine mit der Selbstinduktionsspule des Resonanzkreises induktiv gekoppelte Spule erfolgen kann, welche einem Selbstinduktion und Kapazität enthaltenden Stromkreis angehört, in welchem unter Verwendung eines Transformators eine durch den Oberwellenstrom transformatorisch erzeugte EMK wirksam ist.

(D. R. P. Nr. 433673.)

Regeleinrichtungen mittelst Transformatoren.

Bei Schutzschaltungen für Transformatoren, bei welchen die Stromspule eines einzigen wattmetrischen Systems durch die Differenz der beiderseitigen Ströme gespeist wird, wogegen die Spannungsspule entweder an die primäre oder die sekundäre Spannung gelegt wird, kommen Kurzschlüsse auf jene Seite des Transformators, an welcher die Spannungsspule nicht liegt, nicht in genügender Weise zur Einwirkung auf das Relais; auch arbeitet das Gerät bei Umkehr der Energierichtung nicht richtig. Diese Mängel werden nach einem Vorschlag der Siemens & Halske Akt.-Ges. in Berlin dadurch beseitigt, daß die Spannungsspule des wattmetrischen Systems von Primär- und Sekundärspannung gemeinsam beeinflußt wird, und zwar entweder von der Differenz oder von der Summe beider Spannungen, so daß die Anordnung in bezug auf die beiden Seiten des Transformators eine völlig symmetrische ist. Der Einfluß des Spannungsabfalles in Primär- und Sekundärwicklung, der bei einseitigem Anschluß der Spannung von selbst fortfällt, wird erfindungsgemäß durch Einführung zusätzlicher Spannungen in den Spannungskreis des Wattmeters beseitigt, welche die normalen Spannungsabfälle primär und sekundär kompensieren. (D. R. P. Nr. 444003.)

Nach einer Erfindung der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien wird bei doppelten Schaltdrosselspulen für Stufentransformatoren (*l*, *m*) der Eisenkörper für die Spulenhälften *h*, *i* (Abb. 14) verschiebbar angeordnet und während des Schaltvorganges aus der einen Spulenhälfte in die

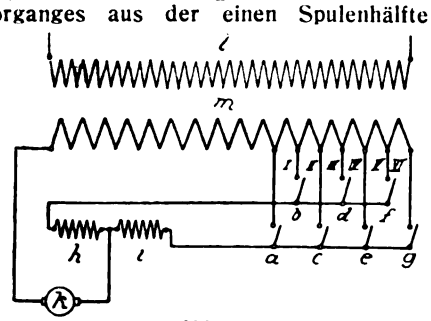


Abb. 14.

andere geschoben und umgekehrt. Hiedurch wird erreicht, daß die Spule, in der sich der Eisenkern befindet, nur einen sehr geringen Strom aufnehmen kann, während der größte Teil des Stromes durch die andere Drosselspule fließen muß. Die Spannungsverteilung erfolgt in umgekehrter Weise. Der Strom wird durch die Bewegung des Eisenkernes allmählich von der einen Spulenhälfte in die andere gedrängt, während sich die Spannungsverteilung ebenso im entgegengesetzten Sinne verschiebt. Es wird also beim Überschalten nur ein ganz geringer Strom unterbrochen und wieder eingeschaltet und außerdem die Verbrauchsspannung kontinuierlich geändert. (Ö. P. Nr. 104329.)

Der beim Einschalten von Transformatoren auftretende Stromstoß wird dadurch vermindert, daß sogenannte Schutzwiderstände in den Stromkreis eingeschaltet werden, die nach dem Einschalten überbrückt werden müssen. Gemäß einer Erfindung der Firma Voigt & Haeffner Akt.-Ges. in Frankfurt a. M. wird der auf der Primärseite des Transformators befindliche Schutzwiderstand durch einen direkt von der Sekundärseite aus gespeisten schützartigen Schalter selbsttätig überbrückt. Dieser kann erst dann in Tätigkeit treten, wenn eine ausreichende Induktion im Transformator vorhanden ist, also erst nach einer gewissen, wenn auch sehr kleinen Zeitspanne nach Einschalten des Transformators. (D. R. P. Nr. 434004.)

Eine Vorrichtung zum selbsttätigen Regeln der Klemmenspannung eines Transformators in Abhängigkeit von Änderungen der Netzspannung durch Änderung des magnetischen Kraftflusses nach einer Erfindung der Firma Koch & Sterzel Akt.-Ges. und Dr. Mario Jona in Dresden ist dadurch gekennzeichnet, daß durch entsprechende räumliche Anordnung von aus dem gleichen Netz gespeisten Hilfsgeräten, zum Beispiel einer Drosselspule oder einem Hilfstransformator, zu dem Transformator der Streufluß dieser Geräte auf den Transformator derart übergreift, daß bei Änderung ihrer Belastung eine Änderung des Kraftflusses und damit der Klemmenspannung des Transformators im gewünschten Sinne eintritt. Die räumliche Lage desjenigen Gerätes, dessen Streufluß wirksam werden soll zum Transformator kann veränderlich sein.

(D. R. P. Nr. 439742.)

Zur Spannungsregelung in Drehstromnetzen sind abgestufte Zusatztransformatoren bekannt geworden, die fremd erregt werden und um- und abschaltbar angeordnet sind, während ihre Sekundärwicklungen in Reihe mit dem Arbeitsstromkreis liegen. Nach einer Erfindung der S S W in Berlin werden bei Verwendung eines einzigen dreiphasigen Zusatztransformators zwei Schaltstufen dadurch erzielt, daß die Wicklung in Stern und in Dreieck schaltbar gemacht wird. Das Regelverfahren kann dadurch noch besser ausgenützt werden, daß man die Stern- und Dreieckschaltung sowohl in Zu- als auch in Gegenschaltung der Netzspannung anwendet. Da auch das völlige Abschalten des Transformators eine Spannungsstufe bildet, ergeben sich durch die Erfindung insgesamt fünf Spannungstufen, die mit einem einzigen Transformator ohne Anzapfung der Wicklung in einer Phase erzielt werden. Vorteilhafterweise kann man sich zur Sicherung der richtigen Schaltfolge einer Schaltwalze bedienen, bei der besondere Schutzwiderstände gestatten, die einzelnen Schaltstufen ohne Stromunterbrechung und deshalb ohne störende Funkenbildung zu durchschreiten. (Ö. P. Nr. 103667.)

Für die Regelung der Spannung in elektrischen Wechselstromkreisen, insbesondere längeren Freileitungen, verwendet man vielfach Drehtransformatoren. Um die mit diesen verbundenen Nachteile zu vermeiden, werden nach einer Erfindung der S S W in Berlin zur Einführung von Zusatzspannung in elektrische Leitungen zwei mechanisch gekuppelte Asynchronmaschinen verwendet, deren Sekundärwicklungen unter Einschaltung einer weiteren Spannung hintereinander geschaltet sind, während die Primärwicklung der einen Asynchronmaschine mit der Leitung entweder unmittelbar oder über einen Transformator in Reihe geschaltet ist. Die nicht mit der Leitung in Reihe liegende Primärwicklung der zweiten Asynchronmaschine dient dabei zur Erregung der beiden Maschinen und ist in der üblichen Weise an das Netz angeschlossen. Bei dieser Anordnung kann man, namentlich wenn in den Stromkreis der Sekundärwicklungen eine regelbare Spannung zum

Digitized by Google

Beispiel eine Kommutator-Hintermaschine mit Fremderregung, eingeschaltet ist, durch deren Änderung in Größe oder Phase die in die Leitung eingeführte Zusatzspannung beliebig regeln. Gleichzeitig wird aber auch der Magnetisierungsstrom für die beiden Asynchronmaschinen von der Kommutator-Hintermaschine aus geliefert und dadurch das Netz entlastet.

(D. R. P. Nr. 437832.)

Regelung von Ein- und Mehrphasenmotoren.

Eine Erfindung der SSW in Berlin (Dr. R. Rüdenberg) betrifft eine besonders einfache Anordnung zum synchronen Betrieb von Asynchronmotoren. Erfindungsgemäß liegt die Nebenschlußerregermaschine an den Klemmen eines in dem sekundären Stromkreis des Induktionsmotors eingeschalteten Schalters, so daß sie während des Anlaufens des Motors mit Schlupfwiderstand nicht im sekundären Stromkreis liegt. Die kurzgeschlossene Nebenschlußmaschine erregt sich bekanntlich nicht, da die Magnetwicklung keine Spannung besitzt. Es fließt lediglich etwas Remanenzstrom. Soll der Motor auf synchronen Betrieb umgeschaltet werden, so genügt es den Schalter zu öffnen. Zuerst fließt dann ein langsamperiodischer Wechselstrom durch den Anker der Gleichstrommaschine, durch Selbsterregung entsteht aber in kurzer Zeit der für den synchronen Lauf des Motors nötige Erregergleichstrom, regelbarer Stärke. Die Einrichtung kann so getroffen werden, daß bei der Weiterdrehung des Anlaßhebels über den letzten Anlaßwiderstand hinaus der Kurzschlußschalter durch Unterbrechen eines Schleifkontaktes geöffnet wird. Die Öffnung des Kurzschlußschalters kann zum Beispiel mit Hilfe der Fliehkraft auch selbsttätig erfolgen. (Ö. P. Nr. 104296.)

Nach einer anderen Erfindung der SSW in Berlin werden die Schwierigkeiten im Anlaßvorgang bei durch Gleichstromerregung synchronisierten Asynchronmotoren durch eine Schaltung beseitigt, nach der die Gleichstromquelle nur bei Beginn des Anlassens kurzgeschlossen ist, welcher Kurzschluß durch die Änderung des Anlaßwiderstandes allmählich aufgehoben wird. Dadurch werden zusätzliche Schalter erspart. Die Gleichstromerregermaschine kann mit dem Motor zugleich oder zu einer anderen Zeit als dieser, auf volle Drehzahl gebracht werden. Die Maschine ist dem vollen Schlupfstrom nicht mehr ausgesetzt und die Einführung der Gleichstromspannung erfolgt allmählich, so daß am Ende des asynchronen Anlaufvorganges die volle Gleichstromspannung vorhanden ist. (D. R. P. Nr. 442986.)

Eine Erfindung der Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden betrifft eine Rotorwicklung für asynchron anlaufende, als gleichstromerregte Synchronmotoren betriebene Asynchronmotoren. Aufgabe der Erfindung ist, die Zahl der in Reihe geschalteten, vom gleichen Erregerstrom durchflossenen Rotorleiter möglichst groß zu machen, um ein dem überhaupt erreichbaren Feldmaximum nahekommendes Gleichstromfeld zu erzeugen. Andererseits muß aber der Charakter des Motors als mehrphasige Asynchronmaschine gewahrt bleiben. Die Rotorwicklung soll demnach auch bei synchronem Betrieb mehrachsig kurzgeschlossen sein. Erfindungsgemäß sind von drei in Stern verbundenen, räumliche Winkel miteinander bildenden Wicklungsteilen nur zwei Teile untereinander gleich und die Summe ihrer Windungszahlen ist der des dritten Wicklungsteiles höchstens gleich.

(D. R. P. Nr. 436142.)

Eine Erfindung der ÖSSW in Wien betrifft ein Verfahren, durch das in einfachster Weise bei Induktionsmaschinen, die zum Beispiel zwecks Phasenkompensierung mit einer fremderregten Wechselstromerregermaschine im Sekundärkreis ausgerüstet sind, die Synchronisierung der Maschine erreicht werden kann. Bei einer solchen Induktionsmaschine läuft bekanntlich das im Sekundärteil durch die Wechselstromerregermaschine erzeugte Drehfeld im gleichen Sinne und synchron mit dem Ständerdrehfeld um, während der Läufer selbst gegenüber dem Ständerdrehfeld schlüpft. Wie Versuche gezeigt haben, tritt nun eine Synchronisierung des Läufers ein, wenn die Umlaufrichtung des Wechselstromerregerfeldes im Läufer umgekehrt wird, so daß es nunmehr mit dem primären Drehfeld zwar noch im gleichen Sinne umläuft, aber gegenüber diesem Felde zunächst um den doppelten Betrag, wie der Läufer schlüpft. Diese Umkehrung der Umlaufrichtung kann erfindungsgemäß betriebsmäßig in einfachster Weise durch Vertauschen von zwei Verbindungsleitungen zwischen der Wechselstromerregermaschine und der Sekundärwicklung der Induktionsmaschine erreicht werden. (Ö. P. Nr. 103834.)

(Schluß folgt.)

Chronik.

Sektionschef a. D. Ing. Wilhelm Pokorny †

Mit Sektionschef a. D. Ing. Wilhelm Pokorny, der am 15. Juni 1927 in Wien im 68. Lebensjahre einem schweren Leiden erlag, ist nicht nur ein hervorragender Bergmann, der letzte Vorstand der Sektion für Bergwesen im k. k. Ministerium für öffentliche Arbeiten, sondern auch ein Mann dahingegangen, der sich um die Verwendung der Elektrizität im österreichischen Bergbau große Verdienste erworben hat.

Am 5. November 1859 in Komotau geboren, widmete er sich nach Ablegung der Reifeprüfung am Gymnasium in Budweis zunächst an der Universität in Wien den rechts- und staatswissenschaftlichen Studien und sodann an der Bergakademie in Leoben dem Studium des Bergwesens. Im Jahre 1886 trat Pokorny in den bergbehördlichen Dienst, war den Revierbergämtern Prag, Brünn und Brüx zugeteilt und sodann in den Jahren 1891 bis 1900 Vorstand der Revierbergämter Falkenau und Mies. Zur Berghauptmannschaft in Prag einberufen, ist er im Jahre 1904 wegen seiner genauen Kenntnis der Verhältnisse des nordwestböhmischen Braunkohlenbergbaues zum Inspektionsbeamten für die Amtsbezirke der Revierbergämter Teplitz, Brüx, Komotau, Elbogen und Falkenau bestellt worden, im Jahre 1909 ist ihm im Ministerium für öffentliche Arbeiten in Wien an der neugegründeten Abteilung für Bergwerksinspektion die Leitung der Unterabteilung I übertragen worden, deren Tätigkeit sich auf ganz Böhmen erstreckte. Während des Krieges ist Pokorny im Jahre 1917 zum Leiter der Sektion für Bergwesen im k. k. Ministerium für öffentliche Arbeiten und zum Sektionschef ernannt worden. Er stand an der Spitze der österreichischen Bergwesensverwaltung, bis er nach dem Zerfalle des alten Staates Ende 1918 nach 32 jähriger Dienstzeit in den Ruhestand trat.

Vielseitig wissenschaftlich gebildet, war Pokorny bestrebt, jeden Fortschritt der Technik für die Sicherheit im Bergbaubetriebe nutzbar zu machen; er ragte unter den bergbehördlichen Beamten durch juridisches Wissen ebenso hervor, wie durch Sinn für die Bedürfnisse des Betriebes und durch Verständnis für bergwirtschaftliche und für Arbeiterfragen, er hat sich bei der amtlichen Bewirtschaftung von Kohle und Erdöl in schwierigen Lagen als tüchtiger Verwaltungsbeamter bewährt, sein Hauptarbeitsgebiet aber, dem er sich mit Liebe und Hingebung widmete, war die Unfallsverhütung im Bergbau; auf diesem Gebiete war er auch mit Erfolg als Schriftsteller tätig und genoß er auch im Auslande den Ruf eines anerkannten Fachmannes. Seine musterhaften in der amtlichen Veröffentlichung: „Die Bergwerksinspektion in Österreich" erschienenen Tätigkeitsberichte geben Zeugnis von seinen vielseitigen Bestrebungen, die Gefahren des Bergbaubetriebes besonders im nordwestböhmischen Braunkohlenrevier zu vermindern, vor allem aber hatte er sich die Aufgabe gesetzt, die Gefahren der Grubenbrände, der Brandgas-, Kohlenstaub- und Schlagwetterentzündungen zu bekämpfen; er ist der Verfasser der von der Berghauptmannschaft in Prag im Jahre 1904 erlassenen Vorschriften über die Verhinderung und Bewältigung von Grubenbränden und der durch sie verursachten Brand-

Digitized by Google

gas- und Kohlenstaubentzündungen beim Betriebe von Braunkohlenbergbauen; diese Vorschriften bilden noch gegenwärtig die Grundlage für die Feuerbekämpfung beim Kohlenbergbau.

Zu den Gefahrenquellen, welche Grubenbrände sowie die Entzündung von Gas und von Kohlenstaub verursachen können, gehört auch die Elektrizität, die um die Wende des Jahrhunderts auch im unterirdischen Bergbaubetrieb zur Beleuchtung der Grubenräume und zum Betriebe von Maschinen in steigendem Maße herangezogen wurde. Pokorny beschäftigte sich daher eingehend mit den Gefahren, welche mit der Einführung des elektrischen Stromes namentlich in Schlagwettergruben und kohlenstaubführende Grubenräume verbunden sind, vor allem mit den Einrichtungen, die geeignet schienen, eine Zündung durch den elektrischen Funken zu verhüten. Im Vereine mit Fachmännern auf dem Gebiete der Elektrotechnik verfaßte er die von der Berghauptmannschaft in Prag im Jahre 1904 erlassenen Sicherheitsvorschriften für die Einrichtung und den Betrieb von elektrischen Starkstromanlagen beim Bergbau. Diese Vorschriften, die auch den übrigen Bergbehörden zum Vorbild gedient haben, lehnten sich zum Teile an die vom Verbande deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Vorschriften an, brachten aber auch neue Gesichtspunkte zur Geltung und verwerteten viele eigene Erfahrungen des Verfassers. Pokorny vermied es, die Verwendung elektrischer Einrichtungen einfach zu untersagen, sondern war bemüht, Vorkehrungen zu ersinnen, um die Entstehung elektrischer Funken an den Maschinenteilen und Lampen zu verhüten oder wenigstens durch Einkapselung, durch Netze oder durch Plattenschutz das Übergreifen von Gas- und Staubentzündungen in die offenen Grubenräume zu verhindern. In diesem Sinne wirkte er auch später als Mitglied des Komitees zur Untersuchung der dem nordwestböhmischen Braunkohlenbergbaue eigentümlichen Gefahren, zu dessen tätigsten Mitgliedern er gehörte, er hat wesentlich mitgewirkt, um die bestehenden Bedenken gegen die Verwendung des elektrischen Stromes in Kohlenbergwerken zu zerstreuen. Wie auf allen anderen Gebieten der Unfallverhütung hat er stets auf die Bedürfnisse eines vernünftigen Betriebes Rücksicht genommen und keine Sicherheitsvorschriften vorgeschlagen, die sich nachträglich als undurchführbar erwiesen.

Als der Elektrotechnische Verein in Wien zu Ende des Jahres 1925 beschloß, im Zuge der Neubearbeitung der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" auch „Sondervorschriften für Bergwerke" aufzustellen und hiefür einen eigenen Ausschuß einsetzte, wurde auch Sektionschef Ing. Pokorny als Delegierter des Bundesministeriums für Handel und Verkehr in diesen Ausschuß entsendet und in der ersten Sitzung einstimmig zum Vorsitzenden gewählt. Pokorny hat sich der Aufgabe des Komitees mit voller Hingebung und seltenem Fleiße gewidmet und es sich nicht nehmen lassen — trotzdem er in den letzten Monaten seines Lebens schon schwer leidend war — die Sitzungen selbst zu leiten. Seiner Tätigkeit und Mitarbeit ist es in hervorragendem Maße zu danken, daß das Komitee den Vorschriftenentwurf in verhältnismäßig kurzer Zeit fertigstellen und bereits zu Beginn d. J. zur Stellungnahme veröffentlichen konnte; leider war es Pokorny nicht mehr gegönnt, diese Arbeit voll zum Abschlusse zu bringen.

Sektionschef Ing. Pokorny hat durch seine Tätigkeit den Dank des Bergbaues ebenso verdient wie den der Elektrotechnik, die mit seinen bergmännischen Fachgenossen sein frühes Hinscheiden tief betrauert; der Elektrotechnische Verein in Wien und im besonderen die Mitglieder des Komitees, die bis kurz vor seinem Tode mit Pokorny im Komitee zusammengearbeitet haben, werden der Tätigkeit des Dahingeschiedenen mit Anerkennung und Dank gedenken und ihm für immer ein ehrendes Angedenken bewahren. O. Rotky.

Literaturberichte.

3553 **Der phasenverschobene Strom,** seine Messung und seine Verrechnung. Von Dipl.-Ing. Richard F. Falk. 92 Seiten mit 52 Textabbildungen. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis geh. Mk. 6·60.

Die Versorgung eines Gebietes mit elektrischer Energie bringt bei Wechselstrom die Notwendigkeit mit sich, auch den Bedarf an dem nötigen Magnetisierungsstrom zu decken und dessen Kosten in möglichst gerechter Weise auf die Verbraucher aufzuteilen. Für die Verrechnung des Blindstromes ergibt sich jedoch wegen der Vielfältigkeit der hier auftauchenden Fragen keine so relativ einfache Lösung, wie für die der Wirkleistung; eine größere Anzahl von Vorschlägen zur Berücksichtigung des Blindverbrauches liegt vor, ohne daß es bisher in der Praxis zu einer einheitlichen Methode gekommen wäre. Einem zusammenfassenden Überblick über die Messung und Verrechnung des phasenverschobenen Stromes ist das vorliegende Büchlein gewidmet.

Nach Erörterung der Zähler und der Meßmethoden wird die Verrechnung nach den verschiedenen Tarifen und für die verschiedenen Verhältnisse — Klein-, Großkraftabnehmer usw. — besprochen. Der Verfasser befürwortet die Messung des reinen Blindverbrauches, die er wegen ihrer universellen Verwendbarkeit als zweckmäßigste Lösung bezeichnet. Eine gewisse Vollständigkeit in der Besprechung des umfangreichen Stoffes wurde offenbar angestrebt und auch erreicht. Das Büchlein wird jedermann, der sich mit den gegenwärtigen Fragen der Messung und Verrechnung des phasenverschobenen Stromes vertraut machen will, gute Dienste leisten. K. M.

3559 **Mesures Électriques.** Von J. Granier. Collection Armand Colin (Section de Physique). Librairie Armand Colin, 103 Boulevard Saint-Michel, Paris 1927.

Die Sammlung Colin entspricht etwa den bekannten Goeschenbändchen; die einzelnen Gegenstände werden jedoch ausführlicher und wissenschaftlicher behandelt. Der vorliegende Band enthält auf 195 Seiten I. Einheiten; II. Fehlerkalkül; III. Allgemeines über Meßapparate; IV. Strommessung; V. Widerstandsmessung; VI. Messung von Spannungsunterschieden; VII. Messung von Elektrizitätsmengen; VIII. Kapazitätsbestimmung; IX. Magnetische Messungen; X. Bestimmung von Induktionskoeffizienten; XI. Leistungsmessung; XII. Energiemessung; XIII. Bestimmung der Wellenform; XIV. Messung der Phasenverschiebung; XV. Frequenzmessung.

Den Schluß bildet ein Verzeichnis der einschlägigen französischen Literatur. Der Inhalt ist verhältnismäßig reichhaltig, die Darstellung von durchsichtiger Klarheit; die Einteilung übersichtlich. Den einzelnen Abschnitten sind eingehende Zahlenangaben über ausgeführte Instrumente angeschlossen. Mehrfach fanden bei uns weniger bekannte Apparate Aufnahme, so zum Beispiel Zweizeigerinstrumente zur unmittelbaren Ablesung einer beliebigen Funktion zweier Ströme; eine Einrichtung zur Messung von Flüssigkeitswiderständen mittels Gleichstrom; ein Hysteresisvergleicher mit einem Hufeisenmagnet, der um ein durch eine Torsionsfeder festgehaltenes zylindrisches Blechpaket rotiert; ein thermisches Wattmeter; der Rheograph von Abraham u. a. m. Die mathematischen Ableitungen sind durchwegs einfach und erfordern nur in wenigen Fällen die Kenntnis der Differential- und Integralrechnung. Das Buch wird daher in vielen Fällen dem Techniker, der mit elektrischen Messungen zu tun hat, gute Dienste leisten.

Dr. Rich. Hiecke.

3543 **Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik.** Herausgegeben von Prof. Dr. F. Auerbach und Prof. Dr. W. Hort. Band III. mit 198 Abb. im Text. Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1927. 468 Seiten, 17·5 × 25 cm, Preis Mk. 40·—, Subskriptionspreis Mk. 32·—.

Dieser Band des Handbuches befaßt sich mit der theoretischen und angewandten Elastizitäts-

Digitized by Google

lehre. Den ersten Abschnitt bildet die allgemeine Theorie der Elastizität von A. Korn. Nach eingehender Erörterung der Grundbegriffe, sowie Eingrenzung des Gebietes werden die Grundgleichungen, und zwar sowohl des isotropen als auch der kristallinischen Körper abgeleitet. In aller Strenge werden die Hauptprobleme der Elastizitätstheorie erörtert, wobei der Beweis der Eindeutigkeit der Lösung, — Korns eigenes Arbeitsgebiet — eine wichtige Rolle spielt. Von den Gleichgewichtsproblemen wird zu den Bewegungs-, insbesondere zu den Schwingungsproblemen übergegangen. Nach dem allgemeinen Fall folgt der Fall des durch spezielle Flächen (Kugeln, Ebenen, allgemeine Flächen zweiter Ordnung) begrenzten Körpers, dann noch der elastische Stoß und der elastische Körper, der mehrfach zusammenhängende Räume erfüllt. Ein kurzer Anhang von Felix Auerbach, ergänzt durch die geometrische Darstellung der Spannungs- und Verzerrungsverhältnisse.

Der allgemeinen Elastizitätstheorie folgen Abschnitte, die spezielle Spannungszustände behandeln. Hier treten die experimentellen Untersuchungsmethoden und die technischen Anwendungen naturgemäß stärker hervor. Zug und Druck einschließlich des Druckes sich berührender Körper, behandelt F. Auerbach, die Biegung, einschließlich der Biegung von Platten und Schalen J. W. Geckeler, die Scherung und Drillung wieder F. Auerbach, der dann noch je einen Abschnitt über Kristallographie und über Schwingungen und Wellen bringt. Erdbeben und Erdbebenwellen behandelt Beno Gutenberg. Der Beschreibung der Bebenvorgänge folgen die Schilderungen der Meßmethoden und der Meßapparate, dann die Theorie der Vorläufer- und der Oberflächenwellen und die Folgerungen, die aus den Beobachtungen der Beben auf den Bau und die Zusammensetzung des Erdkörpers gezogen werden können. Dieses Gebiet, das bis vor wenigen Jahren ausschließlich den Geophysiker interessierte, hat in letzter Zeit in starkem Maße technische Bedeutung gewonnen. Den Schluß des Bandes bilden wieder zwei Abschnitte von F. Auerbach über den elastischen Stoß und über die thermischen Eigenschaften der festen Körper. Bezüglich der ausführlichen Verweisungen auf die Literatur gilt dasselbe wie in dem besprochenen Teile des ersten Bandes.[1]) A. Basch.

2225 **Billig Verladen und Fördern.** Von Dipl. Ing. von Hanfstengl. Dritte neubearbeitete Auflage. 178 Seiten mit 190 Textabbildungen. Berlin, Verlag von Julius Springer 1926. Preis Mk. 6·—.

Ausgehend von dem Gedanken, daß die Rentabilität jedes Betriebes in hohem Maße von der zweckmäßigen Güterförderung abhängt, versucht das Buch eine kurze Übersicht über die gebräuchlichen Fördermittel zu geben, unter Hinweis auf die jeweils beste Verwendungsmöglichkeit. Auf diese Weise soll es dem Betriebsleiter ermöglicht werden, die für seinen Betrieb günstigsten Förderanlagen zu schaffen. Im ersten Abschnitt sind die Gesichtspunkte zusammengestellt, welche betrachtet werden müssen, um bei der Auswahl eines bestimmten Fördersystems, das mit den geringsten Förderkosten zu finden. Der sechste und letzte Abschnitt bringt drei durchgerechnete vergleichende Beispiele, welche nahezu unverändert noch von der ersten Auflage aus dem Jahre 1916 übernommen sind. Vom Standpunkte des Lehrers kann dies angenommen werden, vom Standpunkte des Praktikers scheint jedoch eine Umarbeitung der Beispiele zweckmäßig. Der Verfasser lehnt es ausdrücklich ab, Einrichtungen für Fließarbeit darzustellen, mit dem Hinweis, daß dies bei dem heutigen Stande dieses Gebietes nicht angebracht sei. Dieser Ansicht kann wohl mit Recht widersprochen werden. Gerade was die Wirtschaftlichkeit der Förderung betrifft, scheint es von größter Wichtigkeit, ihren Einfluß bei der Fließarbeit zu prüfen. Besonders auf diesem Gebiete werden die größten Fehler, Unterlassungen und Übertreibungen begangen. In diesem Zusammenhang wäre auch darauf hinzuweisen, daß es sich sehr häufig darum handelt, die Transportanlagen eines bestehenden Betriebes im Sinne höherer Wirtschaftlichkeit umzustellen, wofür sich sehr wohl gewisse Richtlinien aufstellen lassen. Wenn auch die Wichtigkeit nicht verkannt werden darf, das Buch möglichst gedrängt zu fassen, würde ein Ausbau einzelner Kapitel von Vorteil sein. Auch in der vorliegenden Form ist es ein guter Behelf für Studierende und Betriebsleute. Ellmann.

[1]) Vgl. Die Besprechung des ersten Bandes in E. u. M. 1927, Heft 34, S. 698.

Eingegangene Bücher.

Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung. Von Prof. R. Courant. Erster Band. Funktionen einer Veränderlichen. 410 Seiten mit 127 Textfiguren. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 18·60.

Alessandro Volta 1745—1827. Von Rollo Appleyard. Volta-Ausstellung, Como 1927. Herausgegeben von der Standard Electric Corporation.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	5. IX. 1927	7. IX. 1927	9. IX. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126	126¼	126¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	50-50¾	50-50⅛	49⅛-50½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	85—90	88—93	88—93

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 9. September 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	15	0	62	5	0
Wire bars	62	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	54	7	6	54	8	9
Standard 3 Monate .	54	17	6	54	18	9
Zinn:						
Engl. ingots	286	10	0	287	10	0
Standard Kassa . .	289	10	0	289	15	0
Standard 3 Monate .	283	15	0	284	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	22	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	27	5	0	27	5	0
Remelted	27	12	6	—	—	—
English Swansea . .	27	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V. Wiedner Hauptstraße 98

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

45. Jahrgang | Wien, 25. September 1927 | Heft 39

„Postiag", Wien I

ZUR

XXIV. HAUPTVERSAMMLUNG DES VERBANDES DER ELEKTRIZITÄTSWERKE

BREGENZ 22. bis 25. September 1927

Digitized by Google

Die Wasserkraftnutzung und Elektrizitätsversorgung in Vorarlberg.

Von Ing. Anton **Fürst**, Direktor der Vorarlberger Landes-Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft, Bregenz.

Wenn man sich heute einen Überblick über die Elektrizitätswirtschaft in Vorarlberg verschafft, so ist eine besonders bemerkenswerte Steigerung gegenüber dem Vorjahre nicht festzustellen. Anders verhält es sich mit der Wasserkraftnutzung, welche zwar noch keine neuen Inbetriebsetzungen von Kraftanlagen, aber die intensive Inangriffnahme zweier Großkraftwerke verzeichnen kann.

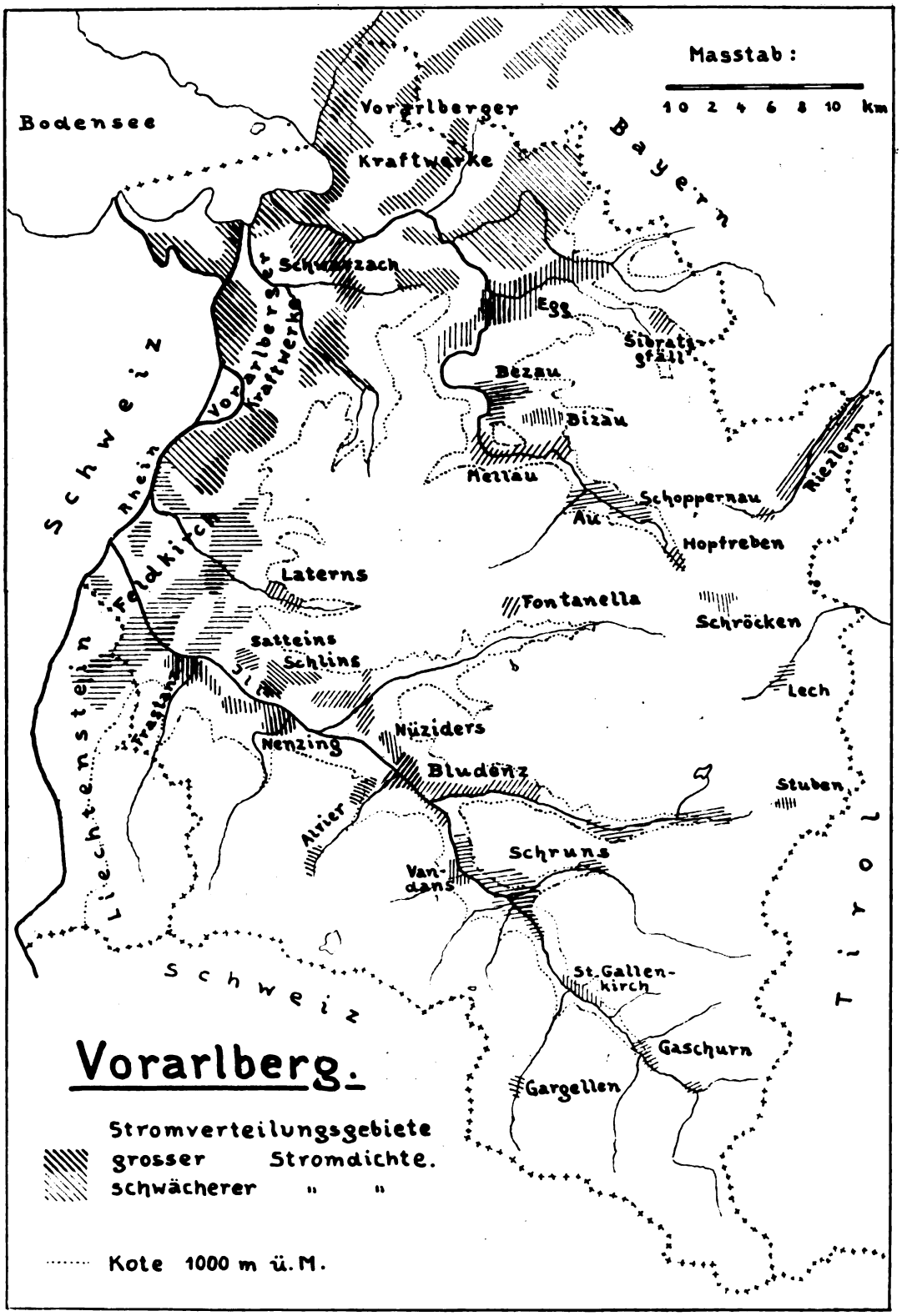


Abb. 1. Die Stromverteilung in Vorarlberg.

Digitized by Google

Die Elektrizität hat in Vorarlberg schon weit in die Talschaften und stellenweise in hoch gelegene Orte hinein Eingang gefunden und etwa 150 Wasserkraftanlagen kleineren und größeren Umfanges dienen der Allgemeinheit und der Industrie des Landes. Davon entfallen auf

	kW
14 Lieferwerke, welche einen Anschlußwert von mehr als 20 kW besitzen, etwa	23 240
auf die Industriewerke	10 250
auf die Österr. Bundesbahnen	17 500
auf die übrigen Kleinwerke	210
Zusammen also	51 200

Es trifft somit auf den Einwohner rund 368 W installierter Maschinenleistung. Die Erzeugung an elektrischen Strom in Mill. kWh unterteilt sich etwa folgendermaßen:

	Mill. kWh
Lieferwerke	44
Industriewerke	28
Österr. Bundesbahnen (aus dem Spullerseewerk für 1926 geschätzt)	5
Zusammen	77

Es ergibt sich daraus für das Jahr 1926 eine Stromerzeugung von rund 550 kWh auf den Kopf der Bevölkerung.

Die Tatsache, daß von jenen Lieferwerken, welche mehr als einen Ort zu ihrem Absatzgebiete zählen, 82 Ortschaften mit rund 132 000 Einwohnern versorgt werden, beweist, daß im allgemeinen der Anschluß auch abseits stehender Orte an die größeren Werke einen gewissen Vorzug sich erhalten hat. Abb. 1 zeigt, wie sich die Absatzgebiete verteilen und wie weit die Elektrizität in die Täler vorgedrungen ist. Eine Ausnahme bildet lediglich das Große Walsertal, wo nur die Gemeinde Fontanella ein kleines Gleichstromwerk aufzuweisen hat. Die größten Absatzgebiete besitzen

	Ortschaften	Einwohnerzahl
die Vorarlberger Kraftwerke Ges. m. b. H., Bregenz	28	67 900
die Stadtwerke Feldkirch	17	22 260
das E.-W. der Stadt Bludenz	9	10 300
das E.-W. der Montafonerbahn A. G. Schruns	7	7 000
das E.-W. Egg, Bregenzerwald	4	6 000
das E.-W. a. d. Schwarzach A. Loacker	2	4 800

Alle diese Werke sind unter sich oder mit Industriewerken und direkt oder indirekt mit dem Gampadelswerke der Vorarlberger Landes-Elektrizitäts-A. G. Bregenz[1]) gekuppelt, so daß für gegen-

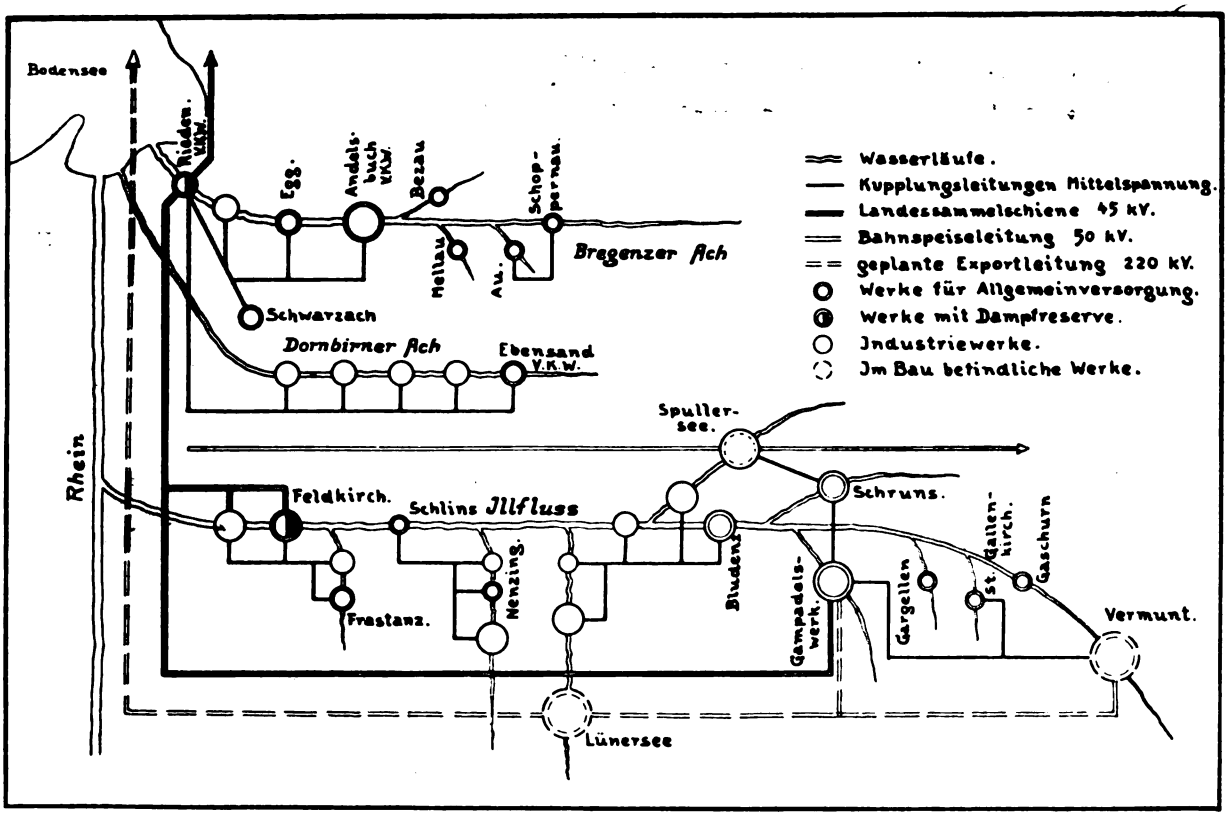


Abb. 2. Verbundwirtschaft der E. W. in Vorarlberg.

seitige Reserve und Stromaustausch die größten Möglichkeiten geschaffen sind. (Abb. 2).

Die Wasserkraftnutzung beschränkt sich im wesentlichen auf die Bregenzer Ach, die Dornbirner Ach und die Ill. Der Illfluß weist die höchste Zahl größerer Wasserkraftanlagen auf, bietet aber auch insbesondere in seinem Oberlaufe die Hauptausbaumöglichkeiten für Großwasserkraftanlagen. Es sei an die im Jahre 1925/26 in Betrieb gegangenen Werke erinnert und zwar das Spullerseewerk der Österreichischen Bundesbahnen[2]), das Alfenzwerk der Vorarlberger Zementwerke Lorüns A. G. und das Gampadelswerk der Vorarlberger Landes-Elektrizitäts-A. G.[3]) Die nutzbaren Gefällsstufen sind damit aber nicht erschöpft. Gerade das Montafon hat im Laufe der Zeit zahlreiche Projekte

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 698.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 362; 1927, Heft 28, S. 591.
[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 698.

Digitized by Google

zu Tage gefördert, welche zum großen Teil auch bedeutende Staumöglichkeiten vorsehen, die umso wertvoller sind, als durchwegs große Gefälle zur Verfügung stehen (Abb. 3).

Über zwei neue in Vorarlberg im Bau befindlichen Anlagen ist meines Wissens in den Fachblättern noch nicht eingehend berichtet worden, obwohl es sich um Großkraftwerke handelt, welche

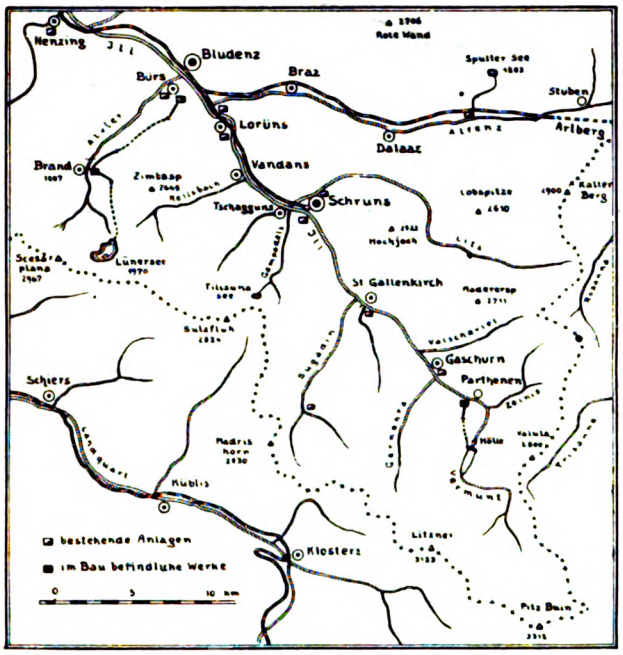


Abb. 3. Der Oberlauf der Ill.

es durch ihre Eigenart verdienen, schon im Anfangsstadium der Bauarbeiten der breiteren Fachwelt bekannt gemacht zu werden. Es ist dies das Vermuntwerk, bei der Ortschaft Parthennen im hinteren Montafon gelegen, und das Lünerseewerk bei Bludenz. Beide Anlagen sind als Speicherwerke in Aussicht genommen. Das Vermuntwerk mit einem künstlich geschaffenen, das Lünerseewerk mit einem natürlichen Staubecken; sie reichen mit ihrem Einzugsgebiete in die höchsten Lagen der Silvretta und des Rhätikon hinein.

Die beiden Anlagen sind als zusammengehörige Einheiten für den ersten Bauabschnitt in das Ausbauprogramm der Vorarlberger Illwerke Ges. m. b. H. in Bregenz aufgenommen worden und werden die erzeugte Energie zum überwiegenden Teil nach Württemberg abgeben. Sie ergänzen sich auch in ihrer Energiewirtschaft außerordentlich günstig, weil von der gesamten jährlich zu gewinnenden Arbeit von rund 257 Mill. kWh ungefähr die Hälfte auf die Wintermonate entfällt.

Das Vermuntwerk nützt die Gefällsstufe der Ill oberhalb Parthennen aus, welche schon in ihrem natürlichen Verlaufe starkes relatives Gefälle zeigt, insbesondere dort, wo sie durch den Kardatscharücken zunächst aufgehalten, in der „Hölle" zu Tale stürzt. Auf diesem Rücken soll die Staumauer errichtet und das oberhalb der Kardatscha gelegene Plateau zur Schaffung des Staubeckens verwendet werden, welches mit rund 4 Mill. m³ nutzbaren Stauinhalt geplant ist (Abb. 4, 5).

Das ganze Staubecken liegt in Gneis, welcher dort volle Undurchlässigkeit zeigt und auch die Fundierung der Staumauer auf gewachsenen Fels ermöglicht, wenn auch an manchen Stellen eine ziemlich mächtige Moränenschichte abgedeckt werden muß. Um genaue und zuverlässige Aufschlüsse zu erhalten ,wurden in den letzten Jahren ausgiebige Bohrungen und Sondierungen (Schächte und Stollen) vorgenommen, welche die vermuteten Verhältnisse bestätigten.

Die Staumauer selbst wird voraussichtlich mit einem Mauerinhalte von rund 100 000 m³ ausgeführt, ihre Krone reicht 2 m über den höchsten Stauspiegel (Kote 1740 m ü. M.) hinaus. Der Wasserspiegel wird im Betriebe jeweils auf etwa Kote 1719 abgesenkt, so daß die Spiegelschwankungen sich im Bereiche von 21 m bewegen. Rechtsseitig der Ill wurde durch den Kardatscharücken ein rund 300 m langer Umlaufstollen vorgetrieben, wel-

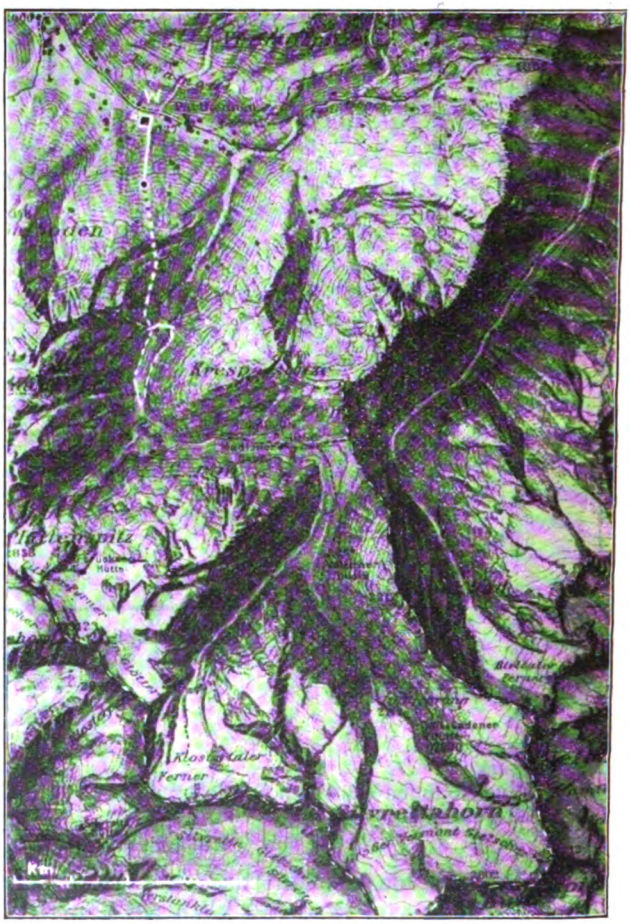


Abb. 4. Vermuntwerk. Lageplan.

cher während der Bauzeit die Ableitung der Ill ermöglicht.

Das in Abb. 5 skizzierte Längenprofil gibt den Charakter der Anlage deutlich wieder. Man möchte es ein Schulbeispiel für eine Hochdruckanlage nennen, zumal die Längenverhältnisse zum Gefälle sehr günstig sind.

Digitized by Google

Am linksseitigen Ende der Staumauer befindet sich das Einlaufbauwerk, ausgestattet mit Grob- und Feinrechen und dem Abschlußorgan für den Stollen, der dort seinen Anfang nimmt und als Druckstollen mit einem Durchmesser von 2·70 m und einer Länge von rund 2500 m ausgeführt wird. Er erhält etwa 1 km vom Einlaufbauwerk entfernt einen Fensterstollen von 150 m Länge und führt durch Gneis, bei welchem an manchen Stellen auf stärkere Gesteinsspannungen gerechnet wird. Der

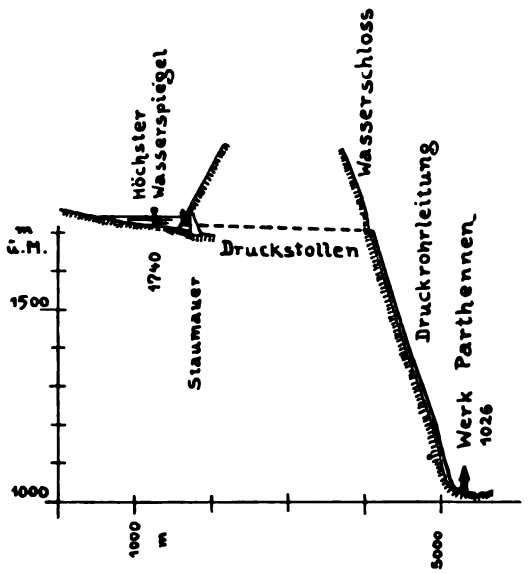


Abb. 5. Vermuntwerk. Längenprofil.

Vortrieb des Stollens ist von beiden Enden und vom Fensterstollen aus in Angriff genommen worden.

Das Wasserschloß befindet sich oberhalb des Ortes Parthennen und wird im Gebirge eingebaut. Die Druckrohrleitung hat eine Länge von rund 1400 m und wird mit zwei Rohrsträngen ausgeführt. Sie erhält entsprechend einer Betriebswassermenge von 15 m³/sec. Rohre von 1750 bis 1350 mm Durchmesser, welche nahtlos geschweißt und wegen der großen Druckhöhe im unteren Teil bandagiert sind. Das Rohgefälle beträgt rund 714 m.

Die 130 Mill. kWh, welche das Vermuntwerk jährlich zu erzeugen in der Lage sein wird, werden in der links der Ill im Talgrunde bei Parthennen gelegenen Zentrale in vorläufig 4 Maschineneinheiten von je 19 000 kW also insgesamt 76 000 kW gewonnen. Das Betriebswasser mündet unterhalb der Zentrale zunächst in ein Ausgleichsbecken, welches die Stauwassermengen wieder zeitlich verteilen soll, und dann in die Ill zurück.

Das Einzugsgebiet des Vermuntwerkes (Abb. 4) umfaßt rund 57 km² und es ist mit ausgedehnten Gletschern ausgestattet. Die Hauptwasserführung fällt in die Zeit nach der Schneeschmelze, also in den Sommer. In dieser Beziehung tritt der Wert des großen Speicherinhaltes des Lünersees ganz auffallend hervor, denn der ganze Zufluß aus seinem Einzugsgebiet kann für die Zeit des Kraftbedarfes im Winter aufgespeichert werden.

Die Projekte für den Ausbau des Lünerseewerkes sehen zwei Varianten für die Ausnützung des Gefälles vom Lünersee bis Bürs bei Bludenz vor.

Die einstufige Variante führt zunächst das Wasser vom Lünersee in einem Höhenstollen bis unterhalb des Valbonakopfes, um es dort in einer Druckrohrleitung bei rund 1370 m Rohgefälle zu Tal zu bringen. In einer Nebenanlage wird der Alvierbach und seine Zubringer von Brand abwärts gefaßt und in einem eigenen Stollen und eigener Rohrleitung zur gleichen Zentrale geführt. Die Nebenanlage hat den Zweck, die wertvollen Zuschübe aus einem Einzugsgebiete von rund 44 km² auszunützen, welche in der Hauptanlage mit einem Einzugsgebiete von rund 28 km² vermöge des Höhenunterschiedes nicht einbezogen werden könnten.

Die zweite Variante sieht einen ausgesprochen zweistufigen Ausbau vor, welcher im Lageplane (Abb. 6) genauer eingetragen ist. Das natürliche

Abb. 6. Lünerseewerk. Lageplan des Zweistufenprojektes.

Einzugsgebiet des Lünersees von 8·8 km² ist zu klein, um seinen nutzbaren Stauraum von 40 Mill. m³ bei einer betriebsmäßigen Absenkung um rund 50 m alljährlich zu ergänzen. Will man ihn vollständig ausnützen, so muß das Einzugsgebiet künstlich vergrößert werden, was aber unter den vorhandenen Verhältnissen ohne allzugroße Schwierigkeiten möglich ist. Zunächst kann der Brandner Ferner mit einer Teilfläche von 3·2 km², der west-

Digitized by Google

lich vom Lünersee einen eigenen Abfluß hat, einbezogen werden. Dies ist durch einen Stollen von rund 1500 m Länge in 2400 m Höhe ü. M. erreichbar, welcher das Schmelzwasser zur Totenalpe führt, wo es in natürlichen Gerinne dem Lünersee zueilen kann (Abb. 7).

Eine weitere Vergrößerung des Einzugsgebietes ist dadurch herbeizuführen, daß das östlich benachbarte Gebiet des Rellsbaches mit etwa 16 km² gedachte obere Stück der Stufe Bürs wird eine Länge von zusammen rund 6·2 km erhalten. Die Zuführung des Schleifwaldtobelbaches in diesen Druckstollen ist nur durch eine Dückerleitung unter dem Alvierbach durch denkbar, während der rechtsseitig gelegene Sarotlabach eine direkte Einleitung zuläßt. Die Steilrohrleitung wird bei einem Rohgefälle von rund 480 m etwa 1000 m lang und ist heute für eine Betriebswasserführung von

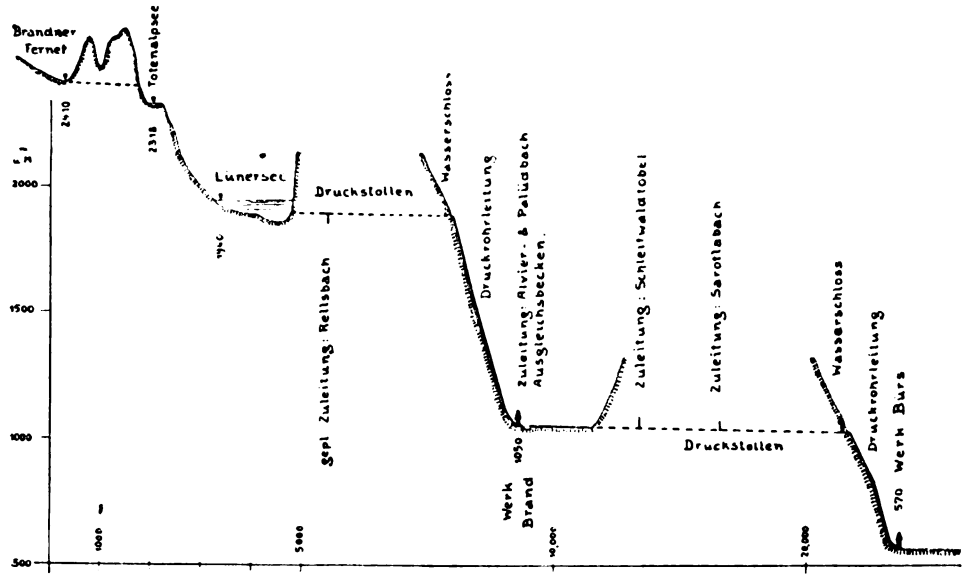


Abb. 7. Lünerseewerk. Längenprofil des Zweistufenprojektes.

einbezogen wird. Hier läßt sich aber, will man die Höhe des Lünersees erreichen, eine Pumpanlage mit rund 480 m Förderhöhe nicht vermeiden. Die Pumpanlage käme in die Alpe Vilifau zu liegen.

Die besprochene künstliche Vergrößerung des Einzugsgebietes sieht auch das Einstufenprojekt vor.

Beim Zweistufenprojekt, welches allein hier näher beschrieben werden soll, wird das im Lünersee gesammelte Wasser zunächst in einer Stufe von rund 890 m mit einer Zentrale in Brand ausgenützt. Dort vereinigt dann ein Tagesausgleichsbecken bei der Zentrale das Unterwasser der oberen Stufe mit dem Alvierbach und dem Palüdbach. Direkt an das Werk Brand schließt die untere Stufe an (Abb. 7), welche unterwegs noch zwei Einzugsgebiete den Schleifwaldtobelbach und den Sarotlabach einholt. Die Zentrale der unteren Stufe befindet sich unweit der Ortschaft Bürs, wo der Unterwassergraben in den Alvierbach mündet.

Der höchste Seespiegel des Lünersees befindet sich auf 1940 m ü. M. Der angeschlossene Druckstollen hat eine Länge von rund 4 km. In diesem Stollen kann das Pumpwasser aus dem Rellstale direkt eingeführt werden. Die vom Wasserschloß zur Ortschaft Brand führende Druckrohrleitung mit rund 1400 m Länge wird voraussichtlich für eine Wasserführung von 10 m³/sek. entsprechend einer Maschinenleistung von insgesamt 63 000 kW gebaut werden. Die Jahresarbeit von 52 Mill. kWh dieser Stufe kann also im Winter mit rund 850 Betriebsstunden ausgenützt werden.

Der Druckstollen und das als Hangrohrleitung 12 m³/sek. vorgesehen. Die untere Zentrale wird bei einer Maschinenleistung von 40 000 kW rund 75 Mill. kWh jährlich abzugeben in der Lage sein.

Hier sollen noch einige Daten über die wasserbaulichen Anlagen am Lünersee angefügt werden.

Der See hat eine Oberfläche von rund 1·10 km² und einen Inhalt von 51 Mill. m³. Einen oberirdischen Abfluß hat der See nicht, sondern das Wasser tritt unterirdisch durch die nördliche Bord-

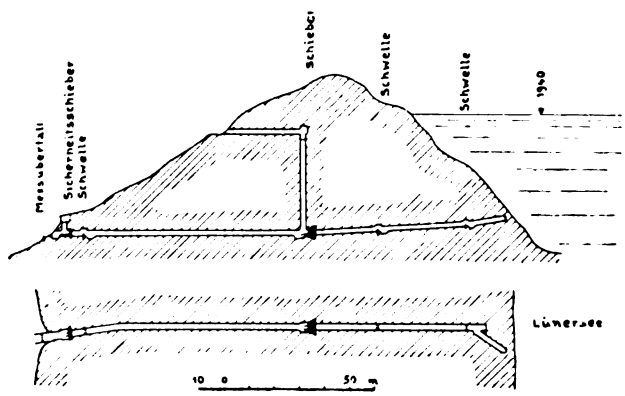


Abb. 8. Lünersee. Profil des Ablaßstollens.

wand aus und kommt talseitig als Quellen, welche den Alvierbach speisen, zu Tage. Der Seegrund verläuft vom Südufer aus sehr flach und erreicht seine tiefste Stelle in der nördlichen Hälfte gegen die Bordwand zu, welche aus Dolomit besteht und den See vom Brandnertale absperrt. Die Abdichtung des Sees war die erste Frage, welche zu

Digitized by Google

lösen war. Um hier Klarheit zu schaffen, entschloß sich die Vorarlberger Landesregierung im Jahre 1920, welche damals die Vorarbeiten in der Hand hatte, 50 m unter dem normalen Spiegel einen Stollen vorzutreiben, um den See ablassen zu können und durch die dabei gemachten Erfahrungen

Zufolge der Spiegelabsenkung traten natürlich kleine Schlammrutschungen und Senkungen bei den Bachmündungen auf. An zwei Stellen (Abb. 9) zeigten sich auch größere Uferabbrüche. Die Nordwand selbst ist kahl zutage getreten, lediglich Stufungen, Spalten und Gletschermühlen waren

Photogr. J. Hegenbart, Bludenz.

Abb. 9. Der Lünersee teilweise abgesenkt. ○ Rutschstellen. ×Ort der Mündung des Ablaßstollens.

Schlüsse auf die Abdichtungsmöglichkeit und Maßnahmen machen zu können.

Der Stollen konnte ohne große Schwierigkeiten bis 11 m vor See vorgefahren werden, weil die Seeseite der Nordwand, welche für den Vortrieb des Stollens allein in Frage kam, ebenfalls sehr steil abfällt. Das Gestein wurde an dieser Stelle schon sehr stark wasserführend und es mußte versucht werden, durch einen Seitenstollen in günstigerem Gebirge noch näher an den See heran zu kommen. Dies gelang bis auf 2 m und damit war alles zur Schlußsprengung vorbereitet (Abb. 8).

Um zu erreichen, daß beim Durchsprengen des letzten Stückes und bei Eintritt des Wassers in den Ablaßstollen der talseitige Abfluß geregelt werden kann, wurde ein doppeltes Schieberaggregat eingebaut, welches auch allenfalls auftretende Überdrücke bei der Schlußsprengung aushalten mußte. Vorlagerungen vor dem Fels waren auf der Seeseite nicht zu erwarten, aber es konnte das Wasser beim Einbruch nach der Sprengung Felsstücke in den Stollen mitreißen. Um diese abzufangen, wurden in den Stollen Fangmauern eingebaut, über welche das Wasser hinwegfließen mußte.

Die Schlußsprengung wurde am 26. August 1925 vorgenommen und gelang sehr gut. Erst etwa 1 Minute nach der Zündung zeigte sich das Aufquellen der Stollenluft, welche dem Seewasser weichen mußte und scheinbar eine sehr gut dämpfende Wirkung hatte. Es konnte nun mit der Absenkung des Sees begonnen werden und zwar wurde er bis auf die Kote 1898 abgelassen.

mit Schuttmaterial ausgeglichen. Dieses wurde entfernt und so ein genauer Einblick in die Formation des Gebirges ermöglicht (Abb. 10). Mit der Absenkung des Seespiegels stellt sich auch das Versiegen der Quellen an der Nordwand bis auf eine

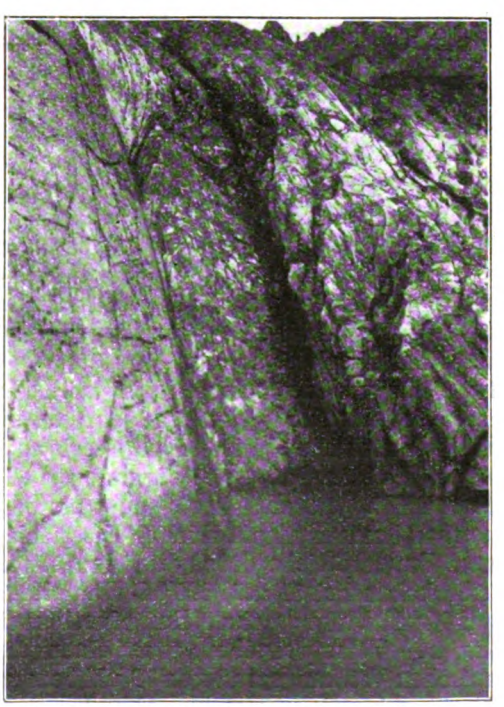


Abb. 10. Lünersee. Bordwand an der schwächsten Stelle der Barre.

Digitized by Google

ganz minimale Wassermenge ein, sodaß die Annahme wohl berechtigt ist, daß die Gänge, welche die Quellen speisen, der Abdichtung ohne übermäßige Kosten zugänglich sind. Gegenwärtig sind die Abdichtungsarbeiten im vollen Gange.

Der Bau des Lünerseewerkes und des Vermuntwerkes erfordert großzügige Bauinstallationen. Die vorhandenen Straßen reichen in beiden Fällen für die großen und schweren Massentransporte nicht aus. Bisher konnte für die Arbeiten am Lünersee mit der bestehenden Straße Bludenz-Brand und mit der anschließenden Seilbahn zum Lünersee das Auslangen gefunden werden. Jetzt geht man daran, von Bürs bis Brand eine neue leistungsfähigere Straße zu bauen. Für das Vermuntwerk entschlossen sich die Vorarlberger Illwerke Ges. m. b. H. eine rund 19 km lange schmalspurige Transportbahn von Schruns bis Parthennen als Fortsetzung der Montafonerbahn zu erstellen. Die Arbeiten daran sind im Zuge. Die Endstation, welche unweit des Zentralengebäudes in Parthennen errichtet wird, bildet den Umschlagplatz zu einer leistungsfähigen Seilbahn, welche dem Tale entlang mit einer Winkelstation bis zur Höhe der Staumauer geführt ist. Längs der Druckrohrleitung führt ein Schrägaufzug, der auch später stehen bleiben soll, bis zum Wasserschloß, von wo neben dem Druckstollen ein Höhenweg bis zur Staumauer geführt wird, der auch im Betriebe den Zugang zu dem Einlaufwerk im Winter sichern soll, weil die Zugänge im Talgrund durch Lawinenzüge gefährdet sind.

Die beiden im Bau befindlichen Kraftanlagen werden ihre Energie, wie bereits erwähnt, zum größten Teile nach Süd-Deutschland abgeben. Für die geplante Exportleitung von 110 bezw. 220 kV Übertragungsspannung steht zunächst nur der Weg durch das Tal der Ill und das Rheintal über Bregenz offen. Die Stromerzeugung Vorarlbergs wird nach Inbetriebnahme der beiden Werke einen gewaltigen Schritt nach vorwärts machen. Diese sprunghafte Entwicklung wird dadurch gekennzeichnet sein, daß die installierte Maschinenleistung pro Kopf 1650 W und die jährliche Stromerzeugung aus Wasserkraft etwa 2000 kWh für den Einwohner erreicht.

Umgestaltung der Betriebsanlagen in den Wiener kalorischen Kraftwerken der städt. Elektrizitätswerke.

Von Direktionsrat Ing. Fritz **Siedle**, städt. Elektrizitätswerke, Wien.

Die städtischen Elektrizitätswerke stehen im Begriffe, die Stromerzeugungsanlagen ihrer kalorischen Kraftwerke zu modernisieren. Hiebei wurden bereits die neuesten Erfahrungen auf dem Gebiete der Verwendung von hoch überhitzten Hochdruckdampf und die neuesten Konstruktionen im Dampfturbinen- und Kesselbau berücksichtigt.

Im Kraftwerk Engerthstraße wurde eine neue Dampfturbine mit einer Normalleistung von 17 500 PS für 11 atü 320° C Überhitzung und 3000 U/min aufgestellt und bereits Mitte November v. J. im Betrieb genommen. Es ist eine einzylindrige Maschine, System Brown Boveri & Cie., Baden, mit Kondensation, die mit einem Drehstromgenerator der Österr. Siemens-Schuckert Werke für 18 700 kVA Leistung und Eigenerregung direkt gekuppelt ist.

Die auf einer gemeinsamen Welle angeordneten Kondensationspumpen haben Dampf- und elektrischen Antrieb, sodaß bei einem etwaigen Versagen des elektrischen Antriebes die Dampfturbine automatisch einspringt.

Die Kühlluft des Generators wird in mit Frischwasser beaufschlagten glattrohrigen stehenden Kühlern rückgekühlt. Der Dampfverbrauch dieser neuen Turbine hat den Garantien voll entsprochen und ist wesentlich günstiger als die übrigen vorhandenen Dampfturbinen. Die nach halbjährigem Dauerbetriebe durchgeführten Abnahmeversuche haben bei 11 atü, 300° C Dampftemperatur und 96 vH Vakuum einen Dampfverbrauch von 3·59 kg bei Volast ergeben, was einen thermodynamischen Wirkungsgrad von 79 vH bezogen auf die Turbinenkupplung ergibt. Abb. 1 zeigt eine Ansicht des Aggregates am Standort.

Im Kraftwerke Simmering wird auf Hochdruckbetrieb mit 35 atü und 420° C Dampftemperatur am Kesselaustritt übergegangen und die Kessel, welche von der Simmeringer Maschinen- und Waggonbaufabriks A. G., Paukerwerke und Floridsdorfer Lokomotiv-Fabrik in Wien geliefert werden, mit Kohlenstaubfeuerungen für die Verheizung inländischer Kohlen ausgerüstet.

Der erste Ausbau dieser neuen Anlage umfaßt die Aufstellung zweier Kondensations-Dampfturbinenaggregate und zwar einer dreigehäusigen Zweidruck-Anzapfturbine der Ersten Brünner Maschinenfabrik für 21 500 PS Normal-Dauerleistung, sowie einer dreigehäusigen Eindruck-Anzapfturbine der A. G. Brown Boveri & Cie für 30 000 PS normal Dauerleistung. Beide Turbinen sind für eine Umdrehungszahl von 3000 U/min gebaut und mit selbstbelüfteten und eigenerregten 5000 V Drehstrom-Generatoren von 18 700 kVA bezw. 25 000 kVA gekuppelt, deren Kühlluft in mit Frischwasser beaufschlagten, glattrohrigen Rückkühlanlagen im Kreislaufe gekühlt wird. Die Zweidrucksteuerung der Maschine der E. B.-Maschinenfabrik ermöglicht es, mit Mitteldruckdampf aus den bestehenden Kesseln die Turbine zu speisen und dadurch die bedeutende Speicherkapazität der Mitteldruck-Kesselanlage für Stoßbeanspruchungen in der Belastung dieser Hochdruckturbine heranzuziehen, was einen wertvollen Ersatz für die mindere Speicherfähigkeit der Hochdruckdampferzeuger darstellt.

Abb. 2 zeigt eine Ansicht der Zweidruck-Anzapfturbine der Ersten Brünner Maschinenfabrik am Standort ohne Generator. In den Abb. 3 und 4 wird die Dreizylinderturbine, Bauart Brown Boveri im

Digitized by Google

Längsschnitt und in der Ansicht gezeigt. Mit der Montage dieser Turbine wurde bereits begonnen.

Die Unterteilung beider Bauarten in drei Gehäuse ergab kurze starre Wellen mit kurzen Lagerabständen und kleinen Gehäusen mit geringen Wärmedehnungen. Es ist deshalb möglich, die Spiele in den Schaufelungen und Stopfbüchsen so niedrig, als es die Betriebssicherheit zuläßt, zu halten und dadurch die Undichtigkeitsverluste herabzusetzen. Außerdem sind die Niederdruck-Turbinen in zwei parallel arbeitende Teile geteilt. Hiedurch wird der Auslaßverlust auf ein Viertel des früheren

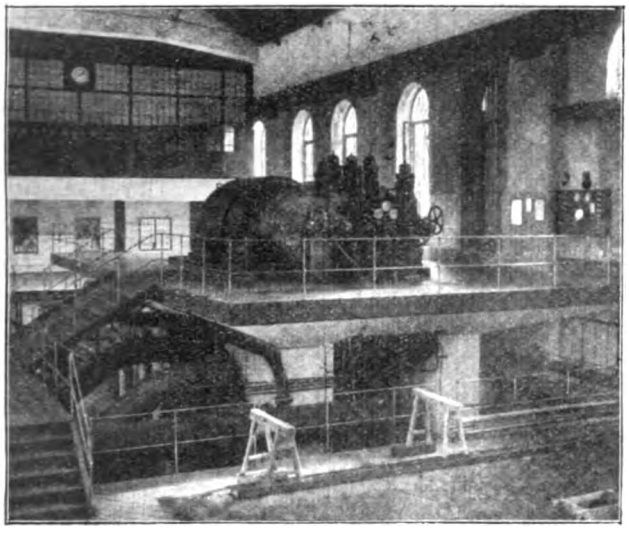


Abb. 1. 18 700 kVA Turbine der A. G. Brown Boveri & Cie., Baden, im Kraftwerk Engerthstraße.

vermindert. Im Innern weisen die Bauarten die bekannten von einander abweichenden Spezialausführungen beider Firmen auf. Trotzdem sind die garantierten Dampfverbrauche ungefähr gleich. Diese betragen bei 32 atü, 400° C Dampftemperatur und 15° C Kühlwassertemperatur, bezogen auf die Kupplungsleistung der Turbine, bei reinem Kondensationsbetrieb und Vollast bei der Ersten Brünner Bauart 2·87 kg/h und bei der Brown Boveri Turbine 2·76 kg/ pro PS. Hiebei darf der Kühlwasserverbrauch 4700 cm³ bezw. 6000 cm³/h nicht überschreiten.

Zur Aufstellung kommen 4 Steilrohrkessel für 35 atü Dampfdruck und 420° Dampftemperatur. Jeder Kessel hat 1150 m² wasserberührte Heizfläche, gußeisernen Rippenrohrvorwärmer von durchschnittlich 700 m² und einen Luftvorwärmer von 1000 m² im Mittel und kann 40 000 kg/h Dampf als Normal- und 50 000 kg/h als Maximal-Dauerleistung erzeugen. Die teils Vier-, teils Dreitrommelkessel sind mit Thyssen'schen, geschweißten und vergüteten Hochsicherheitstrommeln mit angekümpelten Böden und ohne Rundschweißnähte ausgerüstet. Das Speisewasser wird von der Kondensattemperatur mittels zweistufigen Anzapfdampf aus den Turbinen auf rund 130° C erwärmt. Das Zusatzspeisewasser in der Menge von etwa 5 vH wird gleichfalls mit von Anzapfdampf geheizten Verdampfern erzeugt und für Gasfreiheit des gesamten Speisewassers durch Apparate nach Patent Szykla Vorsorge getroffen. Im übrigen wird die gesamte Speisewasseraufbereitung nach der Ausführungsweise Brown-Boveri durchgeführt.

Die Kessel werden mit Kohlenstaub, welcher in einer eigenen nahe dem Kesselhaus gelegenen Trocknungs- und Vermahlungsanlage aufbereitet wird, beheizt und zwar nach dem Einzelmühlen-System, bei welchem jeder Kessel seine eigenen, ihm zugeordnenten Mühlen besitzt, die aus ihrem Windsichterraum das brennfertige Kohlenstaub-Luftgemisch ohne jede Zwischenbunkerung in den Feuerraum des Kessels blasen. Im ganzen kommen 12 Stück schnell laufende Schlagkreuzdoppelmühlen der Simmeringer Maschinen- und Waggonbaufabrik zur Aufstellung, welche stündlich 3 t Kohlenstaub mit einer Feinheit von 12 vH Rückstand auf dem 4900 Maschensieb liefern. Dem in den Feuerraum eingeblasenen, brennenden Primärgemisch wird Sekundärluft, welche sich im Kühl-

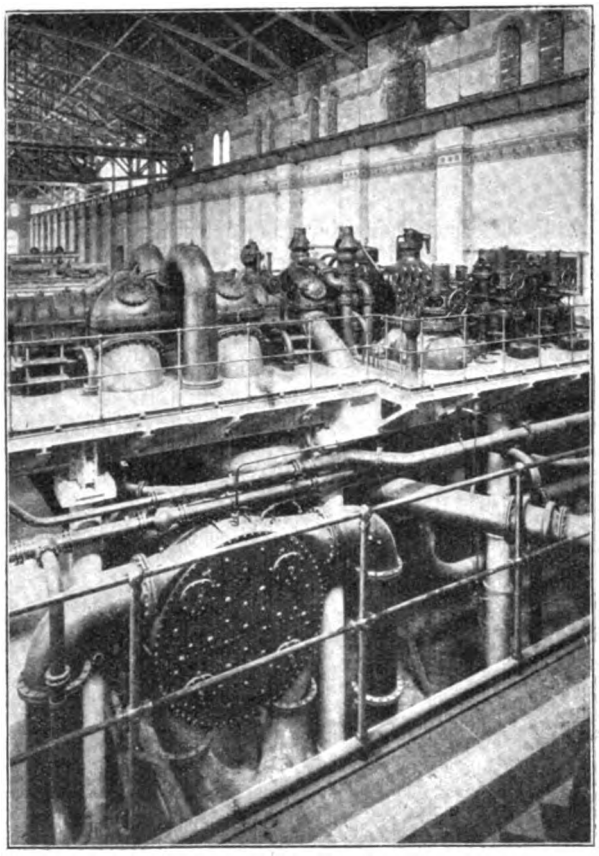


Abb. 2. Zweidruck-Anzapf-Turbine 32 atü, 400° C, 21 500 PS, 3000 U/min, der Ersten Brünner Maschinenfabriks-Gesellschaft im Kraftwerk Simmering.

mantel des Feuerraumes erwärmt, beigemischt, während die in den Luftvorwärmern erhitzte Primärluft in die Mühlen geleitet wird. Die Schlacke tropft in flüssiger Form aus dem Feuerraum, welcher weder mit Granulierrost noch Wasserrohrschutz für die Wände ausgerüstet ist, in einen Wassersumpf, granuliert dort und wird mittels Greiferlaufkatzen in die Schlackenwagen gefördert.

Digitized by Google

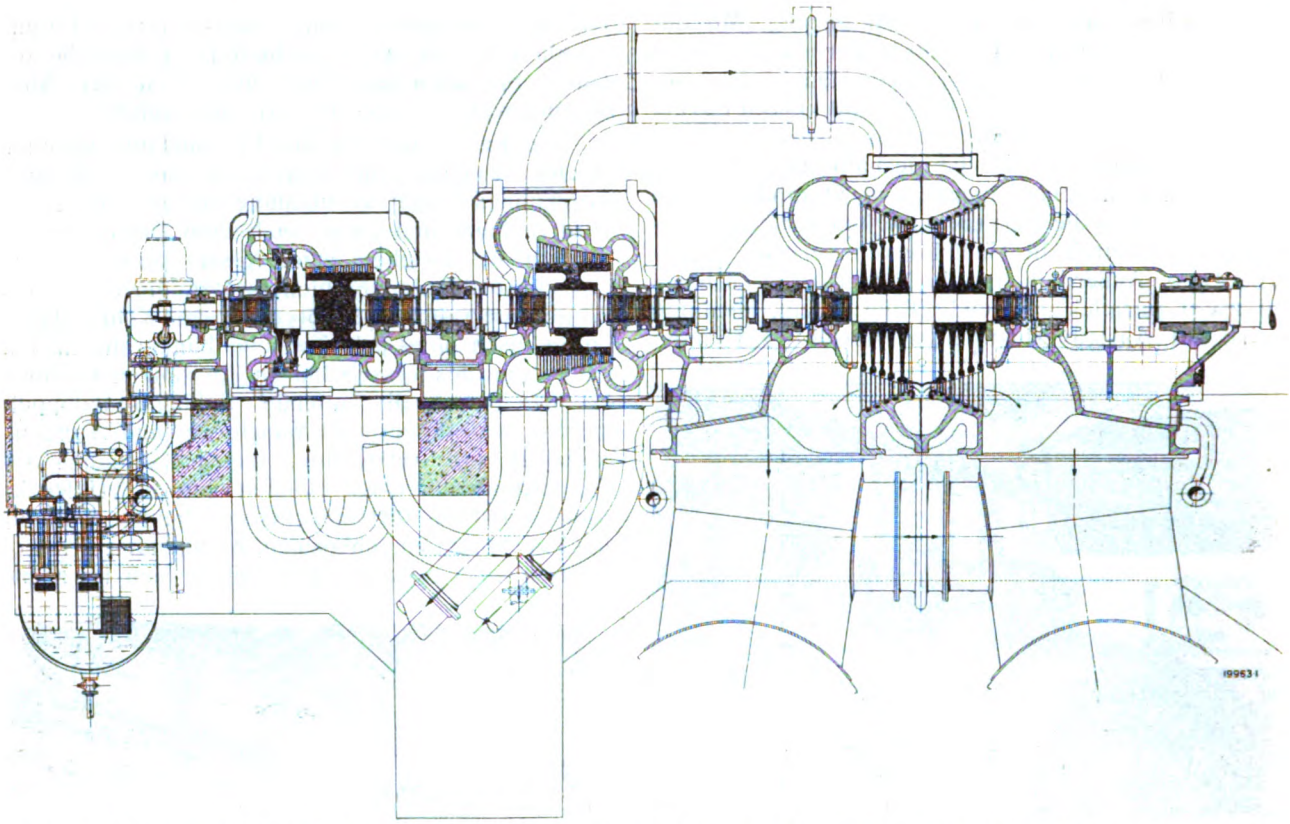


Abb. 3. Längsschnitt zur Eindruck-Anzapf-Dampfturbine der A. G. Brown Boveri & Cie., Baden, 30 000 PS, 3000 U/min im Kraftwerk Simmering.

Für die Zubringung der Rohkohle in die Aufbereitungsanlage wird eine Kohlenförderung für 36 t Stundenleistung geschaffen. Sie umfaßt einen Greiferlaufkran über 3 Rangiergeleise, den Auf-

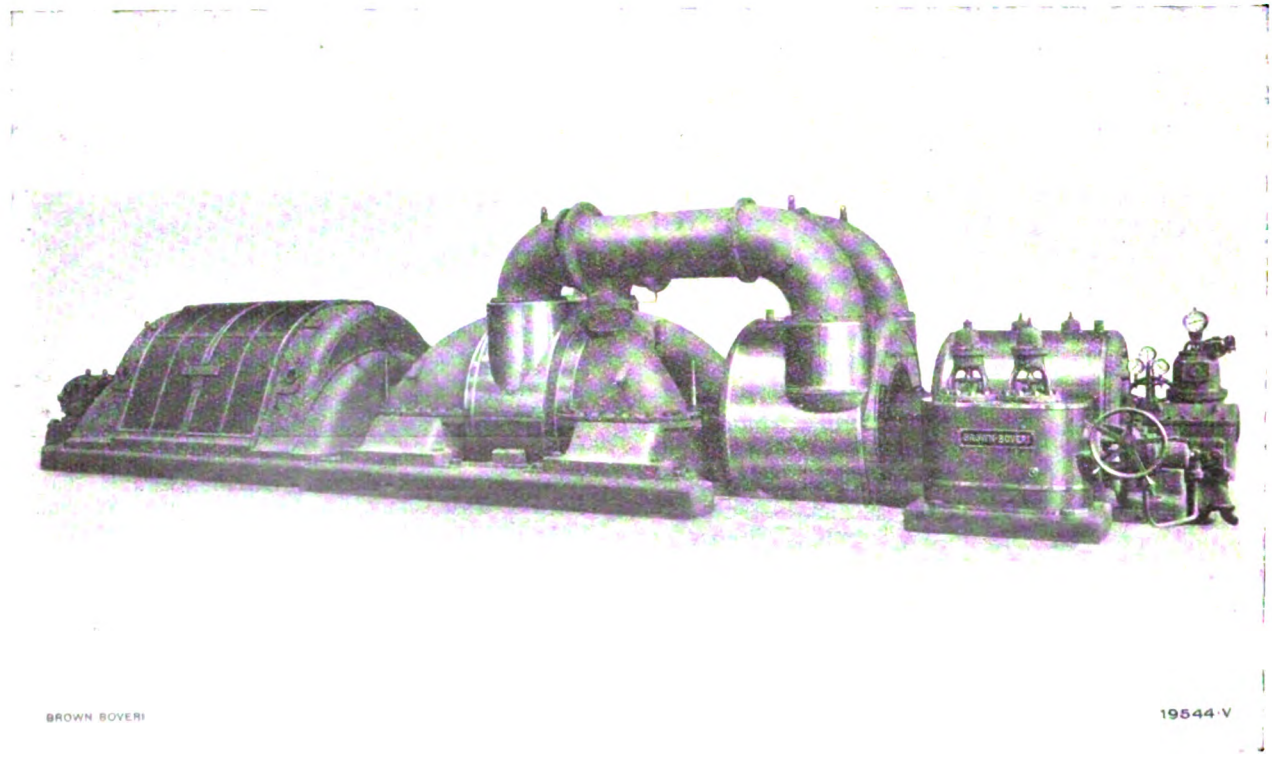


Abb. 4. Ansicht der Turbine nach Abb. 3.

Digitized by Google

gabebunker, die Hammermühle zur Zerkleinerung der Stückkohle, 2 Becherwerke zur Beschickung des Naßkohlenbunkers von der neuen und alten Kohlenförderungsanlage aus und eine Sortiervor-

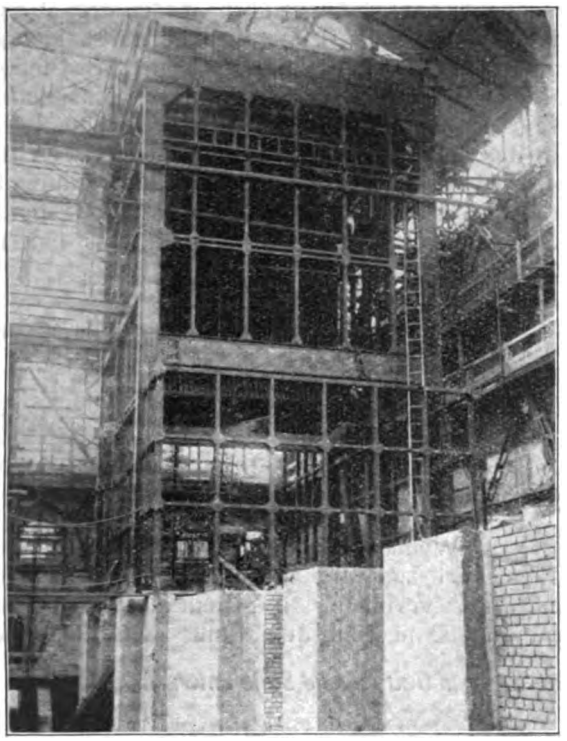


Abb. 5. 1150 m² Steilrohrkessel, System Hanomag, während der Montage vom Aschenkeller gesehen.

richtung zum Absieben des Überkornes. Vom hochgelegenen Naßkohlenbunker wird die Kohle mittels Schnecken in die Aufgabevorrichtung der vier Büttner-Trommeltrockner abgezogen, deren jeder 9000 kg Naßkohle von 12 vH Feuchte auf 2 vH Rostfeuchte mittels Rauchgasen von 260 bis 300° C, welche aus den Kesseln hinter den Ekonomisern abgesaugt werden, zu trocknen imstande ist. Aus den Ausfallgehäusen der Trommeltrockner läuft die Trockenkohle durch Abziehschnecken in den gemeinsamen Trockenkohlenbunker, aus welchem über vollautomatischen Kohlenwagen die Mühlen gespeist werden.

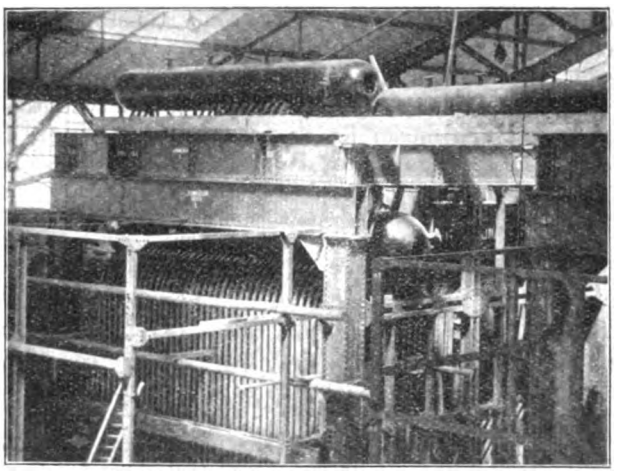


Abb. 6. Oberteil des Kessels nach Abb. 5.

Abb. 5 und 6 zeigen Aufnahmen während der Montage der 1150 m² Steilrohrkessel, System Hanomag.

Nach Inbetriebnahme der Neuanlage wird ein weiterer Schritt zur Unabhängigmachung der Stromerzeugung in den Wiener Kraftwerken vom Bezuge ausländischer Kohle erreicht sein, sodaß mindestens 90 vH der gesamten Jahres-Stromerzeugung der städtischen Elektrizitätswerke aus innländischen Energiequellen erfolgen wird.

Der Bau des Murkraftwerkes der „STEWEAG" in Pernegg.

Von Ing. Dr. techn. J. **Ornig**, Graz.

Das dicht besiedelte, etwa 500 bis 1000 m breite Murtal südlich von Bruck wird beiderseits von der Eisenbahn und Reichsstraße begleitet, dazwischen pendelt in großen Schleifen von etwa 2 bis 3 km Länge der Fluß in einer Breite von 50 bis 80 m und einem Gefälle von 1·3 bis 2·7 vT, im Mittel von 2·25 vT. Die Steweag plante nach dem Umsturz die noch freien, oder nur unzulänglich ausgenützten Murstrecken zwischen Bruck und Peggau, dann zwischen Peggau und Graz und zwischen Graz und Lebring von je etwa 40 bis 50 m Rohgefälle durch moderne Kettenwerke nach einem einheitlichen Programm auszunützen.

1. Der Entwurf im Rahmen der älteren Murstufen.

In der hier in Rede stehenden obersten Kraftwerksgruppe zwischen Bruck und Frohnleiten war zunächst ein Dreistufenwerk zwischen Bruck und Mixnitz mit einem Uferwechsel bei Kirchdorf beabsichtigt. Nach Einbeziehung der Röthelsteinkonzession der Stadtgemeinde Graz erfaßte das Projekt in drei etwa 17 bis 20 m hohen Gefällstufen die gesamte Flußstrecke zwischen Bruck und Frohnleiten. In jüngster Zeit wurde die dritte Stufe wegen ungünstiger Geländeverhältnisse (teilweise Stollenführung) und um die Einlösung der zwei alten Kraftwerke mit offenem Einlauf ober Frohnleiten (Papierfabriken Schweizer und Mayr-Melnhof) zu vermeiden, fallen gelassen.

Das Projekt der ersten Stufe erfuhr folgende Änderung (Abb. 1): Das Wehr, ursprünglich rund 2 km südlich der Brucker Eisenbahnbrücke geplant, wurde um 3 km flußabwärts bis an die Kaltenbachmündung verlegt, wodurch ein Stollen von über 1 km Länge durch den Pfaffenberg vermieden wurde. Die neue Wehrstelle gestattet einen Aufstau von rund 11 m Höhe, was eine Verlegung der Reichsstraße und der

Digitized by Google

Bundesbahn auf 1·5 bezw. 1·8 km Länge bedingte. An das Wehr schließt sich ein 2·2 km langer offener Oberwasserkanal an, die Gefällsstufe bei Kirchdorf beträgt 18 m, ein 300 m langer, tief eingeschnittener Unterwasserkanal führt das Kraftwasser ins Wildbett zurück.

Auch der unmittelbare Anschluß der zweiten Stufe wurde wegen ungünstiger Kanalführung unter Kirchdorf und ober Mixnitz fallen gelassen und knapp oberhalb Mixnitz ein neues Stauwehr in einer Höhe von rund 6 m Höhe geplant. Nach einem Hangkanal in der Länge von 7 km ergibt sich eine Kraftstufe von 20 m.

Die folgende Übersicht[1]) bringt die wichtigsten Angaben dieser Kraftwerksgruppe:

	Wassermengen					Speicher nutzbar		Gefälle		Leistung install		Jahresarbeitsvermögen
	Nieder-	6mon-	Mittel	Ausbau	Betriebsmittel			Roh	Nutzmittel			
	Q_N^n	Q_6^n	Q_M^n	Q_B	Q_M	A		H^n	H^m	N_l		E_J
	(m³/s)					(m³)	(kWh)	(m)		(PS)	(kVA)	kWh
1. Stufe (Bau)	35	106	128	135	100	500.000	17.000	17,4 — 18,2	17,2	27.000	24.000	108,000.000
2. Stufe (Entwurf)	35	106	128	95	82	300.000	12.000	19,5 — 20,6	18,8	21.000	19.000	100,000.000

2. Das Wehr Pernegg. (Abb. 2, 3, 4.)

An der rechtsufrigen Felsrippe oberhalb der Kaltenbachmündung staut das neue Wehr die Mur in einer Höhe von 11·6 m, der Rückstau beträgt rund 4·3 bis 5·5 km. Sorgfältige Bohrungen stellten die Felslage (Gneis und Amphibolit) in einer Tiefe von etwa 10 m unter der mittleren Flußsohle fest. Die Lage des Wehres im Flußschlauch (Abb. 2 *a*), die Stellung des Einlaufes und die Einzelheiten der Ausbildung der Bauteile wurden in der Versuchsanstalt für Wasserbau der Technischen Hochschule in Graz durch Modellversuche erprobt.[2]) Ausgeführt werden drei Wehrfelder von je 15 m Breite, welche durch eiserne Doppelschützen abgeschlossen sind, die Pfeilerhöhe von Gründungssohle bis Windwerksplanum beträgt 46 m. Das Bauwerk ist das größte Flußwehr des heutigen Österreich, vergleichsweise hat Faal bei Marburg[3]) wohl das höchste Flußwehr Europas, 5 Felder je 15 m breit, Gründungstiefen von maximal 18 m, eine Stauhöhe von 15·5 m, Pfeilerhöhen von 55 m.

Der Wehrquerschnitt (Abb. 3) ist bemerkenswert sparsam ausgebildet. Eiserne Vollwandträger verbinden die Pfeilerköpfe in einer Höhe von 22 m über dem Fluß; zwischen ihnen sind die Windwerke gelagert, geschützt von einem darüber geführten Wehrgang. Die ober-

Murkraftwerke Bruck-Frohnleiten. Erste Stufe in Bau, zweite Stufe Entwurf.

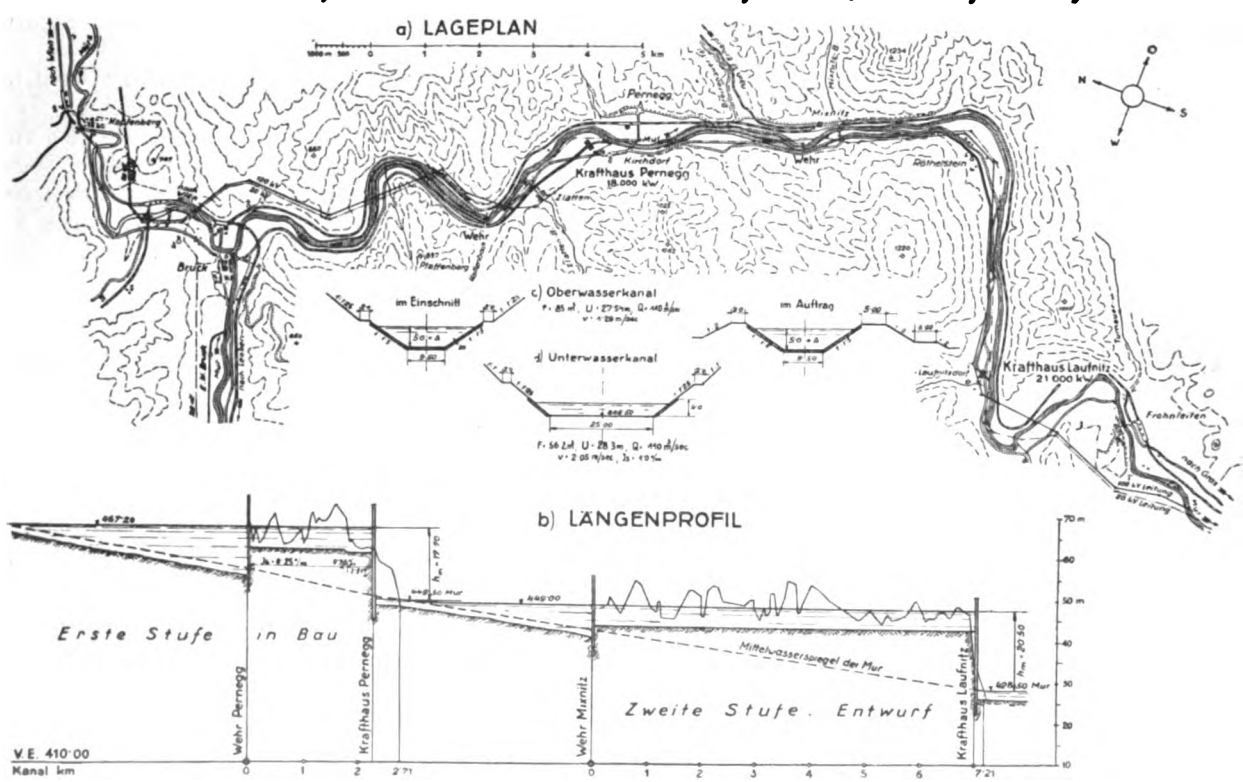


Abb. 1. **Übersichtsplan.** *a.* Lageplan, *b.* Längenprofil, *c.* Oberwasserkanal, *d.* Unterwasserkanal.

[1]) Abkürzungen der Berechnungsgrößen nach ÖNORM. M 8601.

[2]) Schoklitsch, Geschiebebewegung in Flüssen an Stauwerken, Springer, Wien.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 716.

Digitized by Google

wasserseitigen Dammbalken können von zwei kräftigen Betonbalken aus, welche die Pfeilervorköpfe oberhalb des Wasserspiegels verbinden, mittels eines Laufkranes abgelassen werden; dessen Lagerung erfolgt in einem Häuschen am linken Ufer, während am rechten Ufer ein hochgeführter Wehrturm die Schaltanlage im Anschluß an das 20 kV-Netz aufnimmt.

Die Gründung erfolgte mittels Eisenbetonsenkkasten, und zwar wurden nach Schweizer Art sowohl für die Pfeiler als auch für die ober- und unterwasserseitigen Querschwellen getrennte Senkkasten verwendet (Abb. 2 *b*, *c*). Nur in dem rechtsufrigen Wehrfeld, in welchem der Fels steil vom Ufer abstürzt, wurde nach Abspundung und Wasserabsenkung eine Betonplatte eingebracht und von dieser aus mittels Druckluft bis zu 7 m Tiefe bis an den Fels unterfangen. Als linksseitige Einbindung wurden mit Rücksicht auf die an diesem Ufer vorbeiführende Eisenbahn drei Druckluftsenkkasten mit einer Gesamtlänge von rund 50 m bis an den Fels abgesenkt und anschließend daran noch eine Larsenwand geschlagen.

Die großen Doppelschützen, Bauart MAN (Abb. 2, *e*, *f*), haben je Wehrfeld ein Gewicht von 114 t, einschließlich der Windwerke, Rollenwagen, Ketten usw von 168 t; das Gesamtgewicht der Wehrausrüstung (samt Schienen, Eisenbrücke usw.) beträgt 584 t.

Der Einlauf (Abb. 2, *d*, *g*) zeigt die gewohnte Eisenbetontauchwand, gestützt auf Betonpfeiler, welche bemerkenswerter Weise rund ausgebildet sind, unter Anschluß eines Grobrechens; die Einlaufschwelle liegt etwa 7 m über Flußsohle.

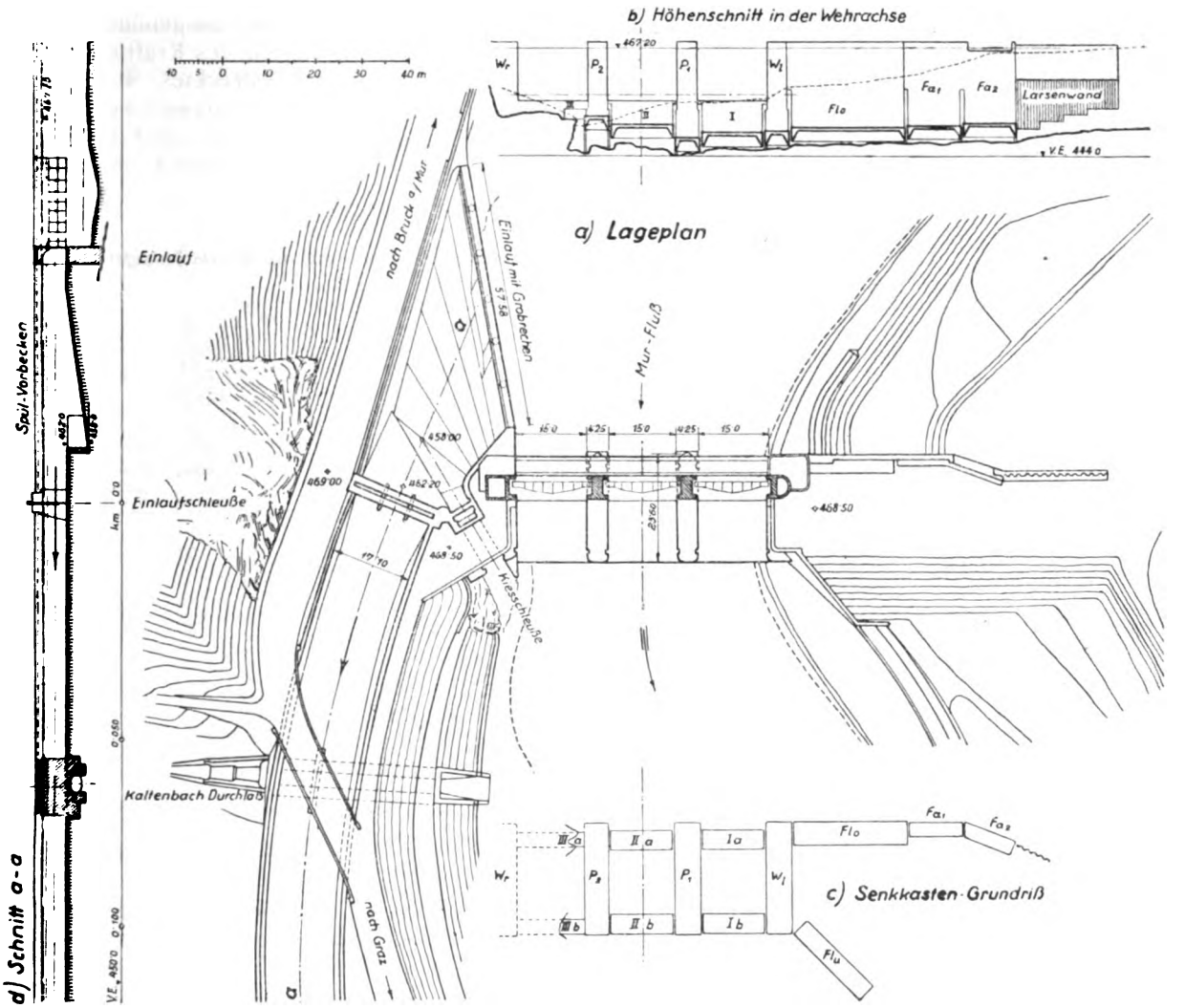


Abb. 2. **Wehr Pernegg.** *a.* Lageplan, *b.* Höhenschnitt in der Wehrachse, *c.* Senkkasten-Grundriß, *d.* Schnitt *a—a.*

Nach dem Einlaufbecken zweigt links die Kiesschleuse ab, dann folgen die Einlaufschützen in drei rund 5 m breiten Feldern. Knapp unterhalb wechselt in einem interessanten Objekt die Reichsstraße, welche im Wehrbereich in die Felsnase eingesprengt werden mußte, das Kanalufer, während unter dem Kanal der Kaltenbach durchgeleitet wird.

3. Triebwasserleitung.

Der Oberwasserkanal (Abb. 1) mit einem Querschnitt von 78 m² mit Tiefen von 5 bis 6 m, einem Sohlengefälle von 0·25 vT, weist Ein-

Digitized by Google

schnittiefen bis zu 7 m Tiefe und Dämme bis 9 m Höhe auf (Abb. 1, *c*). Die Dammkrone in der Breite von 5 m ist mit Rücksicht auf den kurzen Kanal und, um eine Stauhaltung bei Niederwasser zu ermöglichen, in einer Höhe von 1·30 m über Stauspiegel durchgehend horizontal geführt.

Die Erdbewegung in einem Ausmaße von 400 000 m³ wurde mit zwei modernen Dampflöffelbaggern auf Raupen, System Menck & Hambrock, mit Löffelinhalt von 0·6 m³ in nur 4 Monaten im Vorjahre bewältigt; die Verschubgeleise hatten 60 cm Spur. Die Betonschale in einer Stärke von etwa 20 cm an den Böschungen und 20 cm in der Sohle wurde mit einer Betonwalzmaschine, System Grün & Bilfinger, in nur 3 Monaten aufgebracht.

Die Turbinenkammern sind durch eine Betonwand unterteilt; in der 2 m hohen Fußschwelle sind je Maschine zwei Sandschieber eingebaut, ein gemeinsamer Spülkanal führt in den Leerlauf. Das Wasser durchströmt zuerst einen Feinrechen, welcher für zwei Felder elektrisch heizbar eingerichtet ist (Kraftbedarf 200 kVA), es folgen Dammbalkennuten, dann die schräg gestellte Abschlußrollschütze mit einem Gewicht von 14·5 t; im Bereich der Maschinenhalle verjüngt sich das Druckrohr zu einer horizontalen Betonspirale, die durch keinerlei tragende Stützen unterbrochen ist, so daß der darüber befindliche Generatorboden freitragend ausgebildet werden mußte (Abb. 10). Die Abfuhr des Kraftwassers geschieht durch ein langgestrecktes, tiefliegendes,

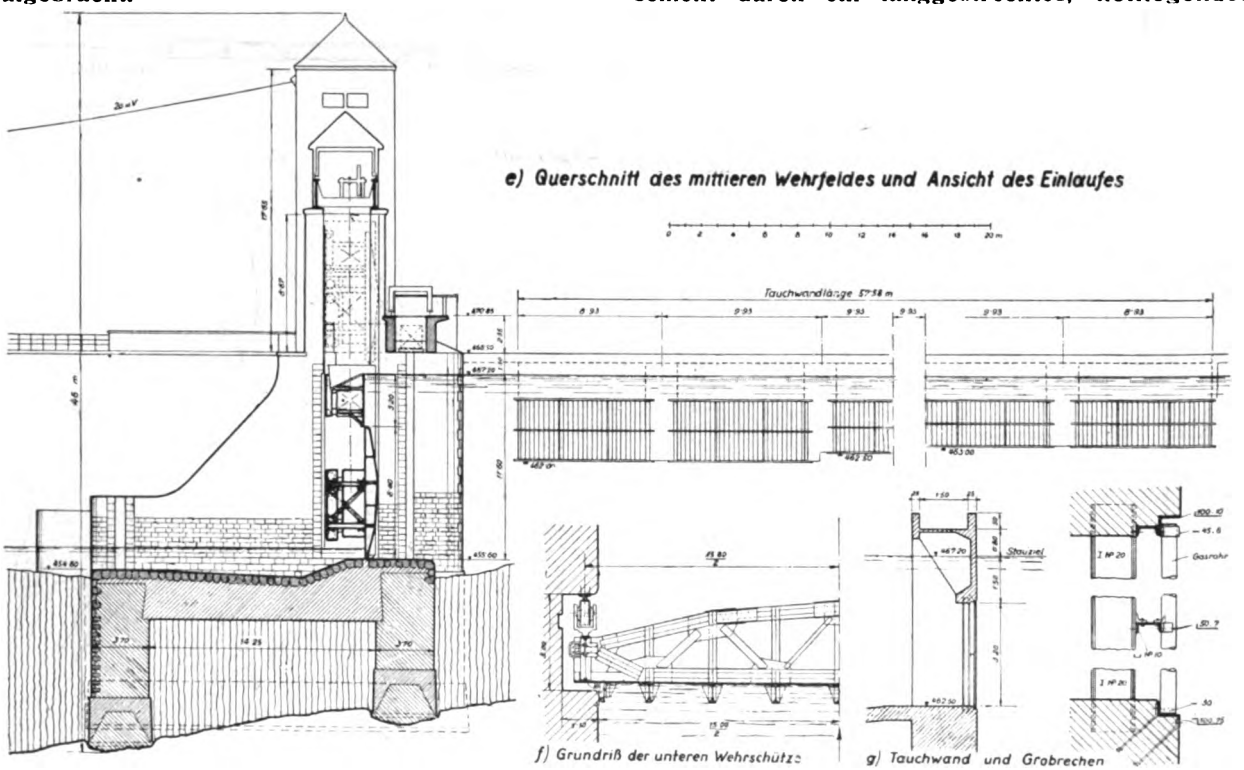


Abb. 3. **Wehr Pernegg.** *e*. Querschnitt des mittleren Wehrfeldes und Ansicht des Einlaufes, *f*. Grundriß der unteren Wehrschütze, *g*. Tauchwand und Grobrechen.

Der Unterwasserkanal (Abb. 1 *d*) ist bis zu 14 m tief eingeschnitten. Die ursprüngliche Absicht, den Aushub mittels Naßbaggerung durchzuführen und die Böschungen mit Drahtschotterkörben zu befestigen, wurde infolge der günstigen Felslage fallen gelassen und es wurde sowohl der Aushub mit Löffelbagger als auch die Festigung der Böschungen mittels Betonschale unter Wasserhaltung durchgeführt.

4. Maschinen und Schalthaus.

a) Bauliches.

Das Maschinenhaus ist quer zum Kanal gestellt (Abb. 5, *b*). Die Stellung des Leerlaufes und des Turbinenvorhofes, die Höhenverhältnisse beim Rechen und die Spülmöglichkeiten wurden durch Modellversuche festgelegt. Die oberwasserseitige Betonherdmauer und die Saugrohre der Turbinen sitzen unmittelbar auf Fels aus (Abb. 5*c*). Betonsaugrohr, in dem zum Ausgleich von Geschwindigkeitsunterschieden und zur Vermeidung von Wasserwirbeln vertikale und horizontale Mittelwände eingebaut sind.

Die freien Teile dieser mit einer aufgelösten Staumauer vergleichbaren Eisenbetonkonstruktion sind oberwasserseitig für die Aufnahme der Dammbalken, sowie für die Zufuhr der Frischluft und Abfuhr der Heißluft der Generatoren ausgenützt. Eine fahrbare Rechenputzmaschine, System Voith, ist vorgesehen, sie gestattet zugleich die Versetzung der oberen Dammbalken. Ein Laufkran bestreicht die Rollschützen und ermöglicht den Hub der Schützenteile von dem Abstellplatz des Maschinenhauses auf das Wasserschloßplanum durch einen vorgesehenen Montageschacht (Abb. 5, *b*).

Der Leerlauf (Abb. 6, *d*) ist bemerkenswert sparsam ausgebildet. Der meist neben-

Digitized by Google

einander angewandte freie Überfall und die selbsttätige Klappe sind vermieden; übereinander ist ein Grundablaß und eine Senkschütze, dazwischen ein Eisenbetonschild angeordnet. Die Senkschütze kann von einem Ausbau im Maschinenhaus, welcher die freie Sicht gestattet, fernbetätigt werden; selbst der beim plötzlichen Schließen aller Turbinen infolge Kurzschluß auftretende Schwall kann, auch bei geschlossener Schütze, durch die erhöhten Dämme aufgefangen werden. Abfallboden und Energievernichter folgen den schon von der Teigitsch her erprobten und bewährten Formen. Als Notabschluß können die Dammbalken der Turbinenkammern Verwendung finden.

b) Turbinen (Abb. 10).

Im Maschinenhaus kommen drei Francisturbinen mit Außenregulierung zur Aufstellung. Die ursprüngliche Absicht, Kaplan-Turbinen zu verwenden, wurde nach eingehender Untersuchung wegen des zu hohen Gefälles fallen gelassen. Die Konstruktionsdaten der Turbinen sind:

H =	17·2	17·85	18·10 m
Q =	45·0	45·7	46·0 m³/sec
n =	150	150	150 U/min
N =	8150	8900	9100 PS
n_s =	380		

Zwei Tragringe von 4·4 m Durchmesser mit den dazwischen geschraubten Stützschaufeln bilden die Tragkonstruktion, nach unten gibt der Leitradring mit großem Krümmungsradius den Übergang zum Turbinenkessel und dem anschließenden Saugrohrstutzen. Leitradring und Turbinendeckel an den Laufradspalten sind mit auswechselbarem schmiedeeisernen Futter versehen.

Der vom oberen Mauerring getragene Turbinendeckel besteht aus einem äußeren Hauptring und einem inneren Ringdeckel, die sich wie Herdringe ineinanderfügen und leicht nach oben ausgebaut werden können. Im äußeren Hauptringe sind 24 Stahlguß-Leitschaufeln von rund 1 m Höhe drehbar gelagert, die durch Hebel und Lenker von einem sehr kräftigen Regulierring bewegt werden. Alle Gelenke liegen außerhalb des Wassers. Beide Leitschaufelzapfen können von außen geschmiert werden; zur vollen Bewegung der Leitschaufeln ist eine mechanische Arbeit von rund 5000 mkg erforderlich.

Das Laufrad aus Stahlguß von 3270 mm größtem Durchmesser hat 14 eingegossene Stahlblechschaufeln von 22 mm Stärke. Am Boden des Laufrades ist eine Wasserführungshaube angebracht.

Die 375 m starke Turbinenwelle erhält ihre Führung zunächst in einem Lager, welches auf dem Turbinendeckel aufgebaut ist. Die durch einen Kuppelflansch mit der Turbinenwelle starr verbundene Generatorwelle wird von zwei

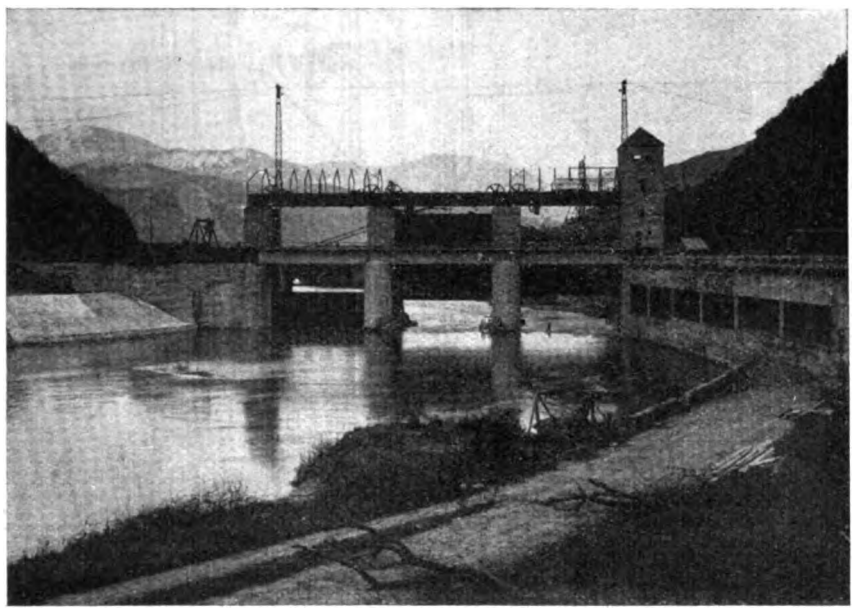


Abb. 4. **Wehr Pernegg, Blick vom Oberwasser, rechts Einlauf.**

Halslagern geführt, deren unteres vom unteren Stern und deren oberes vom oberen Stern des Ständers getragen wird. Die gesamte vertikal rotierende Last von rund 146 t wird durch Vermittlung eines Druckringes von einem darüber befindlichen Spurlager getragen. Die Übertragung auf den Betonkörper erfolgt durch einen kräftig ausgebildeten vierarmigen Tragstern, von dem die normal zur Wasserführung stehenden Arme eigentlich allein die Kräfte aufzunehmen imstande sind.

Die Generatoren zeigen die Känguruh-Aufstellungsart: das Ständergehäuse ruht zum größten Teile auf dem Mauerwerk, während die den Fenstern zugewandte kleinere Hälfte sich auf einen etwa 1·60 m hohen, kräftigen, im Maschinenhausfußboden verankerten gußeisernen Ständer stützt. Diese Bauart vermeidet einerseits die Teilung des Maschinenhauses in zwei getrennte Geschoße (zum Beispiel Eglisau) und

Digitized by Google

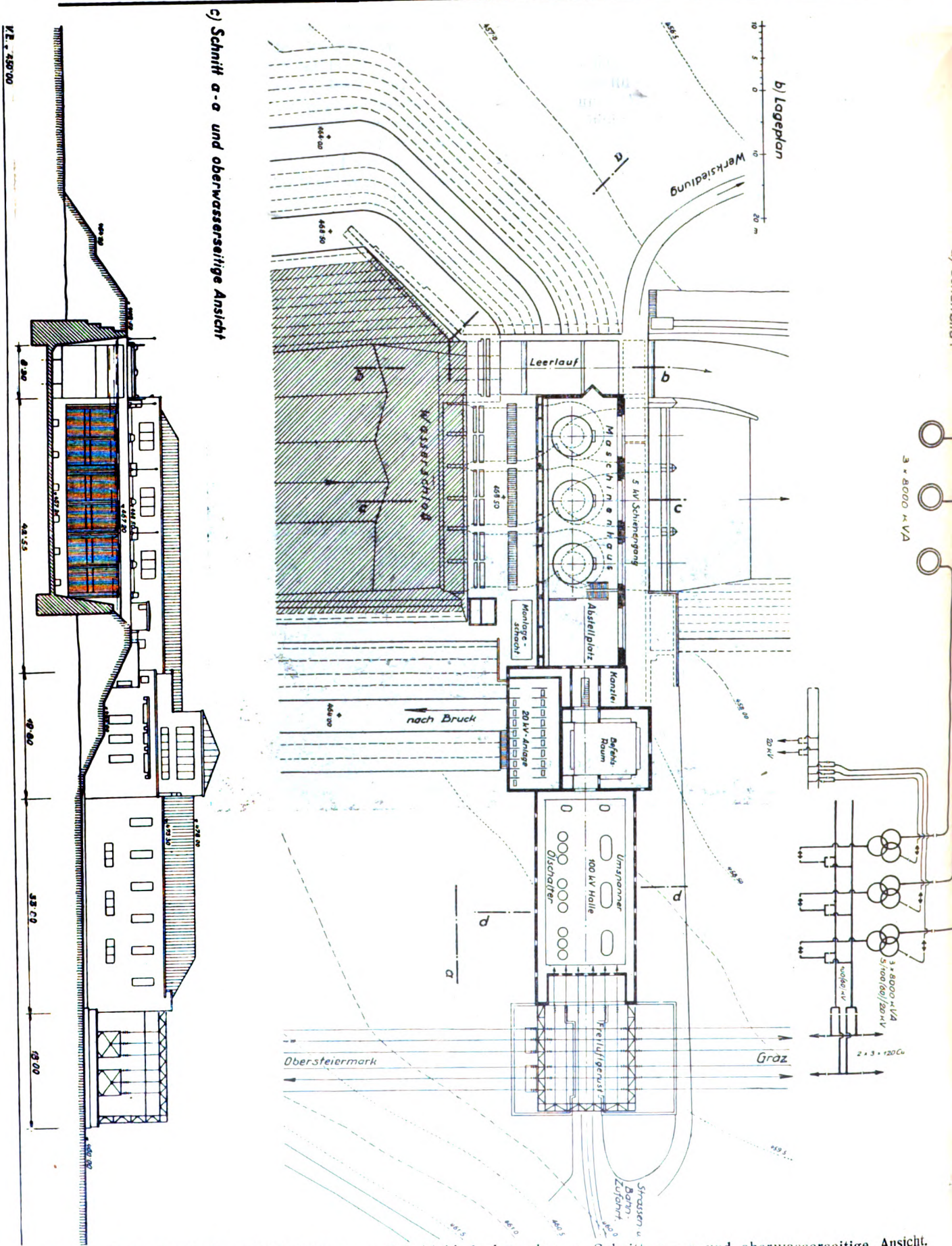


Abb. 5. **Pläne des Kraft- und Schalthauses.** *a.* Schaltbild, *b.* Lageplan, *c.* Schnitt *a — a* und oberwasserseitige Ansicht.

Digitized by Google

andererseits die Stellung des ganzen Generators auf Säulen (zum Beispiel Olten—Gösgen) und bietet den Vorteil leichter Zugänglichkeit zu allen Lagern und Getrieben des Generators, der Turbinen und des Turbinenreglers; gewissen Schwierigkeiten begegnet hingegen die Luftzu- und -abfuhr, sowie die Fortführung der Stromschienen.

bei es allerdings fraglich ist, ob die Reguliergarantien nicht zu strenge sind:

Belastungsänderung	∓ 25 vH	∓ 50 vH	— 100 vH
Drehzahl- „	+ 3·25 „	+ 5·5 „	+ 15 „
	— 3·50 „	— 7·0 „	—

Die Öldruckturbinenregler mit Windkesselspeicherung besitzen Wechselventile

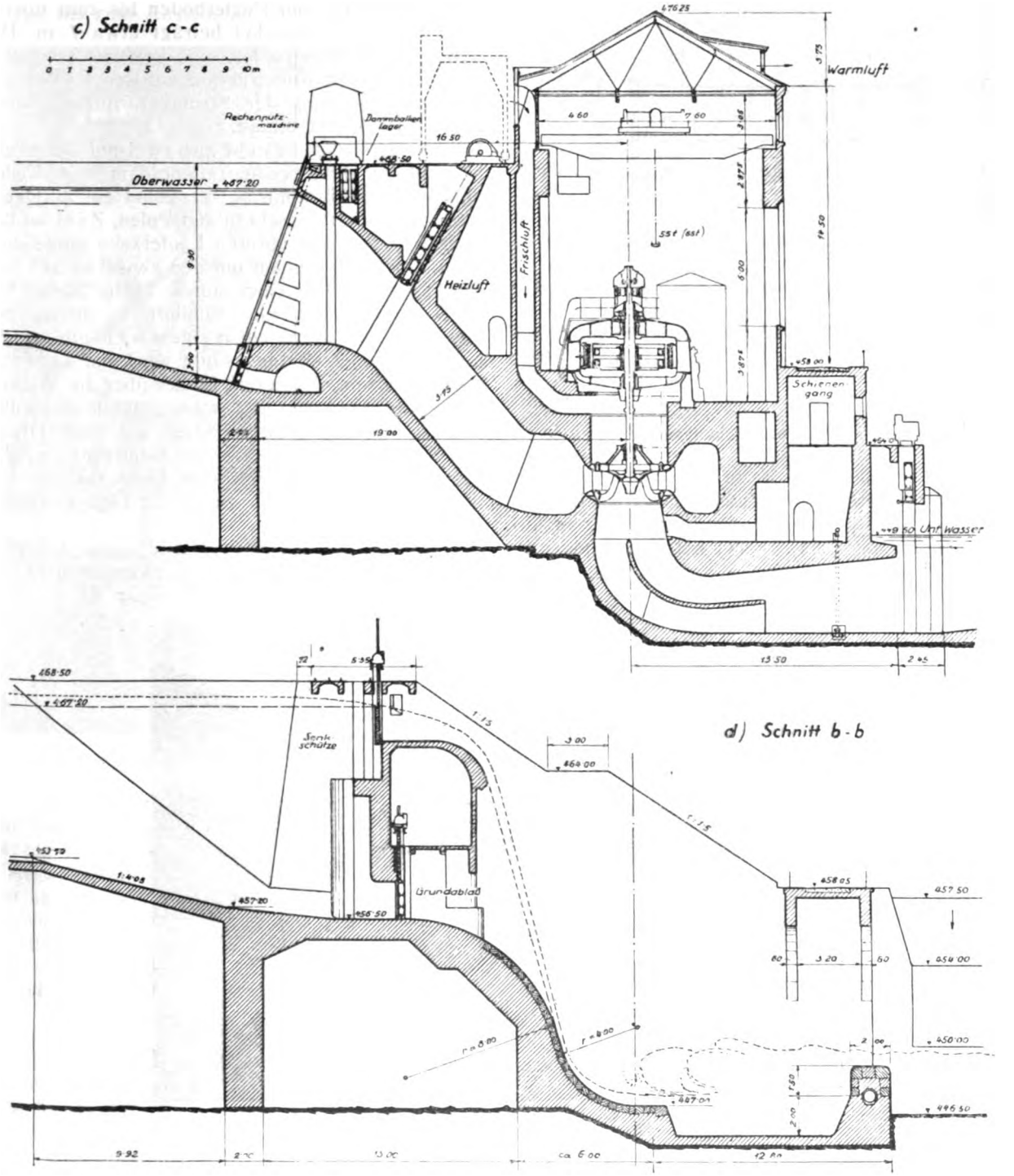


Abb. 6. **Pläne des Kraft- und Schalthauses.** *c.* Schnitt *c — c*, *d.* Schnitt *b — b*.

Der verhältnismäßig weite Wasserweg vom Rechen bis zum Auslauf stellt an die Geschwindigkeitsregelung schwere Bedingungen und verlangt Schwungmassen von rund 440 tm², die im Generator untergebracht sind; wo- und Zwischenbehälter, wodurch vermieden wird, daß das zeitweise Ansaugen der Luft durch die Pumpe beim Speisen des Windkessels zu Schaumbildungen führt und das Öl dabei erhitzt wird. Die Regler besitzen außerdem

Digitized by Google

Sicherheits-Abstell-Vorrichtungen bei Bruch oder Abgleiten des Antriebsriemens für das Fliehkraftpendel, während des Betriebes verstellbare Öffnungsbegrenzungen des Turbinenleitapparates, eine Vorrichtung zur willkürlichen Drehzahländerung,

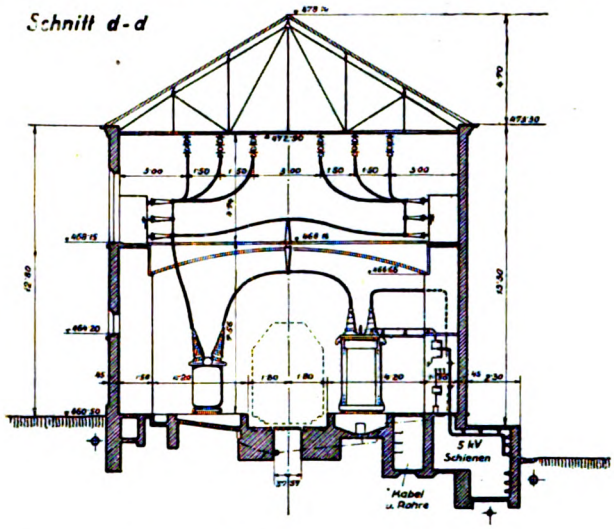


Abb. 7. **Pläne des Kraft- und Schalthauses.** Schnitt *d—d*.

um das Parallelschalten zu erleichtern, weiters eine Vorrichtung zur Verstellung des Ungleichförmigkeitsgrades, zur Regulierung in Abhängigkeit vom Wasserstand mittels pneumatischer Fernschwimmervorrichtung und schließlich

c) Generatoren (Abb. 10).

Die drei vertikalen Schirmgeneratoren haben eine Leistung von 8000 kVA und wurden entsprechend der Durchgangsdrehzahl der Turbinen mit 295 U/min erprobt. Das zweiteilige Ständergehäuse hat einen Außendurchmesser von etwa 6 m und eine innere Bohrung von 4·1 m; die Gesamthöhe des Generators vom Reglerboden bis zum oberen Maschinenabschlußdeckel beträgt etwa 7 m. Das aktive Ständereisen trägt eine kräftige Zweistabwicklung, deren Konstruktion auf den Einfluß der Wirbelströme und der Stromverdrängung weitgehend Rücksicht nimmt.

Der Läufer besteht aus zwei auf die Welle hydraulisch aufgepreßten, außerdem mit Keilen und einem Schrumpfring versicherten Stahlgußrädern mit 40 aufgeschraubten Polen. Zwei an der oberen und an der unteren Läuferseite eingebaute Ventilatoren zusammen mit den zwischen den beiden Läuferhälften eingebauten Lüfterflügeln besorgen den Umlauf der Kühlluft, 16 m³/sec pro Generator, die durch einen eigenen Einfallsschacht auf der Wasserseite angesaugt wird und axial von unten zuströmt, durch den Läufer über die Wickelköpfe des Ständers und weiter durch die Kühlschlitze des Generatorgehäuses auf zwei Drittel des Umfanges radial in den Abluftkanal ausgestoßen wird. Die Warmluft kann zur Heizung des Maschinen- und Schalthauses verwendet werden.

Das Magnetrad samt Welle ohne Erregermaschine wiegt 48 t, sein Schwungmoment ist

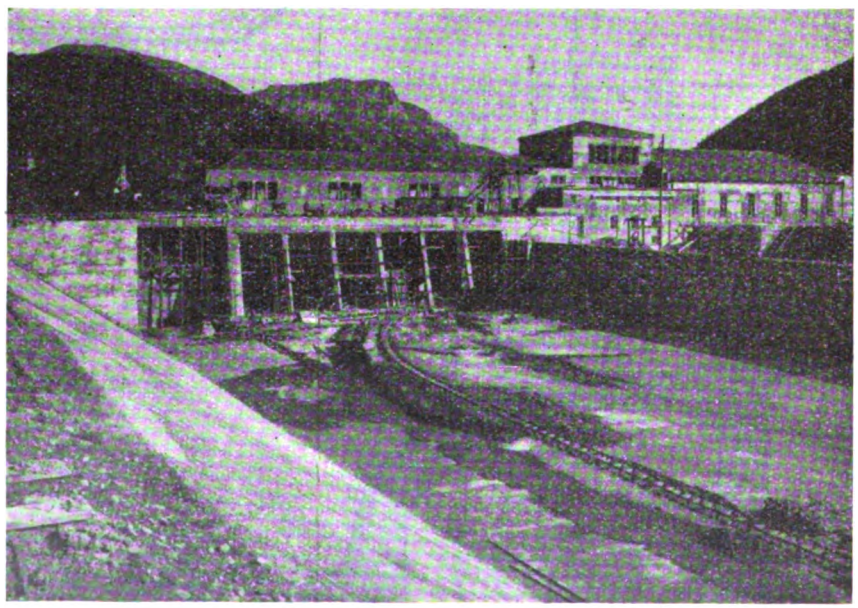


Abb. 8. **Kraft- und Schalthaus, Blick vom Wasserschloß, links Leerlauf.**

einen Steuerapparat mit Arretierung für die Generatoröldruckbremsen, deren vier Bremskolben gegen einen Bremsring im Polrad des Generators gepreßt werden können, um den Läufer etwa nach 3 Minuten nach Abstellen der Turbine stillsetzen zu können.

rund 440 tm², das Gestamtgewicht des Generators samt Erregermaschine ist 124 t.

Die Erregung geschieht durch eine am oberen Wellenende sitzende Haupterregermaschine von 92 kW bei 220/270 V und eine Hilfserregermaschine von 1·5 kW bei 220 V.

Digitized by Google

d) Schalthaus (Abb. 5 bis 8).[4])

Der mit 5 kV erzeugte Strom wird auf 100 kV und 20 kV transformiert. Das Schalthaus wurde normal zu den vorbeiführenden Fernleitungen in der Fortsetzung der Maschinenhausachse angeordnet. Das vom Bahnhof Pernegg abzweigende Schleppgeleise führt durch die Achse der Schaltanlage bis zum Abstellplatz des Maschinenhauses.

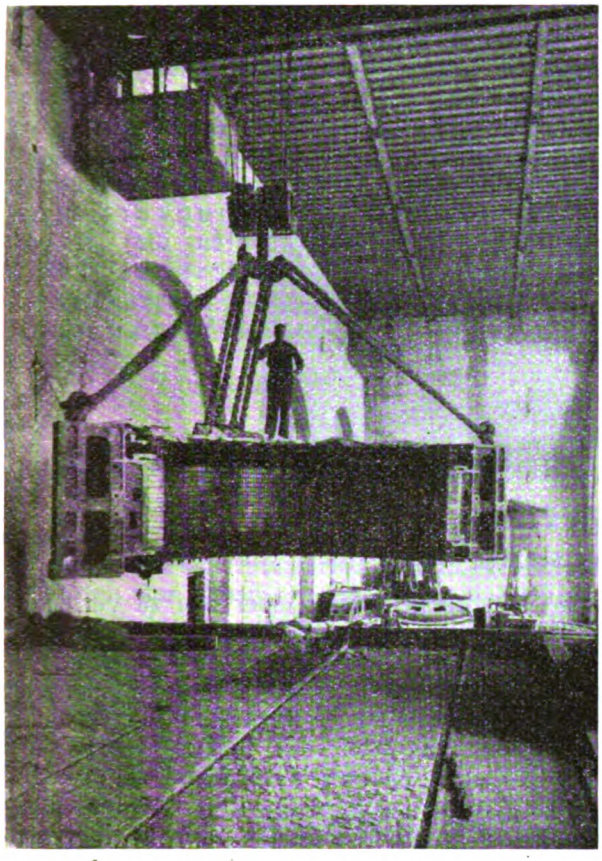


Abb. 9. **Maschinenhalle** (Stator hängt am Kran).

Die vielfach angewandte hakenförmige Parallelstellung des Schalthauses zur Wasserführung war wegen des ausnehmend tief eingeschnittenen Unterwassergrabens unwirtschaftlich. In der Mitte der ganzen Gebäudegruppe liegt der Befehlsraum, welcher sowohl in das Maschinenhaus als auch in die 100 kV-Halle den Einblick ermöglicht; wasserseitig ist ihm die 20 kV Anlage vorgelagert. Die Zuführung des Stromes vom Maschinenhaus erfolgt in einem unterirdischen Gang bis zur 100 kV-Halle, und zwar in blanken Schienen unmittelbar bis zu den Transformatoren, welchen ebenfalls freistehende Ölschalter zur Verbindung mit den an der Hallendecke angebrachten 100 kV Doppelsammelschienen gegenübergestellt sind. Die Überleitung zu den 100 kV Leitungen erfogt außerhalb der Halle in Freiluftanordnung.

e) Transformatoren.

Die mit den drei Generatoren unmittelbar gekuppelten drei Drehstromöltransformatoren mit Ölrückkühlung haben drei Wicklungen für 5, 100 und 20 kV; das Übersetzungsverhältnis bei Leerlauf beträgt 5000 / 108250 / 20200 V ± 5 vH; die Schaltung ist Dreieck-Stern-Stern. Ein Transformator kann bei gleichzeitiger Leistungsabgabe auf der 100 und 20 kV Seite eine Summenleistung von 8000 kVA übernehmen, wobei aber die Leistung auf der 20 kV Seite höchstens 4000 kVA betragen darf. Die Spannungsschwankungen 100 kV-seitig, hervorgerufen durch Leistungsänderungen 20 kV-seitig oder umgekehrt, betragen maximal 0·7 vH. Da die Hochspannungsleitung vorläufig nur mit 60 kV betrieben wird, ist die 100 kV Wicklung vorerst im Dreieck für 62 500 V ausgeführt; die Umschaltung auf Stern kann durch Umlöten der Verbinder zwischen den einzelnen Schenkelbewicklungen erfolgen. Die Anzapfungen der 20 kV Wicklung sind durch zwei am Deckel des Transformators angebrachte, im spannungslosen Zustand bedienbare Umschalter zu schalten. Der schmiedeeiserne Kasten wird elektrisch geschweißt. Die Ölrückkühlunganlage hat Bauart Zimmermann.

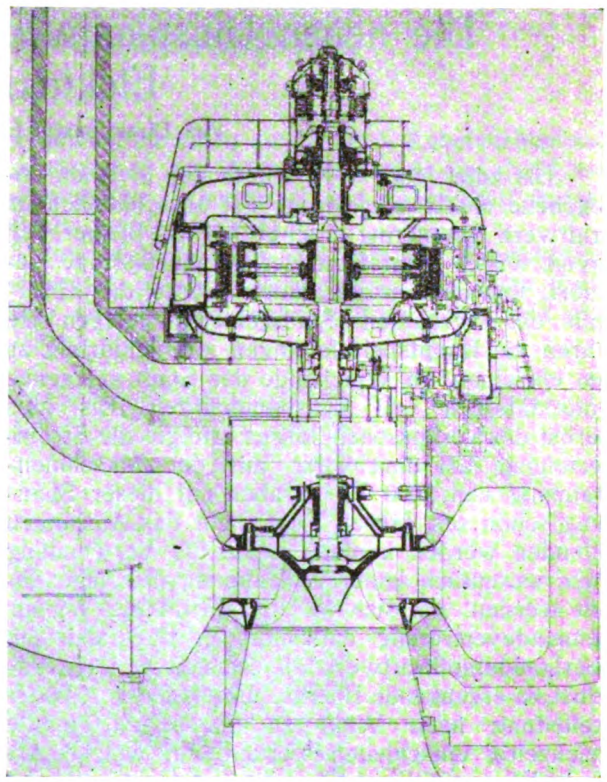


Abb. 10. **Höhenschnitt durch Turbine und Generator.**

f) Baudurchführung und Baufirmen.

Im Sommer des Jahres 1925 wurden die Bahnverlegung und die Schleppbahnanschlüsse mit der Murbrücke bei Pernegg durchgeführt. Der Wehrbau begann im Dezember 1925, bis im Frühjahr 1926 waren die Gründungsarbeiten des linken Wehrfeldes beendet. Mit April 1926 wurden die Bauarbeiten auf der ganzen Strecke in Angriff genommen. Die Gründungs-

[4]) Das Schaltbild (Abb. 5 *a*) korrespondiert mit dem darunter gezeichneten Lageplan (Abb. 5 *b*).

Digitized by Google

arbeiten des Wehres wurden im Winter 1926/27 größtenteils vollendet. Die Baggerung des Kanales fällt in den Sommer 1926, so daß die geschütteten Dämme überwintern konnten. Die Betonierung der Schale wurde im Frühjahr und Sommer 1927 durchgeführt. Der Unterwasserkanal wurde während des Winters 1926 und im Frühjahr 1927 vollendet. Das Schalthaus wurde im Herbst 1926 gleichzeitig mit der Gründung des Krafthauses begonnen, vor Einbruch der Kälte waren das Schalthaus unter Dach und die Saug- und Druckrohre des Maschinenhauses betoniert. Seit Mai 1927 sind die Montagearbeiten im Schalthause, seit Juli ist die Aufstellung der Turbinen und seit August der Generatoren im Gange. Man hofft, im Winter 1927—1928 mit dem Probebetrieb beginnen zu können.

Die Bauarbeiten werden von der Bauunternehmung für das Murkraftwerk, an welcher die Firmen Universale Bau A.-G., A. Porr und die Wiener Baugesellschaft in Verbindung mit der Societa Anonima Lombarda di Costruzione E. Peduzzi in Mailand beteiligt sind, durchgeführt.

Die Wehrschützen sind nach den Plänen der Maschinenfabrik Augsburg - Nürnberg in Gustavsburg (MAN) ausgeführt, wobei die obgenannte Firma die Windwerke und Rollenwagen lieferte, während die eigentliche Schützenkonstruktion und die Montage von der Waagner-Biro A.-G., Graz, ausgeführt wird. Die Ausrüstung des Einlaufes, der Spülschütze, des gesamten Wasserschlosses (Rechen, Schützen, Dammbalken, Krane), der unterwasserseitigen Dammbalken und des Maschinensaalkranes (65 t Tragfähigkeit) übernahm die Andritzer Maschinenfabrik A.-G.; die Turbinen lieferte J. M. Voith, St. Pölten, die Generatoren die Österr. Siemens-Schuckert-Werke, Wien, die Transformatoren die „Elin", Gesellschaft für elektrische Industrie A.-G., Weiz, die gesamte Schaltanlage die Österr. Brown Boveri-Werke A.-G., Wien.

Die neuen Umspannwerke der Wiener städtischen Elektrizitätswerke.

Von Direktionsrat Ing. Josef Schlögl, Wien.

Bis zum Jahre 1916 wurde der in Wien abgegebene elektrische Strom fast ausschließlich im Kraftwerk Simmering erzeugt, nur ein kleiner Teil davon wurde vom Kraftwerk Engerthstraße geliefert. Von dem erstgenannten Werke, das außerhalb des verbauten Stadtgebietes gelegen ist, führen die Hauptspeiseleitungen strahlenförmig zu den einzelnen, im Weichbilde der Stadt gelegenen Unterstationen und Umspannwerken. Bis zum Herbst des verflossenen Jahres erfolgte die Stromverteilung fast durchwegs mit der Maschinenspannung von 5000 V. Da aber mit dieser Spannung schon seit Jahren nicht mehr das Auslangen gefunden werden konnte, mußte die Verwendung einer wesentlich höheren Spannung ins Auge gefaßt werden. Als sich im Jahre 1914 die Wiener Gemeindevertretung entschloß, in Ebenfurth ein Überlanddampfkraftwerk zu erbauen und die daselbst zu erzeugende Energie mittels einer 70 000 V Freileitung nach Wien zu übertragen, mußte gleichzeitig entschieden werden, auf welche Art die in Wien anfallende Energie in wirtschaftlicher Weise zur Verteilung gelangen sollte. Da mit Rücksicht auf die während der Kriegszeit herrschende Geld- und Materialknappheit an die Schaffung eines neuen, mit einer höheren Spannung zu betreibenden Verteilnetzes nicht gedacht werden konnte, entschloß man sich, zu einer provisorischen Lösung in der Weise, daß ein Teil der vom Überlandkraftwerk gelieferten Energie auf 5000 V transformiert zur Anspeisung des bestehenden 5000 V Kabelnetzes der westlichen Bezirke verwendet werden sollte, während der übrige, weitaus größere Teil derselben auf eine Spannung von 35 000 V gebracht, mittels einer neu zu verlegenden Kabelleitung nach dem Kraftwerk Simmering geleitet und nach abermaliger Transformierung an das bestehende 5000 V-Netz abgegeben werden sollte. Dieser Plan wurde tatsächlich verwirklicht, doch traten bald nach der Inbetriebnahme des 35 000 V-Kabels, das wie ausdrücklich festgestellt sei, als Kriegserzeugnis gewertet werden muß, wiederholte Kabeldurchschläge auf, so daß mit einer sicheren Betriebsführung nicht gerechnet werden konnte. Eine Abhilfe konnte nur durch Auswechslung des Kabels gegen ein solches von größerem Isolationsvermögen oder durch eine Herabsetzung der Betriebsspannung geschaffen werden. Da mit Rücksicht auf die damaligen Verhältnisse an eine Auswechslung des Kabels nicht zu denken war, wurde die Betriebsspannung auf Grund von Versuchen nach und nach herabgesetzt. Schließlich hielt man bei einer Spannung von 28 000 V, mit welcher das Kabel vollkommen sicher betrieben werden konnte. Dies ist die Erklärung dafür, warum die neue Verteilspannung der städtischen Elektrizitätswerke den auf den ersten Anschein etwas ungewöhnlichen Wert besitzt.

Als nach Beendigung des Weltkrieges die Gemeinde Wien daranschritt, die beiden Wasserkraftwerke Opponitz[1]) und Gaming[2]) zu erbauen und auch Strom aus dem, der Oberösterr. Wasserkraft- und Elektrizitäts-A.-G. gehörigen Kraftwerk Partenstein[3]) zu beziehen, konnte der Bau

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 61, 502.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 721.
[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 309, 677.

Digitized by Google

des geplanten, mit 28 000 V zu betreibenden Verteilkabelnetzes[4]) nicht länger hinausgezogen werden und so wurde bereits im Jahre 1925 mit der Verlegung einzelner Teilstrecken begonnen. Gegenwärtig wird Wien von vier an der Peripherie des verbauten Stadtgebietes gelegenen Stellen aus mit Strom versorgt: im Osten von den beiden

Abb. 1. Umspannwerk Schmelz.

Dampfkraftwerken Simmering und Engerthstraße, im Norden vom Umspannwerk „Wien-Nord“[5]), das sich am Ende der 110 000 V-Fernleitung befindet und Wasserkraftstrom liefert und im Süden vom Umspannwerk „Wien-Süd“, das wie bereits erwähnt Dampfstrom, der aus dem Überlandkraftwerk Ebenfurth stammt, abgibt. Von diesen Erzeugungs- und Umformungsstellen aus, wird die Energie mit Hilfe des 28 000 V Verteilnetzes den einzelnen Umspannwerken, die ziemlich gleichmäßig über das Stadtgebiet verteilt sein werden, zugeführt und in denselben auf 5000 V transformiert werden. Diese Umspannwerke versorgen die bestehenden Unterwerke und Transformatorenanlagen mit Strom von 5000 V Spanung. Ein Teil der 28 000 V-Verteilanlage ist bereits ausgeführt; so wurden in den Jahren 1925 bis 1926 die beiden Umspannwerke „Schmelz“ und „Michelbeuern“ erbaut und im Herbst vorigen Jahres in Betrieb genommen, nachdem die 28 000 V Kabelverbindungen zwischen den Wiener Zentralen und den Umspannwerken „Wien-Nord“ und „Wien-Süd“ fertiggestellt worden waren.

Im Nachfolgenden soll nun die Einrichtung der beiden neuen Umspannwerke, die nach denselben Grundsätzen erbaut wurden, eingehend geschildert werden.

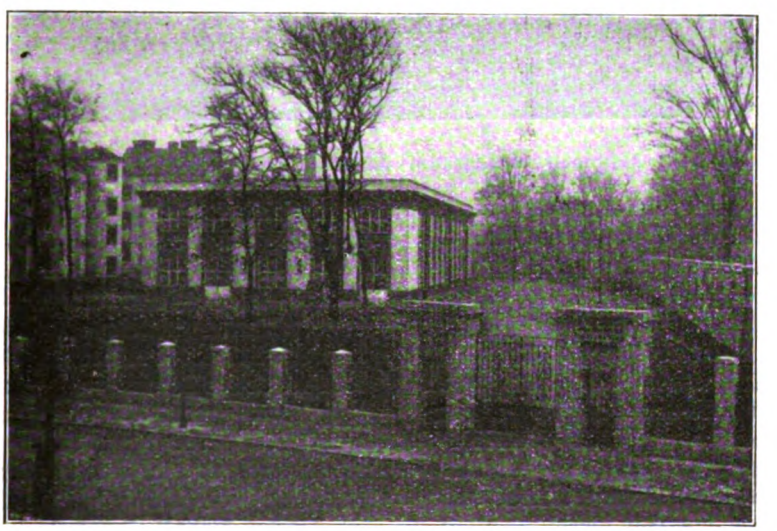


Abb. 2. Umspannwerk Michelbeuern.

Das Umspannwerk „Schmelz“ (Abb. 1) liegt im XV. Gemeindebezirk an der Kreuzungsstelle der Hütteldorferstraße und der Zinkgasse, während das Umspannwerk „Michelbeuern“ (Abb. 2) im IX. Bezirk am inneren Gürtel nächst der Severingasse gelegen ist. Beide sind nach

[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 703.
[5]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 61, 509.

Digitized by Google

dem sogenannten Hallensystem erbaut, das heißt die gesamte Sammelschienenanlage ist auf einem Eisengerüste in einem Raume untergebracht, der keinerlei Zwischenwände enthält, wodurch eine große Übersichtlichkeit und reichliche Belichtung erzielt wird (Abb. 3).

Das Umspannwerk „Schmelz" (Abb. 4), welchem eine Gleichrichteranlage angegliedert ist, besteht aus zwei einstöckigen Gebäuden, welche durch einen in der Höhe des ersten Stockwerkes angeordneten, gedeckten Gang miteinander verbunden sind. Die Umspannanlage ist in dem längeren der beiden Gebäude untergebracht, während das kürzere die Gleichrichter- und Eigenbedarfsanlage, sowie den gemeinsamen Befehlsraum enthält. Das Umspannwerk besitzt eine Länge von 36 m, eine Breite von 18 m und eine Höhe bis zur Dachunterkante gemessen von 10 m. Im Erdgeschoß, dessen Fußboden mit Rücksicht auf die Aufstellung der Transformatoren 1·2 m über dem Erdboden liegt, befindet sich der Ölschalterraum, an welchen die Transformatoren- und Ventilatorenkammern anschließen. In ersterem sind die Ölschalter der 28 000 und 5000 V-Anlage und die Kabelendverschlüsse untergebracht, während das erste Stockwerk den Sammelschienenraum enthält. Im Erdgeschoß des Gleichrichtergebäudes befinden sich auf der dem Umspannwerk zugekehrten Seite die Gleichrichtertransformatoren, auf der gegenüberliegenden Seite der Batterieraum, der Raum für die Eigenbedarfsanlage und die Wohlfahrtsräume. Im Zwischengeschoß sind die Streckenschalter für die Straßenbahn untergebracht, während das erste Geschoß den Befehlsraum mit der Drehstrom- und Gleichstromschalttafel und vier Gleichrichter enthält. Durch eine im Fußboden des Gleichrichterraumes befindliche, mit Blech abgedeckte Öffnung können die Gleichrichter mittels Flaschenzug hochgehoben werden. Da ein Teil des Umspannwerkes auf ehemaligem Friedhofsgrund zu stehen kam, mußte für dasselbe mit Rücksicht auf bestandene Schachtgräber eine Pfahlfundierung gewählt werden. Insgesamt wurden 169 Eisenbetonpfähle, System Porr, geschlagen, auf welchen ein Eisenbetonrahmen aufgebracht wurde, der das Gebäude trägt. Der Hochbau des Umspannwerkes Schmelz, welcher von der Bau- und Terain-A.-G. ausgeführt wurde, besteht aus Ziegelmauerwerk. Die Fundierung des Umspannwerkes „Michelbeuern", dessen Bau an die Firma Peter Brich vergeben wurde, erfolgte in normaler Weise auf festem Schotterboden.

Von den 28 000 und 5000 V Doppelsammelschienen wurde je eine Schiene U-förmig gebogen, während die zweite Schiene geradlinig verläuft und zwischen den beiden Schenkeln der ersteren liegt. Durch diese Anordnung wird eine sehr gute Raumausnützung erzielt. An die 28 000 V-Sammelschienen sind zwei ankommende und zwei abgehende Kabel von je 3×95 mm² Querschnitt angeschlossen, für zwei weitere Kabel ist der erforderliche Platz vorgesehen. An den Schienen hängen überdies noch sechs Kabelabzweige, von welchen gegenwärtig die zwei Haupt- und die zwei

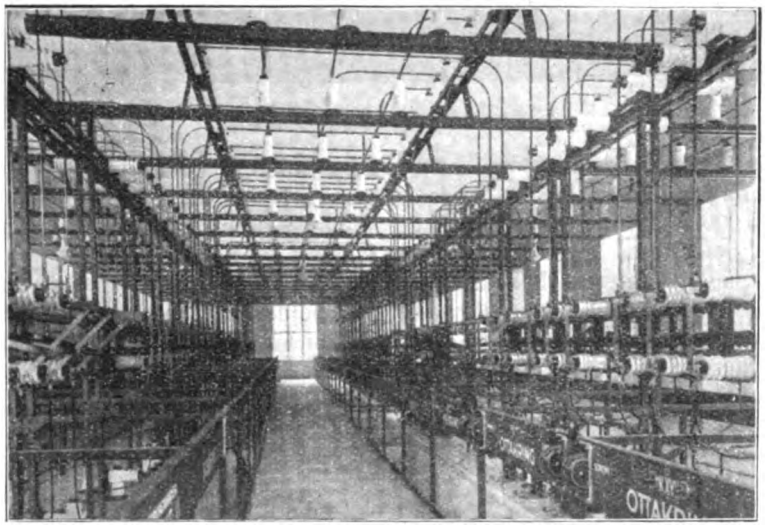


Abb. 3. Sammelschienenraum des Umspannwerkes Schmelz.

Gleichrichtertransformatoren gespeist werden, während die beiden restlichen Felder vorderhand unbesetzt sind. Sowohl in der 28 000 als auch 5000 V-Anlage kann die Verbindung der beiden Samelschienen mittels eines Kupplungsölschalters von 300 000 kVA Abschaltleistung durchgeführt werden. Jedes Sammelschienensystem besitzt einen Überspannungsschutz in Form eines Hörnerableiters in Verbindung mit einem Öldämpfungswiderstand, sowie eine Erdungsdrosselspule zur Ableitung von statischen Ladungen.

An den 5000 V-Sammelschienen hängen gegenwärtig 13 (im vollen Ausbau 14) Kabel von 3×95 bis 150 mm² Querschnitt, die Kabelzuleitungen für die beiden Betriebs- und Eigenbedarfstransformatoren, für den Sammelschienen-Kupplungsschalter und für die Überspannungsschutzeinrichtung.

Die Sammelschienen, sowie die in den einzelnen Zu- und Ableitungen liegenden dreipoligen

Digitized by Google

Trennschalter sind auf einem Eisengerüst montiert. Wie bereits erwähnt, fehlen jegliche Zwischenwände, wodurch eine außerordentliche Übersichtlichkeit und günstige Beleuchtungsverhältnisse erreicht werden. Die Abstände der einzelnen Leitungen voneinander und gegen das Eisengerüst sind reichlich bemessen, so daß das Auftreten von Durchführungswandler ausgebildet sind. Die Trennschalter weren von Hand aus über ein Gestänge betätigt; die Antriebe sind auf der Vorderseite des Eisengerüstes angebracht; die Bedienung derselben erfolgt vom Mittelgange aus. Beiderseits dieses Ganges sind im Fußboden 90 cm breite Längsschlitze angeordnet, durch welche einerseits

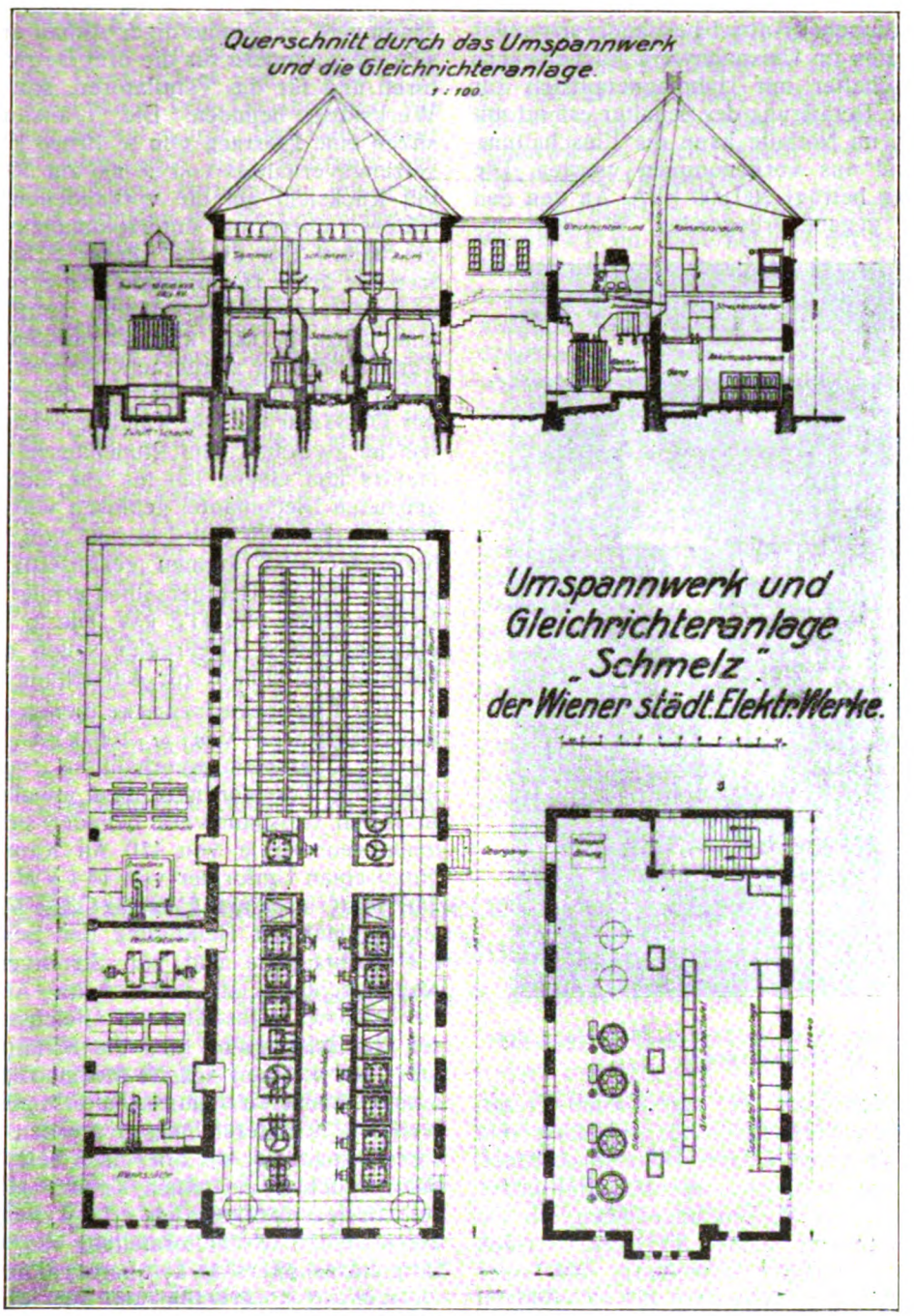


Abb. 4. Umspannwerk Schmelz, Grundriß und Aufriß.

Kurz- oder Erdschlußlichtbogen nicht zu befürchten ist. Sind in einem Felde Arbeiten vorzunehmen, so werden, der bestehenden Vorschrift entsprechend, beiderseits desselben tragbare, hölzerne Schutzwände eingesetzt. Am Fuße des in zwei Reihen angeordneten Gerüstes stehen die einzelnen, kurzschlußsicher gebauten Stromwandler, die als eine Belichtung des unterhalb befindlichen Ölschalterganges, andererseits ein Durchblick von letzterem auf die Trennschalter ermöglicht wird. Abb. 5 zeigt die Ausführung im Umspannwerk Michelbeuern. Der im Erdgeschoß befindliche Ölschalterraum enthält zwei Reihen von Schalterzellen, zwischen welchen sich ein

Digitized by Google

Mittelgang befindet, in welchem die Ölschalterantriebe und die Schalterrelais untergebracht sind. Die 28 000 und 5000 V-Schalter sind in Gruppen vereinigt, welche beiderseits der Hauptquerachse des Gebäudes liegen. Die Zellentrennwände bestehen aus Korksteinplatten, System Klein & Bockmaier, die in Eisenrahmen ruhen. Während im Umspannwerk Schmelz druckfeste Ölschalter, welche motorischen Antrieb besitzen, verwendet wurden, gelangten im Umspannwerk Michelbeuern Löschkammerschalter mit Hubmagnetantrieb zur Aufstellung. Die Betätigung der Schalter erfolgt mit Fernsteuerung, im Notfalle kann die Einschaltung auch von Hand aus vorgenommen werden. Die Abschaltleistung beträgt 300 000 kVA. An den den Schalterzellen gegenüberliegenden Wänden des

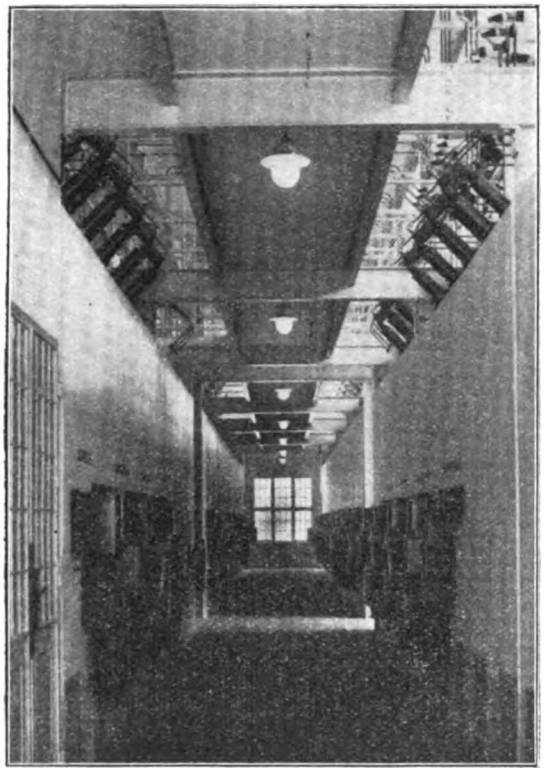


Abb. 5. Umspannwerk Michelbeuern, Mittelgang des Ölschalterraumes.

Gebäudes befinden sich die zugehörigen Trennschalter und Kabelendverschlüsse. Dieselben sind auf Eisenbügel in einer solchen Höhe angeordnet, daß eine zufällige Berührung spannungsführender Teile ausgeschlossen ist. Um anzuzeigen, ob ein Kabel unter Spannung steht oder nicht, wurden folgende Einrichtungen getroffen: auf der 28 000 V-Seite wurden kleine, auf die Zuleitungen aufmontierte Kondensatoren in Verbindung mit Glimmlampen, auf der 5000 V-Seite, woselbst der Verschiebungsstrom zur Speisung der Glimmlampen nicht mehr genügt, ein Spannungswandler, von welchem eine Glimmlampe gespeist wird, verwendet. Die Wandler sind auf eisernen Konsolen vor den Kabelköpfen angeordnet. Unmittelbar vor den Kabelendverschlüssen der 28 000 V-Seite sind auf den Kabelzuleitungen einpolige, mittels Schaltstange zu betätigende Erdungstrennschalter angebracht. Hiedurch ist es möglich, eine Zuleitung nach der anderen an Erde zu legen. Die das Netz anspeisenden Kabel sind aus dem Ölschalterraum unmittelbar ins Freie geführt. Die Verbindung zwischen Ölschalter und Transformatoren erfolgt mit Rücksicht auf die Raumverhältnisse ebenfalls durch Kabel. Straßenseitig schließt an das Umspannwerk ein ebenerdiger Anbau an, in welchem sich die Kammern für die drei Betriebstransformatoren und für die Ventilatoren, sowie eine kleine Werkstätte befinden. Die Transformatoren besitzen eine Leistung von je 10 000 kVA, ein Übersetzungsverhältnis von 28 000 auf 5000 V und sind mit Rücksicht auf die vorhandenen Netztransformatoren ober- und unterspannungsseitig in Stern geschaltet. Um die bei dieser Schaltungsart auftretende dritte Harmonische der Strom- und Spannungskurve zu unterdrücken wird nachträglich eine dritte in sich kurzgeschlossene, sogenannte Tertiärwicklung angebracht werden. Das Gewicht der Transformatoren beträgt ohne Öl 23 400 kg, mit Öl 34 200 kg. Die Kühlung erfolgt durch Luft, welche zwischen dem Rippenkessel des Transformators und einem, ihn bis zur halben Höhe umgebenden Blechmantel geblasen wird. Die Ventilatoren, welche für eine Leistung von 7·6 m³ pro sec berechnet sind, können gegenseitig als Reserve dienen. Der Antrieb derselben erfolgt mittels Drehstrommotoren von 11·2 kW. Die in der Abbildung eingezeichneten Drehregler sollen erst zu einem späteren Zeitpunkte zur Aufstellung gelangen.

Für Eigenbedarfszwecke dienen zwei Stationstransformatoren von je 100 kVA Leistung und einem Übersetzungsverhälnisse von 5000 auf 220 V. Ein Transformator dient jeweils als Reserve. In jedem Umspannwerk befindet sich eine Akkumulatorenbatterie von 110 Ah Kapazität, welche durch einen Umformer von 13·4 kW geladen wird. Die Batteriespannung beträgt 220 V. Der Gleichstrom dient zur Betätigung der Schalterantriebe, der Lichtsignale und zur Stromversorgung der Notbeleuchtung, die sich beim Ausbleiben des Drehstromes selbsttätig auf Gleichstrom umschaltet. Im Befehlsraum sind die Schaltwände aufgestellt, auf welchen sich die Meßinstrumente, Signallampen und Betätigungsschalter befinden. Die jeweiligen Schalterstellungen werden durch Lichtsignale angezeigt, die aber nach bewährter Art nur beim Drücken auf einen Knopf aufleuchten. Ein selbsttätiges Aufleuchten erfolgt nur dann, wenn die jeweilige Ölschalterstellung mit jener des Betätigungsschalters nicht übereinstimmt. Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß die Stellung des Ölschalters auch im Sammelschienenraum durch daselbst angeordnete Signallampen ersichtlich gemacht wird. Sämtliche Lampen- und Huppensignale der Gefahrenmeldeanlage sind auf einer, im Befehlsraum befindlichen Tafel vereinigt; sie zeigen die zu starke Erwärmung des Transformatorenöles, das Stillstehen der Ventilatoren, das Auftreten von Erdschlüssen im Netze und dergleichen an. Sämtliche Signalleitungen sind in

Digitized by Google

Kanälen verlegt, die unter dem Fußboden verlaufen und mit Riffelblech abgedeckt sind,

Die Gleichrichteranlage des Umspannwerkes Schmelz liefert Gleichstrom von 550 V Spannung für Straßenbahnzwecke. Gegenwärtig sind vier Speisepunkte angeschlossen. Die Gleichrichtertransformatoren besitzen eine Leistung von je 1200 kVA und ein Übersetzungsverhältnis von 28 000 auf 600 V. Jeder der beiden Transformatoren liefert den Strom für zwei als Einheit arbeitende Gleichrichter von je 1000 A, da zur Zeit der Bestellung kein Gleichrichter von größerer Leistung gebaut wurde. Das Kühlwasser für die Gleichrichter wird dem Rohrnetz der Wiener Hochquellenleitung entnommen, und zwar ist die Anlage aus Gründen der Betriebssicherheit an zwei voneinander unabhängige Rohrstränge angeschlossen. Das Ausbleiben des Kühlwassers wird durch ein Licht- und Glockensignal angezeigt, die auf der Gleichstromschaltwand untergebracht sind. Der Wasserbedarf eines Gleichrichters beträgt 1 l/sec, wobei sich das Wasser von rund 8° C auf 20° C erwärmt. Auf der 28 000 V-Seite der Transformatoren sind Drosselspulen eingebaut, durch welche Anordnung bei Rückzündungen im Gleichrichter die Rückwirkung auf das Netz abgeschwächt wird. Die Transformatoren besitzen natürliche Luftkühlung; die warme Abluft entweicht durch über Dach geführte Luftschläuche. Gleichstromseitig ist unmittelbar hinter jedem Gleichrichter ein Schnellschalter eingebaut, welcher bei Rückzündungen die sofortige Abschaltung des Gleichrichters vom Netz bewirkt. Der gleichgerichtete Strom wird den im Zwischengeschoß des Gebäudes untergebrachten Sammelschienen zugeführt, von wo aus er über Streckenschalter den einzelnen Speiseleitungen zufließt. Die Betätigung der Streckenschalter erfolgt durch Handantrieb vom Befehlsraum aus.

Beide Umspannwerke enthalten einen Aufenthaltsraum, einen Wasch- und Duschraum mit Heißwasserspeicher, einen Kanzleiraum und eine Klosettanlage. Bei Herstellung der Anlagen wurde auf die künftige Erweiterung derselben reichlichst Bedacht genommen.

Die Lieferung und Montage der gesamten elektrischen Einrichtung für das Umspannwerk und die Gleichrichteranlage Schmelz stammt von den Österr. Siemens-Schuckert-Werken, jene des Umspannwerkes Michelbeuern von der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft.

Die Direktion der Wiener Städt. Elektrizitätswerke war im Einvernehmen mit den den Bau ausführenden Firmen bestrebt, die beiden neuen Umspannwerke so auszubilden, daß sie in jeder Beziehung den neuesten technischen Anforderungen entsprechen. Namentlich war es die Hallenanlage, welche sich bisher durchwegs bewährt hat. Von Seite des Betriebes wird die Übersichtlichkeit der Anlage, sowie die guten Beleuchtungsverhältnisse geschätzt. Während des nunmehr einjährigen Betriebes haben sich die beiden Anlagen voll bewährt und besteht kein Grund, bei den noch zu erbauenden Umspannwerken von dieser Anordnung abzugehen. In Kürze werden nun die weiteren noch geplanten Umspannwerke zur Ausführung gelangen, und die einzelnen noch fehlenden Teilstrecken des 28 000 V-Kabelnetzes ausgebaut werden, so daß nach Ablauf von 2 bis 3 Jahren die Energieverteilung der Wiener städt. Elektrizitätswerke nach vollkommen neuzeitlichen Gesichtspunkten mit einem weit besseren Wirkungsgrade als bisher durchgeführt werden kann.

Die hydro-elektrische Speicheranlage Niederwartha für die Stadt Dresden.

Von Regierungsbaumeister G. **Gerstenberger**, Leipzig.

Eines der brennendsten Probleme auf dem Gebiete der Energiewirtschaft ist unbestritten das des Ausgleiches der großen Beiastungsschwankungen einzelner Anlagen oder ganzer Netze durch Energiespeicherung, das heißt durch Verwandlung von unverkäuflicher Überschußenergie in hochwertige Tages-Spitzenenergie. Hier hat sich nun in letzter Zeit mehr und mehr die hydroelektrische Speicherung, das heißt die Speicherung elektrischer Energie unter Benützung von Wasserspeichern, in den Vordergrund des Interesses geschoben nicht zuletzt dadurch, daß die bisher größte Anlage dieser Art, die hydro-elektrische Speicheranlage Niederwartha für die Stadt Dresden, ihrer Verwirklichung entgegengeht. Der Bau der Anlage, die mit ihrer generellen Darstellung bereits auf der Baseler Ausstellung 1926 Aufmerksamkeit erregte, ist nunmehr auf der ganzen Linie in Angriff genommen worden. Trägerin des Unternehmens ist die „Energieversorgung Groß-Dresden A.-G." in Dresden, an der je zur Hälfte beteiligt sind die Stadt Dresden und die Aktiengesellschaft Sächsische Werke, in deren Händen die Landesenergieversorgung im Freistaat Sachsen liegt.

Vor einer Beschreibung der genannten Anlage sollen kurz die Grundlagen und Voraussetzungen gestreift werden, die zum Bau derselben führten, und die für alle im wesentlichen auf kalorische Energieerzeugung eingesteilten Länder dieselben sind. Die Abb. 1 zeigt die Tagesbelastunglinie eines kommunalen Elektrizitätswerkes mit sark industriellem Anschluß, und zwar eine Winterlinie, wie an den zwei ausgeprägten Lichtspitzen ersichtlich ist. Die etwa 3 bis 5 vH der Gesamtabgabe betragenden Belastungsspitzen beanspruchen etwa $^1/_8$ der Leistung, also auch etwa $^1/_6$ der Gesamtanlagekosten des Werkes und

Digitized by Google

der Leitungen und drücken somit die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage in katastrophaler Weise herab. Die Frage, wie eine Verbreiterung und Verflachung der Spitzen durch geeignete Tarifpolitik zu erreichen ist (ein Verschwinden der Spitzen ist durch keinen, noch so billigen kWh-Tarif zu erzielen!), soll hier nicht berührt werden, sondern nur die Frage: wie kann man die gegebenen Spitzen bewältigen? Dies kann geschehen einmal durch Einsatz besonderer Spitzenwerke

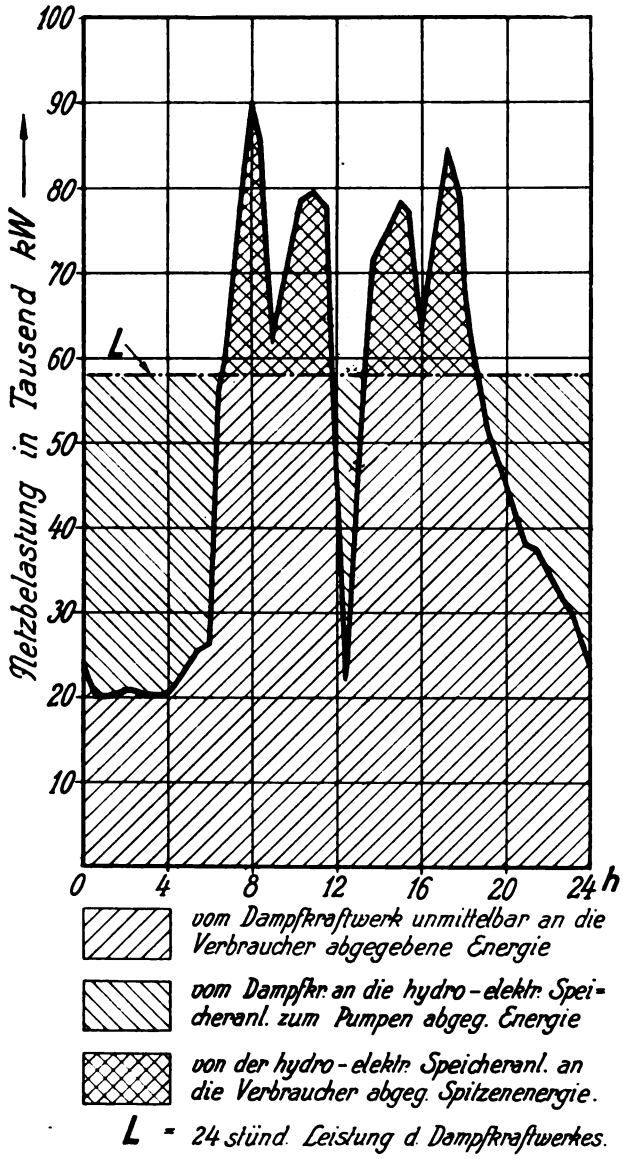


Abb. 1.

oder aber durch Speicherung, das heißt Verschiebung überschüssiger Energie.

Als reine Spitzenkraftwerke kommen in Betracht hochspeicherfähige Wasserkraftanlagen (die allerdings in Ländern mit vorwiegender Kohlenenergieversorgung in den seltensten Fällen vorhanden sein werden), Kohlenspitzenkraftwerke oder Dieselanlagen. Für die Kohlenspitzenwerke ist man damit beschäftigt, einen besonderen Typ auszubilden mit Höchstdruckkesseln ohne Kesselhaus und mit kurzwelligen Turbinen mit wenig Rädern und schnellem Anlauf (die Größe des Wirkungsgrades ist bei der kurzen Benutzungsdauer von untergeordneter Bedeutung), womit man die Anlagekosten mit etwa 150 RM/kW auf die Hälfte der normalen Kosten eines Dampfkraftwerkes herabzudrücken hofft.

Für die Speicherung kommen in Betracht Akkumulatoren, Wärmespeicher System Ruths und die Wasserspeicherung, also die Speicherung potentieller Energie. Während der Akkumulator und der Ruths-Speicher für die bei einem größeren Orts- bezw. Landesnetz in Frage kommenden großen Energiemengen noch nicht wirtschaftlich durchgebildet sind, bietet die Wasserspeicherung die Möglichkeit der Speicherung im Großen in vorbildlicher Weise.

Das Wesen der hydro-elektrischen Speicherung besteht darin, daß der nicht absetzbare Überschußstrom (vorwiegend in den Nachtstunden) dazu benutzt wird, mittels Motoren und Pumpen Wasser aus einem unteren in ein hoch gelegenes Speicherbecken hochzupumpen. Am Tage, zu Zeiten der Belastungsspitzen, geht das Wasser den umgekehrten Weg und erzeugt dabei mittels Turbinen und Generatoren hochwertigen Spitzenstrom. Dieses Spiel wiederholt sich jeden Tag. Der Wirkungsgrad von Mitte Verbrauchsgebiet bis wieder Mitte Verbrauchsgebiet gerechnet kann im Mittel mit 0·55, maximal mit etwa 0·65 angenommen werden. In der Abb. ist die Zusammenarbeit einer hydro-elektrischen Speicheranlage mit einem Dampfkraftwerk dargestellt. Das auf 58 000 kW ausgebaute Dampfkraftwerk wird durch die Einschaltung des Energiespeichers in den Stand gesetzt, die 90 000 kW-Spitze seines Netzes mit der von ihm erzeugten Energie zu decken, indem die Speicheranlage die kurze Spitze von 32 000 kW übernimmt. Das Dampfkraftwerk ist 24 Stunden gleichmäßig und voll belastet; geringe Schwankungen in seiner Belastungshöhe sind nur durch den Wechsel von Sommer- und Winterbelastung bedingt. Wesentlich ist hierbei, daß das Dampfkraftwerk, obgleich es nunmehr etwa 40 vH mehr Energie erzeugt, hierbei, wie entsprechende Untersuchungen ergeben haben, nur etwa 10 bis 12 vH Mehrverbrauch an Kohle hat. Somit kann der zum Pumpen erzeugte Strom tatsächlich als „überschüssig" bezeichnet werden, denn es ist eben praktisch fast ganz gleichgültig, ob man den Strom erzeugt, oder ob man die Kessel in den Belastungspausen unter Dampf hält, ohne Strom zu erzeugen.

Neben ihrer Eignung zur Energiespeicherung haben aber die Wasserspeicheranlagen noch eine zweite, nicht minder wichtige Eigenschaft, und das ist ihre sofortige Betriebsbereitschaft. Während das Aufheizen eines großen Dampfaggregates bis zu 12 Stunden dauert und selbst ein Großdieselmotor bis zum Einschalten auf Vollast bis zu 20 Minuten braucht, kann das Turbinen-Generator-Aggregat der hydro-elektrischen Speicheranlage, wenn es mit der synchronen Dreh-

Digitized by Google

zahl läuft, innerhalb von 2 sec automatisch Strom an das Netz abgeben! Die hydro-elektrische Speicheranlage ist aus diesem Grunde in hervorragender Weise als Störungsreserve geeignet für den Fall, daß infolge einer Störung in den langen Freileitungen die Energiezufuhr zum Verbrauchsgebiet plötzlich aussetzt. Welch große Bedeutung in neuester Zeit die Frage der Bekämpfung von Störungen besonders für Großstädte gewonnen hat, ist daraus zu ersehen, daß man mangels anderer Mittel in vielen Fällen (unter anderen Großkraftwerk Rummelsburg für Berlin, Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk für Essen) zu dem Ausweg gegriffen hat, daß man große Maschineneinheiten Tag und Nacht unter vollem Kesseldruck hält und mit der Betriebstourenzahl dauernd unbelastet mitlaufen läßt. Es leuchtet ein, daß dieses Verfahren unwirtschaftlich ist. Hier gibt nun die hydro-elektrische Speicheranlage dem Betriebsleiter ein willkommenes Mittel in die Hand, das er bei Bedarf sofort einsetzen und bei Behebung der Störung sofort wieder stilllegen kann, ohne daß in den Zwischenpausen Energie nutzlos verloren geht. Voraussetzung ist hierbei allerdings, daß die Speicheranlage mit dem von ihr bedienten Verbrauchsgebiet unter Vermeidung jeder Freileitung nur (mit atmosphärischen Störungen nicht ausgesetzten) Erdkabeln verbunden werden kann. Da diese für große Übertragungsleistungen sehr teuer sind, muß die Speicheranlage so nahe wie möglich an ihr Verbrauchsgebiet herangerückt werden. Hieraus ergibt sich die Forderung: Loslösung der Speicheranlage von der weitab im unbesiedelten Gebirge liegenden, nur durch lange Freileitungen anzuschließenden Wasserkraft und Aufsuchen der Nähe der großen Verbrauchszentren. Dies bedingt Dezentralisierung des hydro-elektrischen Speicherbetriebes. Jedes in sich geschlossene größere Verbrauchsgebiet braucht seine ihm zugeordnete Speicheranlage. Durch diese Anordnung ergibt sich als weiterer Vorteil eine wesentliche Ersparnis an Freileitungskosten. Die Leitung zwischen Dampfkraftwerk und Verbrauchsgebiet wird gleichmäßig belastet. Sie braucht nicht mehr für die ganze Spitze des Verbrauchsgebietes, sondern nur für die Leistung des Dampfkraftwerkes bemessen zu werden.

Im Freistaat Sachsen ist man erstmalig den obenerwähnten Schritt konsequent gegangen. Die im wesentlichen auf die Braunkohlenkraftwerke (mit Tagebaubetrieb) Hirschfelde und Böhlen[1]) gestützte Landesenergieversorgung Sachsens weist 4 örtlich getrennte große Hauptverbrauchsgebiete auf. Für das größte von diesen, das Versorgungsgebiet Groß-Dresden, ist die Anlage Niederwartha bestimmt, die nur wenige Kilometer von der Stadt entfernt liegt. Weitere Anlagen sollen für die anderen Gebiete folgen. Hier ist also zum ersten Mal (auch in Amerika gibt es eine solche Anlage noch nicht) im großem Umfange der Gedanke der reinen „Speicheranlage ohne natürlichen Zufluß" verwirklicht, die nur Dampfkraftenergie speichert im Gegensatz zu den bereits bestehenden Speicherwerken, wie Murgwerk (Baden) oder Wäggitalwerk (Schweiz), die vorwiegend oder ausschließlich überschüssige Wasserkraftenergie speichern.

Die Hauptdaten der Anlage Niederwartha sind:

	1. Ausbau	2. Ausbau
Gefälle	143 — 132 m	146 — 132 m
Speichervermögen	330 000 kWh 1,1 Mill. m³	560 000 kWh 1,9 Mill. m³
Generatorleistung	4×15 000 = 60 000 kWh	6×15 000 = 90 000 kWh
Turbinenleistung	4×22 000 = 88 000 PS	6×22 000 = 132 000 PS
Pumpenaufnahmeleistung	4×28 000 = 132 000 PS	6×28 000 = 168 000 PS
Voraussichtl. Jahreserzeugung	60 Mill. kWh	90 Mill. kWh
Größte Arbeitswassermenge	60 m³/s	90 m³/s
Druckrohrleitung	2 Rohre	3 Rohre

Die Anlage liegt in unmittelbarer Nähe der Elbe. Das obere Speicherbecken wird gebildet durch Absperren des Silbergrundes, zwischen den Ortschaften Oberwartha und Rennersdorf mittels eines 38 m (später 41 m) hohen Erdstaudammes, der nach seiner Fertigstellung der höchste Staudamm Europas sein wird. Das mit Feinrechen und Schnellschlußfallschützen ausgerüstete Einlaufbauwerk vermittelt den Übergang des Wassers in die obere eiserne Druckrohrleitung von 3·20 m Durchmesser und 10 mm Wandstärke, an deren Ende für jeden Rohrstrang ein zylindrisches Wasserschloß in Eisenbeton von 36 m Höhe und 9 m l. W. angeordnet ist. Von den Wasserschlössern führt die untere Druckrohrleitung mit einem von 3·20 auf 2·50 m abnehmenden Durchmesser zum Krafthaus. An ihrem oberen Ende ist das Apparatehaus mit den Abschlußorganen angeordnet, die automatisch wirkend und für Fernbedienung ausgebildet werden. Kurz vor dem Krafthaus unterfährt die Druckrohrleitung die Reichsbahnlinie Dresden—Esterweida. Im Krafthaus sind 4 (später 6) Maschinensätze und die erforderlichen Hilfsmaschinen aufgestellt. Unmittelbar an das Krafthaus schließt sich das untere Speicherbecken an, das durch eindeichen der fast ebenen Elbauen mittels 5 bis 7 m hoher Randdämme als künstliches Becken unter entsprechender Abdichtung gebildet wird.

Die Maschinenausrüstung ist dadurch gekennzeichnet, daß man die bisher übliche Anordnung Motor-Pumpe und getrennt davon Turbine-Generator verlassen hat. Dadurch, daß man den zum Pumpen erforderlichen Motor bei der Energieerzeugung als Generator laufen läßt, und daß man die Drehzahl für Pumpe und Turbine gleich wählte, kam man zu der Anordnung Pumpe-Motor (Generator)-Turbine in einem Satz auf

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 23.

Digitized by Google

einer Welle bei etwa 22 m Wellenlänge, welche Anordnung erhebliche Ersparnisse an Maschinen- und an Krafthauskosten mit sich bringt. Die Turbinen werden je zur Hälfte von den Firmen J. M. Voith und Escher, Wyss u. Co., die Pumpen von letzter Firma geliefert. Die genannten Maschinensätze stellen für Europa etwas durchaus Neuartiges dar. Die Turbinen werden die größten Europas, die Pumpen die größten der Welt sein. Besonders für die Pumpen, (mit 9 m^3/s Förderleistung bei $H_{max} = 155$ m) waren umfangreiche Untersuchungen erforderlich, die ganz neue Wege für den Großpumpenbau eröffnet haben. Hingewiesen sei auch auf das riesige in den Sätzen unterzubringende Schwungmoment von 750 t/m^2. Die Versuche einer Anordnung der Sätze mit senkrechter Welle (bei der sich die Höhe eines Maschinensatzes mit etwa 25 m ergeben hätte!) hatten kein günstiges Ergebnis. Man ist deshalb auch im Hinblick auf die Übersichtlichkeit auf die horizontale Aufstellung zugekommen. Da Pumpe und Turbine den gleichen Drehsinn haben, kann, wenn bei Pumpbetrieb die Stromzuführung plötzlich unterbrochen wird, unter gleichzeitigem automatischem Schließen des Pumpenschiebers die Turbine sofort ohne Turenabfall voll beaufschlagt werden, sodaß nach wenigen Sekunden der Motor als Generator mit Vollast auf das Netz geschaltet werden kann. Dies alles vollzieht sich a u t o m a t i s c h. Zwischen Generator und Tubine ist eine nur im Stillstand lösbare Bolzenkupplung, zwischen Generator (Motor) und Pumpe eine im Betrieb lösbare magnetische Kupplung vorgesehen.

Die erforderliche Schalt- und Umspannanlage wird in unmittelbarer Nähe des Krafthauses als Freiluftanlage errichtet. Die Lage der Anlage zum 110 kV-Landesnetz ist sehr günstig, da sich in unmittelbarer Nähe die beiden 110 kV-Freileitungen Hirschfelde—Dresden Süd—Dresden Nord—Trattendorf und Böhlen—Silberstraße—Dresden Nord vereinigen. Somit ist auch über Trattendorf der Anschluß an den „mitteldeutschen Ring" gegeben.

Nun noch einiges zur W i r t s c h a f t l i c h k e i t der Anlage. Was kostet 1 kWh Spitzenenergie? Das kW Maschinenleistung eines Großdampfkraftwerkes kostet heute einschließlich aller Nebenanlagen (ausschließlich Fernleitungen) rund 300 RM. Da man bei der sprunghaften Entwicklung der letzten Jahre damit rechnen muß, daß ein Dampfkraftwerk in etwa 10 Jahren veraltet ist, gibt dies 8 bis 9 vH Abschreibung. Hierzu 6 bis 7 vH Zinsen ergibt 15 vH Kapitadienst oder 45 RM./Jahr für ein kW. Wenn nun, was durchaus normal ist, die Spitzen nur 200 oder gar 100 Stunden im Jahr beansprucht werden, so kostet eine kWh Spitzenstrom allein $4500 : 200 = 22{\cdot}5$ bezw. $4500 : 100 = 45$ Pfg.!Hierzu kommen noch die fast garnicht in's Gewicht fallenden Kohlenkosten von 2 bis 4 Pfg. je kWh.

Die Anlage Niederwartha ist für den ersten Ausbau mit rund 25 Mill. RM. veranschlagt, das sind ebenfalls rund 300 M/kW Anlagekosten. Hier ist nun folgendes zu beachten. Es ist nicht mit einem Veralten der Anlage in wenigen Jahren zu rechnen. Erstens enthalten die Anlagekosten etwa zur Hälfte Tiefbauanlagen von großer Lebensdauer und zum anderen kann man auch den Wassermotoren eine längere Existensberechtigung zusprechen. Hier ist man mit 90 vH Wirkungsgrad wohl schon an der Grenze des Erreichbaren angelangt; große Umwälzungen sind nicht mehr zu erwarten. Man kann also wohl insgesamt mit 3 bis 3 vH Abschreibung auskommen und erhält damit bei ebenfalls 6 bis 7 vH Zinsen nur 9 vH Kapitaldienst oder für die ganze Anlage (1. Ausbau) $25\,000\,000 \cdot 0{\cdot}09 = 2\,250\,000$ RM./Jahr. Bei 60 Mill. kWh Jahreserzeugung ist also die kWh nur mit $2\,250\,000 \cdot 60\,000\,000 = 3{\cdot}4$ Pfg. Kapitaldienst belastet. Hierzu kommen noch die Kosten des Pumpstromes, den man mit 0·5 bis 1·0 Pfg./kWh in Rechnung setzen kann, was bei 50 vH Gesamtwirkungsgrad 1 bezw. 2 Pfg. je kWh gibt. Die von der Speicheranlage abgegebene S p i t z e n k i l o w a t t s t u n d e ist also nur mit 4·4 bis 5·4 Pfg. G e s t e h u n g s k o s t e n behaftet. Die Speicheranlage Niederwartha hat zum ersten Mal nicht nur den Beweis der technischen Möglichkeit sondern vor allem auch der Wirtschaftlichkeit des hydro-elektrischen Speicherbetriebes erbracht.

Zum Schluße sei noch kurz darauf hingewiesen, daß zum Teil angeregt durch die bei der Anlage Niederwartha beschrittenen Wege in Deutschland noch eine andere Anlage gleicher Art ihrer Verwirklichung entgegengeht. Das Rheinisch-Westphälische El.-Werk steht vor dem Bau einer Anlage am Kleff bei Hengstey a. d. Ruhr[2]) mit 1·3 Mill. m^3 Speichervermögen und folgenden Maschinendaten:

Turbinen:	bei 164 m	48 500 PS	
	„ 155 „	45 000 „	
Pumpen:	„ 166 „	32 500 „	(12 m^3/s)
	„ 149 „	34 000 „	

Die Turbinen sind an J. M. Voith, die Pumpen an dieselbe Firma zusammen mit Gebr. Sulzer A. G., Ludwigshafen, vergeben. Weitere noch vorliegende Planungen sollen nicht im Einzelnen angeführt werden, da sie noch nicht greifbare Gestalt angenommen haben. Jedenfalls: Der Bann ist gebrochen; man wird in nächster Zeit noch mehr von der hydro-elektrischen Speicherung hören.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 27, S. 546.

Digitized by Google

Selektivschutz durch Distanzrelais.

Von E. Groß, Wien.

A) Distanzrelais mit Überstromanlauf und bisherige Betriebserfahrungen.

Es ist aus der Literatur der letzten Jahre[1]) bekannt, daß ein Selektivschutz vermaschter Übertragungssysteme prinzipiell nur von Relais bewerkstelligt werden kann, welche energierichtungsabhängig sind und eine Auslösezeit aufweisen, die mit der an der Einbaustelle herrschenden Spannung zu — und mit dem dort vorhandenen Strom abnimmt, also einem Gesetz entspricht

$$T = k \cdot \frac{E}{J} = k\,Z.$$

Wie eine derartige Charakteristik beim Distanzrelais der AEG erreicht wird, wurde hier früher beschrieben. Wir können uns deshalb mit der zusammenfassenden Bemerkung begnügen, daß das Relais aus einem Zeitwerk (Ferraristriebsystem) besteht, das den impedanzproportionalen Ablauf der Relaisscheibe veranlaßt und aus einem separaten Stromsolenoid, welches das Relais bei Auftreten von Überstrom, im Falle von Kurzschlüssen, in Funktion setzt. Das Überstromsolenoid betätigt den Anlauf der Ferrarisscheibe nur dann, wenn der Leitungsstrom einen einstellbaren, über dem Nennstrom liegenden Wert übersteigt. Der Anlauf des Relais erfolgt also momentan bei Überschreiten des eingestellten Ansprechwertes, während die Auslösezeit impedanzabhängig ist.

Über den Spannungsanschluß der Distanzrelais ist aus den früheren Veröffentlichungen[2]) erinnerlich, daß man den Relais bei zwei- und dreiphasigen Kurzschlüssen die verkettete Spannung zwischen den vom Fehler betroffenen Leitern zuführen muß, weil diese für die Fehlerentfernung kennzeichnend ist. Bei Doppelerdschlüssen hingegen ist für Erreichung kurzer Auslösezeiten die Zuführung der Spannung des vom Fehlerstrom durchflossenen Leiters gegen Erde notwendig. Es ist gezeigt[3]) worden, daß sich die hinsichtlich der Spannungszuführung erforderliche Unterscheidung zwischen Phasenkurzschlüssen und Doppelerdschlüssen durch eine Kontaktvorrichtung am Überstromsolenoid in einfacher Weise[4]) treffen läßt.

Die Distanzrelais sind in der beschriebenen Ausführung in einer großen Zahl von Kabel- und Freileitungsnetzen bei Betriebsspannungen bis zu 110 kV in Betrieb und haben sich durchaus bewährt. Über einige, aus den zahlreichen Betriebsergebnissen herausgegriffene, Fälle berichtet die Zusammenstellung, Abb. 1. Es handelt sich hier um ein sehr ausgedehntes 22 000 V und 44 000 V Netz (über 1000 km Gesamtfreileitungslänge). Bei der in Abb. 2 dargestellten Störung ist beachtenswert, daß sich praktisch zeigte, wie bei Versagen der Auslösung des dem Fehler zunächst liegenden Schalters die zweitbenachbarten Ölschalter die Kurzschlußabschaltung mit richtiger Selektivität durchführen.

Im Zusammenhang mit den bisherigen Betriebsergebnissen des Distanzschutzes sei auch auf die Frage der zweckmäßigsten Schutzeinrichtungen bei Einankerumformern hingewiesen. Die hiefür üblichen Rückstromautomaten und Nullspannungsrelais haben die Maschinen wegen zu empfindlicher Einstellung vielfach ohne zwingenden Grund abgeschaltet. Kürzlich[5]) durchgeführte umfangreiche Versuche zeigten nämlich, daß man

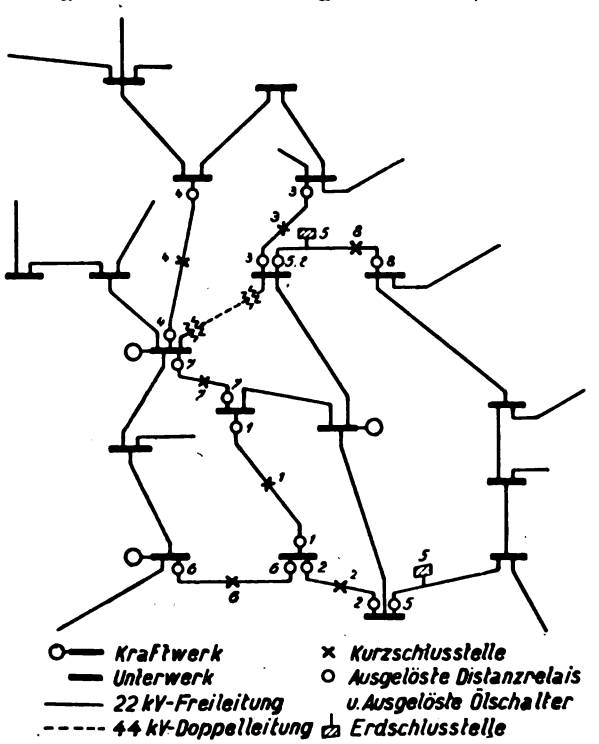


Abb. 1. Kurzschlüsse in einem ausgedehnten Überlandnetz während der Gewitterperiode 1926.

Die abgehenden Leitungen sind in sämtlichen Stationen mit Sekundärauslösung der Ölschalter versehen: bei den Ringleitungen bewirken Distanzrelais den Kurzschlußschutz, bei den Stichleitungen stromabhängige Relais.

1. 27. Juni. Heu in der Leitung.
2. 8. Juli. Leitungen gerissen und angeschmort auf der Erde liegend.
3. 15. Juli. Sturm und Gewitter.
4. 19. Juli. Defekt eines Abzweig-Transformators.
5. 22. Juli. Doppelerdschluß.
6. 23. Juli. Stroh in der Leitung. 22. August. Vögel in der Leitung.
7. 30. Juli. Zwei Maste umgefallen, Sturm.
8. 14. August. Gänse in der Leitung.

[1]) J. Biermanns, E. u. M. 43 (1925), S. 369.
[2]) E. Groß, E. u. M. 43 (1925), S. 881.
[3]) l. c.[1]), S. 375.
[4]) l. c.[2]), S. 884.

[5]) F. Hillebrand, Das Verhalten von Einankerumformern bei Hochspannungs-Netzkurzschlüssen, Mitteilungen der Ver. d. E. W. XXV (1926), S. 326. — Schindler, Schwenkhagen und Lenz, Einfluß von Spannungs- und Frequenzschwankungen der speisenden Netze auf den Betrieb von Einankerumformern, ETZ. 48 (1927), S. 129.

Digitized by Google

bei einem gröberen Einstellen dieser Schutzapparate (Gleichstrom-Maximalautomaten, Spannungsrückgangsrelais der Wechselstromseite) und durch Hinzunahme eines Wechsel-Spannungsrelais[6]) auf der Gleichstromseite sowie einer Widerstandsüberbrückung (Neumann) des Rückstromautomaten[7]) zu Schutzeinrichtungen kommt, welche den Umformer nur dann abschalten, wenn für ihn selbst tatsächlich eine Gefahr vorliegt.

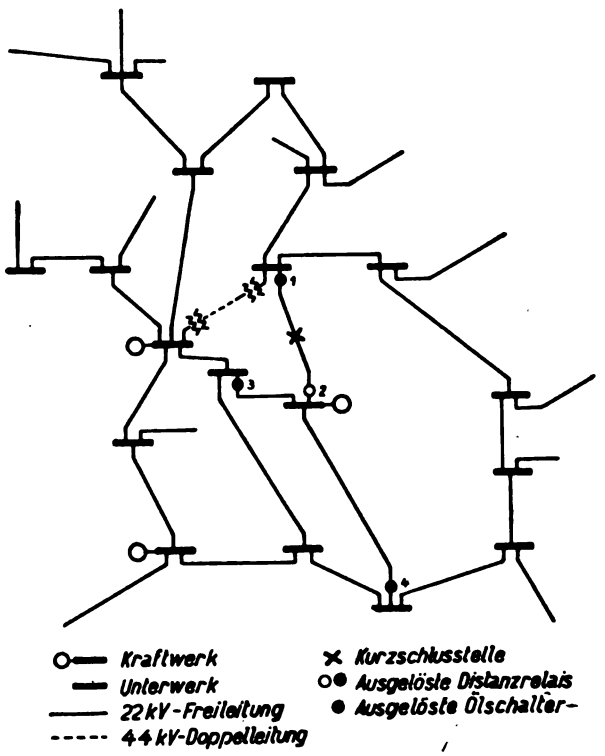


Abb. 2. Kurzschlußabschaltung mit richtiger Selektivität bei Versagen einer Ölschalterauslösung aus mechanischer Ursache.

13. Oktober 1926. Zuerst sprechen die Relais 1 und 2 und der Ölschalter 1 an; für den hängenbleibenden Ölschalter 2 springen die Relais und Schalter 3, 4 ein.

B) Distanzrelais mit spannungsabhängigem Überstromanlauf. (Doppeldistanzrelais).

Da das bisher bekannt gewesene Distanzrelais erst dann anspricht, wenn der Leitungsstrom einen bestimmten Wert überschreitet, muß der Schutz versagen, wenn der Kurzschlußstrom diesen eingestellten Wert nicht erreicht. Die Arbeitsweise des oben beschriebenen Selektivschutzes hat also zur Voraussetzung, daß sich ständig soviele Maschinen in Betrieb befinden, als für Erreichung des eingestellten Ansprechstromes notwendig sind.

Es gibt jedoch Übertragungsanlagen, bei welchen diese Forderung nicht bei allen Betriebsverhältnissen erfüllt ist. Insbesondere bei Höchstspannungs-Großkraftübertragungen sind während der starken Belastungszeit viele Maschinen in Betrieb, während des Nachts nur wenige, mitunter sogar nur kleine Aggregate, laufen. Es kann dann vorkommen, daß der zur Nachtzeit gelieferte Kurzschlußstrom nicht unwesentlich kleiner ist als der Nennstrom zur Zeit der Belastungsspitze. Da die Relais aber erst ansprechen dürfen, wenn der Nennstrom überschritten wird, wäre ihr Arbeiten nicht bei allen Betriebsverhältnissen, das heißt zu jeder Zeit, gewährleistet.

Ähnlich ungünstig können die Verhältnisse bei Doppelleitungen liegen, wenn die Forderung gestellt wird, daß auch ein Strang die ganze Leistung, zumindest kurzzeitig, übertragen zu können in der Lage sein muß. Diese Forderung legt nämlich als Ansprechstrom für die Distanzrelais bei

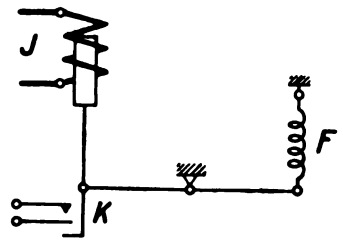


Abb. 3. Überstrom-Momentanrelais.

voller Spannung einen höheren als den doppelten Wert des Nennstromes eines Stranges fest.

Schließlich muß beachtet werden, daß bei Netzen, in deren Zentralen die Generatoren mit automatischen Kurzschlußstrombegrenzungsreglern ausgerüstet sind, zu Zeiten schwacher Belastung (geringer Maschineneinsatz) in gleicher Weise kritische Verhältnisse zwischen dem Einstellstrom der Relais der Fernleitungen und dem maximalen Kurzschlußstrom entstehen können.

Um auch bei solchen Verhältnissen einen Fehlerschutz zu erhalten, der nicht nur unabhängig vom Schaltzustand des Netzes, sondern auch unabhängig von den Betriebsverhältnissen (Maschineneinsatz) richtig arbeitet, muß der Anlauf, das heißt das Ansprechen der Relais nicht allein stromsondern auch spannungsabhängig gemacht werden[8]). Da der Kurzschlußstrom nämlich nach obigen Ausführungen stark variieren kann und zur Unterscheidung zwischen Normal- und Kurzschlußbetrieb nicht ausreicht, muß ein anderes Kennzeichen hiefür herangezogen werden. Im normalen Betrieb ist jedenfalls die volle Spannung vorhanden. Bei Kurzschluß bricht sie wesentlich zusammen. Wird nun das Ansprechen nicht allein abhän-

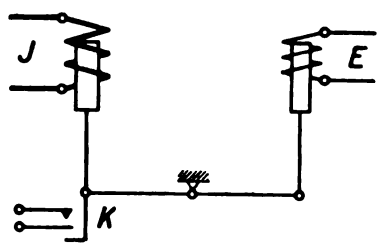


Abb. 4. Spannungsabhängiges Überstromrelais.

[6]) Hillebrand, l. c.[5]).
[7]) ETZ. l. c.[5]).
[8]) J. Biermanns, Selektivschutz von Hochspannungsnetzen. Bull. d. schweiz. El. Ver. XVIII (1927), S. 122.

Digitized by Google

gig von der Größe des Stromes, sondern beispielsweise vom Quotienten $\frac{E}{J}$ gemacht, so erkennt man, daß dieser Quotient im Kurzschlußfalle sowohl zu Zeiten starken Maschineneinsatzes (großer Strom J und relativ große Spannung E bei Kurzschluß), als auch zu Zeiten geringer Zentralenleistungen (Kurzschlußstrom von der Größenordnung des maximalen Nennstromes, relativ sehr kleines E) einen von den normalen Netzverhältnissen abhängigen Wert unterschreiten wird.

Zum Distanzrelais ist ein Zusatzelement entwickelt worden, das einen derartigen spannungsabhängigen Überstromanlauf des eigentlichen Aus-

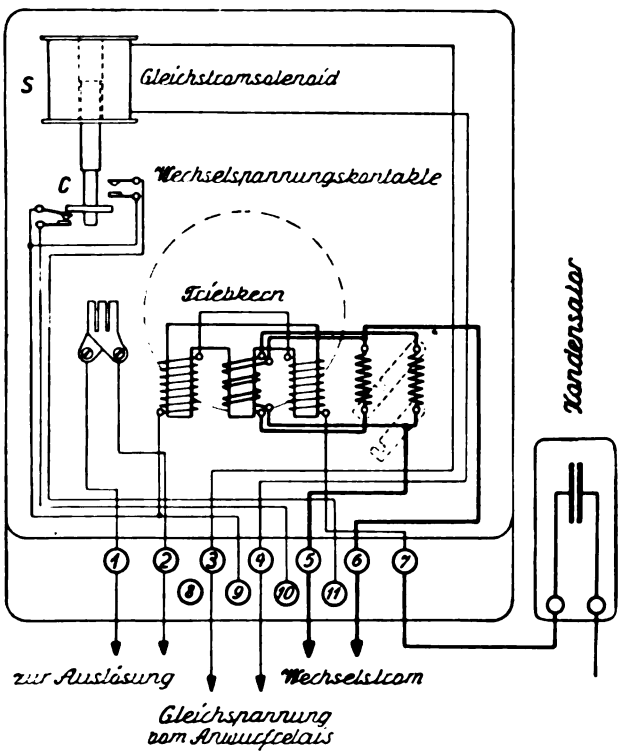


Abb. 5. Innenschaltung des Distanzrelais mit Gleichstromanwurf.

löserelais veranlaßt. Wird etwa die Feder F des in Abb. 3 dargestellten Momentanrelais durch ein an Spannung angeschlossenes Solenoid ersetzt, Abb. 4, so erhält man ein Wagebalkensystem, welches die Forderung eines distanzabhängigen Ansprechens bei geeigneter Dimensionierung zu erfüllen vermag. Die früher von der Spannung unabhängige Gegenkraft (Federzugkraft) sinkt nunmehr mit abnehmender Spannung, sodaß die Kontakte K dann schon bei geringen Strömen geschlossen werden können. Abb. 4 verdeutlicht das Prinzip eines Relais mit strom- und spanungsabhängiger Ansprechcharakteristik am Beispiel eines Wagebalkensystems. Es ist natürlich auch auf anderem Wege, beispielsweise rein elektrisch (Ferrarissystem) möglich, eine derartige Charakteristik zu erhalten.

Die Ansprech-Charakteristik selbst kann etwa so gewählt werden, daß das Distanzrelais unter Nennspannung erst beim doppelten Nennstrom zur Auslösung kommt, während es bei stark gesunkener Spannung (Kurzschlußfall) schon bei 30 vH der Nennstromstärke auslöst. Eine generelle Regel für die Ansprech-Charakteristik läßt sich kaum angeben. Man muß die Auslegung in jedem Falle in Abhängigkeit von den speziellen Netzverhältnissen vornehmen.

Das eigentliche Auslöserelais mit distanzabhängiger Zeit, das sich, wie die Betriebserfahrungen zeigen, durchaus bewährt hat, mußte nur ganz unwesentlich modifiziert werden:

Der Anlauf darf nach Obigem erst beim Ansprechen des spannungsabhängigen Überstromrelais, Abb. 4, (Schluß der Kontakte K) erfolgen. Das Solenoid des gewöhnlichen Distanzrelais wird deshalb über die Kontakte K des Anwurfrelais, Abb. 4, an Gleichstrom angeschlossen. Schließen sich also die Kontakte K des Anwurfrelais, so wird das Stromsolenoid S des Distanzrelais, Abb. 5, angezogen und setzt damit das Relais infolge Schliessens der Kontakte C unter Spannung und das Auslösewerk in Tätigkeit.

Die Schaltung des Spannungskreises der Auslöserelais, Abb. 5, ist die gleiche wie beim Distanzrelais mit Überstromanlauf.[9])

Der Anschluß des Spannungskreises E der Anwurfrelais, Abb. 4, darf nicht an die Spannung zwischen den einzelnen Phasen und Erde erfolgen, weil dann das Relais auch bei gewöhnlichem Erdschluß ansprechen könnte, was bei Systemen mit nicht direkt oder niedrigohmig geerdetem Nullpunkt unerwünscht wäre. Es wird hiefür vielmehr die Systemphasenspannung im Zusammenfassung der drei Relais in Sternschaltung benützt.

Distanzrelais mit spannungsabhängigem Anlauf stehen in zwei deutschen 110 kV-Netzen seit längerer Zeit mit gutem Erfolg in Betrieb. In Österreich wird eine 125 kV-Übertragung und eine 110 kV-Übertragung mit solchen Relais versehen.

[9]) l. c. [3]), S. 882, Abb. 2.

Digitized by Google

Großdampfturbinen.

Von Direktor Prof. Dr.-Ing. E. A. Kraft, Berlin.

Zusammenfassung. Die rasche Entwicklung der Kraftwirtschaft hat eine dauernde Steigerung der Einheits- und Grenzleistungen der Dampfturbinen ausgelöst. Einige der größten modernen Turbinenanlagen werden beschrieben und ihr Wärmeverbrauch angegeben. Zum Schluß wird auf neueste Bestrebungen hingewiesen, den reinen Wasserdampfprozeß durch Mehrstoff- oder Mischdampfverfahren zu ersetzen.

Durch die Kraftwirtschaft zieht sich wie durch die gesamte Technik als roter Faden der Zug ins Große. Den Großkraftwerken gehört die Zukunft, in denen Riesenturbinen aufgestellt sind, die Energiemengen verwandeln, wie man es noch vor kurzer Zeit für unmöglich gehalten hat. Der Grund dafür ist, daß mit wachsender Maschineneinheitsleistung fast alle Verluste sehr stark abnehmen, daß die Herstellungs-, Anschaffungs- und Unterhaltungskosten bezogen auf die erzeugte Kilowattstunde sich beträchtlich vermindern, mit einem Wort, die Maschinen — eine im übrigen gleichwertige Bauart vergleichsweise vorausgesetzt — umso wirtschaftlicher arbeiten, je größer ihre Leistung ist. Als Grenze gilt jetzt einzig noch die Absatzmöglicheit des erzeugten Stromes. So konnte Amerika auch früher als Europa und in größerem Umfang zu ausgesprochenen Großkraftwerken übergehen.

Entscheidend für die einzelne Kraftmaschine oder, eindeutiger gesagt, für die Dampfturbine, von der hier im besonderen die Rede sein soll, ist nicht die in einer Einheit erzeugte Leistung allein, sondern gleichzeitig, bei welcher Drehzahl und mit welchem Baustoffaufwand diese Leistung erzielt wird; denn je höher die Drehzahl, umso geringer das Gewicht, die Stufenzahl und somit der Raumbedarf einer Turbine, gleichen oder annähernd gleichen Wirkungsgrad vorausgesetzt. Darum spielt insbesondere in letzter Zeit die sogenannte „Grenzturbine", worunter man eine Turbine möglichst hoher Leistung für eine bestimmte Drehzahl versteht, eine so wichtige Rolle, und daraus sind die gewaltigen Anstrengungen zu erklären, die dauernd gemacht werden, die Maschinen-Grenzleistungen mehr und mehr zu erhöhen. Nachdem noch im Jahre 1922 für eine Drehzahl von 3000 U/min Turbinen nur bis höchstens 16 000 kW hergestellt werden konnten, ist es vor kurzem gelungen, die Einheitsleistung bei dieser Drehzahl unter günstigen Dampfverhältnissen und bei nicht zu hoher Luftleere sogar bis auf 30 000 kW zu steigern, wobei allerdings für das große Volumen des entspannten Dampfes ein mehrfacher Auslaß vorgesehen werden mußte. Für noch größere Leistungen ist es aber zur Zeit noch nicht möglich, bei einer Drehzahl von 3000 U/min mit einem Generator auszukommen, man muß dann vielmehr zur Querverbundanordnung greifen, das heißt dampfseitig hintereinander geschaltete Teilturbinen auf zwei oder mehreren Wellen mit mehreren Generatoren anordnen. Natürlich soll die Zahl der Teilturbinen nicht zu groß angenommen werden, und so geht man etwa von der oben angegebenen Grenze ab für die in Europa übliche Periodenzahl der Stromerzeuger von 50 Per/s auf 1500 U/min über, mit welcher Drehzahl nach dem heutigen Stande der Turbinentechnik jede Einheitsgröße ausführbar erscheint; in Amerika, dessen gebräuchlichste Periodenzahl bekanntlich 60 Per/s ist, laufen die zwei- und vierpoligen Generatoren entsprechend mit 3600 bezw. 1800 U/min.

Die in den letzten Jahren mehr und mehr in den Vordergrund tretende Mehrgehäuseturbine ist natürlich nicht nur mit Rücksicht auf einen möglichst geringen Auslaßverlust entstanden, sondern war zunächst eine selbstverständliche Folge der dauernden Vergrößerung des zu verarbeitenden Wärmegefälles nach oben durch Steigerung der Frischdampfzustände vor der Turbine und der sich daraus mit Notwendigkeit ergebenden Vergrößerung der Stufenzahl.[1]) Nachdem die Frage des Hochdruckdampfes überhaupt erst einmal aufgeworfen war, wurde durch theoretische Untersuchungen übereinstimmend und überzeugend nachgewiesen, daß der thermische Wirkungsgrad einer Dampfkraftanlage umso besser wird, je höher Anfangsdruck und -temperatur des Arbeitsdampfes sind. Der Einfluß dieser beiden Größen ist verschieden; denn während bei höheren Dampfdrücken und gleichbleibender Temperatur nur noch geringe Verbesserungen durch weitere Drucksteigerung erzielt werden können, wirkt zunehmende Anfangstemperatur in höheren Temperaturgebieten eher stärker verbessernd als in niederen auf die Wärmeausnutzung ein. Die neuzeitliche Kraftwirtschaft ist darum ganz allgemein zu Frischdampf hohen Druckes und hoher Temperatur übergegangen.

Dieser Steigerung sind aber Grenzen gesetzt, die teils in den physikalischen Eigenschaften des Wasserdampfes, teils in der Unzulänglichkeit der heute verfügbaren Baustoffe liegen. Je höher nämlich bei gleichbleibender Temperatur der Frischdampfdruck gewählt wird, umso tiefer liegt bei Kondensationsturbinen der Endpunkt der Expansion im Naßdampfgebiet. Damit verschlechtert sich einerseits der Wirkungsgrad der Niederdruckstufen beträchtlich, andererseits ist es dann mit großen Schwierigkeiten verbunden, die Niederdruckschaufeln vor der zerstörenden Wirkung der vom Dampf mitgerissenen Wassertröpfchen zu schützen. Die Erhöhung der Frischdampftemperatur wirkt diesem schädlichen Einfluß der Drucksteigerung wohl entgegen, doch sind nach dem augenblicklichen Stande der Baustofftechnik 450° wohl der höchste Wärmegrad, der noch mit Sicherheit zugelassen werden kann, und damit ist aus dem erwähnten Grunde, nämlich wegen der im Grenzfall noch zulässigen Dampfnässe, wenn

[1]) Vgl. Kraft, Die neuzeitliche Dampfturbine, VDI-Verlag, Berlin 1926.

Digitized by Google

eine Zwischenüberhitzung des Arbeitsdampfes nicht in Anwendung kommen soll, auch der Frischdampfdruck auf höchstens etwa 40 ata festgelegt.

Durch Vergrößerung des Wärmegefälles ohne besondere Vorkehrungen den Wirkungsgrad der Wärmeausnützung zu erhöhen, stößt also auf Schwierigkeiten. Die Zwischenüberhitzung des Arbeitsdampfes und die Speisewasservorwärmung durch der Turbine entnommenen Dampf niederer Druckstufen, das sogenannte Regenerativverfahren[2]), stellen indessen Mittel dar, den Kreisprozeß ganz wesentlich zu verbessern.

Der wirtschaftliche Gewinn durch das Regenerativverfahren besteht darin, daß die Verdampfungswärme der Anzapfdampfmenge nicht durch das Kühlwasser des Kondensators abgeleitet wird, sondern dem Kreisprozeß erhalten bleibt. Erfolgt die Anzapfung nur an einer Stelle, so wird bei dieser einstufigen Vorwärmung der Dampf mit einem der gewünschten Vorwärmtemperatur annähernd entsprechenden Druck abgezapft. Bei mehrstufiger Vorwärmung wird das Kondensat zunächst durch niedriggespannten Dampf auf eine Zwischentemperatur und erst von dieser stufenweise mittels höher gespannten Dampfes auf die Vorwärmtemperatur erwärmt. Die in thermischer Hinsicht wirkungsvollste Lösung des Regenerativverfahrens wäre natürlich die Vorwärmung in unendlich vielen Vorwärmstufen. Beispielsweise ließe sich bei 80° atü Anfangsdruck und unendlich vielen Anzapfstellen der thermische Wirkungsgrad um 16·5 vH erhöhen, wobei die günstigste Vorwärmtemperatur 294° (Sättigungstemperatur von 80 atü) wäre. Doch auch bei nur zweistufiger Vorwärmung lassen sich theoretisch mit einer Vorwärmtemperatur von 195° noch immer etwa 11·5 vH Gewinn erreichen. Selbstverständlich wird man aber die Zahl der Anzapfstellen, insbesondere bei kleineren Maschinen, aus praktischen Gründen beschränken.

Die Ersparnis an Brennstoff durch das Verfahren der Zwischenüberhitzung setzt sich aus zwei Teilen zusammen, und zwar verbessert sich der thermische Wirkungsgrad zunächst dadurch, daß das Wärmegefälle der Turbine hierbei im Verhältnis zur gesamten zugeführten Wärme größer wird als beim einfachen Arbeitsvorgang. Größer aber ist der zweite Anteil, der durch die Abnahme der Dampfnässe im Niederdruckteil, also durch Verbesserung des Wirkungsgrades der Niederdruckstufen, entsteht. Berechnet man, um ein Beispiel zu geben, einen Sonderfall (Anfangsdruck 70 atü, Zwischenüberhitzungsdruck 9·5 atü, Gegendruck — 0·965 atü, Zwischenüberhitzung bis auf die Anfangstemperatur), so ergibt sich durch die Zwischenüberhitzung des Arbeitsdampfes ein gesamter theoretischer Gewinn von etwa 7 vH, wobei allerdings die Druck- und Wärmeverluste in den Rohrleitungen, im Zwischenüberhitzer usw. nicht berücksichtigt sind.

Wendet man Regenerativverfahren und Zwischenüberhitzung gleichzeitig an, so sind die Gewinne daraus nahezu unabhängig voneinander und somit die gesamte Verbesserung gleich der Summe der beiden einzelnen Gewinne.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 71.

Nach diesen Untersuchungen wird die Kondensationsturbine der Zukunft — von den Bestrebungen, auch im Kraftwerksbetrieb die Kondensationsturbine durch die in thermischer Hinsicht wirtschaftlicher arbeitende Gegendruckmaschine mit Verwertung der Abwärme zu Heizzwecken zu ersetzen, soll hier nicht gesprochen werden — also sowohl mit mehrfacher Anzapfung zwecks Speisewasservorwärmung wie mit wenigstens einstufiger Zwischenüberhitzung ausgerüstet sein. Daß diese Verbesserungen nur langsam Fuß fassen, liegt an den zunächst noch bestehenden Schwierigkeiten, das theoretisch Erkannte praktisch so zu lösen, daß nicht durch zu großen Aufwand an Baustoff und Raum oder durch zu große Verwicklung der Anlagen der erzielbare Gewinn aufgehoben oder sogar ins Gegenteil verkehrt wird. Doch scheint man auf dem besten Weg zu sein, auch die bisher sich einstellenden praktischen Schwierigkeiten zu überwinden, und eine große Zahl der neueren Turbinen großer Leistung wird bereits nach diesen Gesichtspunkten gebaut. Auch unter den im folgenden eingehender beschriebenen Großdampfturbinen der letzten Jahre sind einige Beispiele hiervon, wie die größten bisher im Betriebe stehenden Maschinen der Welt im Großkraftwerk Klingenberg bei Berlin, in dem ausgedehnte Speisewasservorwärmanlagen vorhanden sind, die mit Anzapfdampf geheizt werden[3]), oder schließlich die größte zurzeit im Bau befindliche Dampfturbinenanlage von nicht weniger als 208 000 kW Höchstleistung, die mit fünffacher Anzapfung und einstufiger Zwischenüberhitzung geplant ist.

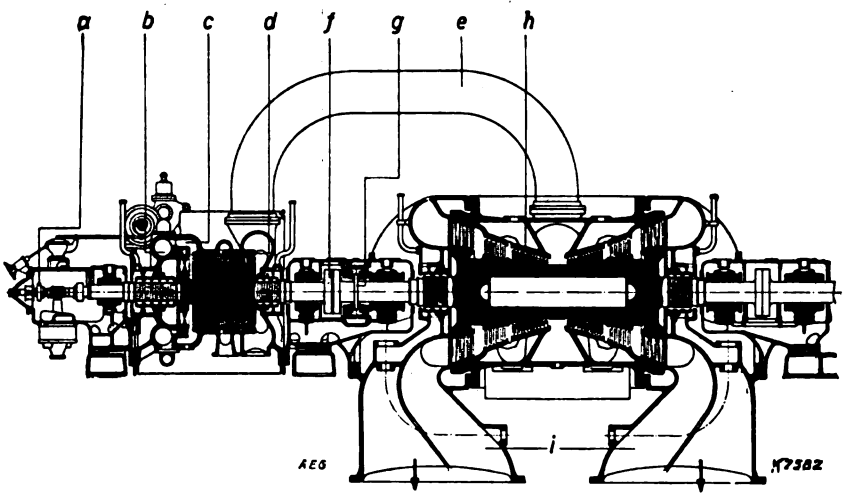
Hart an der Grenze dessen, was bei einer Drehzahl von 3000 U/min und nur doppelendiger Ausführung erreichbar ist, liegt die Leistung der Turbine, deren Längsschnitt in Abb. 1 dargestellt ist. Die Maschine ist zweigehäusig, der HD-Teil besteht aus einer zweikränzigen Geschwindigkeitsstufe und einer größeren Zahl einkränziger Gleichdruck-Scheibenstufen, während der ND-Teil als doppelflutige Trommel mit einem Trommelstern vergrößerten Durchmessers an jedem Ende ausgeführt ist. Die Scheiben des HD-Teiles sind mit Ausnahme des Geschwindigkeitsrades, das mittels einer kegeligen Buchse auf die Spindel aufgezogen ist, mit der Welle aus einem Stück hergestellt. Dadurch ist die Baulänge des HD-Läufers zwischen den Lauflagern auf einen denkbar kleinsten Wert herabgedrückt, sein ganzer Aufbau also trotz sehr geringen Baustoffaufwandes sehr gedrängt und starr. HD- und ND-Läufer sind miteinander starr gekuppelt; das Drucklager ist zwischen die in einem gemeinsamen Mittellagerbock zusammengefassten mittleren Lauflager gelegt und hat wegen der doppelflutigen Ausbildung des ND-Läufers nur geringen Axialschub aufzunehmen. Bemerkenswert an diesem Turbinenmodell ist die Formgebung des ND-Gehäuses, das Wärmedehnungen unbehindert zuläßt. Durch Anwendung von zwei Abdampfstutzen ergibt sich eine Dreiteilung des ND-Gehäuses in senkrechtem Sinne

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 397; 1927 „Das El.-Werk", S. 27.

Digitized by Google

von selbst. Betrachtet man diese Bauart im Hinblick auf ihre Betriebssicherheit, so wird man zugeben, daß sie auch den schärfsten Ansprüchen genügen muß. Die verhältnismäßig hohe Drehzahl kann keine Bedenken erregen, da durch die Teilung des Dampfstromes im ND-Gebiet die Schaufellängen und damit die Durchmesser auch der letzten Stufen in sicheren Grenzen gehalten werden.

Es darf andererseits nicht außer Acht gelassen werden, daß der Betrieb einer derartigen, zweigehäusigen Dampfturbine leichter zu leiten und ihre Wartung einfacher ist, als wenn es sich um eine vielgehäusige Maschine handelte, deren Teilturbinen vielleicht noch auf verschiedene Wellenstränge verteilt sind und auf mehrere Generatoren arbeiten. Zu einer



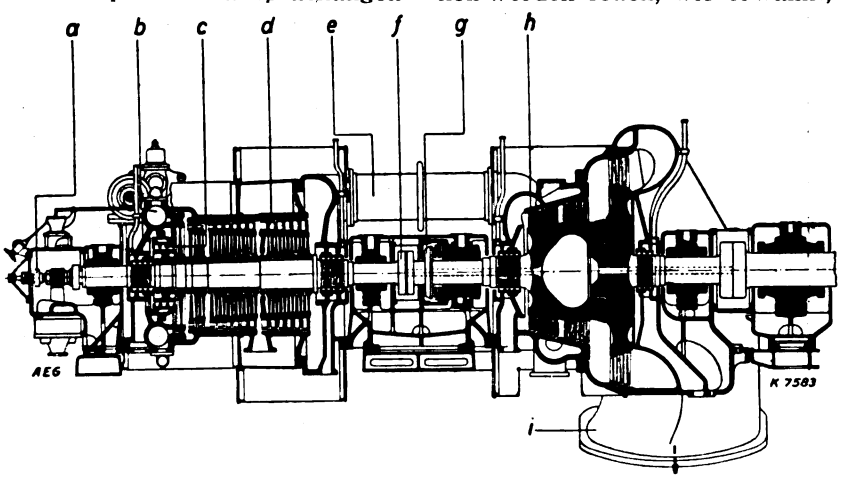
a = Drehzahlregler b = Frischdampf c = Überlastdampf d = HD-Turbine e = Überströmung z. ND-Turbine
f = Starre Kupplung g = Drucklager h = ND-Turbine i = Abdampf

Abb. 1. Schnitt durch eine zweigehäusige Kondensationsturbine. $N = 25\,000$ kW; $n = 3000$ U/min.

Andererseits gestattet sie eine leichte Ausführung, da sämtliche Abmessungen der ganzen Turbine weit kleiner sind als für eine gleichwertige Maschine geringerer Drehzahl. Die Folge davon ist, daß auch die radialen Schaufelspalte kleiner gehalten werden können, was den Spaltverlust günstig beeinflusst. Im übrigen eignet sich gerade diese Bauart besonders für hohen Anfangsdruck, da höhere Druck- und Temperaturbeanspruchungen stets nur im HD-Teil auftreten, wo sie der kleinen Abmessungen wegen verhältnismässig leicht zu beherrschen sind. Eine Reihe gleicher von der AEG gebauter Maschinen ist schon seit Jahren mit Frischdampf bis zu 35 atü bei 400° im Betrieb, ohne daß sich bisher irgendwelche Anstände dabei ergeben hätten.

grösseren Gehäusezahl sollte man daher nur in Sonderfällen oder nur bei ganz großen Leistungen übergehen, wenn die entspannten Dampfmengen in einfachen oder doppelten Abströmquerschnitten nicht mehr zu bewältigen sind.

Turbinen mit Einheitsleistungen über 30 000 kW verlangen, wenn sie nicht durch übergroße Zerlegung in Teilturbinen unübersichtlich und empfindlich werden sollen, wie erwähnt, eine Erniedrigung der Drehzahl. Dadurch können bei gleicher Festigkeit die Stufendurchmesser grösser und die Schaufeln länger gemacht werden, oder mit anderen Worten, die Leistung kann bei gleicher Betriebssicherheit, wenn auch mit größerem Baustoffaufwand, erhöht werden. In Abb. 2 ist der Schnitt durch eine moderne zweigehäusige Dampfturbine



a = Drehzahlregler b = Frischdampf c = Ausgleichskolben d = HD-Turbine e = Überströmung z. ND-Turbine
f = Starre Kupplung g = Drucklager h = ND-Turbine i = Abdampf

Abb. 2. Schnitt durch eine zweigehäusige Kondensationsturbine. $N = 40\,000$ kW; $n = 1500$ U/min.

Digitized by Google

für 40 000 kW und eine Drehzahl von 1500 U/min dargestellt, die kürzlich in mehrfacher Ausführung von der AEG nach Südamerika geliefert worden ist. Die Anlage, für die diese Maschinen erstellt wurden, soll in einiger Zeit für einen Kesseldruck von 39 atü bei 400° umgebaut werden, während

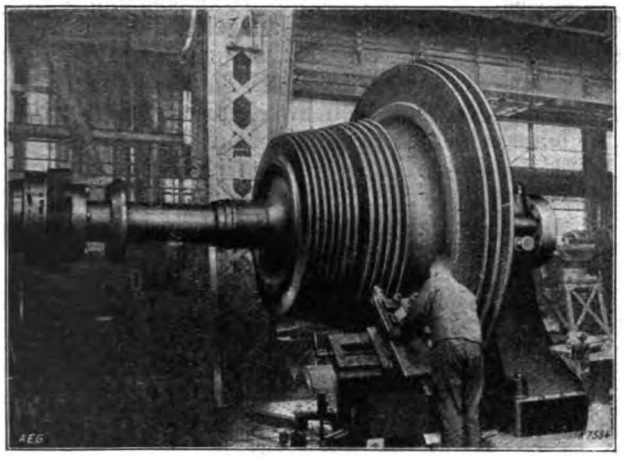


Abb. 3. Niederdruckläufer einer zweigehäusigen Kondensationsturbine, $N = 40\,000$ kW; $n = 1500$ U/min.

die zurzeit vorhandenen Kessel Dampf von nur 22 atü und 380° liefern. Auf diesen geplanten Umbau war von vornherein Rücksicht zu nehmen, was in der Weise geschehen ist, daß das Geschwindigkeitsrad der ersten Stufe und die Dampfeinströmorgane später ausgewechselt werden können. Die Turbine mußte also gleich für die höchste Leistung, das sind rund 49 000 kW, ausgelegt werden, und so bekam sie den Aufbau, der durch die Abbildung dargestellt ist. Das verfügbare Wärmegefälle wurde auf zwei Gehäuse verteilt. Der HD-Teil besteht aus einer Geschwindigkeitsstufe und 14 einkränzigen Gleichdruckstufen, die ND-Turbine ist einflutig und hat reine Überdruckbeschaufelung. Beide Läufer sind aus mehreren Stücken zusammengesetzt, da bei der durch die Stufenzahl gebotenen Länge zwischen den Lagern bezw. durch die verhältnismäßig großen Stufendurchmesser eine Ausführung als Einstückläufer mit aus dem Vollen gearbeiteten Scheiben auch im HD-Teil nicht mehr ratsam erschien. Immerhin ist der mittlere Durchmesser der Gleichdruckstufen noch so mäßig gewählt worden, daß die Radnaben die Läuferlänge nicht zu sehr vergrößern. Der mit der HD-Welle fest gekuppelte ND-Läufer ist eine aus zwei Stücken zusammengebaute Trommel, Abb. 3, die der Gewichtsersparnis wegen soweit ausgebohrt wurde, als es die mechanische Festigkeit zuließ. Da infolge des einseitig gerichteten Dampfschubes der einflutigen Überdruckbeschaufelung die axiale Schubkraft beträchtlich wird, mußte das im mittleren Lagerbock angeordnete Drucklager noch durch einen Ausgleichskolben entlastet werden, der an der Einströmseite der HD-Turbine angeordnet ist und den größten Teil des Axialschubes aufnimmt, den gesamten rotierenden Teil im normalen Betrieb also „schwimmend" hält. Das vorgesehene Drucklager bietet eine Gewähr dafür, daß auch bei unnormaler Belastung oder Druckverteilung in der Turbine der Läufer axial in der richtigen Lage bleibt.

Die in drei Düsengruppen unterteilte Dampfeinströmung dieser Turbine ist als Ringkanal mit dem Gehäuse zusammengegossen, an dem die in großen Windungen nachgiebig verlegten Zuleitungsrohre von den neben der Turbine angeordneten Gruppenventilen angeschlossen sind, deren

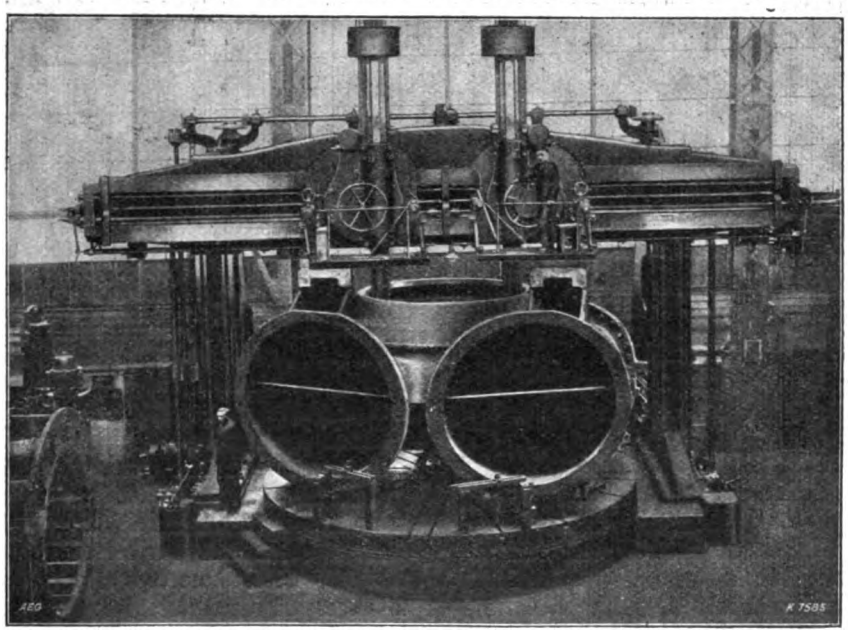


Abb. 4. Abdampfgehäuse einer zweigehäusigen Kondensationsturbine ($N = 40\,000$ kW; $n = 1500$ U/min) während der Bearbeitung.

erstes nicht weniger als $^3/_4$ der Vollastdampfmenge beherrscht, während die beiden anderen bis Voll- bezw. Überlast öffnen.

Wenn man bedenkt, welche großen Abmessungen für die Gußstücke einer derartigen Turbine in Betracht kommen, mit welchen Schwierigkeiten die Bearbeitung dieser Teile verbunden ist und welche Genauigkeit trotzdem einge-

Digitized by Google

halten werden muß, soll die Anlage die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen, so wird man überblicken, welche Sorgfalt und Arbeit für den Bau derartiger Maschinen aufgewendet werden muß. Beispielsweise zeigt die Abb. 4 das Abdampfgehäuse der hier beschriebenen Großturbine während der Bearbeitung auf der Drehbank. Es ist aus nur zwei Teilen zusammengesetzt, von denen der Oberteil rund 25 t, der Unterteil nicht weniger als etwa 45 t wiegt bei einer Breite von etwa 6 m in der Teilfuge und einer Wandstärke von durchschnittlich 55 mm. Für die Herstellung dieser riesigen Bauteile ist es immerhin eine nicht unwesentliche Erleichterung, daß sich die Forderungen des Betriebes und der Herstellung nicht widersprechen; denn die zur Verringerung des Abströmverlustes stetig zunehmenden Abdampfquerschnitte geben gleichzeitig dem Gehäuse eine

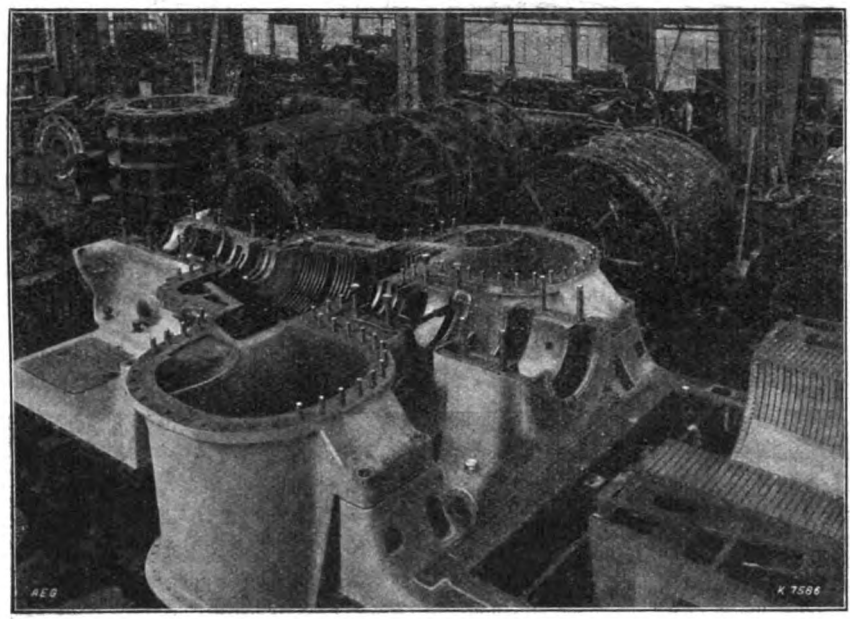


Abb. 5. ND-Teil einer zweigehäusigen Kondensationsturbine ($N = 40\,000$ kW; $n = 1500$ U/min) während des Zusammenbaues in der Werkstatt.

für seinen Abguß günstige Form. Abb. 5 zeigt eine der Turbinen in der Werkstatt während des Zusammenbaues, wo sie, wie alle von der AEG gebauten Turbinen, vollkommen betriebsfertig hergerichtet wurde, ehe sie die Reise über das große Wasser antrat.

Ist die zu verarbeitende Dampfmenge noch größer, so genügt eine einflutige Ausströmung auch bei niedriger Drehzahl nicht mehr und man muß auch hier zur Teilung der ND-Dampfwege schreiten, wenn die Turbine mit gutem Wirkungsgrad arbeiten soll. Damit wächst die Gehäusezahl, es bleibt jedoch trotz der größeren Zahl der Einzelteile und trotz der vielleicht etwas weniger übersichtlichen Bedienung die volle Betriebssicherheit erhalten. Das klassische Beispiel für Europa sind die drei Turbineneinheiten von je 80 000 kW Dauerleistung im Großkraftwerk Klingenberg bei Berlin, das vollkommen von der AEG erbaut und vor einigen Monaten in vollen Betrieb genommen worden ist. Werden diese auch von einigen neueren, noch in Bau befindlichen amerikanischen Turbinen der Leistung nach noch erheblich übertroffen, so sind es doch die ersten Großturbinen wirklich neuzeitlicher, das heißt vielstufiger Bauart und verdienen als solche weit über Europas Grenzen hinaus das regste Interesse aller fachlichen Kreise.

Diese Turbinen sind als viergehäusige Dreifach-Expansionsmaschinen ausgelegt. Die Teilturbinen sind derart auf zwei parallelen Wellen angeordnet, daß HD- und MD-Turbine einen, die beiden ND-Turbinen den zweiten der vollkommen gleich ausgeführten Generatoren antreiben, Abb. 6. Die HD-Turbine besteht aus einem besonders aufgesetzten, zweikränzigen Geschwindigkeitsrad und 14 einkränzigen, mit der Welle aus einem Stück hergestellten Gleichdruckstufen gleichen Durchmessers. Der Dampf strömt der Turbine mit 32·5 atü, 400° zu und verläßt den HD-Teil mit einer Spannung von etwa 13 atü. In der MD-Turbine verarbeiten 16 einkränzige Gleichdruckstufen größeren Durchmessers den Dampf weiter bis auf 1·3 atü. Mit diesem Druck wird er in einem weiten Überströmrohr zu den beiden ND-Turbinen geleitet, deren jede aus einer großen Zahl von Überdruckstufen mit mittleren Schaufelkreisdurchmessern von bis zu 2900 mm besteht und dem Dampf seine bei der restlichen Entspannung bis auf 96 vH Luftleere frei werdende Energie entzieht. Auf eine unbedingt stetige Zunahme der Dampfquerschnitte, die in den Schaufellängen zum Ausdruck kommt, ist besonders geachtet. Um den axialen Dampfschub auszugleichen, werden die HD- und MD-Turbinen wie die beiden ND-Turbinen vom Arbeitsdampf in entgegengesetzter Richtung durchströmt, sodaß das Drucklager des HD-MD-Wellenstranges nahezu, das Drucklager der beiden ND-Turbinen vollkommen unbelastet ist. Die Drucklager sind doppelseitig und als Einringlager mit beweglichen Klötzen ausgebildet. Um zu verhindern, daß bei etwa vorkommender

Digitized by Google

Abnutzung der Druckklötze eine unzulässige Verschiebung der Wellen und eine Beschädigung der Turbinenbeschaufelung entsteht, ist eine elektrische Alarmvorrichtung vorgesehen. Überdies kann an einem Axialspielanzeiger jederzeit die jeweilige Lage der Turbinenläufer gegenüber den Gehäusen festgestellt werden.

Der Frischdampf strömt jedem Maschinensatz in zwei vor der HD-Turbine und in gleichem Abstand von der Turbinenachse seitlich angeordneten Leitungen zu, um eine gleichmäßige Verteilung des Dampfes auf die vier Hauptabsperrventile zu gewährleisten und eine unsymmetrische Beanspruchung der Turbinengehäuse durch Rohrleitungsschub zu verhindern. Jede Maschine besitzt demnach vier Frischdampfzuleitungsrohre und vier gleich große Abströmquerschnitte. Die wichtigsten Teile der beiden ND-Gehäuse sind die Abdampfstutzen, von deren konstruktiver Durchbildung letzten Endes die Möglichkeit abhängt, eine hohe Luftleere wirklich auszunutzen, das heißt einen messbaren Spannungsabfall vom Austritt des Dampfes aus der letzten Schaufelreihe bis zu seinem Einströmen in den Kondensator zu vermeiden. Dazu genügt es nicht allein, für stetige

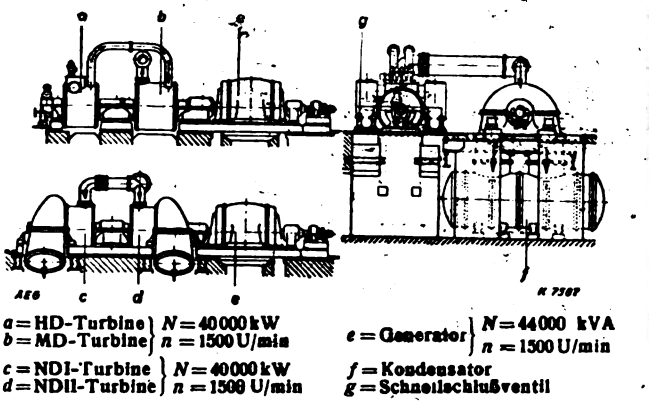


Abb. 6. Anordnung einer viergehäusigen Kondensationsturbinen- und Generatorenanlage, $N = 80\,000$ kW; $n = 1500$ U/min.

Querschnittserweiterung unmittelbar hinter dem letzten Schaufelring zu sorgen, sondern darüber hinaus muß der Dampf durch Führungswände, sogenannte Diffusorwände, in Teilströme zerlegt werden, damit die Auslaßgeschwindigkeit der letzten Turbinenstufe infolge der auftretenden Diffusorwirkung zum Teil wieder in Druck umgesetzt wird, der Abströmverlust also nur gering sein kann oder ganz verschwindet. Bei den riesigen Abmessungen und der im Mittel nur etwa 60 mm starken Wand ist die nötige Festigkeit des Abdampfgehäuses nur durch Versteifung mittels Stehbolzen zu erzielen. Ein mit den Verbindungsrohren zu den Kondensatoren zusammengeschraubter Abdampfteil einer der ND-Turbinen ist in Abb. 7 dargestellt.

Da der Dampfdruck in der ersten Stufe bei der wirtschaftlichsten Last 26 atü und auch am Ende der HD-Turbine noch etwa 13 atü beträgt, stellte die sichere Abdichtung des HD-Gehäuses am Wellendurchtritt eine besondere Aufgabe. Zunächst wurden Dampflabyrinth-Stopfbuchsen in erprobter Ausführungsform eingebaut. Neuerdings aber ist eine Bauform mit radialer Hintereinanderschaltung mehrerer Labyrinthgruppen entworfen worden, die infolge der größeren Zahl der Dichtungsstellen natürlich besser dichtet bezw. eine kleinere Baulänge erfordert. Das Gehäuse der HD-Turbinen an der Frischdampf-Einströmseite ist darum derart ausgebildet, daß auch eine dreiflutige Stopfbuchse ohne sonstige bauliche Änderung eingebaut werden kann.

Die beiden Wellenstränge der Hauptturbinen sind nicht nur dampfseitig, sondern auch elektrisch miteinander gekuppelt und besitzen daher nur an der HD-Turbine eine gemeinsame Regelung. Der Dampfdruck vor dem ND-Teil ist so gewählt, daß die Nutzwärmegefälle beider Wellenstränge und damit auch ihre Leistungen bei Nennlast und normalen Dampfverhältnissen gleich sind. Verschieben sich diese Verhältnisse, beispielsweise bei Entlastung oder Frischdampf- oder Kondensator-

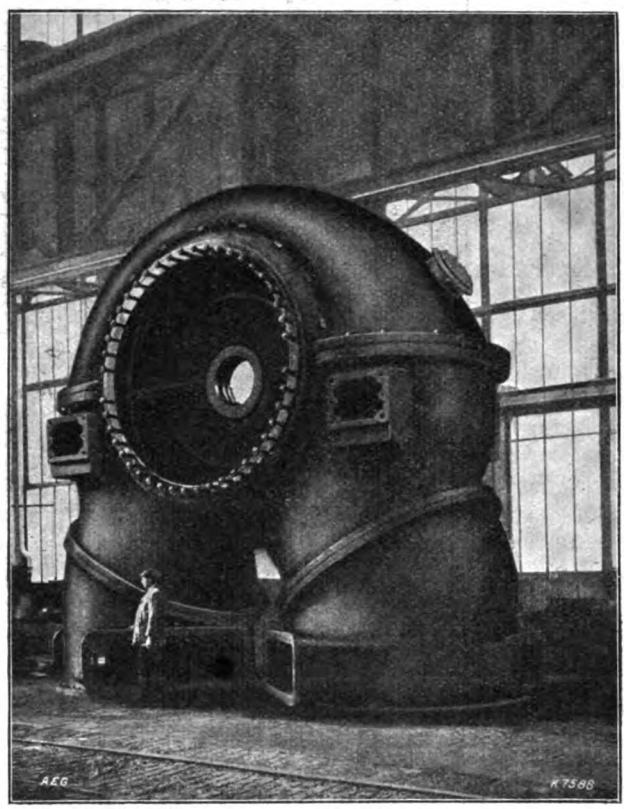


Abb. 7. Abdampfgehäuse einer viergehäusigen Kondensationsturbine, $N = 80\,000$ kW; $n = 1500$ U/min.

druckschwankungen, so läßt sich die Gesamtleistung der Generatoren durch eine entsprechende Regelung der Blindleistung in hinreichendem Maße konstant halten; der Turbinenregelung selbst kommt also nur die Aufgabe zu, die Gesamtleistung des Maschinensatzes zu regeln. Dementsprechend wurde sie so ausgelegt, daß bis zur Halblast ein Ventil, bis zur $^3/_4$-Last zwei und bis zur Vollast drei Ventile öffnen und ihren Dampf durch drei besondere Düsenkästen zu den drei, im geschlossenen Ring angeordneten Düsensegmenten der ersten Stufe strömen lassen. Es sind noch zwei weitere Ventile vorgesehen, von denen das eine den Frischdampf vor besondere

Digitized by Google

Düsen der achten HD-Stufe leitet und das andere gedrosselten Frischdampf in die Überströmleitung von der HD- zur MD-Turbine einströmen läßt. Diese beiden Überlastventile sind nicht nur dazu bestimmt, bei normalen Dampfverhältnissen, aber verbessertem cos φ, die Leistung der Anlage auf ihren Höchstwert zu steigern, sondern sie sollen vor allem bei geringerem Kesseldampfdruck oder bei einer durch wärmeres Kühlwasser bedingten schlechteren Luftleere noch die volle Leistung der Hauptturbine sichern. Die drei Hauptregelventile sind am vorderen Ende der oberen Gehäusehälfte der HD-Turbine nebeneinander in einem Einströmkasten zusammengefaßt, während die beiden Überlastventile hinter ihnen angeordnet sind, damit die Breite der ganzen Maschine durch sie nicht vergrößert wird. Alle fünf Ventile werden von einer gemeinsamen Steuerwelle aus betätigt, deren Nocken so ausgebildet sind, daß die Belastung der Turbine sich nach kürzesten Regelungsspielen dem Hub des Geschwindigkeitsreglers verhältnisgleich einstellt.

Eine unzulässige Erhöhung der Drehzahl wird in zweifacher Weise verhindert: einmal kann der Geschwindigkeitsregler sämtliche Ventile abschließen und ferner ist sowohl an der HD- als auch an der vorderen ND-Turbine je eine Schnellschlußvorrichtung vorhanden, die bei Überschreiten der höchsten zulässigen Drehzahl die Hauptabsperrventile zum Schließen bringt. Da die Turbinen für einen ununterbrochenen Dauerbetrieb bestimmt sind, ist auch die Möglichkeit vorgesehen worden, die Sicherheitsregler, Schnellschlußgestänge und -ventile während des Betriebes zu erproben. Es erfolgt dies in der Weise, daß die Fliehkraft der exzentrischen Schwungringe der Sicherheitsregler am HD- oder ND-Teil durch Einspritzen von Öl soweit erhöht wird, daß sie zum Ausschlagen kommen und entweder die linke oder die rechte Gruppe der Schnellschlußventile zuschlagen lassen, sodaß beide nacheinander geprüft werden können.

In der Abb. 8 ist eine der drei Turbinen im Kraftwerk dargestellt, wo sie durch ihre Größe und wuchtige Gliederung einen nachhaltigen Eindruck hinterläßt.

Wie eine moderne Kraftwerksturbine in ihrer ganzen Auslegung nicht mehr losgelöst von der Gesamtanordnung des Kraftwerkes betrachtet werden darf, so wäre die Beschreibung der Turbinen des Großkraftwerkes Klingenberg nicht vollständig, wenn nicht auch die Hilfsanlagen und -vorrichtungen zum wenigsten in großen Zügen kurz besprochen werden. Ausschlaggebend bei der Projektierung der Anlage war der Beschluß, die

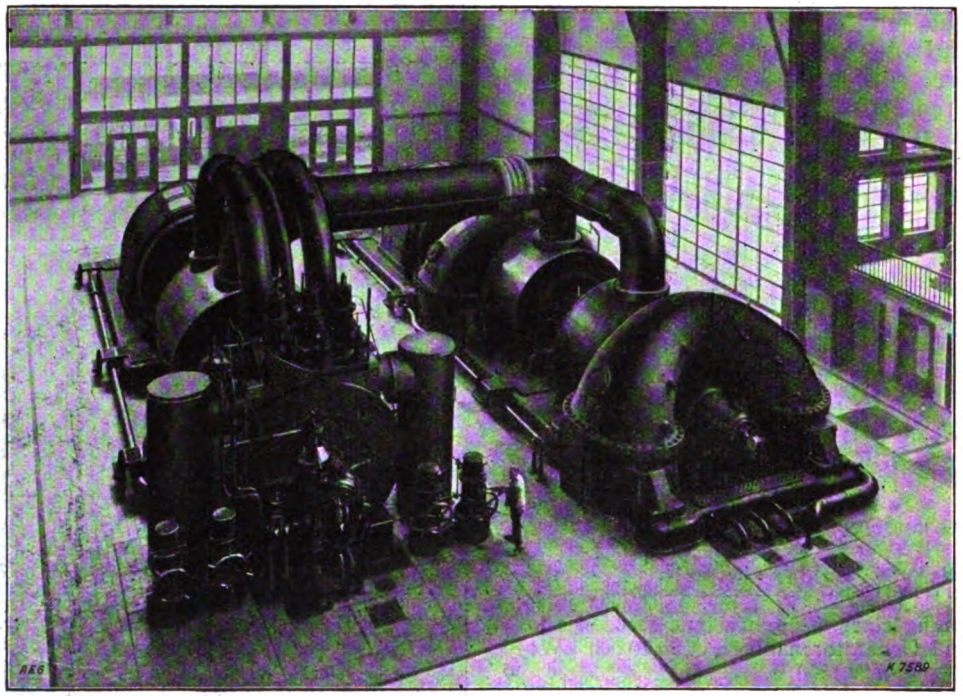


Abb. 8. Viergehäusige Kondensationsturbine im Großkraftwerk Klingenberg, $N = 80\,000$ kW; $n = 1500$ U/min.

Speisewasservorwärmung und -aufbereitung nicht durch Anzapfdampf aus den Hauptturbinen vorzunehmen, sondern besonderen Vorwärmturbinen zuzuweisen, um den Betrieb der Hauptmaschinen so einfach wie möglich zu gestalten. So wurden drei zweigehäusige Anzapf-Gegendruck-Turbogeneratoren von je 10 000 kW Leistung bei 3000 U/min aufgestellt, deren Entnahme- und Abdampf mit etwa 3·0 atü, 190° bezw. — 0·55 atü, 80° durch die Vorwärmer geleitet wird, während ihre Generatoren den Eigenbedarf des Kraftwerkes an Kraft- und Lichtstrom decken. Mit Ausnahme von zwei dampfangetriebenen Kesselspeisepumpen werden alle für die Hauptturbinen erforderlichen Hilfsmaschinen im Dauerbetrieb elektrisch betrieben, doch ist für die Kondensationspumpensätze für unvorhergesehene Zwischenfälle auch eine kleine Dampfturbine vorgesehen, die stets in Luftleere mitläuft und selbsttätig den Antrieb übernimmt, sobald der Motor aus irgendeinem Grunde stromlos werden sollte. Die Antriebs-

Digitized by Google

maschinen der siebenstufigen Kesselspeisepumpen sind eingehäusige Triebturbinen einfachsten Aufbaues. Ihre Leistung beträgt je 650 kW bei 6000 U/min, die ein einstufiges Zahnradvorgelege auf 1470 U/min für die Pumpe herabsetzt. Diese Turbinen arbeiten mit etwa 3 atü Gegendruck auf das Vorwärm- und Heiznetz des Kraftwerkes, ihre Frischdampfverhältnisse sind die gleichen wie für die Haupt- und Vorwärmturbinen. Die drei Vorwärmturbinen und sämtliche Kesselspeisepumpen sind in einer besonderen Maschinenhalle, die senkrecht zum Hauptmaschinenraum angeordnet ist, aufgestellt.

Berechnet man den Wärmeverbrauch für die gesamte Anlage einschließlich der Kessel und Vorwärmanlagen, so ergibt sich ein Wert von rund 3000 kcal/kWh, also ein thermischer Wirkungsgrad von rund 28·5 vH.

Mag schon die im Vorstehenden beschriebene Kraftwerksturbinenanlage von riesiger Größe erscheinen, so werden auch diese Grenzen durch amerikanische Neuentwürfe bereits weit überschritten[4]). Allerdings darf man das nicht als tech-

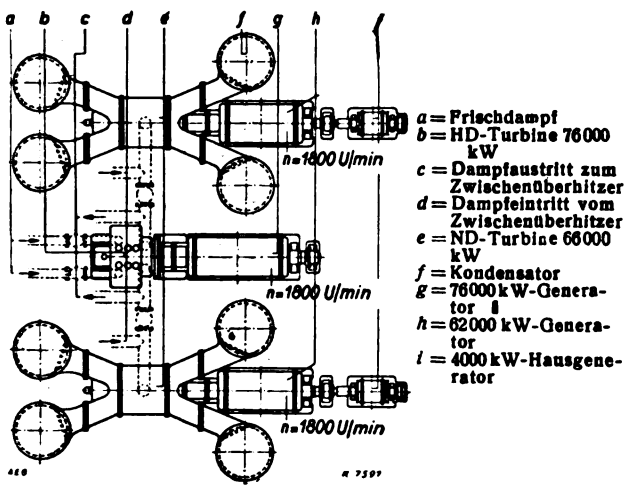


Abb. 9. Anordnung einer dreigehäusigen Kondensationsturbinen- und Generatorenanlage, $N_{max} = 208\,000$ kW; $n = 1800$ U/min.

nische Überlegenheit des amerikanischen Dampfturbinenbaues auslegen, sondern es ist zu bedenken, daß die Aufstellung auch größter Anlagen beim heutigen Stand der Turbinentechnik keine unüberwindlichen Schwierigkeiten mehr bietet, sondern hauptsächlich eine Frage des Strombedarfes ist; wie schon öfters hervorgehoben, muß man ferner amerikanische Größenangaben stets mit gewisser Vorsicht aufnehmen, das heißt man muß in jedem Falle zunächst die Normallast der Maschinen feststellen, da die amerikanischen Angaben sich meist auf die Höchstlast beziehen. So weist zum Beispiel die größte in Amerika augenblicklich im Bau befindliche Turbineneinheit den geringsten Wärmeverbrauch im Leistungsbereich von 105 000 bis 150 000 kW auf, während die höchste erzielbare Leistung, nach welcher die Turbine auch benannt wird, 208 000 kW beträgt, bei welcher die Wirtschaftlichkeit schon stark in den Hintergrund tritt. Diese Turbine ist als dreigehäusige Zweifach-Expansionsmaschine entworfen, Abb. 9; sie besteht aus einem HD-Teil für eine Höchstleistung von 76 000 kW und zwei, je für Doppelstrom ausgelegten, auf parallelen Wellen beiderseits des HD-Teiles angeordneten ND-Turbinen von je 66 000 kW. Die Drehzahl aller drei Wellen ist 1800 U/min. Die HD-Turbine treibt einen Generator der vollen Leistung und auf der gleichen Welle seine Erregermaschine. Die Hauptgeneratoren der ND-Turbinen dagegen leisten nur je 62 000 kW, auf der gleichen Welle aber läuft noch je ein Hausgenerator von 4000 kW, die zusammen den Strom zum Antrieb der Hilfsmaschinen und zur Beleuchtung des Kraftwerkes liefern. Die Frischdampfverhältnisse in der State Line Generating Station, für welche die Turbine bestimmt ist, sind 42 atü und 390°, die Luftleere beträgt 97 vH. Um für eine gute Wärmeausnutzung weitestgehend Vorsorge getroffen zu haben, wurde sowohl Betrieb mit Zwischenüberhitzung als auch Regenerativverfahren vorgesehen. Der gesamte Arbeitsdampf der Turbine wird hinter dem HD-Teil nach einem Zwischenüberhitzer geleitet und in diesem auf eine Temperatur von 260° gebracht, bevor er in die ND-Turbinen gelangt. Während die Zwischenüberhitzung des Dampfes aber nur einmal erfolgt, ist die Anzapfung für die Speisewasservorwärmung fünffach. Bei einem der mittleren Güteziffer von 2300 $\frac{m^2/s^2}{kcal/kg}$ entsprechenden Wirkungsgrade und durch Anwendung der beiden erwähnten Verfahren soll die Turbine imstande sein, ausschließlich der Kesselverluste mit einem Wärmeverbrauch von 2460 kcal/kWh auszukommen. Unter Annahme eines Kesselwirkungsgrades von 88 vH läßt sich bei der günstigsten Last von etwa 150 000 kW also ein Wärmeverbrauch einschließlich der Verluste im Dampferzeuger von 2800 kcal/kWh und damit ein thermischer Wirkungsgrad der gesamten Anlage von fast 30·7 vH erwarten, während die Zwischen- und Überlasten entsprechend weniger wirtschaftlich sind.

Die Turbinenbeschaufelung ist, mit Ausnahme der der letzten ND-Stufen, für reines Gleichdruckverfahren ausgelegt, wie bei allen größeren Maschinen der General Electric Co. Der HD-Teil besteht aus einem Geschwindigkeitsrad und 16 einkränzigen Gleichdruckrädern, deren mittlere Schaufelkreisdruchmesser bis auf rund 1600 mm ansteigen; die Schaufeln der letzten Stufe der HD-Turbine sind 280 mm lang. Da bei dieser Auslegung in der ersten HD-Stufe noch hoher Dampfdruck herrscht, ist hier eine Labyrinth-Stopfbuchse mit drei radial hintereinander geschalteten Dampfwegen vorgesehen, um auf geringer Baulänge eine große Anzahl von Dichtungsspitzen unterbringen zu können. Um auch jedes Entweichen von Dampfschwaden in den Maschinenraum zu verhindern, ist außerhalb der Labyrinth-Stopfbuchsen noch eine Wasserringdichtung angeordnet. Stopfbuchsen dieser Art sollen sich gut bewährt haben, sodaß sie von der General Electric Co. neuerdings für fast alle mit höheren Frischdampfdrücken arbeitenden Turbinen vorgesehen werden. Die beiden vollkommen gleich ausgebildeten ND-Turbinen werden

[4]) Vgl. Kraft, Amerikas Dampfturbinenbau, VDI-Verlag, Berlin 1927.

Digitized by Google

von der Mitte aus axial nach beiden Seiten vom Dampf durchströmt und bestehen aus je 2×11 einkränzigen Gleichdruck- bezw. Überdruckstufen, deren Durchmesser in Schaufelmitte bis 2650 mm und deren Schaufellängen bis auf eine freie Länge von 760 mm zunehmen. Um welche riesigen Abmessungen es sich bei diesen Turbinen handelt, geht daraus hervor, daß der Abstand der Lauflagermitten nicht weniger als rund 5180 mm beträgt und die Länge über alles, das heißt bis hinter den Generator gerechnet, rund 30 m ist. Ungewöhnlich wirkt die ganze Anlage auch dadurch, daß der Abdampf jeder der beiden ND-Turbinen in vier stehend angeordnete Kondensatoren geleitet wird, deren Größe einschließlich der Abdampfführungen die eigentliche Turbine fast ganz zurücktreten läßt, was auch aus dem gezeigten Grundriß der Anlage hervorgeht.

Mit besonderer Vorsicht müssen bei so großen Anlagen die Dampfzuleitungen, Einströmrohre usw. behandelt werden, die Dampf von hoher Temperatur zu leiten haben, da jeder durch Ausdehnung der Zuleitungsrohre verursachte einseitige Schub auf das Turbinengehäuse unbedingt vermieden werden muß. Hier hat man die Frage so gelöst, daß die beiden Drossel-Absperrventile vor der HD-Turbine vollkommen symmetrisch zueinander auf Spiralfedern abgestützt sind, die ihrerseits auf besonders angeordneten Pendelstützen ruhen. Mit jedem Drosselventil ist ein Dampfsieb verbunden und unmittelbar vor der Einführung des Dampfes in das Turbinengehäuse ist noch ein weiteres Sieb vorgesehen. Zu den ND-Turbinen strömt der Dampf ebenfalls unter Flur und wird auch hier noch einmal vor dem Eintritt in die Turbine durch ein Sieb geleitet; es ist also weitgehende Vorsorge getroffen, die Turbinen vor dem Eindringen von Fremdkörpern zu schützen, das zu einer Beschädigung der Beschaufelung führen könnte. Mit gleicher Sorgfalt ist auf die Verbindung der Turbinengehäuse mit den Lagerböcken, die Druck- und Lauflager selbst usw. geachtet, auf welche Einzelheiten hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll. Man kann immerhin mit einiger Spannung der Inbetriebnahme dieser Rieseneinheit entgegensehen, die im kommenden Jahre erfolgen soll. Daß die Maschine technisch einwandfrei laufen wird, dürfte außer Frage stehen, von besonderem Interesse aber wird es sein, festzustellen, ob die Verbesserungen im Wärmeverbrauch, die man theoretisch erwarten muß, sich auch bestätigen werden. Nach den Ergebnissen der bisherigen im Betrieb befindlichen Großturbinen bis zu 80 000 kW Höchstlast sollte man allerdings auch dieses mit Zuversicht erwarten können.

So wesentlich auch die Fortschritte waren, die von den Turbinen niederen Druckes und für heutige Begriffe geringer Leistung bis zu den eben beschriebenen Riesenturbinen mit ihren umfangreichen wärmetechnischen Nebeneinrichtungen gemacht sind, so wenig Aussichten bestehen, mit dem reinen Wasserdampfverfahren, wenn die oberen Druck- und Temperaturgrenzen einmal erreicht sind, noch weitere beträchtliche Verbesserungen zu erzielen. Schon vor Jahren haben es darum einzelne Ingenieure unternommen, nach neuen Verfahren zu forschen, und es sind bereits einige bemerkenswerte Versuche bekannt geworden, durch getrennte Anwendung von mehreren Arbeitsmitteln oder durch Mischdampf den Wärmeverbrauch der Kilowattstunde noch weiter zu verringern. Ohne im Einzelnen darauf an dieser Stelle näher eingehen zu können, sei doch auf den in der letzten Zeit in Amerika offenbar bereits aus dem Zustand der ersten Versuche tretenden gekuppelten Quecksilberdampf-Wasserdampfprozeß hingewiesen[5]). Vergleicht man die Verhältnisse zweier neuzeitlicher im Bau befindlicher Anlagen, nämlich die eben beschriebene 208 000 kW-Anlage für die State Line Generating Station, deren thermischer Wirkungsgrad, wie angegeben, zu rund 31 vH erwartet werden darf, und die neue im Bau befindliche fünfstufige 10 000 kW-Quecksilberdampf-Wasserdampf-Turbine, mit der man einen Wärmeverbrauch von nur 2375 kcal/kW entsprechend einem thermischen Wirkungsgrad von 36·2 vH zu erzielen hofft, so wäre die Wärmeersparnis, abgesehen davon, daß Turbinen von 10 000 kW nicht den Wirkungsgrad einer 208 000 kW-Anlage erreichen, rund 15 vH, ein Wert, für den man wohl den schwierigeren und kostspieligeren Aufbau einer Mehrstoffanlage ernstlich erwägen könnte. Werden einer reinen Wasserdampfanlage aber Frischdampfverhältnisse von 100 at und 500° zugrunde gelegt, was bei dem derzeitigen Streben nach Steigerung des verfügbaren Wärmegefälles nicht unwahrscheinlich erscheint und der Verwirklichung, insbesondere bei größeren Dampfmengen, vielleicht näher ist, als man erwartet, so wird die Wärmeersparnis mit der Mehrstoffanlage nur mehr unwesentlich sein, sodaß es zweifelhaft erscheinen muß, ob die Verarbeitung der giftigen Quecksilberdämpfe in Kraftzentralen der richtige Weg ist. Darauf dürften wohl auch die Bestrebungen zurückzuführen sein, die Verwendbarkeit von weniger gefährlichen Dämpfen, wie zum Beispiel von Diphenyloxyd[6]) und anderem, zu untersuchen und zu erproben. Auch Versuche mit Mischdämpfen sind im Gange. So bemerkenswert und interessant diese Forschungen aber sind, so haben sie bisher doch noch keine praktisch in größerem Umfange sich auswirkenden Ergebnisse gezeitigt, sodaß vorläufig die Wasserdampf-Kraftmaschine noch nach wie vor das Feld beherrscht. An Hand der beschriebenen Anlagen erhält man ein Bild davon, zu welchen Erfolgen der nicht ermüdende Kampf um die Kalorie bisher geführt hat, und mit Gewißheit ist zu erwarten, daß er mit allen Mitteln und zäher Energie auch weiter geführt werden wird.

[5]) Vgl. E. u. M. 1914, S. 271; 1922, S. 79; 1926, S. 36; 1927, S. 190, 320.

[6]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 190.

Digitized by Google

Leistungssteigerung an Viertakt-Dieselmotoren durch Vorverdichtung der Verbrennungsluft mittels Aufladeturbogebläsen.

Von W. Salvisberg, Wien.

Während die Kolbendampfmaschine und auch die Dampfturbine in weiten Grenzen dauernd überlastbar sind und vorübergehend durch entsprechend größere Dampfaufnahme außergewöhnliche Spitzenbelastungen ohne Schwierigkeiten bewältigen können, ist der gewöhnliche Dieselmotor nur sehr beschränkt überlastbar. Er kann im allgemeinen 2 bis 3 Stunden mit etwa 10 vH und kurzzeitig mit etwa 15 bis 20 vH überlastet werden. Durch die Normalleistung, die er dauernd absolut betriebssicher und mit bestem Wirkungsgrad abgeben muß, sind die Abmessungen der Zylinder festgelegt. Diese fassen eine bestimmte Menge von Verbrennungsluft, die vom Viertakt-Dieselmotor selber aus der freien Atmosphäre angesaugt wird. Mit ihr läßt sich eine bestimmte Menge Brennstoff verbrennen. Vorübergehend, das heißt als sogenannte Überlast, kann wohl eine etwas größere Brennstoffmenge in der gegebenen Luftmenge verbrannt werden, wobei jedoch wegen des nunmehr geringeren Luftüberschusses die Verbrennung schlechter wird, was sich an einer mehr oder weniger starken Rauchentwicklung bemerkbar macht; auch die Wärmebeanspruchungen sind in diesem Falle entsprechend größer, sodaß ein solcher Betriebszustand nur ganz kurze Zeit zulässig ist.

Die geringe Elastizität des gewöhnlichen Dieselmotors hinsichtlich Überlastungsfähigkeit wird für alle Anwendungszwecke als großer Nachteil empfunden. Durch Anwendung von sogenannten Aufladegebläsen kann aber die Dauerleistung und die Überlastungsfähigkeit von Viertakt-Dieselmotoren wesentlich gesteigert werden. Im Prinzip läßt sich das Aufladeverfahren auch für einfach- oder doppeltwirkende Zweitaktmotoren verwenden. Die Spülung bedingt jedoch besondere Verhältnisse, die die Anwendung von Aufladegebläsen nicht so einfach gestalten und dies insbesondere im Falle des Antriebes des Gebläses durch Abgasturbinen. Der Viertaktmotor leistet bei gleichen Abmessungen und gleicher Drehzahl nur etwa 55 bis 65 vH eines Zweitaktdieselmotors. Die Entwicklung in den letzten Jahren zeigt auch, daß der Zweitaktmotor infolge dieser Überlegenheit immer mehr, besonders bei größeren Leistungen an Boden gewinnt. Das Aufladeverfahren gibt nun ein Mittel an die Hand, die Leistung des Viertaktmotors dauernd so zu steigern, daß sein Gewicht eben so groß oder sogar kleiner ausfällt, wie dasjenige eines gleich starken Zweitaktmotors; außerdem wird durch das Aufladen die Überlastbarkeit des Viertaktmotors so gesteigert, daß er dem Zweitaktmotor in diesem Punkte wesentlich überlegen wird. Nachstehende Ausführungen beschränken sich auf Viertakt-Dieselmotoren.

Die Leistung des Dieselmotors ist gegeben durch

$$N = K.V.p.n,$$

wobei N die totale Leistung, V das Hubvolumen sämtlicher Arbeitszylinder, p den mittleren Druck, n die Drehzahl p. Min. und K eine Konstante bedeuten.

Aus der Gleichung geht hervor, daß bei gleichem Zylindervolumen und gleicher Drehzahl, eine Leistungserhöhung nur durch Erhöhung des mittleren Druckes erreicht werden kann. Dieser beträgt heute beim normalen Dieselmotor im allgemeinen etwa 5 kg/cm² eff. bezw. etwa 6·5 kg/cm² indiziert. Eine kleine Erhöhung des Mitteldruckes kann durch brennstoffreichere Gemische erzielt werden, wodurch jedoch auch die Wärmebeanspruchung erhöht wird. Um diese höhere Wärmebeanspruchung zu verhüten, muß die Größe des Luftüberschusses unverändert beibehalten werden, das heißt es ist entsprechend den größeren Brennstoffmengen auch eine vergrößerte Luftmenge dem Zylinder zuzuführen. Auf diese Art läßt sich der mittlere Druck, das heißt auch die Leistung des Motors in weitgehendem Maße ohne Gefahr erhöhen. Die Verbrennungsluft muß hiefür mit einem höheren Druck in die Arbeitszylinder eingeführt werden.

Der Zweck des Aufladeverfahrens ist also der, mit gleichen Maschinenabmessungen, Maschinengewichten und Wärmebeanspruchungen eine größere Dauerleistung und Überlastungsfähigkeit zu erzielen, indem eine größere Brennstoffmenge verbrannt und die hiezu erforderliche größere Verbrennungsluftmenge mittels Aufladegebläse vorverdichtet in die Arbeitszylinder gedrückt wird.

Die Leistungssteigerung ist begrenzt durch die zulässigen Höchstdrücke, Steigerungen der Leistung von 50 vH dauernd und 100 vH kurzzeitig sind heute bei absoluter Betriebssicherheit erreichbar und auch in ausgeführten Anlagen mit Dieselmaschinen üblicher Bauart bereits erzielt worden.

Das Aufladeverfahren kann grundsätzlich nach zwei verschiedenen Methoden durchgeführt werden, nämlich mit oder ohne Vergrößerung des Verdichtungsraumes.

1. Aufladeverfahren ohne Vergrößerung des Verdichtungsraumes.

Wenn eine normale Dieselmaschine ohne irgend welche Änderungen mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft betrieben wird, so steigt auch der Druck am Ende der Verdichtung im gleichen Verhältnis. Drückt das Aufladegebläse beispielsweise mit 1·5 kg/cm² abs. in die Zylinder eines Dieselmotors, der ohne Gebläse mit einem Verdichtungsenddruck von 40 kg/cm² abs. arbeitet, so

Digitized by Google

steigt der Enddruck bei Betrieb mit Gebläse auf zirka 60 at. Die erzielbare Leistungssteigerung ist in diesem Falle größer als dem Verhältnis des angewandten absoluten Aufladedruckes zum Atmosphärendruck entspricht. Dies ergibt sich deshalb, weil das gesamte Druck- und Temperaturgefälle bei größerem Höchstdruck zunimmt und auch die Wärmeverluste bei zunehmenden Drükken lange nicht im Verhältnis der Steigerung der letzteren wachsen und der mechanische Wirkungsgrad sich verbessert.[1]) Die Temperaturen während der Verdichtung und Verbrennung bleiben ungefähr gleich, aber die untere Temperaturgrenze des Arbeitsprozesses am Ende der Ausdehnung, sowie während des Auspuffens stellen sich tiefer. Der thermische Wirkungsgrad — gleicher Luftüberschuß vorausgesetzt — wird deshalb besser und

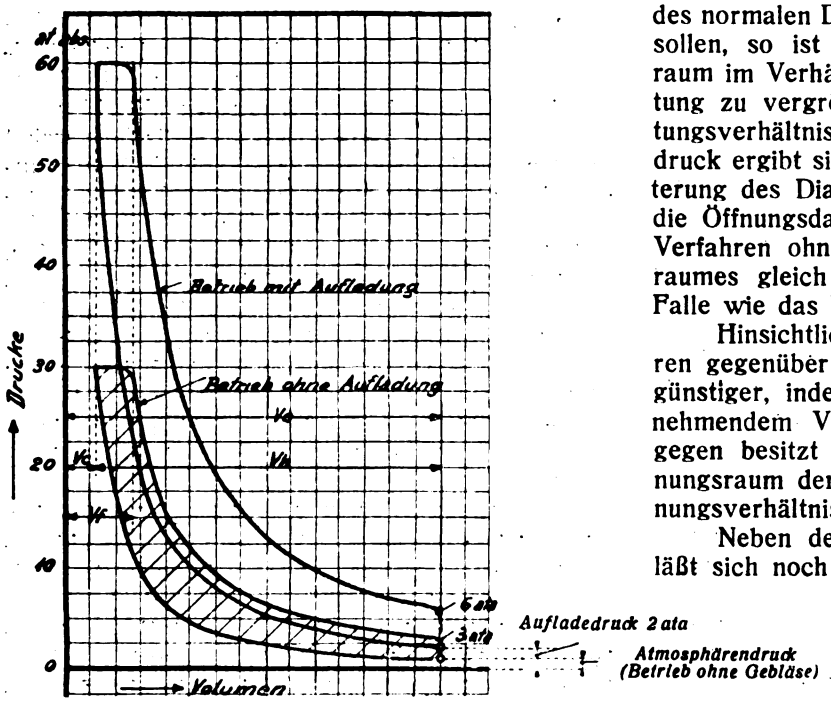


Abb. 1. Druck-Volumen Diagramm beim Aufladeverfahren ohne Vergrößerung des Verdichtungsraumes.

der Brennstoffverbrauch einer solchen, mit höheren Drücken arbeitenden Maschine ist günstiger als derjenige von bisherigen Dieselmotoren. Die Zunahme des mittleren Druckes ergibt sich vor allem durch die Vergrößerung des Diagramms in vertikaler Richtung (Abb. 1). Entsprechend der angewandten Vorverdichtung wird die Luftmenge vergrößert und kann die einzuführende Brennstoffmenge erhöht werden; die Eröffnungszeiten der Brennstoffventile und das Expansionsverhältnis bleiben unverändert.

Der Anwendung dieses Verfahrens ist vorläufig eine Grenze dadurch gesetzt, daß die heutige Praxis an einem Höchstdruck von 40 bis 50 at festhält. Bei der gegenwärtigen Tendenz, in Dampfkraftanlagen Höchstdrücke bis zu 100 at zu verwenden, ist zu erwarten, daß auch im Dieselmotorenbau jegliche Schranken hinsichtlich des zulässigen Höchstdruckes fallen, umsomehr als die konstruktive Bewältigung hoher Drücke hier weit weniger Schwierigkeiten bietet, als im Dampfkesselbau. Es ist zu bedenken, daß bei der Verwendung höherer Drücke für die gleiche Leistung die Zylinderabmessungen sich derart verringern, daß die Gesamtdrücke (maximaler Kolbendruck, Kreuzkopf- und Lagerdrücke) sich kleiner ergeben als bei bisherigen Dieselmotoren, Auch würden dadurch die Motoren leichter ausfallen und billiger in der Herstellung sein.

[1]) Vgl. u. a. „Engineer", London, 14. August 1925.

2. Aufladeverfahren mit Vergrößerung des Verdichtungsraumes.

Wenn beim Aufladen nicht nur die Höchsttemperaturen, sondern auch die Höchstdrücke des normalen Dieselverfahrens beibehalten werden sollen, so ist es notwendig, den Verdichtungsraum im Verhältnis der angewandten Vorverdichtung zu vergrößern oder m. a. W. das Verdichtungsverhältnis zu verkleinern. Der höhere Mitteldruck ergibt sich in diesem Falle aus der Verbreiterung des Diagrammes (siehe Abb. 2). Während die Öffnungsdauer des Brennstoffventiles beim Verfahren ohne Vergrößerung des Verdichtungsraumes gleich bleibt, wird sie im vorliegenden Falle wie das Diagramm zeigt, länger.

Hinsichtlich Wirkungsgrad ist dieses Verfahren gegenüber dem vorher erwähnten etwas ungünstiger, indem sich dieser bekanntlich bei zunehmendem Verdichtungsverhältnis steigert. Dagegen besitzt der vergrößerte tiefere Verbrennungsraum den Vorteil von günstigeren Verbrennungsverhältnissen.

Neben den beiden beschriebenen Verfahren läßt sich noch eine Reihe von kombinierten Aufladeverfahren ausbilden, die sich mehr oder weniger an das eine oder andere anlehnen, je nachdem man eine Erhöhung des Höchstdruckes oder eine solche der mittleren Temperatur zu vermeiden wünscht.

Die Verwendung von Aufladegebläsen ergibt die Möglichkeit, auch bei Viertaktmotoren eine Spülung dadurch vorzusehen, daß das Auspuffventil und das Lufteinlaßventil während einer kurzen Periode gleichzeitig offen gehalten werden. Durch die vorverdichtete Luft werden die Abgasreste aus dem Zylinder gespült, wobei die Wände des Verbrennungsraumes wie auch das Auspuffventil wirksam gekühlt werden. Im Gegensatz zum normalen Dieselmotor, bei dem immer ein Abgasrest im Zylinder zurückbleibt, der sich mit der neuen Verbrennungsluft mischt, steht somit beim aufgeladenen Motor mit Spülung zu Beginn der Kompression praktisch reine Verbrennungsluft, d. h. auch ein größerer Luftüberschuß zur Verfügung. Dieser Umstand, sowie die oben erwähnten niedrigen Temperaturen des Kolbens, Zylinders und Zylinderdeckels gestatten an und für sich eine etwas größere Brennstoffmenge zu verbren-

Digitized by Google

nen, m. a. W. eine gewisse Leistungssteigerung zu erzielen. Versuche von ausgeführten Maschinen haben auch gezeigt, daß bei einem Aufladedruck von etwa 400 bis 600 mm WS eine Leistungssteigerung von 20 vH erzielt wird. Diese außerordentliche Steigerung der Leistung kann

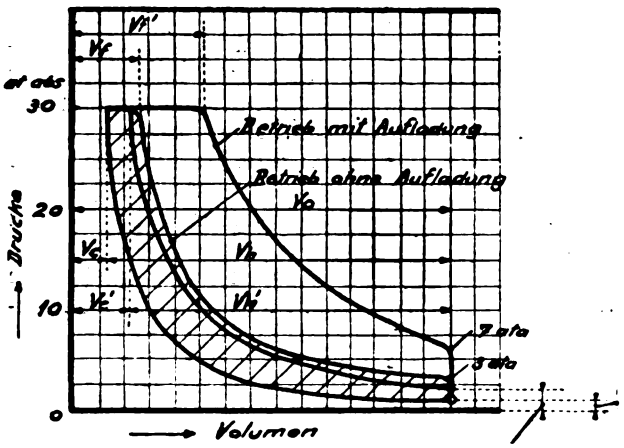


Abb. 2. Druck-Volumen Diagramm beim Aufladeverfahren mit Vergrößerung des Verdichtungsraumes. (Gleichbleibende Enddrücke).

nicht allein durch die geringe Vorverdichtung erklärt werden, sondern muß zu einem größeren Teil dem günstigen Einfluß der Spülung zugeschrieben werden.

Auf Grund der bisherigen Erfahrung kann ganz allgemein gesagt werden, daß die Anwendung eines Niederdruckaufladegebläses und die Einführung einer Spülung unter allen Umständen

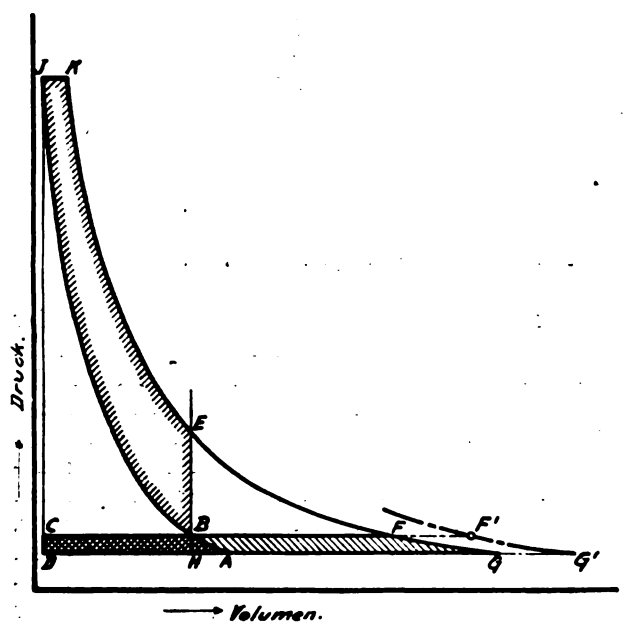


Abb. 3. Druck-Volumen Diagramm einer Dieselmaschine mit Abgasturbine.

von Vorteil für den Betrieb einer Viertakt-Dieselmaschine ist. Die Betriebssicherheit wird erhöht (niedrige Temperaturen im Kolbenboden, Zylinderwand, Zylinderdeckel und Auspuffventil; wegen der Spülung größerer Luftüberschuß) und die Leistung ohne praktisch nennenswerte Mehrbeanspruchungen irgendwelcher Teile gesteigert. Da die Anwendung von Niederdruckgebläsen praktisch keine Änderung an der Dieselmaschine erfordert, so sind sie vor allem für bestehende Anlagen sehr zu empfehlen.

Für die Aufladeturbogebläse kommen folgende Antriebsarten zur Verwendung.

Direkte Kupplung mit dem Hauptdieselmotor,
Elektrischer Antrieb,
Antrieb durch Dampfturbine,
Antrieb durch einen besonderen Hilfsdieselmotor,
Antrieb durch eine Abgasturbine, betrieben mit den Auspuffgasen des Dieselmotors.

Die größte Wirtschaftlichkeit wird durch die Verwendung der Abgasturbine erreicht. In neuerer Zeit wird dieser Anordnung aus diesem Grunde die größte Aufmerksamkeit geschenkt. Im Nachstehenden sei kurz das charakteristische dieser Antriebsart geschildert.

Die Abb. 3 zeigt das theoretische Diagramm einer Dieselmaschine mit Abgasturbine. Die Auspuffgase werden durch einen bestimmten Gegen-

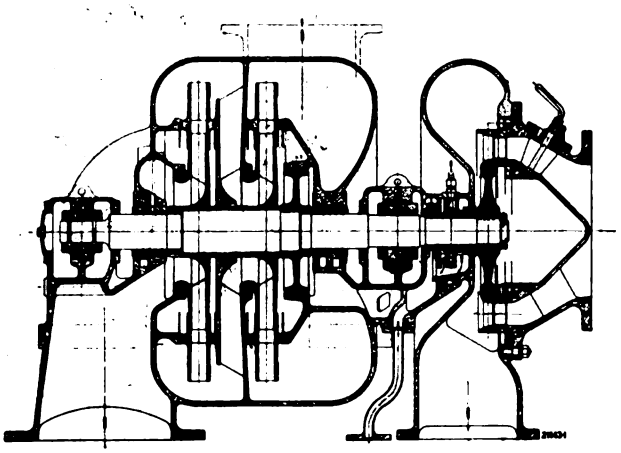


Abb. 4. Schnitt durch das Abgasturbinen-Gebläse (Fliegende Anordnung der Antriebsturbine).

druck ausgestoßen (Linie CBF), der je nach dem Rauminhalt der Auspuffleitungen mehr oder weniger schwanken kann. Die Höhe des Gegendruckes und das sich hieraus für die Turbine ergebende Expansionsverhältnis kann je nach der erforderlichen Leistung der Turbine in weiten Grenzen gewählt werden. Wenn die Gasturbine wie im vorliegenden Fall nur dazu dienen soll, das Aufladegebläse anzutreiben, so genügt ein mittlerer Druck der Auspuffgase vor der Turbine, der im allgemeinen nicht höher als 300 bis 500 mm WS über dem Aufladedruck der Luft liegt. Bei maschinen größerer Leistung und bei hohen Aufladedrücken, das heißt bei Verhältnissen, die einen hohen Wirkungsgrad der Abgasturbine ermöglichen, kann der erforderliche Gegendruck der Auspuffgase gleich oder sogar kleiner als der Aufladedruck werden. Die Fläche ABCD bedeutet die Verdichtungs- und Ausschubarbeit des Gebläse-

Digitized by Google

ses, die Fläche BIC die Verdichtungsarbeit im Zylinder des Motors. IK ist die Verbrennungslinie im Dieselmotorzylinder. Unter der Annahme, daß ein Gegendruck der Abgase gleich dem Aufladedruck zum Antrieb des Gebläses genüge, fällt der Druck der Abgase während des Ausstoßens von E auf die Linie CBF und der Beginn der Expansion in den Düsen der Ventile beginnt im Punkt F. Das Ende der Expansion in den Düsen wird durch den Punkt G dargestellt. Die Arbeitsfläche der Abgasturbine ist, vorausgesetzt, daß die Energie der Turbine gerade ausreichend ist, um das Gebläse anzutreiben, durch die Fläche CFGD dargestellt. Der Unterschied der Fläche CFGD und ABCD ist alsdann der Arbeitsbetrag der für die Gebläse- und Turbinenverluste verbraucht werden darf. Die Fläche BHDC ist die Ausschubarbeit, die von der Dieselmaschine für das Überschieben der Abgase aus den Zylinder in die Turbine geleistet werden muß; diese Fläche wird jedoch dadurch zurückgewonnen, daß die verdichtete Luft beim Einströmen in die Zylinder infolge Ihres Überdruckes Arbeit leistet. Das Dreieck BEF ist im Vorstehenden zunächst als nicht ausnützbar angenommen worden. Es stellt die Arbeit dar, die zur Beschleunigung der Abgase beim Ausströmen aus den Zylindern verbraucht oder durch Stoß und Wirbel vernichtet und zum großen Teil wieder in Wärme umgesetzt wird. Sie erzeugt eine gewisse Temperaturerhöhung der Abgase, wodurch das Volumen CF in CF_1 und somit das Arbeitsdiagramm der Turbine etwas vergrößert wird.

Die Einbuße an der Leitung des Dieselmotors selber durch den etwas erhöhten Gegendruck ist verschwindend klein, sodaß in allen Fällen eine wesentliche Leistungssteigerung resultiert. Versuche haben gezeigt, daß der spezifische Brennstoffverbrauch bei Betrieb mit Gebläse geringer wird.

Den konstruktiven Aufbau der mit Abgas betriebenen Gebläsegruppe zeigen Abb. 4, 5 und 6.

Bis zu Aufladedrücken von etwa 1·3 ata können die Gebläse, da die Abgasturbine gestattet, mit der Drehzahl beliebig hoch zu gehen, noch einstufig gebaut werden. Für höhere Drücke sind die Gebläse mehrstufig. Im allgemeinen werden die Gruppen mit horizontaler Welle gebaut, doch hat sich für Diesellokomotiven und auch für kleinere stationäre Maschinen wegen der beschränkten Grundfläche oder wegen kürzerer Rohrleitungen die vertikale Anordnung als zweckmäßig erwiesen.

Gebläse und Turbine haben eine gemeinsame Welle, die bei der normalen Bauart stets so bemessen ist, daß die Betriebsdrehzahl unter der kritischen Drehzahl liegt. Die ganze Gruppe ist zweilagerig. Das Rad der Abgasturbine sitzt fliegend auf der Welle, ihr Gehäuse ist so gelagert, daß es den Wärmeausdehnungen frei folgen kann.

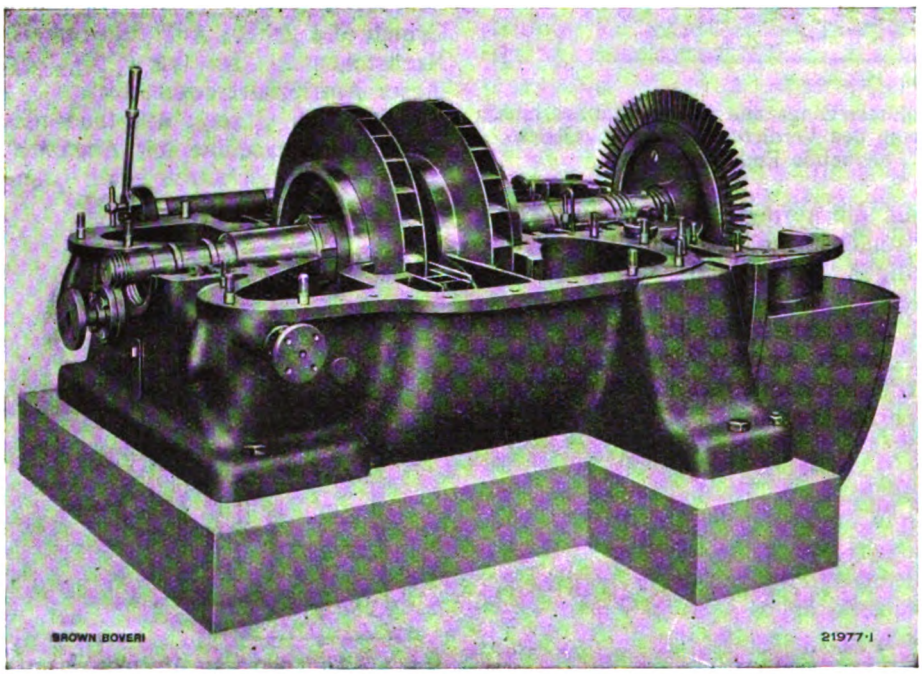


Abb. 5. Abgasturbinengetriebenes Aufladegebläse mit abgehobenem Zylinderoberteil.

Für Betriebsverhältnisse, die nicht ganz abgeklärt sind, empfiehlt es sich, das Gebläse mit beweglichen Diffusoren zu versehen. Die Lager, von denen das eine als kombiniertes Kamm- und Traglager ausgebildet ist, besitzen Druckölschmierung. Das Kammlager dient im wesentlichen nur zur Achsialfixierung des Läufers, da der Achsschub der Gebläseräder im Falle hoher Drücke durch den Ausgleichskolben aufgenommen wird. Das turbinenseitige Lager ist mit Wasserkühlung versehen.

Die Abgasturbine ist als einstufige einkränzige Aktionsturbine gebaut. Die Abgase werden der Turbine in Achsialrichtung zugeführt und in Düsen,

Digitized by Google

von denen meistens eine gewisse Anzahl durch Klappen von Hand abschließbar sind, von Auspuffdruck auf Atmosphärendruck entspannt und auf das Laufrad geleitet. Die Turbinenschaufeln sind aus legiertem Sonderstahl hergestellt und so befestigt, daß ein Lockerwerden durch die Wärmedehnungen nicht eintritt. Der Austritt der Welle aus dem Turbinengehäuse ist mit einer Wasserstoffbüchse versehen. Dies hat nicht nur den Zweck, den Austritt von Abgasen zu verhindern, sondern sie dient vor allem auch zur Kühlung der Welle, um den Wärmeübergang durch die Welle nach dem benachbarten Lager auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Daneben ergibt sich auch eine dämpfende Wirkung der Schwingungen der überhängenden Welle. Solche Schwingungen können bei raschlaufenden überhängenden Rotoren auftreten und zu ernsthaften Schwierigkeiten führen. Die Erbauerin, die Firma Brown Boveri, besitzt über diese Verhältnisse weitgehende praktische Erfahrung, sodaß in dieser Beziehung Schwierigkeiten nicht zu erwarten sind.

Die bis jetzt angestellten Versuche erwiesen einwandfrei, daß die Zylinderwandungen bei einer aufgeladenen Maschine durch die Wärme ungefähr gleich beansprucht werden wie diejenigen einer um 30 vH kleineren Dieselmaschine. Diese günstigen Ergebnisse, die im Widerspruch zu oft geäußerten Meinungen stehen, erklären sich durch die Kühlung der Aufladeluft, die Einführung der Spülung und durch die dadurch bewirkte Erhöhung des Luftüberschusses.

In Abb. 7 ist die Anordnung einer Dieselmotoranlage mit Aufladegebläse schematisch dargestellt. Die Maschine treibt direkt einen Schwungradgenerator an. Die normale Leistung mit Aufladung beträgt 1700 PSe bei 215 U/min. Die Überlast ist 2050 PSe für 1 bis 2 Stunden und vorübergehend 2350 PSe.

Im Nachstehenden seien noch einmal alle Vorteile eines aufgeladenen Viertakt-Dieselmotors gegenüber dem unaufgeladenen zusammengefaßt:

1. größere Leistung bei gleichem Maschinengewicht und gleichen Abmessungen ohne Erhöhung der Wärmebeanspruchung oder unzulässiger Überschreitung der Höchstdrücke.

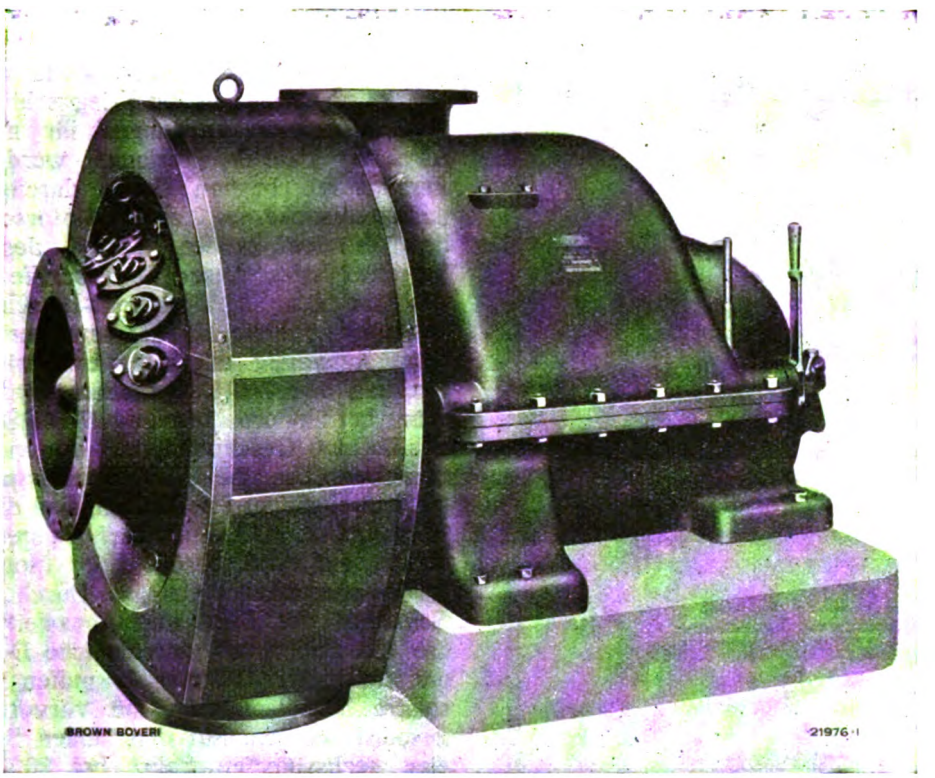


Abb. 6. Ansicht des mit Abgas angetriebenen Gebläses.

2. Sehr hohe Überlastungsfähigkeit und zwar etwa 100 vH der Leistung des unaufgeladenen Motors und etwa 40 vH bezogen auf die Dauerleistung mit Aufladung.

3. Geringer Brennstoffverbrauch namentlich bei größeren Einheiten. Bei allen Motoren große Ersparnis an Brennstoff bei Teillasten, wenn dann ohne Aufladung gearbeitet wird. Dies kann in einfachster Weise durch Umleitung der Auspuffgase in die Atmosphäre, zum Beispiel durch bloßes Öffnen eines Schiebers während des Betriebes erfolgen.

4. Kleine Maschinenabmessungen bei gleicher Leistung und zwar sind die Abmessungen rund ein Drittel kleiner gegenüber einer gewöhnlichen Dieselmaschine.

Digitized by Google

5. Geringeres Maschinengewicht. Die Einsparung an Gewicht beträgt ungefähr 30 vH.

6. Billigerer Preis. Eine komplette Dieselanlage einschließlich Abgasturbogebläse von etwa 1000 PS an, ist um zirka 15 bis 20 vH billiger, als eine gewöhnliche Anlage. Bei kleinen Leistungen dürften die Preisunterschiede sich etwas verringern, dagegen bestehen die übrigen Vorteile unverändert zurecht. Bei größeren Motoren als 1000 PS ergibt sich noch ein größerer Preisunterschied.

7. Weniger Zylinder, weniger oder weniger große Einzelteile, daher große Betriebssicherheit. Die kleinere Maschine hat natürlich auch den Vorteil eines geringeren Verbrauches an Anlaßluft. Sie läuft auch besser an, da sie weniger hohe Verdichtungsdrücke zu überwinden hat.

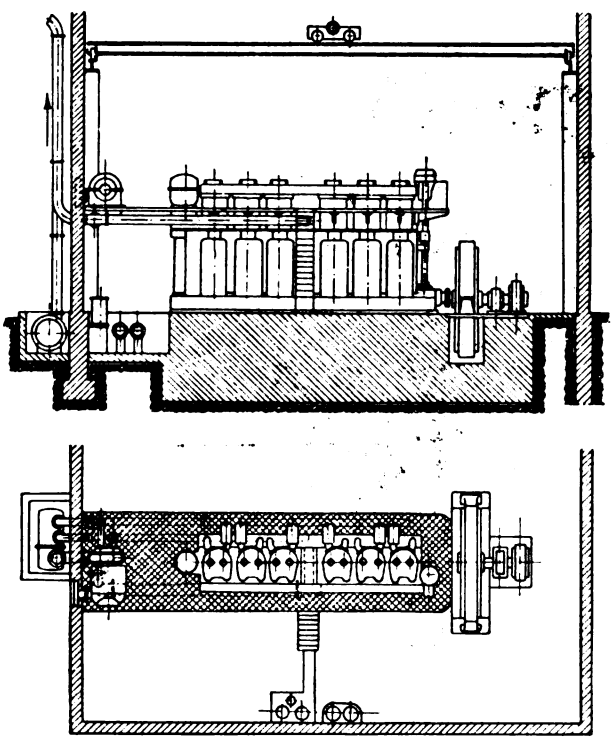


Abb. 7. Anordnung einer stationären Diesel-Anlage mit Aufladegebläse.

8. Geringerer Kühlwasser- und Schmierölverbrauch. Trotz der Leistungssteigerung von 50 vH bleibt der Schmieröl- und Kühlwasserverbrauch derselbe, wie bei der kleineren Maschine ohne Aufladung.

9. Kein Auspuffgeräusch. Der Auspuff der Maschine wird durch die Turbine vollständig gedämpft.

10. Billigere elektrische Generatoren. Da bei derselben Drehzahl die Leistung um 50 vH gesteigert herden kann, bedeutet dies, daß auch für die höheren Leistungen die rascher laufenden Generatoren beibehalten werden können. Beim unaufgeladenen Dieselmotor bedeutet im allgemeinen die Vergrößerung der Leistung um 50 vH den Übergang zu einer nächsttieferen Drehzahlstufe, das heißt zu einem teueren Generator. Das für einen gewissen Ungleichförmigkeitsgrad erforderliche Schwungmoment ist bedeutend kleiner als dasjenige für einen gleichstarken, gewöhnlichen Dieselmotor.

11. Das Aufladeverfahren gibt ein Mittel an die Hand, die Leistungseinbuße durch die Höhenlage zu kompensieren, das heißt die Dieselmotoren können nicht nur auf dieselbe Leistung, wie auf Meereshöhe gebracht werden, sondern es ist darüber hinaus noch eine Überlastbarkeit möglich.

Die oben angeführten Eigenschaften verleihen dem aufgeladenen Dieselmotor den ausgesprochenen Charakter einer Spitzenwerk-Kraftmaschine, doch sind ihm, hauptsächlich durch den Vorteil seiner starken Überlastbarkeit auch auf anderen Gebieten der Technik weite Entwicklungsmöglichkeiten gegeben. Er eignet sich beispielsweise bestens für den Antrieb von Diesellokomotiven, sowie für Schiffsantriebe, speziell für Krieggschiffe, für welche kurzzeitig hohe Leistungen für möglichst weit forcierte Fahrten verlangt werden. Die vor kurzem mit bestem Erfolg durchgeführten Abnahmeversuche an zwei Motorschiffen zeigen deutlich den großen Vorteil des Aufladeverfahrens. Jedes dieser Motorschiffe ist mit zwei 10 zylindrigen MAN-Viertakt-Dieselmotoren ausgestattet, welche direkt umsteuerbar sind und ohne Aufladung mit der verhältnismäßig hohen Drehzahl von 240 U/min laufen. Die effektive Leistung beträgt pro Maschine 1700 PS, wodurch die Schiffe eine Geschwindigkeit von rund 15 Knoten erreichen. Um die Maschinenleistungen bis auf 20 Knoten steigern zu können, sind die Motoren mit Abgasturbinenaufladung nach System Büchi versehen, und zwar besitzt jeder Motor ein abgasturbinengetriebenes Gebläse. Durch entsprechende Schaltung der Luft- und Abgasleitungen können die Maschinen als gewöhnliche Dieselmaschinen mit Ansaugen aus und Auspuffen in die Atmosphäre betrieben, oder mit vorverdichteter Luft gespeist werden. Mit den beiden Schiffen wurde eine sechsstündige Fahrt bei 20·2 Knoten Geschwindigkeit durchgeführt. Hierzu war eine Leistung pro Schiff von 8100 PSe notwendig, welche die Motoren anstandslos entwickelten. Trotzdem hierbei ein mittlerer Druck in den Verbrennungszylindern von über 8 kg/cm² erreicht wurde, war bei dieser Belastung der Auspuff vollkommen unsichtbar, ein Beweis, daß die Verbrennung vollkommen war. Da es sich in diesem Falle um schnelldrehende Motoren handelt, ist das erzielte Resultat sehr bemerkenswert. Bei langsam laufenden Maschinen würden sich noch bessere Resultate ergeben. Die gesamte Leistungssteigerung betrug 138 vH, wie die nachstehende Gegenüberstellung zeigt:

	ohne Aufladg.	mit Aufladung nach Syst. Büchi
Effekt. Dieselmotorleistung	2×1700 PSe = 3400 PSe	2×4050 PSe = 8100 PSe
Propellerdrehzahl	240 U/min	317 U/min
Schiffsgeschwindigkeit . .	14 Kn.	20·2 Kn.
erzielte Leistungssteigerung		138 vH

Digitized by Google

Wenn der Einfluß der stattgefundenen Propellerdrehzahl-Erhöhung von 240 auf 320 per min mitberücksichtigt wird, so ist die Leistungssteigerung immer noch 75 vH gegenüber gewöhnlichen Viertakt-Schiffs-Dieselmaschinen. Die gemachten Abnahmeversuche zeigen deutlich, daß zuversichtlich mit einer dauernden Leistungssteigerung von 50 vH gegenüber Dieselmaschinen mit gleichen Abmessungen und bei gleicher Drehzahl gerechnet werden kann. Die während sechs Stunden durchgeführten Probefahrten beweisen, daß auch ohne weiteres eine Leistungssteigerung von 75 vH gegenüber einer gewöhnlichen Dieselmaschine möglich ist.

Für die weitere Entwicklung des Aufladeverfahrens mittels Aufladegebläses und die Verwertung der bestehenden und zukünftigen Anlagen, wurde das sogenannte Büchi-Syndikat gegründet, das aus Ing. A. Büchi, Winterthur, der A. G. Brown-Boveri & Cie., Baden, (Schweiz) und der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur besteht.

Die Entwicklung der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke von 1924 bis 1926.

Von Dr.-Ing. W. **Majerczik**, Berlin.

I. Einleitung.

Eine der bedeutendsten politischen Leistungen der Nachkriegszeit in Deutschland war die Begründung der neuen Stadtgemeinde Berlin. Sie wurde zusammengesetzt aus 94 verschiedenen, bisher selbständig gewesenen kommunalen Einzelteilen, nämlich 8 Stadtgemeinden — darunter die frühere Stadt Berlin — 59 Landgemeinden und 27 Gutsbezirken. Die neue Stadtgemeinde begann am 1. Oktober 1920 ihr gesetzliches Leben. Einer der Hauptgründe für die Errichtung der Einheitsgemeinde war die Notwendigkeit, das Gebiet Groß-Berlin in Hinsicht auf seine Gas-, Wasser- und Elektrizitätsversorgung, ferner in punkto Verkehrs-, Bau-, Schul-, Armenwesen usw. einheitlich zusammenzufassen. Im Jahre 1922 berief die Stadt Berlin einen siebengliedrigen Sachverständigen-Ausschuß, dem der Verfasser dieser Zeilen die Ehre hatte anzugehören. Der Ausschuß sollte Vorschläge ausarbeiten für eine möglichst zweckmäßige Organisation der städtischen Werke. Aus den Vorschlägen dieses Ausschusses ist dann später, wenngleich mit vielerlei Abänderungen, die noch heute in Kraft befindliche Organisation der Berliner städtischen Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke hervorgegangen. Die neue Organisation sieht zunächst für jede der drei Unternehmungen, Gas, Wasser und Elektrizität, eine besondere Aktiengesellschaft vor. Die drei Gesellschaften haben indessen einen gemeinsamen Aufsichtsrat und sind in dieser Hinsicht durch Personalunion miteinander verbunden. Der Aufsichtsrat setzt sich zusammen aus 4 Mitgliedern des Magistrates, 8 Stadtverordneten, 4 Sachverständigen, die nicht den städtischen Körperschaften angehören und 2 Mitgliedern des Betriebsrates. Sämtliche Aktien der Gesellschaft sind im Besitze der Stadt. Die Aktiengesellschaften sind nicht Eigentümer, sondern nur Pächter der von ihnen betriebenen Unternehmungen. Eigentümer ist nach wie vor die Stadt. Die Gesellschaften sind also im Grunde genommen nur verselbständigte Teile der Berliner kommunalen Verwaltung.

Am 8. Dezember 1923 nahmen die neuen Gesellschaften, darunter auch die Elektrizitätswerke, ihre Tätigkeit auf. Ihr Anfangskapital betrug 100 Mill. Papiermark, was damals einen Wert von 0·01 Goldpfennig ausmachte. Die Papiermark war kurz vorher vollständig zusammengebrochen; die neue deutsche Währung, die Rentenmark, spätere Reichsmark, war im November 1923 erst geschaffen worden. Die Wirtschaft war weitgehend zerstört und desorganisiert. Ich glaube, man braucht österreichischen Lesern, die selber durch die Hölle der Inflation gegangen sind, die Folgen des Valutaverfalles nicht näher zu schildern. In der Elektrizitätswirtschaft hatte sich der Verfall der Mark derart geäußert, daß der Stromabsatz bedeutend zusammengeschrumpft war. Anfang 1924 begann die deutsche Wirtschaft, die der Festigkeit der neuen Währung zunächst nicht traute, sich wieder auf Goldmark umzustellen. Die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke — abgekürzt Bewag genannt — führten einen Tarif ein, der für Niederspannungsabnehmer den Satz von 42 Pfg/kWh vorsah. Dieser Preis galt einheitlich für Licht- wie für Kraftzwecke.

II. Der Grundgebührentarif der Bewag.

Es war klar, daß ein derartig hoher Tarif auf die Dauer nicht bestehen bleiben konnte. Eine der ersten Handlungen der neuen Gesellschaft war es deshalb, die Tarifgebarung gründlich zu reformieren und vor allem die Tarifhöhe herabzusetzen. Es wurde ein Grundgebührentarif eingeführt, welche Form bis auf den heutigen Tag in Gültigkeit ist. Der neue Tarif trat am 1. April 1924 in Kraft. Er setzt sich aus einer Grundgebühr und einer Arbeitsgebühr zusammen. Die Grundgebühr berechnet sich nach dem Meßbereich des Zählers, der bei dem Abnehmer installiert ist. Die Grundgebühr beträgt 42 RM/Jahr oder 3·50 RM/Monat für 1 kW Zählermeßbereich. Der kleinste Satz, der zur Erhebung gelangt, ist 0·80 RM. für einen Monat und für einen angenommenen Zählermeßbereich von 220 W. Die

Digitized by Google

Grundgebühr ist seit ihrer Einführung unverändert geblieben. Die Arbeitsgebühr betrug ab 1. April 1924 zunächst 18 Pfg/kWh. Sie wurde am 1. Oktober 1924 auf 16 Pfg/kWh herabgesetzt und ist seitdem ebenfalls unverändert geblieben.

Der neue Tarif wurde nach seiner Einführung in der Tagespresse zunächst scharf angegriffen. Besonders die Grundgebühr, die es bis dahin nicht gab, erregte bei gewissen Interessenten lebhaftes Mißfallen. Es handelte sich hierbei um solche Abnehmer die eine große Installation besaßen, also eine hohe Grundgebühr zu entrichten hatten und dabei wenig Energie bezogen. Eine Anzahl Stromabnehmer wandte sich sogar an die Polizei und erstattete gegen die Direktion der Städtischen Elektrizitätswerke Anzeige wegen Wuchers. Alle diese Angriffe und Beschwerden verstummten aber bald, nachdem die Bevölkerung die großen Vorteile des neuen Tarifes schätzen gelernt hatte. Der Grundgebührentarif, eine an sich den Bedürfnissen der Elektrizitätswerke gut angepaßte Tarifform, hat in Berlin freilich den Mangel, daß er auf den Zählermeßbereich, das heißt die Zählergröße begründet ist. Das verleitet manche Abnehmer zu dem Versuch, mit einer kleineren Zählertype durchzukommen, als dem Umfange ihrer Installation entspricht. Die Folge davon sind viele Zählerdefekte durch Überlastung und ein ziemlich hoher Reparaturstand an Zählern. Es gäbe für die Bemessung der Grundgebühr an Stelle der Zählergröße bessere Maßstäbe, zum Beispiel die Zimmerzahl der Wohnungen, ihre Grundfläche in m^2 und dergleichen. Diese Maßstäbe sind aber solange in Berlin nicht anwendbar, als die Aufrechterhaltung der Wohnungszwangswirtschaft die Verteilung der Bevölkerung entsprechend der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des Einzelnen behindert. Es gibt Schichten der Bevölkerung, die in zu großen, andere die in zu kleinen Wohnungen leben.

Die Einführung des Grundgebührentarifes hat in Berlin eine ungeheure Anschlußbewegung ausgelöst, die bis auf den heutigen Tag mit unverminderter Stärke anhält und sich voraussichtlich noch Jahre hindurch fortsetzen wird. Die Zahl der Stromabnehmer, die Ende 1923, also vor Einführung des neuen Tarifes, rund 216 000 betrug, ist bis Ende 1926 auf rund 442 000 gestiegen. Die Zahl hat sich in diesen drei Jahren demnach mehr als verdoppelt. In den Jahren 1924 bis 1926 sind an jedem Wochentage rund 250 Abnehmer an das Leitungsnetz der Elektrizitätswerke neu angeschlossen worden. Das elektrische Licht, früher nur im Gebrauche der wohlhabenderen Schichten, dringt jetzt in Berlin auch in die minderbemittelten Kreise der Bevölkerung ein. Der durchschnittliche Zählermeßbereich eines Abnehmers, der im Jahre 1924 noch 1·3 kW betrug, ist im Jahre 1927 auf 1·0 kW gesunken.

Der starke Zustrom von kleinen und kleinsten Abnehmern, die ganz überwiegend Lichtstrom verbrauchen, hat in dem Belastungsdiagramm der Werke natürlich die Ausbildung einer scharfen Lichtspitze zur Folge gehabt. Im Jahre 1923 war keine Lichtspitze vorhanden gewesen, weil die Inflation die Bevölkerung kaufunfähig gemacht und dadurch den Stromabsatz für Beleuchtung auf ein Minimum herabgedrückt hatte. In den folgenden Jahren, nach Wiederherstellung der Währung und nach Einführung des Grundgebührentarifes, stellte sich aber die Lichtspitze wieder ein, die es auch in früheren Zeiten in Berlin wie in fast allen Großstädten gegeben hatte. Es ist indessen bemerkenswert, daß die Erhöhung der Abgabe von Lichtstrom und die daraus resultierende Steigerung der Höchstbelastung der Kraftwerke nicht zu einer Verschlechterung der Jahresbenutzungsdauer dieser Höchstleistung geführt hat. Mit anderen Worten, der Zustrom der zahlreichen kleinen Lichtabnehmer hat die innere Ökonomie der Werke nicht verschlechtert. Darüber liegen in Berlin gewisse Spezialuntersuchungen vor. Die jährliche durchschnittliche Benutzungsdauer der Abnehmerinstallationen hat, bezogen auf 1 kW Zählermeßbereich, von 461 h im Jahre 1924 auf 673 h im Jahre 1926 zugenommen. Es ist das eine Folge davon, daß der elektrische Strom in den Wohnungen nicht mehr allein zur Beleuchtung, sondern mehr und mehr auch für andere Bedürfnisse der Haushaltungen (Staubsauger, Bügeleisen, Koch- und Heizapparate usw.) benutzt wird.[1])

Die starke Anschlußbewegung hat eine entsprechende Zunahme des Stromabsatzes zur Folge gehabt. Die nutzbar verkaufte Energiemenge stieg von rund 436 Mill. kWh im Jahre 1923 auf rund 717 Mill. kWh im Jahre 1926. Auch für das Jahr 1927 ist, nach seinem bisherigen Verlauf zu urteilen, eine weitere erhebliche Vergrößerung des Stromabsatzes zu erwarten. Die Vermehrung der Energieabgabe war naturgemäß von einem beträchtlichen Anstieg der Belastungen begleitet. Die Jahres-Höchstbeanspruchungen der Kraftwerke, die im Dezember 1923 (Inflationsjahr) erst 121 000 kW betragen hatte, wuchs unter dem Einfluß des neuen Grundgebührentarifes im Dezember 1924 auf 209 000 kW und stieg weiter im Dezember 1926 auf 300 000 kW. Die Belastung ist also in drei Jahren auf das 2·5-fache ihres Ausgangswertes gestiegen. Es ist klar, daß eine so starke, fast sprunghafte Vergrößerung der Beanspruchungen eine bedeutende Ausdehnung, ja Neugestaltung der Betriebsanlagen erforderte. Damit komme ich zu den erheblichen Erweiterungen und Neuanlagen, die die Berliner Sätdtischen Elektrizitätswerke im Laufe der letzten drei Jahre durchgeführt haben.

III. Ausgestaltung des Verteilungs-Systems der Bewag.

Man muß bei der Ausgestaltung der Betriebsmittel unterscheiden zwischen den Erweiterungen, die rein quantitativer Natur sind und den Anlagen, die grundsätzlich neue technische Momente in das

[1]) Vgl. Majerczik, „Erfahrungen mit dem Grundgebührentarif der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke", ETZ, 1927, S. 972.

Digitized by Google

bisherige System der Stromerzeugung und -verteilung hineinbringen. Daß die Erweiterungen allein schon durch ihre Massenhaftigkeit imposant sind, ist bei einem Unternehmen von der Größe der Berliner Werke nicht weiter verwunderlich. Wurden doch allein im Jahre 1926 in dem 6000 V-Drehstromnetz 345 Transformatorstationen neu errichtet und in Betrieb genommen. In den Jahren 1925 und 1926 wurden an Kabelleitungen, das heißt an Hoch- und Niederspannungskabeln einschließlich Fernsprech- und Signalkabeln 2452 km neu verlegt. Interessanter für den Fachmann, als diese nur durch ihre Mengen auffallenden Arbeiten, sind die Um- und Neubauten, zu denen sich die Leitung der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke veranlaßt sah, um der stürmischen Entwicklung des Unternehmens genüge zu tun.[2])

Was zunächst die Verteilung der Energie anbetrifft, so wurde Anfang 1925 beschlossen, dem bestehenden 6000 V-Drehstromnetz ein 30 000 V-Netz überzulagern. Die Spannung von 30 000 V war schon früher bei den Berliner Werken im Gebrauch, es wurden damit einige außerhalb der Stadt gelegene Energieübertragungen betrieben. Jetzt wurde diese Spannung in das Innere der Stadt eingeführt. Die verschiedenen Kraftwerke wurden durch 30 000 V-Kabel miteinander verbunden. Ferner wurde eine Anzahl Hauptumspannwerke für die Übersetzung von 30 000 auf 6000 V im Inneren der Stadt errichtet. Das 6000 V-Netz erhielt dadurch neue Speisepunkte und wurde infolgedessen in seiner Leistungsfähigkeit wesentlich verbessert. Bei der Projektierung der 30 000 V-Leitungsanlage stützte man sich auf die Praxis amerikanischer großstädtischer Werke, die im Prinzip darin besteht, ein Hauptumspannwerk mindestens von zwei verschiedenen Kraftwerken her mit Energie zu beliefern.

Auch im Niederspannungs-Verteilungsnetz wurde eine grundsätzliche Verbesserung in Angriff genommen. Es gibt in Berlin, noch aus den ältesten Zeiten des Unternehmens stammend, Netzteile, die mit Gleichstrom von 2×220 V, ja sogar solche, die mit Gleichstrom von 2×110 V betrieben werden. Diese Netzteile liegen gerade im Zentrum der Stadt, wo die Hauptgeschäftsviertel sich befinden. Da die Gleichstromkabel bis an die Grenze des Zulässigen belastet sind, da ferner die zugehörigen Drehstrom-Gleichstrom-Umformerwerke ebenfalls bis zur Höchstleistung beansprucht werden, und sie außerdem, meistens aus räumlichen Gründen, nicht mehr erweitert werden können, so wurde, ebenfalls im Jahre 1925, beschlossen, diese Gleichstrom-Netzteile allmählich in Drehstrom umzubauen. Es ist das eine, wie man sich denken kann, sehr mühselige und zeitraubende Arbeit, die überdies kostspielig ist, da sie nicht nur auf Seiten der Elektrizitätswerke Ausgaben verursacht, sondern auch weitgehende Änderungen bei den Installationen der Abnehmer bedingt. Die Kosten für die letzteren Umarbeiten bezw. Umwechslungen müssen teilweise von den Elektrizitätswerken übernommen werden. Im Jahre 1926 wurden 8941 Anschlußanlagen von Gleichstrom auf Drehstrom umgeschaltet und hiefür etwa 60 km Drehstromkabel verlegt.

IV. Umbau des Kraftwerkes Charlottenburg.

Noch umfassender als die Änderungen und Erweiterungen im Verteilungssystem waren die Neubauten auf dem Gebiete der Stromerzeugung. Kam es doch hier darauf an, die Kraftwerke in einem solchen Ausmaße und in einem solchen Tempo auszubauen, daß sie mit der stark und rasch wachsenden Belastung gleichen Schritt hielten. Die erste bedeutende Maßnahme in dieser Richtung war der Um- und Neubau des Kraftwerkes Charlottenburg im Jahre 1925.[3]) Charlottenburg war eine der ältesten und infolgedessen unmodernsten Zentralen von Groß-Berlin. Sie hatte aber zwei Vorteile: sie war erstens an der Spree gelegen und bot somit eine gute Möglichkeit der Kühlwasserbeschaffung, sie verfügte zweitens über genügend großes Gelände für Erweiterungen. Zunächst wurde ein erheblicher Teil der alten Kessel- und Maschinenanlage abgerissen. Von 14 Kesseln blieben nur 5 übrig mit einer Gesamtheizfläche von 2250 m², 13 at. Von 4 Maschinenaggregaten blieb nur das größte mit einer Leistung von 6000 kW bestehen. Die Erweiterung der Zentrale wurde in der Weise durchgeführt, daß dem vorhandenen Kesseldruck von 13 at eine Dampfspannung von 35 at vorgeschaltet wurde. Es kamen 12 Kessel für diese Spannung mit einer wasserberührten Heizfläche von je 700 m² zur Aufstellung. Die Kessel haben Wanderrostfeuerung. Sie arbeiten zunächst auf zwei Vorschaltturbinen mit einer Leistung von je 6900 kW. Der Dampf verläßt die Vorschaltturbinen mit einer Spannung von 13 at und betreibt dann zwei Niederdruckturbinen mit einer mittleren Leistung von je 16 100 kW. Die Niederdruckturbinen haben eine Anzapfvorrichtung, durch die im Winter Heizdampf von 2 at Spannung entnommen wird. An das Kraftwerk ist ein Städteheizwerk angeschlossen, das Ende 1926 bereits 26 öffentliche und 6 private Gebäude mit Heizung versorgte. Das Städteheizwerk ist noch in weiterer Ausdehnung begriffen. Die Zentrale hat nach ihrer Erweiterung eine Maschinenleistung von rund 52 000 kW. Der gesamte Um- und Neubau des Kraftwerkes Charlottenburg wurde von den Siemens-Schuckert-Werken ausgeführt.

V. Bau des Großkraftwerkes Klingenberg.

Fast gleichzeitig mit der Modernisierung der Charlottenburger Zentrale wurde ein noch viel größerer Bau in Angriff genommen, nämlich die Errichtung eines Großkraftwerkes, das nach seinem Schöpfer, dem leider zu früh verstorbenen

[2]) Vgl. Rühle, E. u. M. 1926, S. 405 ff.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 33.

Digitized by Google

Geheimrat Klingenberg, den Namen Großkraftwerk Klingenberg erhalten hat.[4]) Diese Anlage ist eine der größten und modernsten Zentralen Deutschlands, ja sogar Europas. Sie stellt auf ihrem Gebiete eine Höchstleistung nicht bloß der deutschen elektrotechnischen, sondern auch der deutschen Maschinen- und Bauindustrie dar. Das Werk wurde im Osten der Stadt, innerhalb ihres Weichbildes, am Ufer des Rummelsburger Sees erichtet. Der Rummelsburger See ist ein Teil der Spree. Das Werk ist ausgestattet mit drei Haupt-Turbo-Aggregaten von je 80 000 kW Leistung. Die Aggregate sind Dreifach-Expansions-Turbinen, die als Zwillingsmaschinen gebaut sind. Die Dampf-Eintrittsspannung beträgt 32·5 at bei einer Temperatur von 400° C. Der Hoch- und der Mitteldruck-Dampfteil arbeiten gemeinschaftlich auf eine Welle, während der Niederdruckteil, der in zwei parallele Hälften unterteilt ist, eine zweite Welle antreibt. Die Wellen laufen mit 1500 U/min, sie treiben je einen Generator von 44 000 kVA Leistung an. Die Generatoren, die 6000 V Drehstrom erzeugen, sind unmittelbar mit Transformatoren verbunden, die die Spannung auf 30 000 V übersetzen. Mit dieser Spannung werden die aus Generatoren und Transformatoren gebildeten Einheiten in der Schaltanlage manövriert. Das Werk kann um drei Hauptaggregate derselben Leistung erweitert, das heißt also verdoppelt werden.

Zu jedem Hauptaggregat ist eine Vorwärme-Turbine angeordnet. Es sind das Zweigehäusemaschinen mit 3000 U/min. Ihre Leistung beträgt je 10 000 kW. Die Maschinen sind mit zwei Anzapfungen versehen, die Dampf von 4 und 0·45 at liefern. Der Anzapfdampf dient teils der Vorwärmung des Kessel-Speisewassers, teils wird er zur Beheizung der Röhrentrockner in der Kohlenaufbereitungsanlage verwendet. Außerdem sollen die Vorwärme-Turbinen noch die gesamte Energie für den Eigenbedarf des Werkes (Beleuchtung, Kohlenförderanlage, Kohlenaufbereitungsanlage, Kesselspeisepumpen, Kondensationsmaschinen usw.) liefern.

Für die Erzeugung der gewaltigen benötigten Dampfmengen sind 16 Kessel vorgesehen. Die Kessel arbeiten mit einem Betriebsdruck von 35 at und einer Dampftemperatur von 425° C. Jeder der Kessel ist für eine Dampfleistung von normal 65 t/h, maximal rund 80 t/h vorgesehen, seine Heizfläche (einschließlich Kühlrohre) beträgt 1750 m². Die Kessel sind in zwei Kesselhäusern angeordnet, deren Achsen senkrecht zum Maschinenhause stehen. In jedem Kesselhause sind 2×4 Kessel untergebracht. Die Kessel werden mit Kohlenstaub gefeuert. Man entschloß sich zu dieser Feuerung an Stelle der älteren Rostfeuerung, weil erstens nur durch die Kohlenstaubfeuerung den Großkesseln die benötigten großen Wärmemengen zugeführt werden können, weil zweitens die Kohlenstaubfeuerung eine rasche und starke Forcierung der Dampfentwicklung ermöglicht, wie sie der Elektrizitätswerkbetrieb erfordert, und weil drittens die Kohlenstaubfeuerung, indem sie die Verarbeitung verschiedenartiger Kohlen gestattet, das Werk unabhängig macht von dem Bezuge nur einer oder einiger weniger Kohlensorten. Die Kohle wird in einer großen Trocken- und Mahlanlage, die in einem

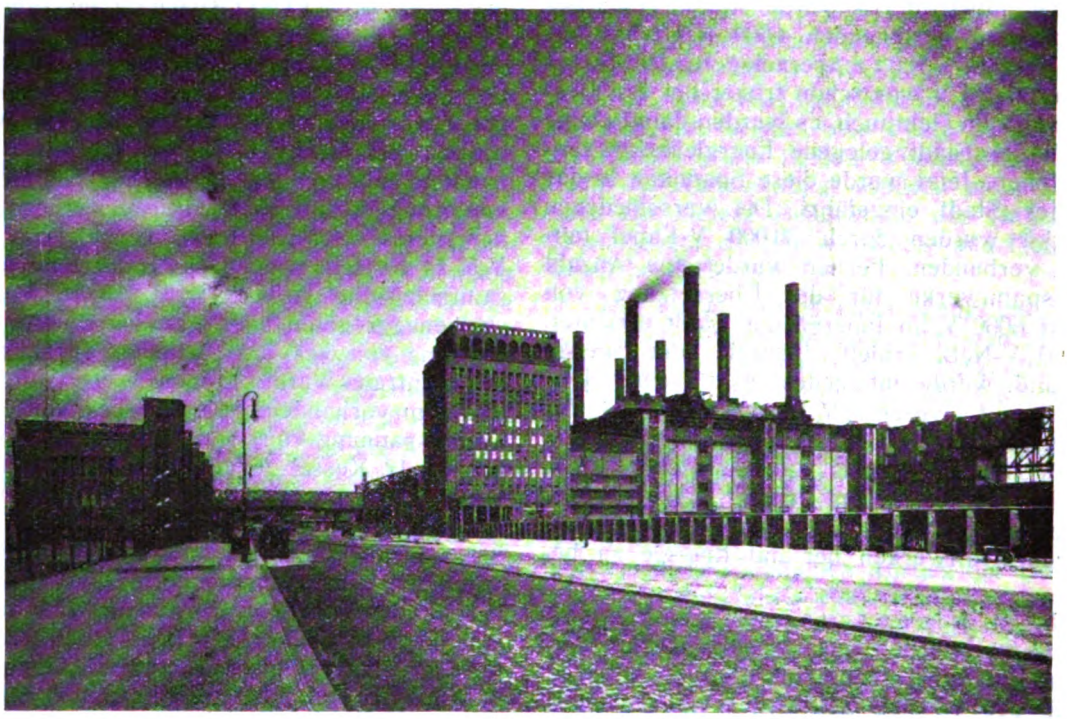


Abb. 1. Großkraftwerk Klingenberg.

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 397; Das El.-Werk 1926, S. 108; 1927, S. 27; vgl. a. den Aufsatz von Prof. Dr. Kraft auf S. 805 ff. d. H.

Digitized by Google

besonderen Hause untergebracht ist, aufbereitet. Für die Aufbereitung sind drei Dampfröhren-Trockner von je 24 t/h Leistung und sechs Pendelmühlen von je 12 t/h Leistung vorgesehen. Das Großkraftwerk Klingenberg bedeutet hinsichtlich Wärmeökonomie und Personalbedarf einen großen Fortschritt gegenüber den vorhandenen älteren und kleineren Kraftwerken der Stadt Berlin.

Anfang Juli 1925 wurde die Errichtung des Werkes von der Berliner Stadtverordneten-Versammlung beschlossen. Am 15. November desselben Jahres erfolgte der erste Spatenstich. In rund 1½ Jahren ist das gewaltige Werk unter ziemlich genauer Innehaltung aller Lieferfristen fertiggestellt worden. Die gesamte Projektierung und Bauausführung erfolgte durch die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft Berlin. Eine eingehende Beschreibung der technischen Anlagen des Werkes wird demnächst veröffentlicht werden.

VI. Die finanziellen Leistungen der Bewag.

Zum Schlusse seien noch einige Zahlen über die finanziellen Leistungen der Berliner Städtischen Elektricitätswerke angefügt. Die Stadt Berlin zieht aus ihren werbenden kommunalen Unternehmungen erhebliche Beträge für die Zwecke ihres allgemeinen Haushalts. Die Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke müssen zunächst 10 vH ihrer gesamten Bruttoeinnahmen an die Kämmereiverwaltung abliefern. Ferner müssen die Werke, je nach Lage der städtischen Finanzen, gewisse zusätzliche Beträge an die Stadtkasse zahlen. Insgesamt betrugen die finanziellen Leistungen der Elektrizitätswerke an die Stadt in den drei Jahren 1924 bis 1926: 3·7 bezw. 8·0 bezw. 17·0 Mill. RM. Die Berliner Städtischen Elektricitätswerke sind kommunale Unternehmungen. Sie legen infolgedessen großen Wert darauf, ihre Angestellten und Arbeiter angemessen zu bezahlen. Die Lohn- und Gehaltssummen zeigen in den letzten drei Jahren eine beträchtliche Vermehrung. Die Arbeiterlöhne bei den Elektrizitätswerken, die zu Anfang des Jahres 1925 zwischen 69 und 83 Pfg. für die Stunde lagen, stiegen bis Ende 1926 auf 85 Pfg. bis 1 RM. Alles in allem läßt sich sagen, daß die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke seit der Neubegründung der deutschen Währung und seit der Neuorganisation in der Form der kommunalen Aktiengesellschaft in einem glänzenden Aufstieg sich befinden, der, wenn nicht unvorhergesehene Umstände die Entwicklung beeinträchtigen, voraussichtlich noch eine ganze Reihe von Jahren fortdauern wird.

Elektrizitätspolitik.

Von Dr. Ing. G. **Siegel**, Berlin.

Es ist für alle an der Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Interessierten nützlich, sich von Zeit zu Zeit über ihre Einstellung zu den Grundfragen der Elektrizitätswirtschaft, das heißt über ihre Elektrizitätspolitik, Rechenschaft zu geben. Dabei kann es sich um recht verschiedene Fragenkomplexe handeln; wie in einem Staatswesen kann man auch bei der Elektrizitätswirtschaft äußere, innere und Finanzpolitik unterscheiden, wenn man sich auf die wichtigsten Gebiete beschränkt. Die „Außenpolitik" beschäftigt sich sowohl mit den Zusammenhängen zwischen der Elektrizitätswirtschaft und der Staatsgewalt bezw. mit der allgemeinen Volkswirtschaft, als auch mit den Beziehungen der einzelnen Unternehmungen zu anderen gleichartigen. Das Ressort der „Innenpolitik" umfaßt hauptsächlich die Beziehungen zwischen dem Unternehmen und seinen Abnehmern, ferner Fragen der inneren Organisation, der Strombeschaffung und andere mehr und ist auf diese Weise, wie auch im Staatsleben, vielfach mit der äußeren Politik verknüpft. Die „Finanzpolitik" schließlich hat die Beschaffung der für Aufbau und Entwicklung der Unternehmungen notwendigen Kapitalien zum Gegenstand.

In der Außenpolitik ist vor allem das Verhältnis der Elektrizitätswirtschaft zum Staate von Wichtigkeit. Leider sind hierbei die Elektrizitätswerke meist nur Objekt und nicht Subjekt politischer Betätigung. Die Initiative auf diesem Gebiete ist ihnen fast ganz entzogen und ruht vielmehr bei Personen, die das Gebiet der Elektrizitätswirtschaft sozusagen nur aus der Vogelperspektive kennen und die vielfach Einflüssen zugänglich sind, die mit der Elektrizitätswirtschaft an sich nichts zu tun haben. Daraus erklärt sich — abgesehen von der Verschiedenheit der wirtschaftlichen Grundlagen — die Tatsache, daß das Verhältnis der Staatsgewalt zur Elektrizitätswirtschaft fast in jedem Staat der Welt ein anderes ist. Von vollständiger Freiheit der Entwicklung bis zur völligen Beherrschung dieses Gebietes sind alle Nuancen vertreten und zwar nicht nur wenn man das zeitliche Nacheinander sondern auch das gegenwärtige Nebeneinander vergleicht. So fehlt zum Beispiel in Ungarn jegliche staatliche Regelung, Tschechoslowakei und Rumänien streben nach völliger Beherrschung, während in Österreich zwar der Wille zu staatlicher Einflußnahme und Regelung, aber auch zur Förderung der Unternehmertätigkeit gesetzlichen Ausdruck gefunden hat. Das gleiche farbige Bild zeigt sich, wenn man andere europäische Staaten vergleicht. Deutschland hat eine reichsgesetzliche Regelung bis jetzt vermieden, die einzelnen Länder weisen je nach der Einstellung ihrer Regierungen verschiedenartige Entwicklungsstufen auf, allerdings meist mit der unverkennbaren Tendenz zur Überführung der

Digitized by Google

Elektrizitätswirtschaft in die Hand des Staates. England zeigt das Bild eines völlig reglementierten Elektrizitätswesens mit beginnender Beherrschung durch den Staat, während in Spanien staatliche Einflußnahme fast völlig fehlt. Von außereuropäischen Staaten gibt Nord-Amerika ein interessantes Bild der Entwicklung: In Mexiko steht die Elektrizitätswirtschaft außerhalb des staatlichen Machtbereiches, in den benachbarten Vereinigten Staaten, wo die Elektrizitätswirtschaft bekanntlich einen Höchststand erreicht hat, liegt sie fast ausschließlich in der Hand des privaten Unternehmertums und die Eingriffe des Staates beschränken sich auf die Verhütung mißbräuchlicher Auswüchse von Monopolrechten; in Canada schließlich, ist der Staat der Träger fast der gesamten Elektrizitätsversorgung. Diese Verschiedenartigkeit zeigt wohl am besten, daß die zweckmäßigste Lösung noch nicht gefunden ist. Zwar geht unverkennbar durch alle Kulturstaaten eine Tendenz zur Überführung der Elektrizitätswirtschaft in die öffentliche Hand. Gegen staatliche Beherrschung dieses Gebietes spricht jedoch der unvermeidlich hiermit verbundene Übergang zur bürokratischer und selbstherrlicher Genügsamkeit und die Gefahr einseitiger politischer Ausnutzung dieses wichtigsten modernen Produktionsmittels. Völlige Überlassung an das Privatunternehmertum ist diesem selbst nicht überall erwünscht. Die richtige Lösung scheint für europäsche Verhältnisse nach dem heutigen Stand der Entwicklung eine Kombination beider Unternehmerformen unter Vermeidung absoluter Vorherrschaft des einen oder anderen zu sein. Die Rollenverteilung wird zweckmäßig so erfolgen, daß im allgemeinen die Initiative und die Verwaltung der Unternehmungen dem privaten Partner, die Umgrenzung der Rechte und Pflichten, die Wahrnehmung des öffentlichen Interesses, tatkräftige Förderung und Unterstützung und Beteiligung am Ertrag der öffentlichen Hand zufällt.

Zur Außenpolitik ist ferner die Beschäftigung mit den Beziehungen der Elektrizitätsunternehmungen untereinander zu rechnen. Die hierbei auftretenden Fragen haben eine gewisse, wenn auch entfernte Ähnlichkeit mit den Problemen der Handelsvertragspolitik. Wie letztere den Schutz eigener und Gewinnung neuer Absatzgebiete, sowie den Austausch von Waren zum Gegenstand hat, so entsteht auch bei der Elektrizitätswirtschaft in immer größerem Umfange die Aufgabe, die Überschußenergie des einen Gebietes zu möglichst vorteilhaften Bedingungen in ein anderes zu übertragen und die im eigenen Gebiete fehlende oder nur unter ungünstigen Bedingungen durchzuführende Produktionsmöglichkeit durch Einfuhr zu ergänzen. Dazu bedarf es genau wie beim Güteraustausch ausreichender und rationell angelegter Verkehrswege. Ebensowenig wie es aber im zwischenstaatlichen Warenverkehr möglich und zweckmäßig ist, solche Verkehrswege auf Diktat einer übergeordneten Macht zu erzwingen, ebensowenig ist es auf dem Gebiete der Elektrizitätswirtschaft richtig, auf Grund theoretischer Schätzungen ausgedehnte Verbindungsleitungen durch staatliches Machtwort erstehen zu lassen, wie es jetzt in England geschieht. Etwas anderes ist es, eine bestimmte Entwicklungstendenz, die man für richtig erkannt hat, zu fördern und allmählich dem erwünschten Ziel entgegen zu führen, etwas anderes, dieses Endergebnis mit einem Schlage erzwingen zu wollen und damit jede andere Entwicklungsmöglichkeit auszuschalten. Diese und ähnliche Überlegungen sollten dazu führen, daß an die Aufstellung eines „Generalplanes" für die Elektrizitätswirtschaft, wie er in Österreich wiederholt verlangt und in Deutschland zur Zeit vorbereitet wird, mit großer Vorsicht herangegangen wird.

Eine Frage der äußeren und gleichzeitig der inneren Politik bildet die Energiebeschaffung. Die Unternehmungen stehen häufig vor der Entscheidung, ob die notwendigen Energiemengen im eigenen Betrieb erzeugt oder aber von anderer Seite bezogen werden sollen. Ist die Lösung dieser Frage schon für den einzelnen Unternehmer, insbesondere wenn er die künftige Entwicklung ins Auge faßt, oft recht schwierig und verantwortungvoll, so ist dies in noch höherem Maße bei der Elektrizitätswirtschaft eines Landes der Fall. In Österreich wie in allen wasserreichen Ländern wird immer wieder betont, daß der Ausbau der heimischen Wasserkräfte mit aller Energie gefördert werden müsse, damit die Einfuhr fremder Kohle erspart werden könne. Ja man sieht sogar die Zeit kommen, in der nach umfangreichem Ausbau der Wasserkräfte Energie exportiert werden könne. Diese Überlegung ist, ganz allgemein gesprochen, nicht ganz folgerichtig. Denn das kohlenexportierende Ausland wird in dem Maß, in dem der Kohlenexport zurückgeht, mit allen Mitteln die eigene Kohle auch zur Energieversorgung zu verwerten suchen und wird ebensowenig auf die Ausnutzung seiner Kohlenschätze verzichten wollen, wie die wasserreichen Länder auf den Ausbau ihrer Wasserkräfte. In der Tat wird denn auch bereits in verschiedenen Ländern die Frage des Einfuhrzolles für elektrische Energie erörtert. Es darf in diesem Zusammenhang an die letzte Weltwirtschaftskonferenz erinnert werden, in der erste Wirtschaftskenner sich sehr energisch gegen den jetzt überall bevorzugten Protektionismus ausgesprochen haben. Auch auf dem Gebiete der Energieerzeugung sollte diese Mahnung beherzigt werden. Genaueste Prüfung aller technischen, wirtschaftlichen und auch staatspolitischen Möglichkeiten ist erforderlich.

In der inneren Politik ist die größte Aufmerksamkeit den Beziehungen zwischen dem Abnehmer und dem Lieferer zu widmen. Das Ziel muß denkbar günstigste Ausnutzung der Betriebsmittel und damit der in ihnen angelegten Kapitalien sein. Das ist nicht nur im privatwirtschaftlichen sondern mehr noch im volkswirtschaftlichen Interesse notwendig. Mit allen Mitteln muß der Elektrizitätsverbrauch gefördert werden. Dazu ist entschlos-

Digitized by Google

sene, zielbewußte und energische Werbung notwendig. Gerade hieran läßt es die Elektrizitätswirtschaft der ganzen Welt, mit Ausnahme der Vereinigten Staaten, noch beträchtlich fehlen. Zwar gibt es in jedem Lande einzelne Verbände, Unternehmungen und Persönlichkeiten, die aus Überzeugung die Werbung systematisch betreiben. Die allgemeine Einstellung zu diesem Gebiet der inneren Elektrizitätspolitik muß aber leider vielfach als Gleichgültigkeit, Nachläßigkeit, ja sogar Ablehnung gekennzeichnet werden. Alle diejenigen, denen die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft am Herzen liegt, müssen aus wirtschaftlichen und kulturellen Rücksichten bestrebt sein, diese Einstellung zu überwinden; die Elektrizitätswerke, die fabrizierende Industrie, die Installateure, die Behörden müssen zusammenwirken, um die Überzeugung von der Notwendigkeit und dem Wert der Werbung zu einer allgemeinen zu machen.

Voraussetzung für den Erfolg der Werbung bildet eine vernünftige Preispolitik, das heißt eine Preispolitik, die bestrebt ist, dem Unternehmer, sei es Privatmann oder öffentliche Hand, einen ausreichenden Ertrag zu gewährleisten und den Abnehmer zu immer weiterer Anwendung der Elektrizität zu veranlassen. Es wird der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft nicht gedient, wenn aus den Kreisen der Verbraucher immer wieder die Forderung nach Verbilligung der Elektrizitätspreise erhoben wird und wenn diese Forderung von Behörden und Parlamentariern ohne genügende Sachkenntnis und ohne Untersuchung des Einzelfalles unterstützt wird. Die Elektrizitätsverbraucher können selbst sehr viel zur Erlangung günstiger Kreise durch intensiveren und der Eigenart der Elektrizitätserzeugung und Fortleitung mehr angepaßten Strombezug beitragen. Allerdings ist hierbei Voraussetzung, daß die Form der Preisstellung dies ermöglicht und begünstigt. Immer mehr bürgern sich derartige Preisformen ein, sei es, daß die Energiepreise nach der Zeit der Verwendung abgestuft werden, sei es, daß eine vom Verbrauch unabhängige Grundgebühr und nur ein sehr mäßiger Preis für die Kilowattstunde erhoben wird. Namentlich diese letztere Preisform gewinnt namentlich in Deutschand stetig an Boden, da sie dem Erzeuger eine gewisse Sicherung für einen Mindestertrag, dem Verbraucher aber die Möglichkeit gibt, durch intensive Ausnutzung den Durchschnittspreis abzusenken und die Elektrizität nicht nur zu Licht- und Kraft-, sondern auch zu Haushaltungs- und sogar auch zu Wärmezwecken in größerem Umfang zu verwenden. Gelingt es auf diese Weise die Ausnützung der Betriebsmittel, insbesondere der Leitungsanlagen zu steigern, so werden auch die schwerwiegenden Übertragungsverluste prozentual allmählich zurückgehen.

Wie bei jedem organischen Wirtschaftsgebilde, so gibt es auch bei den Elektrizitätswerken keinen Beharrungszustand. Zur Aufrechterhaltung der Entwicklung gehört wie bei jedem Organismus Nahrungszufuhr, die bei den Elektrizitätsunternehmungen in Gestalt neuen Aktienkapitals erfolgen muß. Voraussetzung für eine ausreichende Beschaffung ist ein genügender Ertrag, der vorhanden sein muß, gleichgültig, ob es sich um Unternehmungen der Privatwirtschaft oder der öffentlichen Hand handelt. Zur leichteren Kapitalbeschaffung haben die Unternehmungen sowohl im privatn wie im öffentlichen Besitz, zum überwiegenden Teil die Form der Aktiengesellschaft angenommen. Es erscheint heute beinahe als selbstverständlich, daß die öffentlichen Körperschaften und an ihrer Spitze der Staat, die Geldbeschaffung durch Übernahme von Bürgschaften, insbesondere bei Ausgabe von Obligationen erleichtern. Eine solche Bürgschaft ist für die übernehmende öffentliche Körperschaft risikolos, dem Unternehmen aber gewährt sie beträchtliche Vorteile durch Erleichterung der Geldbeschaffung und Verminderung der Zinsenlast und kommt so auch den Abnehmern zugute. Einen anderen sehr vorteilhaften Weg hat man seit einiger Zeit in Amerika eingeschlagen. Dort haben sich bereits seit dem Jahre 1914 die Unternehmungen erfolgreich bemüht, die Abnehmer selbst zur Finanzierung des Geldbedarfes heranzuziehen, indem sie durch eine ausgedehnte und systematische Werbung die Verbraucher veranlassen, Vorzugs- und Stammaktien des stromliefernden Unternehmens zu übernehmen. Ein neuerer Bericht über diese Beteiligung der Abnehmer, für die der Amerikaner das Schlagwort: „Customer ownership“ (Verbrauchereigentum) geprägt hat, teilt mit, daß Ende 1926 von dieser Geldbeschaffungsmethode 228 Gesellschaften Gebrauch gemacht haben und dabei rund 1 432 000 Aktionäre mit einer Kapitalsbeteiligung von über 1100 Mill. Doll. gewonnen haben. Der Vorteil dieser Finanzierungsmethode besteht nicht nur in der Verbreiterung des Geldmarktes, sondern es ist auch einleuchtend, daß die Abnehmer, die Teilhaber an dem Unternehmen sind, ihm viel interessierter und wohlwollender gegenüberstehen als bei uns, wo der Abnehmer in seinem Stromlieferanten vielfach geradezu nur einen Steuererheber sieht. Wenn auch die große Masse der Stromverbraucher bei uns durch den Krieg und seine Folgen zu sehr verarmt ist, als daß sie in größerem Umfang als Kapitalgeber in Frage kommen können, so sollten doch auch bei uns unter entsprechender Anpassung an die hiesigen Verhältnisse (Kleinaktie) derartige Methoden mit mehr Interesse geprüft und einzuführen versucht werden. In einer etwas anderen Weise hat man übrigens nach dem Vorbild des Elektrizitätswerkes Straßburg bei deutschen Elektrizitätswerken vor dem Kriege ähnliches versucht, indem man die Abnehmer veranlaßt hat, den Elektrizitätswerken größere Beträge zu überlassen, von denen in jedem Monat der Betrag der Stromrechnung abgeschrieben wurde, während das Elektrizitätswerk den Rest entsprechend verzinste. Einigen Unternehmungen gelang es, auf diese Weise recht beträchtliche Summen zu erhalten, die ihnen mindestens die Aufnahme fremder Kapitalien für Betriebszwecke ersparten.

Im Staatsleben bildet den wesentlichsten Teil

Digitized by Google

der Finanzpolitik die Steuerpolitik. Auf diesem Gebiete können die Elektrizitätswerke eine aktive Politik nicht entfalten, sie sind vielmehr in weitem Umfang und in vielfacher Weise Objekt der Steuerpolitik. Betrachtet man sie aber als gemeinnützige Unternehmungen, die sie in Wirklichkeit ja auch sind, so ist es inkonsequent, sie mit Steuern besonders zu belasten, die letzten Endes von den Abnehmern, also von der Allgemeinheit aufgebracht werden und im Strompreis sich auswirken müssen. Auf alle Fälle bedeutet es eine gefährliche Drosselung der Entwicklung, wenn die Elektrizität selbst, wie in manchen Staaten, als Steuerobjekt behandelt wird. Vielmehr sollte Befreiung der Elektrizitätswerke von den normalen Steuern in weit größerem Umfang wie bisher in Erwägung gezogen werden, womit Österreich in gewissen Fällen einen vielversprechenden und sicher für die Entwicklung höchst vorteilhaften Anfang gemacht hat. Schärfster Widerspruch muß aber dagegen erhoben werden, daß die Elektrizitätsunternehmungen, sei es in verschiedenen Gebieten eines Staates, sei es je nach der Art des Besitzers (ob privat oder öffentliche Hand) wie in Deutschland verschiedenartig besteuert werden. Ein solche Differenzierung ist ungerecht, lähmt den Unternehmergeist und schädigt die Entwicklung.

Dieser kurze Abriß über Elektrizitätspolitik zeigt, wie viel noch auf allen Gebieten zu tun bleibt. Rege, freudige, verantwortungsbewußte Zusammenarbeit aller, der Behörden, der Elektrizitätsunternehmungen, der Verbraucher, der Industrie ist erforderlich, um die Entwicklung so zu fördern, wie sie im Interesse des Volksganzen gelegen ist.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Die amerikanischen Elektrizitätswerke und Anlagen auf ihrer gegenwärtigen Entwicklungsstufe. Dem in Detroit vom 20. bis 24. Juni d. J. abgehaltenen Sommerkongreß des American Institute of Electrical Engineers wurden eine Reihe von Arbeiten vorgelegt, die sich mit sämtlichen Teilgebieten der theoretischen und praktischen Elektrotechnik beschäftigen. An dieser Stelle soll kurz nur über jene Arbeiten berichtet werden, die einen Überblick über den gegenwärtigen Stand des Kraftwerksbaues und Betriebes bieten.[1])

Die Verwendung von Kohlenstaubfeuerungen in Großkraftwerken macht sehr rasche Fortschritte; bereits 40 Werke mit 2·2 Mill. kW Maschinenleistung arbeiten mit kolenstaubbefeuerten Kesseln und Anlagen, weitere 440 000 kW sind in Ausführung begriffen. Neuerlich ist man mit Erfolg bemüht den Feuerrauminhalt zu verringern, was durch rasche Herbeiführung einer durchgreifenden Durchmischung vom eingeblasenen Kohlenstaub mit der Verbrennungsluft auch gelingt; diesfalls ist es möglich mit kleinerem Luftüberschuß zu arbeiten und so mit kleinerem Feuerraum das Auslangen zu finden. Auch die Anwendung der Luftvorwärmung und Wasserkühlung der Einmauerunng fördern diese Bestrebungen. Namentlich die Vorwärmung der Verbrennungsluft mittels der Kesselabgase hat durch die Einführung geeigneter Vorwärmer starke Verbreitung gefunden, in welchen der Wärmeinhalt der letzteren bis zu sehr tiefen Abgastemperaturen ausgenützt und derart auch der Gesamtwirkungsgrad der Kesselanlage weiter verbessert wird. Nichtsdestoweniger kann von einem bereits erlangten Übergewicht der Kohlenstaubfeuerungen noch nicht gesprochen werden und empfiehlt es sich, der weiteren Ausbildung der verschiedenen Rostarten nach wie vor große Aufmerksamkeit zu widmen, zumal es stets Fälle geben wird, wo solche mit Vorteil angewendet werden können. Insbesondere erscheint eine weitere Steigerung der je Flächeneinheit verbrennbaren stündlichen Brennstoffmenge erwünscht, um den Bedürfnissen der stets größeren Maschineneinheiten ohne allzugroße Vermehrunng der Zahl der einer Maschine zugeordneten Kessel entsprechen zu können. Die Zwischenüberhitzung des Arbeitsdampfes wird häufig und mit bestem Erfolg angewendet, doch scheint die Vornahme dieses Prozesses in den Kesseln selbst zufolge der Notwendigkeit langer Rohrleitungen hiefür und bei der Hin- und Rückleitung unvermeidlichen Druckverluste mit wärmewirtschaftlichen Nachteilen verbunden zu sein, welche in einer neuerstellten Anlage dadurch vermieden werden sollen, daß die Zwischenüberhitzung in der Nähe der Maschine selbst, durch Einleitung von Frischdampf bewirkt wird.

Als größte, in Ausführung begriffene Turbogeneratoren sind zu nennen eine 100 000 kVA Maschine mit 1500 U/min bei 0·9 Leistungsfaktor und eine solche von 75 000 kVA mit 1800 U/min, 0·8 Leistungsfaktor; die für das Hell-Gate-Werk[1]) bestimmte Maschine, welche 165 000 kW leisten wird, wird aus zwei 64 706 kVA und einem 57 647 kVA Generator bestehen, sämtlich 1800 U/min und 0·85 Leistungfaktor, ferner aus zwei Eigenbedarfsgeneratoren von je 4286 kVA. Die Maschinengruppen des State-Line-Kraftwerkes umfassen bei je 208 000 kW Gesamtleistung zwei Generatoren von je 72 941 kVA, einen von 89 412 kVA und zwei Eigenbedarfsmaschinen von je 5333 kVA, alle für 1800 U/min und $\cos\varphi = 0{\cdot}85$.[2]) Hand in Hand mit dem Wachsen der Maschinengröße erweist sich auch die Erhöhung deren Klemmenspannung als notwendig, um die Stromstärken noch in halbwegs erträglichen Grenzen zu halten; die erstgenannten 100 000 kVA Einheiten werden für 16·5 kV, die 208 000 kW Maschinen für 22 kV ausgeführt. Die Prüfspannung ist in der vorschriftsmäßigen Höhe, das ist doppelte Nennspannnung + 1 kV beibehalten.

Die Bemühungen zur Hebung der Gesamtwirschaftlichkeit der Dampfanlagen haben zum allmählichen Übergang zu 400° C als Dampftemperatur geführt, wogegen in Hinblick auf den zu wählenden günstigsten Druck keine Einigkeit herrscht; es kann wohl schon von drei ziemlich als normal geltenden Werten gesprochen werden, und zwar 98, 42 und 28 atü, welche mit höchtsens 5 bis 10 vH Abweichung in den neuen Anlagen anzutreffen sind. Als Beispiel für die bisher erzielte größte Wärmeökonomie wird das Columbia-Werk in Ohio genannt, wo im Jänner 1927 42·5 Mill. kWh bei 60·7 Belastungfaktor mit einem Aufwand von nur 3150 cal von den Sammelschienen geliefert wurden; die verfeuerte Kohle hatte einen Heizwert von 7800 cal, so daß der Kohlenverbrauch sich auf rund 0·4 kg/kWh stellte.[3])

Wenn auch beste Wärmewirtschaft bei mit Wasserkraftanlagen zusammenarbeitenden Spitzendeckungsanlagen keine so hervorragende Rolle spielt, darf sie doch nicht ganz außer Acht gelassen werden und ist es, wie das Beispiel des Holtwood Kraftwerkes

[1]) Nach El. World, Bd. 90, Nr. 1, Juli 1927. Vgl. a. den Aufsatz „Die Entwicklung der Elektrotechnik in Amerika im Jahre 1926" in Heft 16 d. J., S. 320.

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 440, 472; 1924, Das El.-Werk, S. 88.

[2]) Vgl. S. 811 d. H.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 27, S. 544.

Digitized by Google

der Pennsylvania Water & Power Co. zeigt, möglich, auch solche Werke bei zweckmäßiger Disposition mit erträglichem Wärmeaufwand zu betreiben. Das Werk enthält derzeit zwei 10 000 kW neunstufige Turbinengruppen für 23·8 atü Frischdampfspannung, 288° C Frischdampftemperatur und drei Entnahmestellen für Anzapfdampf für die Speisewasservorwärmung, nach der 3., 5. und 7. Stufe. Die Kesselanlage besteht aus drei Babcock-Wilcox-Steilrohrkesseln mit je 1306 m² Heizfläche, zu welcher noch die 72 m² betragende Fläche der mit Kesselwasser gespeisten Wand- und Bodenkühlung hinzukommt; die Kessel sind mit Kohlenstaubfeuerung ausgerüstet. Die Erzeugung im Jahre 1926 betrug 60·9 Mill. kWh, von welchen nach Abzug des 4·2 Mill. kWh betragenden Eigenverbrauches 56·7 Mill. an das Netz abgegeben wurden. Die Leistungsspitze erreichte 26 600 kW entsprechend einer 33 prozentigen Überlastung, der Jahresbelastungsfaktor 26·1 vH. Die stark veränderliche Belastung drückt sich in der Tatsache aus, daß im Juli über 10 Mill. kWh erzeugt werden mußten, wogegen im Oktober der Bedarf vermöge der guten Wasserverhältnisse auf 2·5 Mill. kWh sank. Der Wärmeaufwand betrug trotzdem im Jahresdurchschnitt bloß 5330 cal je abgegebene kWh, der beste im Wochendurchschnitt erzielte Wert sogar nur 4620 cal; der Jahresdurchschnittswirkungsgrad der Kesselanlage stellte sich auf 79·6 vH. Die Maschinen können verhältnismäßig rasch zur Kraftabgabe herangezogen werden, da bei regelrechtem Anlauf in 25 min ab Signalgebung die Parallelschaltung vollzogen sein kann; im Notfalle kann diese Zeit auf 15 min abgekürzt werden, wenn der während der Anlaufperiode mit 10 minutlicher Dauer vorgesehene Betrieb mit $^1/_3$ Drehzahl auf 5 min abgekürzt und die dann einsetzende Steigerung der Drehzahl statt innerhalb von 8 in 3 min bewirkt wird. In beiden Fällen soll die Maschine in 5 min ab Signalgebung anlaufen. Zum Vergleich sei erwähnt, daß die 94 U/min 13 500 PS Turbinen der parallel arbeitenden Wasserkraftanlage in 25 sec ab Signalgebung synchronisiert und aufs Netz geschaltet werden und es keiner vollen Minute bedarf, bis die Maschine voll belastet ist.

Im Bau von Transformatoren mit künstlicher Kühlung sind die vor zwei Jahren für eine Anlage in Japan gelieferten 28 000 kVA Dreiwicklungstransformatoren zwar, was die Leistung anlangt, durch die im Berichtsjahre erbauten 31 400 kVA Einphaseneinheiten übertroffen, doch bleiben erstere noch die die größten Massen aufweisenden Einheiten, bis sie den Vorrang an die in größerer Zahl in Herstellung begriffenen 33 333 kVA 220 kV Einphasentransformatoren werden abtreten müssen. Die Kühlung des Öles der letzteren wird mittels Radiatoren und künstlich verstärkter Luftzirkulation bewirkt. Als größte, vollkommen selbstkühlende Transformatoren können die kürzlich in Betrieb gesetzten Drehstromeinheiten von 25 000 kVA, 13/120 kV, 60 Per/s gelten. Diese sind bis 35 000 kVA überlastbar, wenn das Öl in derartigen Fällen in einem außenliegenden Kühler künstlich gekühlt wird.

Die Zahl und Verteilung der Isolatorenüberschläge auf die einzelnen Leiter wurde in einem ausgedehnten 140 kV-Netz in Michigan planmäßig untersucht und hiebei neuerlich festgestellt, daß diesen der oberste Leiter am meisten und der unterste am wenigsten ausgesetzt ist. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, sämtliche Leiter in einer Ebene nebeneinander, mit ausreichendem gegenseitigen Abstand und nur in der unbedingt notwendigen Höhe über Erde anzuordnen. Die Anordnung von Schutzhörnern scheint vom Standpunkt der Verschonung der Leiter von der Lichtbogeneinwirkung vorteilhaft zu sein, obwohl durch solche andererseits die Überschlagsspannung der Ketten etwas herabgesetzt wird. Lichtbogenunterdrücker scheinen die Zahl der Überschläge an der mittleren und untersten Leitung herabzusetzen, wogegen solche bei der obersten Leitung keine nennenswerte Verbesserung herbeiführen. Beschädigungen an Isolatoren unter Einwirkung des Lichtbogens sind nur in wenigen Fällen feststellbar gewesen. Verhältnismäßig viel Überschläge waren auch zwischen den unterhalb der Querarme von Abspann- und Eckmasten angeordneten Überbrückungsschleifen und den Querarmen selbst aufgetreten, was zu einer besonders sorgfältigen Ausbildung dieser Stelle und Wahl reichlicher Abstände mahnt. Die Messung von 567 auf der Leitung aufgetretenen Überspannungswellen atmosphärischen Ursprunges ergab Werte in der Höhe der 1·5- bis 10-fachen Betriebsspannung, wobei aber fast die Hälfte die untere Grenze nicht überschritten hat. Die induzierten Ladungen erreichen ein Spannungsgefälle von 100 bis 165 kV/m Höhe der Leitung über Boden.

Dr. B.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die Verheizung geringwertiger wasserreicher Kohlen mit dem Pluto-Stoker-Spezialrost. Von Ing. A. Schwartz. Bei der Neuaufstellung zweier Kessel von je 760 m² Gesamtheizfläche (440 m² Kessel- und 320 m² schmiedeeiserne Vorwärmerheizfläche) mit einem Überhitzer von 175 m² und einem gußeisernen Ekonomiser von 300 m² im Kraftwerk Ebenfurth der Wiener Städtischen E. W. im Frühjahre 1925 stand nur die gleiche Feuerraumbreite zur Verfügung wie bei den bisherigen, mit normalen Pluto-Stokern ausgerüsteten 500 m² Kesseln und es konnte die für die Höchstdampferzeugung von 20 000 kg/h erforderliche Rostvergrößerung nur durch Verlängerung der Roste erzielt werden. Im Hinblick auf die Verfeuerung von Lignit von 2000 WE Heizwert und die dadurch bedingte Rostbelastung von 700 000 WE/m² und h mußte mit einer Brennstoffschicht von 50 bis 60 cm gerechnet werden. Dabei war aber zu erwarten, daß der sehr feuchte Brennstoff nicht bis auf den Rost durchzünden und viel Unverbranntes mit der Schlacke abgehen, also die verlangte Rostleistung nicht sicher erreicht werden würde. Es wurde daher dem eigentlichen Rost ein bewegter Trockenrost vorgeschaltet, der aus einzelnen Rahmen besteht, in die Schamottesteine eingesetzt werden. Die Rahmen machen gegeneinander eine hin- und hergehende Bewegung und haben auch eine gegenläufige Bewegung gegenüber dem Hauptrost, der aus den bekannten Hohlroststäben mit treppenartigem Belag besteht. An ihn schließt sich der ebenfalls bewegliche Schlackenrost an. Der Trockenrost erhält nur wenig Luft, auf ihm findet nur eine Trocknung und starke Durchwärmung des Brennstoffes statt. Beim Übergang vom Trocken- zum Hauptrost wird infolge der gegenläufigen Bewegung beider der Brennstoff durchgemischt, so daß die ganze Schicht in Brand kommt. Versuche, die von der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft nach einjährigem Betriebe durchgeführt wurden, ergaben bei 30 m² Rostfläche eine Gesamtausnutzung des Brennstoffes von 2392 WE ob. HW und 2015 WE unt. HW im Kessel, Überhitzer und gußeisernen Ekonomiser von 80·1 vH. Es wurden dabei je m² Rostfläche und Stunde 355·4 kg Kohle verfeuert (716 100 WE Rostbelastung), und je m² Gesamtheizfläche des Kessels und Stunde 35·3 kg Dampf (auf 0° und 100° reduziert) erzeugt, bezw. rund 60 kg (!), wenn nur die eigentliche Kesselheizfläche gerechnet wird, oder 2·52 kg Dampf je kg Brennstoff. Der mittlere Dampfdruck war 14·9 atü, die Dampftemperatur 315°, die Speisewassertemperatur vor dem gußeisernen Vorwärmer 40·8°, die Abgastemperatur nach dem Ekonomiser 161°, der Kohlensäuregehalt nach dem Kessel 12·1 vH. Durch die Vorschaltung des Trockenrostes erscheint der Pluto-Stoker befähigt, auch bei geringwertigem, feuchtem Brennstoff sehr hohe Rostleistungen zu ermöglichen.

(Z. d. Dampfkesselunters. u. Vers.-Ges., 52. Jahrg., Heft 5, 1927.)

Der schädliche Einfluß der Dampfnässe in Dampfturbinen. Dr. v. Freudenreich. Die Bremswirkung des Wassers wird aus den Geschwindigkeitsdreiecken der Überdruckstufe unter Zuhilfenahme der Parsonschen Kennzahl als Funktion des Verhältnisses „Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus dem Leitrad zur Austrittsgeschwindigkeit des Dampfes", ermittelt. Mit der maxi-

Digitized by Google

malen Tropfengröße, die sich aus der kapillaren Oberflächenspannung eines Wassertropfens unter Berücksichtigung von eigenen Versuchsergebnissen errechnet, wird die Bewegungsgleichung eines Tropfens aufgestellt und daraus die Bremsleistung des Wassers bestimmt. Durch Vergleich der theoretischen Kupplungsleistung mit der bei verschiedenen Admissionsdrücken am Prüfstand bei einer bestimmten Turbine tatsächlich gemessenen ersieht man, daß von der rechnerisch ermittelten maximalen Bremsleistung des Wassers in Wirklichkeit nur $^2/_3$ auftreten, d. h. daß die Tropfengröße im Mittel kleiner ist als angenommen wurde. Der durch das Wasser in den letzten Stufen verursachte Verlust beträgt nach den Versuchen bei einer Frischdampftemperatur von 219° C 11·2 vH der Leistung an der Kupplung und bei 333° nur noch 2·7 vH. Um die schädlichen Wirkungen zu vermeiden sind drei Wege möglich: 1). Erhöhung der Frischdampftemperatur, 2.) Zwischenüberhitzung des Dampfes, 3. Entfernung des Wassers aus der Turbine. Die einfachste Lösung dürfte der letztere Weg sein.

Stip.

(BBC-Mitteilungen, Jahrg. 14, Heft 5, Mai 1927.)

Maschinenelemente.

Armierte Stahlrohre geben nach G. Ferrand bei Hochdruckwasserkraftwerken eine bedeutende Gewichtsersparnis. Über ein mit Wassergas geschweißtes oder ein nahtloses Rohr werden zähe, nahtlose Stahlringe in bestimmten Abständen gezogen. Das Rohr wird zwischen den Ringen leicht gewellt. Ist die Tiefe der Wellung 0·054 des Rohrdurchmessers, so sind die Rohrreibungsverluste 1·26 mal so groß, wie jene des glatten Rohres. Ist sie 0·0075 des Rohrdurchmessers, so ergibt sich derselbe Rohrreibungsverlust, wie beim glatten Rohr. Die Herstellung der Rohre erfolgt durch Aufschieben der Ringe auf das glatte Rohr, wozu die Ringe etwas weiter als der Rohraußendurchmesser sein müssen. Darauf wird das Rohr während etwa 5 Minuten durch den 2·5 fachen Betriebsdruck aufgebläht, indem es zwischen Querhaupt und Tisch einer hydraulischen Presse eingespannt wird. Der 2·5 fache Betriebsdruck, er ist gleichzeitig der Rohrprobedruck, erzeugt die erforderlichen bleibenden Deformationen. Ein geschweißtes Rohr von 10 mm Wandstärke und 600 mm Lichtweite, armiert mit Ringen von 30×37 mm² Querschnitt, die in Mittelentfernungen von 100 mm aufgesetzt wurden, wurde mit 260 at auf vorbeschriebenem Wege erzeugt und ist daher einem Betriebsdrucke von 105 at gewachsen. Ein gleichwertiges glattes Rohr würde 40 mm Wandstärke erhalten, wäre demnach rund doppelt so schwer. Die Verbindung der einzelnen Schüsse erfolgt durch Überwurfflanschen. β.

(La Houille blanche, 26. Jahrg., Nr. 204, 1927.)

Verbesserung der Rechenreinigung im Kraftwerke Rheinfelden. Dr. R. Haas und S. Bitterli, Rheinfelden, erwähnen, daß im Kraftwerk Rheinfelden sich durch den Rechen ein Jahresverlust von 5 Mill. kWh ergab. Zeitweise mußten täglich 235 m³ Laub weggeschafft werden, wozu 80 bis 100 Mann erforderlich waren. Daher wurde 1911 eine maschinelle Rechenreinigung mit 4 m breitem Putzrechen aufgestellt, die jedoch nicht tief genug griff, so daß die Reinigung unvollständig war. Insbesondere konnte bei der nur 2·5 m breiten Rechenbrücke das gehobene Schwemmsel bei starkem Laubgange nicht fortgeschafft werden, wodurch die Brücke verlegt wurde. Eine neue Rechenreinigungsmaschine, System Jonnert, Genf, führt den mit einer Schaufel versehenen Putzwagen am Rechen auf und ab und entleert denselben in eigene Transportwagen, die das Schwemmgut wieder ins Unterwasser abführen. Der 135 m lange Rechen kann hiedurch bei guten Verhältnissen in einer Stunde gereinigt werden. Bei großem Andrang der Schwemmstoffe ist mehr Zeit erforderlich, da dann eine Stelle zwei- oder mehrmals hintereinander befahren werden muß, so daß die Aufstellung einer zweiten Maschine beschlossen wurde. Bei einer Bedienungsmannschaft von 5 bis 20 Mann kann der jährliche Gewinn gegen früher auf 2 Mill. kWh geschätzt werden. β.

(Schweizerische Wasserwirtschaft, 19. Jahrg., Nr. 4, 1927.)

Stromverteilung.

Das neue Umspannwerk Regensburg beschreibt M. Wilhelm. Es ist durch seine Bauweise bemerkenswert, die ein Mittelding zwischen Hallen- und Zellensystem darstellt. Die einzelnen Felder sind nämlich gegen die Nachbarfelder wohl durch Zellenwände abgeschlossen, doch sind die einzelnen Stockwerke nicht mittels durchlaufender Zwischendecken getrennt, sondern bloß durch die Fußböden der Bedienungsgänge, so daß der Durchblick innerhalb eines Feldes durch sämtliche Stockwerke möglich ist und insbesonders vom Ölschalterbedienungsgang alle zu dem gleichen Feld gehörenden Trennschalter gesehen werden können. Das Umspannwerk enthält derzeit drei Transformatoren je 1250 kVA, 35/10 kV. Sämtliche Ölschalter sind in Explosionskammern eingehängt, deren Decke auf der 35 kV-Seite für 2·5 t, auf der 10 kV-Seite für 1·5 t bemessen ist, während die Schalterdeckel selbst 30 at aufnehmen können. Das Einschalten geschieht durch einen Kraftspeicher, dessen Spiralfedern durch einen Motor aufgezogen werden müssen, was 30 bis 45 sec dauert. Die Vorstufenwiderstände sind bei den 35 kV-Schaltern außerhalb, bei den 10 kV-Schaltern im Kessel angeordnet. Die Transformatorenkammern sind so groß bemessen, daß bis zu 4000 kVA darin untergebracht werden können; ihr Boden ist mit Stahlbeton (Stahlspäne und Zement) vergossen, auf welchem die Transformatoren ohne Schienen laufen; daher können alle Spurweiten verwendet werden. Das Umspannwerk dient zur Versorgung der Stadt Regensburg aus den Anlagen des Bayernwerkes, neben welchen es unmittelbar steht. Eine Erweiterung für Zwecke der Oberpfalzwerke A.-G. ist vorgesehen. A. Fr.

(Elektro-Journal, 7. Jahrg., Heft 10, Mai 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Gleichstromkabel für 150 kV. Auf der Strecke Lyon—Moutiers wird nach einem von Thury bereits 1902 vorgeschlagenen Verfahren Energie in Form von hochgespanntem Gleichstrom übertragen. Auf einem 27 km langen Teile dieser Strecke wurde nun vor etwa einem Jahre die Freileitung durch zwei parallel gelegte Kabel ersetzt, da sich die Behebung von Störungen an der Freileitung auf der gebirgigen Strecke allzu mühsam erwiesen hat. Die Kabel haben einen Kupferquerschnitt von je 150 mm². Sie können 150 A aufnehmen und werden mit zirka 19 kV je mm maximaler Feldstärke beansprucht. Die Isolation besteht aus getränktem Papier, der Metalleiter aus einem regulären Kupferseil. Jede der 200-m-Längen wurde in der Fabrik mit 300 kV Gleichstrom durch 10 Minuten geprüft. Nach der Verlegung wurde das Kabel mit 200 kV Gleichstrom durch eine Stunde geprüft. Während des ersten Betriebsjahres hat sich keine wie immer geartete Störung ergeben. (Kabel für hochgespannten Gleichstrom gibt es schon seit langer Zeit, zum Beispiel das Kabel des Netzes der Western Area für 100 kV seit 1913. Der Ref.) Dr. Konst.

(Le Génie Civil, Bd. 90, 554, 1927.)

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien. V., Wiedner Hauptstraße 92.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 2. Oktober 1927 | Heft 40

INHALT: Der Einfluß von Pollücken auf die Spannungscharakteristik durch Querfeld regelbarer Einankerumformer. Von Dr. techn. Rudolf Meller, Linz a. d. D. S. 829. / Neuerungen auf dem Gebiete der Isoliermitteltechnik. Von Dozent Dr. K. Konstantinowsky, Bratislava. S. 831.
RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 839. Maschinenelemente. S. 839. / Schaltanlagen, Schalt- u. Sicherungsgeräte S. 839. / Stromverteilung S. 840.
PATENTBERICHT. S. 841.
CHRONIK. S. 842.
LITERATURBERICHTE. S. 842.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 843.

Der Einfluß von Pollücken auf die Spannungscharakteristik durch Querfeld regelbarer Einankerumformer.

Von Dr. techn. Rudolf **Meller**, Linz a. d. D.

Der Einfluß der Pollücken bei Synchronmaschinen auf das Stromdiagramm und die Kippgrenze ist in dieser Zeitschrift bereits von mehreren Autoren ausführlich behandelt worden.[1])

Die primäre Seite eines leerlaufenden, gleichstromerregten Einankerumformers stellt insoferne auch eine Synchronmaschine dar, als dieselbe motorisch die Eisen- und Reibungsverluste zu decken hat. Hier interessiert aber weniger die Kippgrenze als der Einfluß auf das Strom- bzw. Amperewindungsdiagramm, welches uns die Spannungscharakteristik abzuleiten gestattet. Das Strom- und Amperewindungsdiagramm für die Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen wurde unter Vernachlässigung der Ohmschen Spannungsabfälle in den Arbeiten von Krapp und Mandl in einer Form angegeben, welche eine direkte Anwendung auf den gewöhnlichen Einankerumformer gestattet. In Abb. 1 sei dieses Diagramm in Ergänzung zur letzten Veröffentlichung des Verfassers[2]) für den gewöhnlichen Einankerumformer wiederholt und entsprechend den dort auftretenden Feldern ergänzt. Es stellen dar:

$\overline{0,1}$ den AW-Scheitelwert des primären Leerlauffeldes in Gegenfeldstellung,

$\overline{0,8}$ den AW-Scheitelwert des primären Leerlauffeldes in Querfeldstellung zum Außenpolkranz,

$\overline{0,2}$ den AW-Scheitelwert des Verluststromes (entsprechend den Eisen- und Reibungsverlusten des Umformerankers),

$\overline{3,5}$ den AW-Scheitelwert des Gleichstromerregerfeldes,

$\overline{0,3}$ den AW-Scheitelwert des primär aufgenommenen Leerlaufstromes.

Vektor $\overline{1,5}$ rührt von den Reaktionskräften der Pollücken des Außenpolkranzes her. Wie der Richtungssinn dieses Vektors zeigt, unterstützen im gegebenen Falle die Reaktionskräfte den Synchronlauf des Umformers. Verkleinern wir nun die Gleichstromerregung $\overline{3,5}$ immer mehr bis auf Null, so rücken die Diagrammpunkte 3 und 5 nach 3' zusammen und der Umformer bleibt weiterhin in Tritt, solange der Kreis über $\overline{1,8}$ als Durchmesser die durch Punkt 2 parallel zu $\overline{0,1}$ gezogene Verlustgerade schneidet. Dieser Kreis ist der geometrische

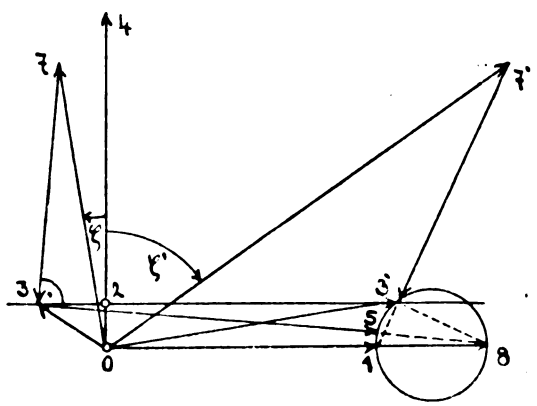


Abb. 1. AW-Diagramm des üblichen Einankerumformers mit Stromwendepollücken.

Ort aller Vektorendpunkte 5 und stellt das Kreisdiagramm der unerregten, widerstandslos gedachten Reaktionsmaschine dar. Wir wollen ihn in Hinkunft kurz als Reaktionskreis bezeichnen. Seine theoretischen Ableitungen sowie die experimentelle Bestätigung hiezu sind in den eingangs zitierten Arbeiten zu finden. Bei Belastung treten noch die sekundären Gleichstromanker-AW $\overline{7,3}$ bzw. $\overline{7',3'}$, hiezu, deren Vektorrichtungen auf $\overline{3,8}$ bzw. $\overline{3',8}$ normal stehen. Endlich ergeben sich die primären Lastankerfeld-AW $\overline{0,7}$ bzw. $\overline{0,7'}$, welche mit dem Spannungs-Vektor $\overline{0,4}$ den

[1]) Brüderlin, E. u. M. 1924, S. 553; Lammeraner, E. u. M. 1924, S. 614; Brüderlin, E. u. M. 1925, S. 781; Krapp, E. u. M. 1926, S. 93; Richter und Timascheff, E. u. M. 1926, S. 185; Siegel, E. u. M. 1927, S. 1; Mandl, E. u. M. 1927, S. 181.

[2]) „Betrachtungen über Einankerumformer an Hand eines einfachen AW-Vektordiagramms", E. u. M. 1927, Heft 32, S. 649 ff.

Digitized by Google

primären Phasenverschiebungswinkel φ bezw. φ' bestimmen.

Nach diesen vorbereitenden Ausführungen können wir auf die durch Querfeld spannungsregelbaren Einankerumformer übergehen, und zwar wählen wir zuerst den Umformer mit Hauptfeldnebenschlußerregung. Sein einfaches AW-Diagramm, gültig für Umformer o h n e Pollücken, ist aus den Abb. 11 und 12 der früheren Arbeit des Verfassers bereits[3]) bekannt und wir wollen es

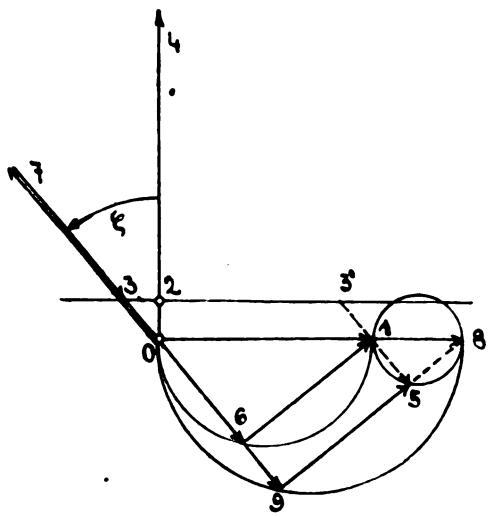


Abb. 2. AW-Diagramm des regelbaren Einankerumformers mit Hauptfeldnebenschlußerregung und Stromwendepollücken.

in Abb. 2 mit dem Reaktionskreise für vorgesehene Pollücken in den Stromwendezonen noch ergänzen. Wir wählen dabei die Hauptfelderregung so, daß sie bei höchster Gleichspannung, das ist in Gegenfeldstellung, gerade die zugehörigen Leerlauffeld-AW $\overline{0,1}$ deckt. Für den gezeichneten Regulierfall stellt dann Vektor $\overline{6,1}$ die Hauptfelderregung in Größe und Richtung dar. Um den Diagrammpunkt „5" auf dem Reaktionskreise zu finden, legen wir durch 8 eine Parallele zu $\overline{6,1}$ als Hauptfeldrichtung

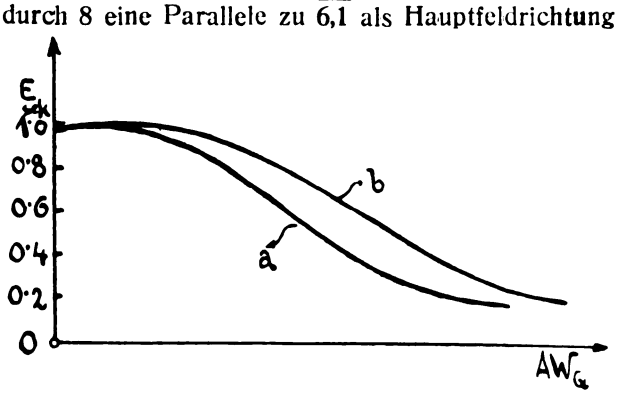


Abb. 3. Regelspannungscharakteristik zu Abb. 2.

und bringen sie mit dem Kreise zum Schnitt. An diesem Schnittpunkte muß der Vektor der Hauptfelderregung enden. Seine Größe $\overline{6,1}$ hat sich dabei nicht geändert. Wir erhalten somit $\overline{9,5}$ als nun gültigen Vektor für die Hauptfelderregung und $\overline{3,9}$ als gesuchten Vektor der Querfelderregungs-AW. Beide stehen aufeinander normal, sodaß der neue Diagrammpunkt „9" ebenfalls auf einem Halbkreise über $\overline{0,8}$ zu liegen kommt. Trotz der Pollücken decken sich wieder die primären und sekundären Strombänder in der Ankerwicklung für alle Regelfälle vollständig und die geringstmöglichen Ankerkupferverluste sind gewährleistet. Aus dem eben behandelten AW-Diagramm wurde in Abb. 3 die Gleichspannung in Abhängigkeit von der Querfelderregung für den Fall ohne Pollücken (Kurve *a*) und für den Fall mit Pollücken (Kurve *b*) einge-

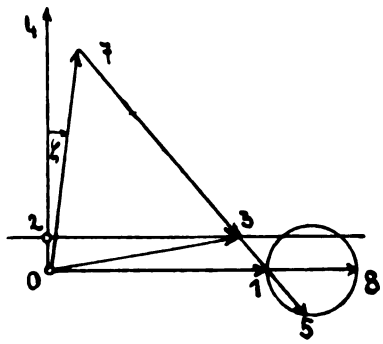


Abb. 4. AW-Diagramm des regelbaren Einankerdrehfeldumformers mit Stromwendepollücken.

tragen. Man erkennt, daß beide Kurven ähnlich verlaufen und daß die Pollücken nur eine Verstärkung der Querfelderregung erfordern.

Halten wir den Regulierfall in Abb. 2 fest und verringern wir jetzt die Hauptfeldnebenschlußerregung (prop. $\overline{6,1} = \overline{9,5}$) bis auf Null, so wandert der Vektor $\overline{3,9}$ der Querfelderregung nach $\overline{3',5}$, so haben wir bereits das AW-Diagramm des Ein-

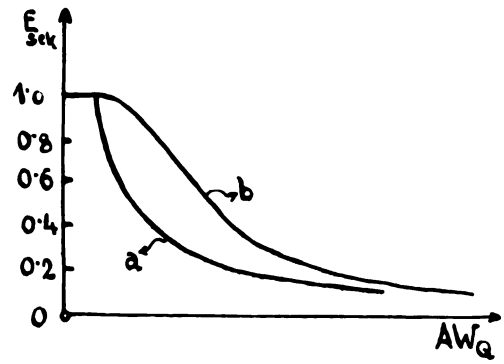


Abb. 5. Regelspannungscharakteristik zu Abb. 4.

ankerdrehfeldumformers mit reiner Querfelderregung und Pollücken in den Stromwendezonen vor uns. Abb. 4 zeigt dasselbe Diagramm für Sekundärlast. Bei der gewählten Größe des Reaktionskreises würde auch dieser Umformer ohne jegliche Felderregung als Reaktionsmaschine im Tritte bleiben.

In Abb. 5 sind wieder die zugehörigen Spannungscharakteristiken analog Abb. 3 eingetragen. Die Kurve *a* ist eine gleichseitige Hyperbel. Die Kurve *b* weicht diesmal stärker ab und entspricht

[3]) l. c. S. 654 und 655.

Digitized by Google

der Erregerstrom - Spannungscharakteristik eines Kinoumformers.[4])

Solange es sich nur um die Regelung der Gleichstromspannung handelt, sind Abweichungen in der Charakteristik belanglos. Wird aber wegen konstanter Leistungsabgabe eine hyperbelförmige Charakteristik gewünscht, so müssen die Reaktionen der Pollücken möglichst unterdrückt werden.

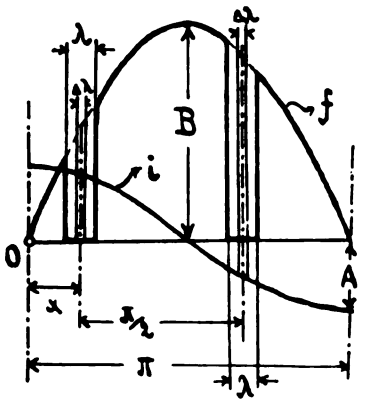


Abb. 6.

Ein sehr wirksames Mittel, welches allerdings die Modelleistung etwas herabsetzt, besteht darin, daß man, um 90° elektrisch gegen die Stromwendepollücken versetzt, weitere, gleich große Pollücken anordnet. Ihre Wirkungsweise wird aus Abb. 6 klar. Die Sinuskurve *f* stelle die Feldverteilung und die Cosinuskurve *j* die ideelle Stromverteilung für eine Polteilung des Ankerumfanges dar. Die Pollücken von der Breite λ seien um x und $x+\frac{\pi}{2}$ vom Ursprunge entfernt angeordnet. Sie mögen das Feld in ihrem Bereiche wie angedeutet, vollkommen auslöschen. Dann entfallen folgende Umfangskräfte, wenn wir vorläufig die geringe Breite $\Delta\lambda$ statt λ annehmen:

$$k.\Delta\lambda\left[B\sin x.A\cos x+\right.$$
$$\left.+B\sin\left(x+\frac{\pi}{2}\right).A\cos\left(x+\frac{\pi}{2}\right)\right]=$$
$$=C.\Delta\lambda[\sin x\cos x-\cos x\sin x]=0.$$

Wir können uns jetzt die Breite λ aus vielen schmalen Streifen $\Delta\lambda$ zusammengesetzt denken und finden, daß die um $\frac{\pi}{2}$ versetzten, einzelnen Streifen $\Delta\lambda$ einander in der Wirkung gegenseitig aufheben; also müssen sich auch die Pollücken in ihrer gesamten Breite gegenseitig aufheben. Vorausgesetzt ist dabei wohl, daß die Zahnsättigungen in mäßigen Grenzen bleiben, sonst treten neuerliche magnetische Sättigungsreaktionen hinzu. Bei einer solchen Anordnung ist aber auch die Gegenfeldstellung gleichwertig mit der Querfeldstellung und muß der Reaktionskreis zu einem Punkte zusammenschrumpfen. Durch stärkere Jochsättigung des äußeren Polkranzes läßt sich übrigens eine ähnliche Wirkung erzielen.

[4]) E. u. M. 1926, S. 659, Abb. 6.

Neuerungen auf dem Gebiete der Isoliermitteltechnik.

Bericht über die 4. Tagung der Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension in Paris.

Von Dozenten Dr. K. **Konstantinowsky**, Bratislava.

Die Isoliermitteltechnik, die Hochspannungskabel-Technik und die Technik des Überspannungsschutzes und des Überstromschutzes haben auf der diesjährigen Tagung der Internationalen Konferenz für Hochspannungskraftübertragung[1]) ein internationales Verständigungsfeld gefunden und die vorgelegten Referate und Arbeiten waren sowohl der Zahl als auch dem Inhalte nach von der allergrößten Bedeutung.

Im Nachstehenden wird ein kurzer Auszug der auf dem Gebiete der Isoliermitteltechnik auf der Konferenz vorgebrachten Neuerungen vom Berichtenden wiedergegeben.

I. Isolier-Mittel.

A. Öle.

Auf dem Gebiete der Prüfung, Untersuchung und Qualifizierung von Ölen für elektrotechnische Zwecke scheint es noch nicht entschieden zu sein, ob die Konferenz oder die I. E. C. oder beide parallel an diesen Fragen arbeiten sollen.

Dr. Michie und C. Le Maistre (England) suchen die Ansicht zu begründen, daß die Frage nur von der I. E. C. bearbeitet werden solle; E. Pellissier, H. Weiss und T. Salomon (Frankreich) bearbeiten sowohl in der I. E. C. als auch in der Conférence diese Frage.

[1]) Vgl. Heft 6 d. J., S. 119.

Es scheint nicht besonders schwierig zu sein, die Vorschriften der verschiedenen Länder über die Bestimmung der Viskosität, des Flammpunktes, des Tropfpunktes, der Durchschlagsfestigkeit usw., unter einem Hut zu bringen, also gewissermaßen ein internationales Pflichtenheft für Öle zu schaffen; hingegen scheinen sich einer Einigung über die Beurteilung der Veränderlichkeit der Öle mit der Zeit bedeutende Schwierigkeiten in den Weg zu stellen.

H. Weiss und T. Salomon suchen nach neuen Versuchsmethoden, bei welchen die Veränderung der Öle, wie sie in praktischen Betriebe vor sich geht, aber im beschleunigten Tempo nachgeahmt werden kann. Sie bestimmen: 1. die Geschwindigkeit der Säurebildung, 2. die Zeitdauer bis zur Bildung des ersten Satzes und 3. die Geschwindigkeit der Satzbildung.

E. Pellissier hat es übernommen, das Verhalten der von den vorgenannten Autoren untersuchten Öle in der Praxis zu erforschen. Er führt dies in der Art durch, daß er Transformatoren verschiedener Typen (Größen) nach gründlicher Reinigung mit reinen pennsylvanischen, russischen und Texas-Ölen oder mit be-

Digitized by Google

stimmten Gemischen aus solchen nach einem ganz bestimmten Plane füllt. Hiedurch und ferner dadurch, daß er die verbrauchten Ölmengen durch die bereits im Transformator enthaltenen Ölsorten einerseits oder aber durch andere fremde Sorten andererseits ergänzt, hofft Pellissier die bisher unbeantwortete, für den praktischen Betrieb aber sehr wichtige Streitfrage zu lösen, ob man bei der Nachfüllung von Transformatoren strenge daran gebunden ist, stets mit derselben Ölsorte nachzufüllen. Aus der Diskussion dieser Frage ergibt sich (W. E. Freir, England), daß die Frage der Verwendbarkeit von Ölen für elektrische Zwecke zum größten Teile eine Frage der Aufarbeitung des Öles sei und daß der Preis eines Öles in gar keinem Zusammenhange mit der Güte des Öles für elektrotechnische Zwecke stehe. G. H. Nash (England) geht sogar soweit, zu behaupten, daß unsere Bestrebungen, durch Raffination ein für elektrische Zwecke höherwertiges Öl zu erhalten, vielleicht Irrwege sind. Er erinnert daran, daß eigentlich die Gewinnung der Öle und zum größten Teile auch ihre Aufarbeitungsmethoden ursprünglich ganz andere Zwecke hatten, nämlich die, Betriebsstoffe für Heiz- und Beleuchtungszwecke zu schaffen und daß die elektrotechnischen Öle neben diesen Verwendungsarten immer eine nebensächliche Rolle gespielt haben. Er hat sich daher die Frage vorgelegt, was eigentlich dem Öle die vom Elektrotechniker erwünschten isolierenden Eigenschaften gibt. Das Laboratorium der Standard Telephones et Cables Ltd. (früher Western Electric Co) arbeitet zwar seit mehr als Jahresfrist an der Beantwortung dieser Frage, hat aber diese Arbeiten noch nicht abschließen können. T. N. Riley (England) verweist gegenüber den verhältnismäßig komplizierten chemischen Prüfmethoden, nach welchen die Veränderungen der Öle heute untersucht werden, auf die einfachen Untersuchungsmethoden in der Verlustwinkelbrücke bei technischen oder Hör-Frequenzen hin. Nach seiner Erfahrung gehen die Schlammbildung und die Veränderung des Verlustwinkels Hand in Hand, doch ist die Verlustwinkeländerung zeitlich viel früher nachweisbar als die Schlammbildung.

Das polnische elektrotechnische Komitee schlägt vor, in den internationalen Vorschriften für Öle zwei Typen zu unterscheiden, nämlich eine Type A mit einem Stockpunkt bei zirka — 5° C und eine Type B mit einem viel niedrigeren Stockpunkte, etwa bei — 27° C. Die Type A könnte bei allen Installationen in Innenräumen und bei solchen im Freien in Verwendung kommen, wo Temperaturen unter Null Grad nicht auftreten, während die Type B überall verwendet werden kann, jedoch verwendet werden muß bei Ölschaltern oder bei Transformatoren mit intermittierendem Betrieb, welche so im Freien installiert sind, daß Temperaturen unter dem Gefrierpunkte auftreten können.

B. Theoretische Arbeiten über Isoliermittel.

Schöne Experimente über das Verhalten von Ölen oder anderen flüssigen Dielektriken unter der Einwirkung starker inhomogener elektrischer Felder zeigte P. Dunsheath (England) in Form eines Filmes. Freibewegliche Körperchen von höherer Dielektrizitätskonstante werden im inhomogenen Felde in das Gebiet größter Feldstärke gezogen, während umgekehrt beispielsweise in Öl aufsteigende Luftblasen, welche ohne Feld zwischen zwei Kugel-Elektroden vorbeistreichen, am Eintreten zwischen die beiden Kugeln behindert werden, wenn an die beiden Kugeln ein (Gleich- oder Wechselstrom-) Feld von genügender Stärke angelegt wird. Andere Teile des Filmes zeigten Luftblasenbildung in Ölen unter der Einwirkung von sehr starken und inhomogenen Feldern (Emanueli), das Ansteigen von Öl entlang Nadeln unter Einwirkung von Feldern, ferner die für die Technik der imprägnierten Stoffe wichtige Tatsache, daß das Öl oder ein anderes genügend flüssiges Imprägniermittel in der Nähe der Elektrode unter der Einwirkung starker inhomogener Felder weggeschleudert wird.

Über die allgemeinen Vorgänge, welche sich in Dielektriken unter der Einwirkung elektrischer Felder abspielen, versuchte A. Smouroff (Rußland), durch Heranziehung von Vorstellungen über die Konstitution der Atome und Moleküle ein Bild zu geben. Er kommt unter anderem zu dem Schluße, daß ein Körper umso durchschlagsfester sein müsse, aus je mehr Atomen er zusammgesetzt sei. Dr. Konstantinowsky (Tschechoslowakei) widerspricht dem und verweist darauf, daß ein Großteil der Ergebnisse von Smouroff schon durch die Arbeiten von Rogowski über die elektrischen Festigkeiten fester Isoliermittel überholt sei.

Bei technischen Isoliermitteln sind es namentlich zwei Arten von Störungen, welche im elektrischen Wechselfelde erhöhte Verluste und als eine Folge derselben vorzeitige Durchschläge mit sich bringen, nämlich Luft- oder Gaseinschlüsse einerseits und mangelnde Trocknung andererseits. Namentlich die Lufteinschlüsse oder Hohlraumbildungen im technisch hergestellten Isoliermittel sind, seitdem man ihre Schädlichkeit erkannt hatte, der Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. Nach E. S. Lee (U. S. A.) konnte ein zirka 3 m langes 12 kV-Kabel, dessen 7 mm starke Isolierschichte mit einem leichtflüssigen Compound getränkt war, bei der Temperatur von 25° C bloß 45 Stunden unter Spannung von 44 kV gehalten werden; hingegen konnte ein Stück gleichen Kabels über 2500 Stunden bei 80° C dieser Spannung unterworfen werden, ohne daß es zum Durchschlage gekommen wäre. Nach Herabsetzung der Temperatur auf 25° C schlug das Kabelstück nach wenigen Stunden durch. Dieses interessante Experiment läßt wohl nur die Deutung zu, daß die bei 40° schmelzende Tränkmasse bei höheren Temperaturen die Hohlräume ausfüllt, die bei niedrigen Temperaturen die Ursache zu erhöhten Verlusten und zum Durchschlage sind. Um diese Erscheinungen besser verfolgen zu können, wurde von einem Kabel von 15·4 mm Cu-Durchmesser und 7·1 mm Isolationsstärke der Bleimantel auf zirka 3 m Länge entfernt; an Stelle des Bleimantels wurde ein Messingrohr über das Kabel gezogen,

Digitized by Google

welches jedoch nicht strenge auf das Kabel paßte, sondern einen zylindrischen Luftspalt von zirka 3 mm Dicke zwischen sich und dem isolierten Kabel ließ. Die Enden des Kabelstückes wurden endverschlußartig ausgebildet. Der Luftspalt konnte mit Luft von verschiedenen Drucken gefüllt werden. Er soll die mit Gasen von verschiedenen Drucken gefüllten Hohlräume im Dielektrikum eines Kabels nachahmen. Verlustmessungen unter verschiedenen Spannungen und Luftdrucken wurden nach einer Wattmeter-Methode vorgenommen und aus Strom, Spannung und Wattverlusten der Verlustwinkel errechnet. Während das Kabel vor der Abnahme des Bleimantels einen bis zu Spannungen von 40 kV nahezu vollkommen konstanten Verlustwinkel von tg $\alpha \sim 0{\cdot}5$ vH zeigte, biegt die Verlustwinkelkurve beim Modell mit dem Messingrohrmantel bei umso geringeren Spannungen ab, je niedriger der Luftdruck im Spalte ist. Bei Atmosphärendruck und geringeren Drucken stimmt die Spannung, bei welcher erhöhte dielektrische Verluste auftreten, befriedigend mit der Spannung überein, bei welcher sich nach den Formeln von Peek Ionisation im Luftring errechnen läßt. Bei höheren Drucken ist die Übereinstimmung keine gute.

Während die Verhältnisse, welche sich Lee in seinen Versuchen geschaffen hatte, von denjenigen bei der Kabelerzeugung stark abweichen (3 mm starke Hohlraumschicht gegen eine solche von Hundertel mm), hingegen eine rechnerische Verfolgung der sich abspielenden Vorgänge zulassen, legen I. B. Whitehead und F. Hamburger (U. S. A.) das Hauptgewicht bei ihren Versuchen darauf, die Verhältnisse, wie sie bei der Trocknung und Imprägnierung von Kabeln auftreten, möglichst der Wirklichkeit entsprechend zu verfolgen. Ihre Versuchsstücke bestehen aus 1·25 m langen, 25·4 mm dicken Metallrohren, welche mit 0·1 mm starkem und 25·4 mm breitem Zellulosepapier sorgfältig auf eine Stärke von zirka 6·3 mm isoliert sind. Diese Probestücke wurden nun 20 verschiedenen Trocken- und Imprägnier-Prozessen unterworfen. Der Kontrolle wegen ließ man je 3 solcher Probestücke den gleichen Prozeß durchmachen, so daß im ganzen 60 Proben untersucht wurden. Jede Probe erhielt eine 71 cm lange mittlere Meßelektrode und zwei, je durch einen 0·8 mm breiten Spalt von dieser getrennte 5 cm lange Schutzelektroden. Besondere Trocken- und Imprägnierkammern gestatteten nicht nur die Aufrechterhaltung von bestimmten, vorgegebenen Drucken und Temperaturen, sondern auch die Messung der Versuchsstücke während des Trocken- bezw. Imprägnierprozesses. Gemessen wurde der Verlustwinkel in einer Scheringbrücke, bei welcher erwähnenswert ist, daß das Potential der Schutzelektroden nicht nur dem Betrage nach, sondern auch der der Phase nach dem der Meß-Elektrode nachgebildet werden mußte, wenn bei der Kleinheit der zu messenden Kapazitäten eine genügende Genauigkeit erreicht werden sollte. Daneben wurde aber auch der Gleichstrom- Isolationsstrom nach ½, bezw. nach 1 Minute Elektrisierungsdauer bei 1500 V Gleichstromspannung beim Lade-, wie beim Endladevorgange gemessen. Mitunter wurde diese „Gleichstrom-Isolation" auch für länger andauernde Elektrisierungszeiten untersucht. Bezüglich der Einzelheiten der Ergebnisse, welche nach Ansicht des Referenten in manchen Punkten mit den bisherigen Erfahrungen in ziemlichem Widerspruche stehen, muß auf die Originalarbeit verwiesen werden. Hier sei nur auf diejenigen Schlüsse verwiesen, zu welchen die Autoren im Hinblick auf die Kabeltechnik kommen. Es zeigt sich angeblich, daß während des Trockenprozesses der größte Teil der Feuchtigkeit des Papieres zwischen 75 und 80° C abgegeben wird und daß 72 Stunden Trocknung bei 105° C das Papier zu einem ausgezeichneten Isolator macht. Eine vollkommene Imprägnierung wird jedes Mal bei Drucken bis zu maximal 10 mm Hg erzielt, während bei höheren Drucken während der Imprägnierung die Ionisierungs-Charakteristiken der Versuchsstücke nicht vollkommen flach sind, was auf Ionisierung von eingeschlossenen Luftbläschen hinweist. Aus dem Verlaufe der Gleichstrom-Isolationskurven im Vergleiche mit den Verlustkurven bei Wechselstrom glauben die Autoren schließen zu können, daß die starke Zunahme der Verluste nach der Imprägnierung auf eine erhöhte Leitfähigkeit des imprägnierten Papieres zurückzuführen ist. Zu den obigen Schlußfolgerungen ist nach Ansicht des Referenten zu bemerken, daß die Versuche nur bis zu mittleren Beanspruchungen von 300 V/mm oder bis zu zirka 5 kV/mm maximal (?) geführt wurden, was in Hinblick auf die in der Kabeltechnik vorkommenden Beanspruchungen als unzureichend angesprochen werden muß. Der aus dem Vergleiche zwischen Gleich- und Wechselstrommessungen von Whitehead und Hamburger erschlossene Tatbestand kann vielleicht an sich ganz richtig sein, hingegen scheint die Schlußweise dem Referenten im Anbetracht der bekannten Kompliziertheit der Vorgänge beim dielektrischen Verluste gewiß nicht vollkommen einwandfrei. T. N. Riley (England) ist sogar der Ansicht, daß das Tränkmittel, mit welchem die beiden gearbeitet haben, nicht einwandfrei ist, weil nach seiner Erfahrung die nach der Tränkung erhaltenen Verluste zu groß sind im Vergleiche mit den Verlusten des getrockneten Kabels. Hingegen scheint es dem Referenten von Wichtigkeit, daß Whitehead und Hamburger mit vollkommener Deutlichkeit zeigen können, daß eine, wenn auch sehr dünne, Hohlraumschichte zwischen isolierter Ader und Bleimantel sofort einen Ionisierungsknick hervorruft. Dies führt ebenso wie das Ergebnis der vorerwähnten Arbeit von Lee unzweideutig zur H- Kabelkonstruktion, die von allen bis heute bekanntgewordenen Hochspannungskabelkonstruktionen die einzige ist, welche derartige Lufträume am Bleimantel vermeidet oder unschädlich macht.

II. Kabel.

A. Hochspannungskabel.

Mit den Eigenschaften der eben erwähnten H-Kabel beschäftigten sich auch diesmal wieder zwei vorgelegte Arbeiten.

Nach den Angaben, welche J. G. Bellaar-

Digitized by Google

Spruyt und J. C. van Staveren (Holland) in ihrem Referate geben, dürfte Holland das bei weitem dichteste Kabelnetz aufweisen. Das 10-kV-Verteilungsnetz weist eine Länge von nahezu 9000 km Kabel auf, denen nur 661 km Freileitung gegenüberstehen. Auf jeden Einwohner kommen daher durchschnittlich 1·36 m Kabel, in manchen Provinzen, zum Beispiel in Friesland sogar 2·3 m. Es kann zwar heute als allgemein bekannte und anerkannte Tatsache gelten, daß H-Kabel für Spannungen von 20 kV aufwärts den normalen Kabeln überlegen sind; für niedrigere Spannungen wurde diese Frage bisher nicht untersucht, da man allgemein der Ansicht war, daß die H-Kabel für solche Spannungen zu teuer seien. Bei einem so ausgedehnten Kabelnetze jedoch, wie es das holländische ist, fällt jeder noch so kleine Vorteil ins Gewicht und so haben sich die genannten Direktoren holländischer Elektrizitätswerke die Frage vorgelegt, ob und zu welchen Gunsten ein Unterschied zwischen H-Kabel und Normalkabel bei so niedrigen Spannungen wie 10 kV vorhanden sei. Zu diesem Zwecke wurden 50 m lange 3×35 mm² Sektorkabel in H-Kabel-Bauart und in normaler Bauart aus 4 verschiedenen Fabriken miteinander verglichen. Leiter gegen Leiter waren beim Normalkabel auf 5·0 mm isoliert, beim H-Kabel auf 7·0 mm, Leiter gegen Erde beim Normalkabel auf 5·0 mm, beim H-Kabel auf 3·5 mm. Die Prüfung der Kabel auf dielektrische Verluste (nach holländischen Normalien) ergab in einem Falle Gleichwertigkeit der beiden Kabeltypen; in allen drei anderen Fällen finden die Autoren eine deutliche Überlegenheit der H-Kabel. Bei der Biegeprobe zeigen sich die H-Kabel ein wenig geschmeidiger als die Normalkabel. Die Untersuchung der Momentan-Durchschlagsfestigkeit von Leiter gegen Mantel ergab ein kleines Plus für die Normalkabel, doch messen die Autoren diesem Umstande wenig Bedeutung bei, da zumindest in größeren Netzen der Nullpunkt ohnehin direkt oder indirekt geerdet werden soll. Bezüglich der Wärmebelastbarkeit ergab sich, wie zu erwarten war, eine bessere Ausnützbarkeit der H-Kabel. Aus Temperaturmessungen an 80 cm tief verlegten, 50 m langen Kabelstücken errechnen die beiden Autoren eine um 10 vH größere Strombelastbarkeit der H-Kabel im Dauerbetriebe. Die Kupfertemperaturen errechnen sie aus den Kupferwiderständen, welche, in Abweichung von bisheriger Praxis aus einer Art Thomson-Wechselstrombrücke bestimmt werden; die Heizströme dienten gleichzeitig als Stromquellen für den Meßkreis. Der Unterschied wird noch größer, nämlich 17 vH, wenn die Belastungen verglichen werden, welche die Kabel kurzzeitig, nämlich durch eine halbe Stunde ertragen. Hingegen sind bei 3 Fabrikaten für H-Kabel von 10 kV die Preise um 7 bis 10 vH höher, bei einem 4. Fabrikat sogar um noch mehr. Insgesamt ist der Kabelpreis, bezogen auf die vom Kabel übertragbaren kVA bei kleinen Querschnitten für beide Kabeltypen etwa gleich, bei größeren Querschnitten stellen sich die H-Kabel etwas günstiger. In Fällen aber, wo nicht die Strombelastbarkeit der Kabel, sondern der Spannungsabfall die zulässige Stromstärke bestimmt, — und ein solcher Fall liegt beim 10 kV-Netz der Holländer vor — kann dieser Mehrwert der 10 kV-H-Kabel nicht zum Vorschein kommen.

Dr. Konstantinowsky (Tschechoslowakei) bemerkt, daß bei der Messung der Kupferwiderstände auch die Verlustwiderstände im Mantel und Panzer mitgemessen werden. Da die Temperaturabhängigkeit dieser Anteile nicht bekannt ist, besteht hierin immerhin die Möglichkeit einer Fehlerquelle für die Temperaturmessung. Es fällt ferner auf, daß der stationäre Temperaturzustand sich bei den Versuchen von J. G. Bellaar-Spruyt und van Staveren schon nach 10 Stunden eingestellt hat, während sonst nach seiner Erfahrung und nach allen bisher bekanntgewordenen Versuchen hiezu Tage notwendig sind.

C. Vernier (England) findet es nach Erfahrungen in England für überflüssig, Verlustmessungen auf Kabel für so niedrige Spannungen wie 10 kV auszudehnen, worauf Bellaar-Spruyt erwidert, daß es gerade auf diesem Wege gelungen sei, billige und zugleich gute Kabel zu erzeugen.

In der anderen Arbeit, die sich mit H-Kabeln beschäftigt, nämlich in der von Dr. K. Konstantinowsky und L. Tschiassny (Tschechoslowakei) vorgelegten wird die Frage der Strombelastbarkeit der H-Kabel ganz allgemein gelöst. Die Strombelastbarkeit irgend eines Kabels ist bekanntlich bei vorgegebenem Kupferquerschnitt und vorgegebener höchster im Kabel zulässiger Temperatur nur eine Funktion des sogenannten inneren und des sogenannten äußeren thermischen Widerstandes des Kabels. Der äußere thermische Widerstand eines Kabels ist nur von der Verlegungsart des Kabels (Verlegungstiefe, Wärmeleitfähigkeit des Erdbodens) und von den Außendimensionen des Kabels abhängig. Die Formeln zur Berechnung dieses äußeren Wärmewiderstandes sind bekannt. Die Bestimmung der Strombelastbarkeit des Kabels reduziert sich daher auf die Bestimmung des inneren thermischen Widerstandes des Kabels. Die Autoren haben hiefür drei Wege eingeschlagen. Im ersten gehen sie von der Laplace'schen Gleichung für die Wärmeströmung aus und integrieren sie für den vorliegenden Fall nach einem halb graphischen und halb analytischen Verfahren. Etwa gleichzeitig mit ihren Rechnungen ist eine Arbeit von Fock bekanntgeworden, welche das gleiche Ziel auf rein analytischem Wege erreicht. Diese Verfahren sind jedoch sehr zeitraubend. Der zweite Weg war, aus praktischen Erwärmungsversuchen, ähnlich wie die vorerwähnten von Bellaar-Spruyt und van Staveren an verlegten Kabeln, den inneren thermischen Widerstand als Quotienten von Temperatur-Differenz zwischen Kupferleiter und Bleimantel zur Wärmemenge, welche im Kabel entwickelt wird, zu bestimmen. Diese Methode ist nur wenig genau; außerdem würde eine große Anzahl von Kabeln verlegt und erwärmt werden müssen, wenn eine halbwegs sichere Rechengrundlage geschaffen werden soll. Dieser Weg wurde daher nur zur stichprobenweisen Kontrolle

Digitized by Google

benützt. Der dritte Weg schließlich geht davon aus, daß dieselbe Laplace'sche Gleichung, welche hier das Wärmeströmungsproblem beherrscht, auch für Vorgänge von elektrischen oder magnetischen Kraftlinienströmungen oder auf elektrische Stromlinien usw. Geltung hat, zum Beispiel im letzten Falle, wenn an Stelle der Temperaturdifferenzen Potential-Differenzen, an Stelle der thermischen elektrische Widerstände und an Stelle der Wärmeströme elektrische Ströme treten. Dieser Weg wurde zum Beispiel für Sektorkabel bereits mit gutem Erfolg angewendet, doch schien es zunächst schwierig, den Wärmewiderstand der Adermetallisierung im elektrischen Modell nachzubilden. Durch einen Kunstgriff wurde diese Schwierigkeit umgangen und der innere Widerstand von H-Kabeln jeder praktisch vorkommenden Bauart erhalten. Es zeigt sich, daß alle bisher angegebenen Formeln für den inneren Wärmewiderstand von H-Kabeln Vernachlässigungen enthalten oder aber direkt falsch sind. Zum Beispiel wird der innere Wärmewiderstand von H-Kabeln oft als nur vom Verhältnis Kupferdurchmesser zu Isolationsstärke (oder einem gleichartigen) abhängend angegeben, während er in Wirklichkeit neben diesem Verhältnisse noch von einer Größe von der Dimension einer Länge, (Dicke der Metallierung. Cu-Durchm. oder dgl.) abhängig ist. Auf Grund der nunmehr einwandfreien Resultate verglichen, zeigt es sich, daß die H-Kabel je nach Bauart und Verlegung um 6 bis 17 vH im Dauerbetrieb stärker mit Strom belastet werden können, als gleichwertige Normalkabel.[2])

In dieser Arbeit wird außerdem eine neue Kabel-Bauart beschrieben, welche eine radikale Neuerung in der Technik der Papier-Bleikabel darstellt. Man ist nämlich bis heute ängstlich bemüht, die ganze Kabelerzeugung darauf einzurichten, stets runde Querschnitte zu erhalten. Man läßt zum Beispiel bei der Verseilung der isolierten Adern Zwickel mit einlaufen, welche möglichst genaue kreisförmige Querschnitte herstellen sollen. Die neue, nach ihrem Erfinder Ingenieur H. Sonnenfeld So-Kabel genannte Kabelbauart will mit diesem Prinzipe dort aufräumen, wo es sich als Hemmschuh erweist. Dadurch entsteht ein Kabel von unrundem Querschnitte, das gegenüber den bis heute üblichen Kabeln eine um etwa 5 vH im Mittel größere Strombelastbarkeit als das jeweils vergleichbare Kabel runder Bauart aufweist. Ein H-Kabel nach dem So-Prinzipe würde daher zum Beispiel eine bis zu 20 und mehr vH größere Strombelastbarkeit aufweisen, als das gleichwertige runde Normalkabel. Zudem wird eine Materialersparnis erzielt, welche sich in bedeutend reduzierten Erzeugungskosten, aber auch in geringeren Transport- und eventuell Zollauslagen ausdrückt. Zieht man die reine Materialersparnis und die Strombelastbarkeit in Betracht, dann ist beim So-Kabel das Material des Kabels um 13 bis 24 vH besser ausgenützt als beim Rundkabel. Kabel dieser Bauart und für Spannungen von 27 kV sind bereits seit mehr als Jahresfrist verlegt worden, ohne daß sich bei der Herstellung oder Verlegung auch nur die geringsten Schwierigkeiten oder die geringste Mehrarbeit normalen Kabeln gegenüber gezeigt hätten. Die Herstellung dieser Kabel erfolgt mit den bisher allgemein üblichen Einrichtungen.

S. Silbermann (Deutschland) gibt mögliche und praktisch tatsächlich durchgeführte Beispiele für die Anwendung seiner S-Kabel als Kondensatoren an. Bei gleicher zulässiger Maximalbeanspruchung können Kabel-Kondensatoren in S-Kabel-Bauart zirka 2·25 mal billiger hergestellt werden als normale Einleiterkabel. Man kann mit einem Preise von zirka 9 bis 12 Dollar per kVA inklusive Dämpfungswiderstände, isolierter Aufstellung usw. rechnen. Die Verluste in solchen Kondensatoren setzen sich aus 0·4 bis 0·6 vH der Ladeleistung an dielektrischen Verlusten und aus 0·4 bis 0·5 vH an Cu-Verlusten zusammen, sind also sehr klein, was besonders ins Gewicht fällt, wenn derartige Kondensatoren[3]) zur Verbesserung des Leistungsfaktors mit rotierenden Maschinen in Wettbewerb treten. Für niedrige Spannungen werden diese Kondensatoren über einen Aufwärtstransformator, für höhere Spannungen bis 110 kV direkt an das Netz angeschlossen. Für Spannungen bis 110 kV sind derartige Kondensatoren als Überspannungsschutz bereits in Verwendung gekommen (Dresden). Andere Anwendungsgebiete sind als Kopplungskondensatoren für leitungsgerichtete Telephonie, in Hochspannungs-Überlandnetzen, ferner als Spannungsteiler für Spannungsmessung bei hohen und höchsten Spannungen. Silbermann empfiehlt für solche Zwecke die Hintereinanderschaltung von 4 Kabeln bei 150 kV und von 6 Kabeln bei 220 kV Betriebsspannung.

In der Diskussion bemerkte Dr. Konstantinowsky (Tschechoslowakei), die S-Kabel seien unter der Voraussetzung berechnet, daß der Maximal-Gradient für die Bauart (z. B. für die Durchschlagsfestigkeit eines Kabels) maßgebend sei. Für Dauerbeanspruchung ist dies wahrscheinlich nicht der Fall. Hier wird man mit dem sogenannten Wärmedurchschlag rechnen müssen. In diesem Falle handelt es sich um das Wärmegleichgewicht zwischen den entwickelten dielektrischen Verlustwärmen plus Cu-Verlusten einerseits und der pro Zeiteinheit durch das Kabel ableitbaren Wärmemenge andererseits. Bei ganz hohen Spannungen, wie sie bei S-Kabeln vorkommen, sind nun die Ströme an sich sehr klein; die Kosten für den Cu-Querschnitt spielen aber auch neben den Gesamtkosten für das Kabel keine besondere Rolle, so daß man den Cu-Querschnitt genügend groß und daher die Cu-Verluste vernachlässigbar annehmen kann. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend untersuchen die Kabelwerke Bratislava die Fragestellung, ob man unter

[2]) Nach den Angaben von Bellaar-Spruyt und van Staveren mußten die Vorteile der H-Kabel bei kurzzeitigem Betriebe noch größer werden.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 23, S. 469.

Digitized by Google

der Voraussetzung einer möglichst günstigen Verteilung der dielektrischen Verluste als einziger in Betracht kommender Wärmequelle nicht zu wesentlich anderen Konstruktionen, aber immer unter dem Prinzipe der S-Kabel-Schaltung gelangt.

B. Kabelprüfungen.

Die in Geltung befindlichen Prüfvorschriften und besonders die Anregung zu neuen,vollständigeren nehmen einen breiten Raum in den Verhandlungen der Konferenz ein. Wie aus den Referaten von C. F. Proos (Holland), J. Delon (Frankreich) und J. G. Bellaar-Spruyt (Holland) hervorgeht, hat sich seit der letzten Konferenz die Überzeugung durchgesetzt, daß die in den meisten Ländern übliche Spannungsprüfung und die immer mehr zur Geltung kommende Verlustwinkelprüfung zusammen zwar schon weitgehenden Anhalt für die Verläßlichkeit eines in Prüfung stehenden Kabels geben, daß sie aber zur vollständigen Beurteilung nicht ausreichen. Proos weist an Hand von zahlreichen Versuchen nach, daß für die Beurteilung der allgemeinen Beschaffenheit des Kabels neben der Verlustmessung und Biegeprobe noch die Aufnahme des Zusammenhanges notwendig ist, der die Zeit angibt, durch welche eine bestimmte Spannung vom untersuchten Kabel ertragen wird (Zeit-Spannungscharakteristik des Kabels). Die beiden letzten Prüfungen geben seiner Ansicht nach Aufschluß über die mechanische Bauart des Kabels. Nur ein Kabel, welches sowohl hinsichtlich der elektrischen, als auch hinsichtlich der mechanischen Bauart befriedigt, kann als gut angesprochen werden.

Eine im Grunde ganz ähnliche Frage, wenn auch in anderer Beleuchtung, behandelt Delon (Frankreich), der einen vor zwei Jahren von Soleri (Italien) auf dieser Konferenz vorgebrachten Vorschlag weiter verfolgt hat. Nach diesem Vorschlage soll von jeder Kabeltype die Zeitspannungscharakteristik aufgenommen werden. Aus dieser Charakteristik läßt sich dann durch Extrapolation entnehmen, welche Spannung das in Rede stehende Kabel unendlich lange Zeit ohne Durchschlag vertragen würde; diese Spannung wird als „Grenzspannung" des betreffenden Kabels bezeichnet. Offenbar ergibt sich aus dem Verhältnis von Betriebsspannung zu Grenzspannung die „Sicherheit" des Kabels, während aus den Verlustkurven keinerlei Anhaltspunkte über die Betriebssicherheit gewonnen werden können. In Anlehnung an Peeks Formeln für den Verlauf derartiger Zeit-Spannungs-Charakteristiken, (welche jedoch in den vorliegenden Experimenten nicht bestätigt werden konnten, d. Ref.) gibt Delon eine beispielsweise Bestimmungsmethode für die Grenzspannung. Seinem Vorschlage nach müßten diese Kurven in ihrem Verlaufe einmal aufgenommen und an kurzen Probestücken, welche von jedem laufenden km erzeugten Kabels abgeschnitten werden, verifiziert werden. Selbstverständlich wird bei einer solchen Probe die durch Anwärmen und Abkühlen im Betriebe hervorgerufene Alterung der Kabel nicht berücksichtigt. Man muß daher Erfahrungswerte schaffen, welche diesen Faktor in Rechnung zu setzen gestatten. Wie man sieht, stützt sich dieser Vorschlag zu sehr darauf, daß die unter Prüfung stehenden Kabel weitgehend die gleichen Eigenschaften aufweisen als die Kabel, mit welchen die Zeit-Spannungs-Charakteristik und der Einfluß der Alterung ursprünglich aufgenommen wurde. Hierin liegt bestimmt eine schwache Seite des Vorschlages. Hingegen leuchtet es durchaus ein, wenn Delon behauptet, daß man auf Grund der Charakteristik erst in der Lage sein wird, die Höhe und die Zeitdauer der heute eigentlich ziemlich willkürlich festgesetzten Spannungsprobe richtig zu bestimmen. Bezüglich der Verlustmessung ist er der Ansicht, daß eine vergleichende Verlustmessung vor und nach der Spannungsprobe die größte Sicherheit gebe.

In der Diskussion betont Soleri (Italien), daß es bei der Durchführung der von ihm vor zwei Jahren vorgeschlagenen Prüfmethode nicht auf Details ankomme. Es sei zum Beispiel gleichgiltig, ob, wie er dies ursprünglich vorgeschlagen hatte, die Spannung bestimmt wird, welcher das zu prüfende Kabel zwei Stunden lang ohne Durchschlag unterworfen werden kann oder irgend ein anderer Punkt der Zeit-Spannungs-Charakteristik. Hauptsache sei, daß eine an diese Charakteristik angelehnte Prüfart eingeschlagen werde. Bei all diesen Prüfungen kommen überdies nur die durchschnittlichen Eigenschaften des untersuchten Kabels zum Vorschein, das heißt es kann bloß festgestellt werden, ob das Kabel richtig und zweckentsprechend hergestellt wurde. Vereinzelte lokale Fehler können durch solche Prüfungen kaum erfaßt werden.

Wie aus der durch Bellaar-Spruyt (Holland) bei den Experten aller Länder durchgeführten Umfrage sich ergibt, gibt es durchaus nicht sehr viele Länder, in welchen offizielle Prüfvorschriften für Hochspannungskabel in Geltung sind. Im Allgemeinen sehen die Vorschriften eine Spannungsprobe, in manchen Ländern auch eine Biegeprobe vor. Es wird fast allgemein anerkannt, daß die geltenden Vorschriften kein vollständiges Urteil über den Wert der geprüften Kabel zulassen. Das Bestreben, die bestehenden Vorschriften zu ergänzen, geht wohl zunächst dahin, die Messung der dielektrischen Verluste mitaufzunehmen, wie dies in Holland, in der Tschechoslowakei (und in Deutschland und Amerika, Anmerkung des Ref.) bereits geschehen ist. Frankreich plaidiert dafür, eine Gleichstromprüfung bei erhöhter Prüfspannung vorzunehmen. Die Erfahrung habe gezeigt, daß gut imprägnierte Kabel ganz bedeutend (2·5 bis 3 mal) höhere Gleich- als Wechselstromspannungen vertragen, während bei schlecht imprägnierten Kabeln die Gleichstrom-Durchschlagspannung nur unbedeutend höher ist. Bellaar-Spruyt lehnt diesen Vorschlag als zu wenig fundiert, vorläufig ab. Hingegen unter-

Digitized by Google

stützt er den oben besprochenen Soleri-Delon-Vorschlag als ein seiner Meinung nach geeignetes Mittel zur Beurteilung der allgemeinen Qualität des vorgelegten Prüfmaterials.

Zur näheren Untersuchung aller Fragen, welche mit der Prüfung von Hochspannungskabeln zusammenhängen, wurde ein Komitee eingesetzt, welches nach Einholen von Gutachten der Experten aller Länder einen Vorschlag zur Prüfung von Hochspannungskabeln ausarbeiten wird. Dieser Vorschlag wird dann in einer Sondersitzung beraten werden, zu welcher die obigen Experten eingeladen sein werden.

III. Prüfung von Maschinen.

Es scheint, als sollte die Prüfung von elektrischen Maschinen, soweit sie eine Prüfung des zur Verwendung gelangten Isoliermateriales darstellt, den Weg der Kabelprüfungen gehen. In der Tat sind auch die Verhältnisse, wenigstens was die Prüfung der elektrischen Festigkeit der Isoliermaterialien anlangt, merkwürdig ähnliche. Da wie dort begnügte sich die Prüfung bis vor ganz kurzer Zeit mit einer Spannungsprobe und einer Gleichstrom-Isolationsprüfung. Da wie dort tritt die Erscheinung des Ionisierungs-Durchschlages auf. Schon vor zwei Jahren hat daher Hallo (Holland) auf dieser Konferenz vorgeschlagen, daß die Ionisierungsspannung der Maschinenisolierung in gleicher Weise gemessen werden solle, wie sie die Holländer schon früher für Kabel vorgeschlagen haben. Schließlich weiß man bei Kabeln ebenso wenig wie bei Maschinen, ob durch die Spannungsprobe eine Gewähr für die Güte der Isolation gegeben ist oder ob nicht sogar durch die (bestandene) Probe die Isolation schlechter geworden ist, als vor derselben. J. C. van Staveren und G. J. Th. Bakker (Holland) geben hiezu ein sehr illustratives Beispiel. Von zwei ganz gleichen Maschinen, welche zur Übernahme bereit standen, schlug die eine nach 29 Minuten Spannungsprobe durch, während die andere die halbstündige Spannung aushielt. Die nicht durchgeschlagene mußte übernommen werden, da sie den Prüfvorschriften entsprach; nach dem Ergebnis an der anderen Maschine bestand aber kein Zweifel darüber, daß auch sie durch die Spannungsprobe arg gelitten hatte. Van Staveren und Bakker wiederholen den Vorschlag von Hallo und ergänzen ihn durch eine sinngemäße Anwendung des oben unter „Kabel" behandelten Soleri-Vorschlages auf die Isolierung von elektrischen Maschinen. Sie wollen die Zeit-Durchschlags-Charakteristik an Spulenwicklungen und an Spulenköpfen getrennt aufgenommen wissen. Die Grenzspannung ergab sich beispielsweise bei Spulenwicklungen um nur 20 vH geringer als die kurzseitig erzielte elektrische Festigkeit. Dieses Ergebnis geht allerdings nur auf die Resultate zurück, welche an einem einzigen Exemplare einer 10 kV-Spule erhalten werden konnte, indem die mit Staniol umwickelte, elektrisch beanspruchte, nur wenige cm breite Spule nach erfolgtem Durchschlage wieder verlegt wurde. Für elektrische Festigkeiten an Spulenköpfen ergaben sich bei ihren Versuchen ähnliche Abhängigkeiten, aber bei geringerer Festigkeit. Auf Grund ihrer Erfahrungen schlagen die beiden vor, daß die Grenzspannung (= Festigkeit bei sehr lang andauernder Beanspruchung) 1·2 bis 1·5 mal größer sein soll, als die höchste im Betriebe vorkommende Überspannung. Diese letztere geben sie bei direkt an das Netz angeschlossenen Maschinen mit zwei bis dreifacher Betriebsspannung bei Netzen mit geerdetem Nullpunkt, mit drei bis vierfacher Betriebsspannung bei solchen mit isoliertem Nullpunkt an. Bezüglich der Ionisierungsspannung nehmen sie an, daß es von Vorteil wäre, wenn dieselbe für alle vorkommenden Temperaturen oberhalb der Betriebsspannung liegt. Durch alle diese Proben soll aber wieder nur das verwendete Material und die Arbeitsmethode beim Fertigisolieren der Maschinen überprüft werden, während die heute in allen Ländern übliche Spannungsprobe an der fertigen Maschine dadurch keineswegs ersetzt werden soll. Die Spannungsprobe soll vielmehr beibehalten werden und soll darüber Aufschluß geben, ob auch die Montage der Spulen in richtiger Weise durchgeführt wurde. Bezüglich der Höhe dieser Prüfspannung sind sie der Ansicht, daß, zumindest an holländischen Verhältnissen gemessen, die 2·5 fache Betriebsspannung bei Maschinen für Netze mit geerdeten Nullpunkt und die 3·5 fache Betriebsspannung bei solchen mit isoliertem Nullpunkt nicht zu hoch gegriffen ist. Selbstverständlich wird durch solche Proben nur die Isolationsfestigkeit der Maschine überprüft, nicht aber beispielsweise die Kurzschlußfestigkeit der Wicklung usw. Die Holländer hoffen auf diesem Wege nach und nach alle Bestandteile ihres Netzes einheitlich zu prüfen. Die Diskussion, an welcher Feldmann (Holland), Wilczek (Ungarn), Bitterli (Frankreich) und Kopeliowitch (Schweiz) neben den Autoren teilnahmen, gelangte hinsichtlich der Zweckmässigkeit solcher Vorschriften, ja nicht einmal bezüglich der Höhe der normalen Spannungsprobe zu einer Einigung.

Eine ähnliche Umfrage wie für Kabel veranstaltete J. G. Bellaar-Spruyt im Auftrage des General-Sekretariates der Konferenz, um festzustellen, wie sich die einzelnen Länder zu der Idee eines Qualitäts-Kennzeichens für elektrische Materialien im Allgemeinen und den damit zusammenhängenden Prüfungen, eventuell zum Gedanken von internationalen Qualitätsprüfungen und Kennzeichen stellen. Danach gibt es in fünf Ländern bereits solche Qualitätskennzeichen, nämlich in Frankreich, Italien, Holland, Polen und in der Schweiz.[4]) In drei Ländern werden die diesbezüglichen Prüfvorschriften durch das Gesetz anerkannt, nämlich in Ontario (Kanada), in der Tschechoslowakei und in Belgien. Die Prüfung, ob

[4]) Deutschland, Österreich und Ungarn fehlen allerdings in der Tabelle. Teilweise Qualitätsmarken, nämlich solche für Kabel, gibt es außerdem noch in Belgien und in der Tschechoslowakei.

Digitized by Google

die Materialien den Vorschriften entsprechen, wird in den meisten Ländern offiziell kontrolliert. Nur wenige Länder verfügen über keine offizielle neutrale Prüfstelle, an welche sich Käufer oder Verkäufer wenden können. Die Einführung von internationalen Qualitätsmarken hält Bellaar-Spruyt gegenwärtig noch für verfrüht, aber einen Gedankenaustausch über die bestehenden Vorschriften und Richtungen, in welchen sie abgeändert werden sollten, um zu internationalen Qualitätsmarken zu kommen, hält er für wünschenswert.

Über die bestehenden Vorschriften in Schweden, Belgien, Holland und Deutschland für Ausgußmassen, sowie über die allgemein von Ausgußmassen zu erfordernden Eigenschaften gibt H. W. L. Bruckman (Holland) eine vergleichende Zusammenstellung. Als Maß für das Isolationsvermögen spricht Bruckman allerdings die kurzzeitige Durchschlagsfestigkeit an, eine Meinung, welche nach Ansicht des Referenten berechtigten Widerspruch in der Diskussion fand. Die Muffen und Endverschlüsse sind in der Tat so bemessen, daß es auf diese Eigenschaften der Ausgußmassen nicht so sehr wie auf andere ankommt. Die deutsche Vorschrift enthält denn auch keine diesbezügliche Bestimmung, während man in Schweden einen vermittelnden Standpunkt einnimmt, indem man die elektrische Festigkeit bei halbstündiger Beanspruchung untersucht. Das Haftvermögen der Ausgußmasse an Blei wird in Deutschland durch Biegen einer mit der Ausgußmasse 1 mm dick begossenen Bleiplatte um einen Zylinder von 10 mm Durchmesser, in Holland durch Ausgießen des Zwischenraumes zwischen zwei Kegeln und Auseinanderreißen derselben nach der Abkühlung der Ausgußmasse, in Belgien durch Biegen von mit Ausgußmasse begossenem Bandeisen ermittelt. Zur Prüfung der chemischen Indifferenz der Ausgußmasse gegenüber den im Kabel befindlichen Materialien sehen nur die deutschen Vorschriften exakt formulierte Forderungen vor. Bei der Ausgießtemperatur muß die Masse genügend flüssig sein, darf aber weder selbst Veränderungen erleiden, noch die Materialien des Kabelbaues angreifen. Nach Messungen, welche van Teuten (Holland) bei normalen Kabelmontagen vorgenommen hat, genügt es im Allgemeinen, wenn die Ausgußmasse sich beim fünfstündigen Erhitzen auf 150° C nicht verändert. An Stelle der chemischen Prüfungen, wie sie zum Beispiel die deutschen Vorschriften vorsehen, läßt Bruckman auf Grund der Ergebnisse von Laboratoriumsversuchen von Uytenbogaart die Durchschlagfestigkeit der Massen nach 5-stündigem Erhitzen auf 200° C untersuchen. Die Kontraktion beim Erkalten soll bei guten Ausgußmassen 5 bis 7 vH nicht übersteigen. Ebenso soll die Ausgußmasse homogen und möglichst leicht sein und keine Blasen bilden. Es fällt im Übrigen auf, daß bei einer so ausführlichen Besprechung die Wärmeleitfähigkeit der Ausgußmassen mit keinem Worte Erwähnung findet. Wahrscheinlich ist es aber diese Eigenschaft nebst der elektrischen Festigkeit und möglicherweise dem Verlustwinkel bei höheren Temperaturen, welche die Festigkeit einer in den Ausmaßen vorgegebenen Muffe bestimmen.

Eine zwar ziemlich weitläufige, aber nicht eben vollständige Zusammenstellung der Prüfungen und Anwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Isoliermittel im Allgemeinen wurde von E. V. Bitterli (Frankreich) vorgelegt.

Eine interessante Debatte entspann sich nach den Ausführungen von Professor Smouroff (Rußland), welcher ausgerechnet hatte, daß eine gleichförmige Oberflächen- und radiale Beanspruchung bei Kondensator-Durchführungen nicht durch Zusatzbelegungen in Form von Schutzringen erreicht werden kann. Er gab jedoch eine Lösung, welche Lagen von Schichten veränderlicher Dicke vorsieht. Silva (Frankreich) wies darauf hin, daß es nicht notwendig sei, eine vollkommen gleichförmige Beanspruchung an der Oberfläche der Durchführung zu erzielen. Die von Merlin und Gerin nach den von ihm und Traverse auf der letzten Konferenz angegebenen Grundsätzen hergestellten Kondensator-Durchführungen erwiesen sich, seinen Angaben nach, in der Praxis als sehr gut. Die Prüfungen, welche diese Kondensator-Durchführungen bestehen, halten angeblich jeden Vergleich mit Durchführungen von Meyrowsky aus. Ähnliches berichtet Kopeliowitch (Schweiz) über die Durchführungen der Firma B. B. C. Baden. Aus ihren Angaben entnimmt man, daß eine Durchführung für 120 kV eine Minute lang mit 270 kV geprüft werden kann; daß an einer solchen Durchführung bis zum Überschlag, der bei 425 kV eintritt, keinerlei Spur von Glimmentladung festgestellt werden kann. L. H. Hill (U. S. A.) teilt mit, daß die Westinghouse Electric Co. in Pittsburgh wöchentlich zirka 2000 solcher Durchführungen zur vollständigen Zufriedenheit ihrer Abnehmer erzeugt. Sie liefert diese Durchführungen allerdings nicht nach Europa. Durch eine Bemerkung von P. Perochet (Schweiz) wurde allerdings die Sachlage ganz anders beleuchtet. Perochet teilt nämlich mit, daß nach seinen Erfahrungen sich Kondensatorklemmen für höhere Spannungen nicht gut bewährt haben. Porzellanklemmen wären nach seiner Erfahrung zwar gut, können jedoch wegen des größeren, notwendigen Ausmaßes nicht dort eingesetzt werden, wo einmal Kondensatorklemmen waren. Er sei daher nicht im Stande gewesen, betriebssichere Kondensatorklemmen zu erhalten und wäre für die Mitteilung einer Firma dankbar, welche wirklich verläßliche Kondensatorklemmen für höhere Spannungen zu liefern im Stande sei.

Digitized by Google

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Neuzeitliche Kraft- und Heizanlagen industrieller Werke und ihre Wirtschaftlichkeit. Von Prof. Chr. Eberle, Darmstadt. Die Grundlagen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung von Dampfanlagen haben, namentlich infolge der schnellen Entwicklung der Dampftechnik, in den letzten Jahren so bedeutende Verschiebungen erfahren, daß Untersuchungen aus der Vorkriegszeit in ihren Endwerten heute nicht mehr brauchbar sind. Vor allem gilt dies für industrielle Kraftanlagen, bei denen heute, meist im Gegensatz zu den reinen Kraftwerken der Elektrizitätswerke, Kraft- und Wärmewirtschaft ganz oder zum Teil gekuppelt ist, während noch vor wenigen Jahrzehnten Kraft- und Wärmewirtschaft fast unabhängig voneinander waren. Die hohe volkswirtschaftliche Bedeutung der industriellen Kraft- und Wärmeversorgung geht schon aus der Kohlenstatistik hervor, nach der der Jahresverbrauch der größten wärmeverbrauchenden Industriegruppen (Papier-, Zellstoff- und Textilindustrie, Nahrungsmittel- und chemische Industrie), auf Ruhrkohle umgerechnet, etwa 16·5 Mill. t beträgt, das heißt etwa 13 vH des gesamten deutschen Kohlenverbrauches und etwa 60 vH mehr als der Kohlenverbrauch sämtlicher öffentlichen Kraftwerke beträgt. Die wichtigsten Kennzeichen der Entwicklung aller Kraftanlagen sind Druck- und Temperaturerhöhung, stärkere Heizflächenbelastung, Einführung neuer Feuerungsarten und Vervollkommnung des bereits gebräuchlichen und Erhöhung des Betriebswirkungsgrades durch Verringerung der Stillstandsverluste.

Dampfdruck: Während bei reinen Kraftwerken mit Kondensationsanlagen zurzeit die höchste Wirtschaftlichkeit bei 20 bis 30 ata erreicht wird, hängt bei Heizkraftwerken der wirtschaftlichste Druck vor allem vom Verhältnis des Kraftverbrauches sowie Wärmebedarf und vom erforderlichen Heizdruck ab. Im allgemeinen kommen in den meisten Betrieben auch hier 20 bis 30 ata, unter Umständen aber auch noch höhere Drücke in Betracht.

Heizflächenbelastung: Noch um 1900 galten Belastungen von 20 kg/m²h als normal. Durch Einführung des Ekonomisers und ähnliche Maßnahmen hat man die Wasservorwärmung immer mehr aus der teuren Kesselheizfläche in die billigeren Vorwärmeheizflächen verlegt, so daß die Kesselheizflächen verhältnismäßig kleiner werden, die letzten, schwach belasteten Heizzüge fortfallen und dadurch die mittlere Heizflächenbelastung erheblich zunimmt. Neuerdings sucht man aber auch die Belastung der hochbeanspruchten ersten Feuerzüge, vor allem durch bessere Ausnutzung der Strahlungswärme, zu vergrößern. Wichtig ist die richtige Gestaltung des Feuerraumes, damit alle Teile der Heizfläche gleichmäßig belastet und die sehr schädlichen örtlichen Überhitzungen vermieden werden.

Feuerung: Die Kohlenstaubfeuerung, die für Großanlagen gegenüber der Rostfeuerung bedeutende Vorteile aufweist, kommt für die meist kleineren Kesselanlagen industrieller Betriebe wegen der höheren Kapitalkosten meist nicht in Frage. Doch haben die mit ihr gemachten Erfahrungen auch auf die Weiterentwicklung der Rostfeuerung befruchtend gewirkt. Durch Vergrößerung der Rostflächen einerseits, durch Erhöhung der spezischen Belastung andererseits hat man die Leistung, durch Verringerung des Luftüberschusses den Feuerungswirkungsgrad erhöht. Je höher die Rostleistung ist, umso höher muß auch die Wärmeaufnahme des Kessels, das heißt die Heizflächenbelastung sein, ebenso die Wärmeabgabe an die Wandungen der Feuerräume, damit die zulässigen Feuerraumtemperaturen nicht überschritten werden.

Betriebswirkungsgrad: Bei unterbrochenem Betrieb entstehen sehr große Wärmeverluste, namentlich durch innere Auskühlung, die den Gesamtwirkungsgrad ganz erheblich herabsetzen können. Für Kraftwerke, die mit hohen Spitzen, also mit Einsatz ihrer Reservekessel arbeiten, ist dieser Umstand besonders wichtig. Es ist daher zweckmäßig, sofort nach Betriebsschluß die Kesselzüge vollständig vor der Feuerung und hinter dem letzen Zuge abzuschließen (dichte Zugssperranlagen) und die wärmespeichernden Mauerwerksmassen möglichst zu verringern, damit beim täglichen Anheizen nur geringe, während der Nacht ausgestrahlte Wärmemengen zu ersetzen sind. Endlich kommt auch gute Isolierung als Schutzmaßnahme in Betracht.

Untersuchungen über die Kosten der Krafterzeugung ergeben, daß in neuzeitlichen Kraftwerken von 1000 bis 6000 kW Leistung bei 2700 Betriebsstunden im Jahre die Gesamtkosten für 1 kWh (einschließlich Kapitaldienst, Unterhaltungskosten usw.) zwischen 2·5 und 4 Pfg. schwanken, und zwar je nach dem Anfangsdruck. Der günstigste Preis wird bei 20 bis 25 ata erreicht. In Heizkraftwerken dagegen läßt sich die Kraft weit billiger, zu 1 bis 2 Pfg. (kWh) erzeugen; daher ist die Kupplung von Elektrizitätswerken mit Fernheizungen in den meisten Fällen sehr wirtschaftlich. Der Preis ist am günstigsten bei völliger Ausnutzung des aus der Maschine austretenden Dampfes. Die Kosten fallen gleichfalls mit zunehmender Größe der Anlage. Der wirtschaftliche Druck, der, wie erwähnt, vom Kraftverbrauch und Wärmebedarf abhängt, kann bis zu 40 ata betragen. Praetorius.

(Aechiv f. Wärmewirtschaft, Bd. 8, S. 204, 1927.)

Maschinenelemente.

Der Einfluß der Wassertemperatur auf den Reibungsverlust in Rohrleitungen wurde von R. Bourgeat bei einer 300 mm weiten Leitung untersucht. Es wurden folgende Werte ermittelt:

Wassergeschwindigkeit m/s	Wassertemperatur °C	Reibungsverlust pro m Rohrlänge mm	Änderung vH
0·252	9·3	0·300	3·23
	17·2	0·2903	
0·552	9·0	1·320	4·24
	16·7	1·264	
0·983	8·4	4·00	1·25
	16·8	3·95	
1·146	8·9	5·22	1·15
	16·6	5·16	
1·500	9·2	9 18	1·20
	16 5	9·07	
2·009	9·3	15·96	0·38
	16·7	15·90	
2·179	8·1	19·08	2·00
	17·2	18·70	
2·419	8·5	23·10	1·73
	17·0	22·70	

Die erreichbaren Geschwindigkeiten waren nicht groß, sind aber im Sinne des Reech-Froudeschen Ähnlichkeitsgesetzes, wonach $\frac{c^2}{D}$ konstant sein muß, genügend groß für große Rohrdurchmesser. Unter Zugrundelegung linearen Zusammenhanges zwischen Druckverlust h und Wassertemperatur t ergibt sich daraus die Beziehung

$$h = \frac{c^{1{\cdot}95}}{1000}(4{\cdot}213 - 0{\cdot}01\,t).$$

oder, wenn h_0 der Druckverlust bei 0° ist,

$$h = h_0(1 - 0{\cdot}00237\,t). \qquad \beta.$$

(Revue générale de l'électricité, Bd. 21, Nr. 18, 1927.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Der Selektiv-Kabelschutz der Rheinischen Draht- und Kabelwerke, System Dr. Glaser. Bettet man in die Isolation eines Kabels zwischen Leiter und Bleimantel eine dünne, konzentrische, leitende Schicht ein, so wird die an der Isolierschicht liegende Spannung in zwei

Digitized by Google

meßbare Teile zerlegt, deren Summe gleich ist der Gesamtspannung des Leiters gegen den Mantel. Bei dem obigen System werden die beiden, im allgemeinen ungleichen Teilspannungen über geeignete Wandler derart gegeneinandergeschaltet, daß sie sich in ihrer Wirkung auf ein Relais aufheben. Erst bei Störungen im Kabel gewinnt die eine Teilspannung die Oberhand und bringt das Relais zum Ansprechen, wodurch dann Signalgebung oder Abschaltung bewirkt werden kann. Im allgemeinen erhält jedes Kabel an seinen beiden Enden je eine solche Apparatur. A. Fr.

(BBC-Mitteilungen, Mannheim, 14. Jahrg., Heft 1/2, 1927.)

Zur Messung von Wanderwellen kann bekanntlich auch der Klydonograph[1]) benützt werden. E. S. Lee und C. M. Foust haben nun versucht, aus der Art der Zeichnung der Lichtenbergschen Figuren auf der lichtempfindlichen Platte auf die Höhe der aufgedrückten Spannung zu schließen. Es bildet nämlich bei Verwendung einer zylindrischen Elektrode die positive Entladung ein von der Elektrode ausstrahlendes Büschel von haarförmigen Linien, dem man mit nicht viel Mühe einen Kreis umschreiben kann. Die negativen Entladungen bilden ein ungleich dichteres, von mehr geradlinigen Fäden gebildetes Büschel mit wesentlich geringerem Umfang. Versuche verschiedener Forscher mit künstlich erzeugten Wanderwellen mit steiler Stirn ließen eine ziemlich genau übereinstimmende Abhängigkeit des Durchmessers des umschriebenen Kreises von der Höhe der Spannung erkennen, so daß man durch ein im Versuchsraum geeichtes Gerät auf die Höhe der Wanderwellenspannung schließen kann. Auch auf die Form der Wellenstirn lassen sich nach den Untersuchungen von K. B. Mc Eachron[2]) aus dem Aussehen des Büschels Rückschlüsse ziehen, und zwar verursacht eine positive Welle, die ihren Höchstwert in 10^{-2} bis 10^{-3} sec erreicht, ein aus geradlinigen, dicht aneinanderschließenden Fäden bestehendes Büschel; bei einer Welle, deren Stirn in 10^{-4} sec erreicht wird, bilden sich unregelmäßige, sich verästelnde Haarlinien und schließlich bei einer Länge der Stirn von 10^{-7} sec werden sie wieder gestreckter, bleiben aber verästelt. Die negativen Wellen lassen sich weniger scharf einteilen. Aus diesen Gründen werden nur die positiven Wellen zur Messung benützt. Da aber beide zusammen vorkommen, verwendet man nach Lee und Foust eine unmittelbar und eine verkehrt wirkende Anordnung, so daß man von jeder Welle eine positive und eine negative Entladung erhält. Sind nun beide Bilder von ähnlichem Aussehen, so deutet es darauf hin, daß sich zu gleicher Zeit eine positive einer negativen Entladung überlagert hatten, daß also eine oszillatorische Entladung stattgefunden hat. Da die Bilder unmittelbar nur bis zu 25 kV klar zeichnen, wird ein Potentiometer benützt, mit dessen Hilfe nur ein Bruchteil des Verschiebungsstromes zur Wirkung gelangt. Hiezu wird unter der Hängekette eines Tragmastes eine zweite Kette angebracht, deren eines Ende geerdet wird. Die Spannung wird von einem Teil der Kette abgenommen. Die gemessenen Spannungen werden nun mit den im Versuchsraum mit der gleichen Anordnung ermittelten Maßzahlen gevielfacht. Im Gerät ist ein langsam ablaufendes Filmband angeordnet, auf dem die Stunden vermerkt sind, so daß der Zeitpunkt einer Entladung genau festgestellt werden kann. Das Ganze ist zur Aufstellung im Freien geeignet. Es lassen sich mit dieser Anordnung Spannungen bis 1500 kV messen, solche bis 2100 kV schätzen. Die Meßgenauigkeit kann mit mindestens 25 vH gewährleistet werden, bei günstigsten Bedingungen noch viel höher. Das Gerät kann bei der Beobachtung von Hochspannungsleitungen, insbesondere bei der Beobachtung gefährdeter Punkte sehr gute Dienste leisten.

V. H.

(Gen. El. Review, Bd. 30, Heft 3, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 216, 507, 908; 1927, S. 631.

[2]) J. A. I. E. E., Bd. 45, Heft 10, 1926.

Stromverteilung.

Das Umspannwerk Wölfersheim. Von Hartmann. Zum Zusammenschluß des Kraftwerkes Wölfersheim im Braunkohlenbezirk Oberhessen, das seine Energie mit 20 kV verteilt, mit den Preußischen Kraftwerken A.-G. Oberweser, wurde das 5/100 kV Umspannwerk mit einer Transformatorenleistung von 12 500 kVA errichtet, die in zwei Einheiten je 6250 kVA ausgebaut wurde. Die 100 kV-Leitung Borken—Frankfurt, an die das Unterwerk angeschlossen ist, wurde bloß über das Dach des Gebäudes hinweggespannt und angezapft. Durch senkrecht im flachen Dach stehende Durchführungen ist die darunter befindliche 100 kV-Halle angeschlossen. Die Ölschalter sind in den Boden versenkt und der Deckel druck- und qualmsicher befestigt. Mittels eines eigenen Hubgerätes kann der Schalter aus dem Kübel gehoben werden. Rohrkrümmer leiten die Schaltergase zu beiden Seiten in Betonkanäle. Am oberen Teil der Galerie sind Bedienungsstege angeordnet, von wo aus die Trennschalter zugänglich sind. Die 5 kV-Anlage ist ebenfalls in Hallenbauweise mit versenkten Ölschaltern ausgeführt, doch sind diese nach unten in die Auspuffkammern abzusenken. Ähnlich sind auch die Meßwandler eingebaut. In der Kommandoanlage ist auf den Schaltpulten das einphasige Schema durch Metallschienen markiert, in welchen automatische Stellungsanzeiger angeordnet sind. Auch die Kontaktgeber der Schalterfernantriebe sind sinngemäß diesem Schema eingeordnet. A. Fr.

(BBC-Mitteilungen, Mannheim, 14. Jahrg. H. 1/2, 1927.)

Die elastische Kupplung von Kraftübertragungsnetzen verschiedener Frequenzen. Dr. Ing. W. Seiz beschreibt den von BBC entwickelten Synchron-Asynchron-Umformer, der gestattet, ohne automatischen Regler die zwischen zwei Netzen verschiedener Periodenzahl übertragene Leistung auch bei Periodenschwankungen konstant zu halten. Um dies zu erreichen, wird dem Läufer der Asynchronmaschine eine Spannung zugeführt, die aus zwei Komponenten *a* und *b* besteht. Komponente *a* hat mit der Schlupfspannung gleiche Größe und Phase, hebt deren Wirkung daher auf. Komponente *b*, die daher allein wirksam ist, hat konstanten Wirkwert, bedingt somit konstanten Läuferwirkstrom, also konstante Leistung. Diese dem Asynchronläufer zugeführte Spannung wird von einer Scherbiusmaschine geliefert, die zwei Erregerwicklungen besitzt: eine Serienwicklung *c*, die störende Nebeneinflüsse beseitigt und eine Nebenschlußwicklung *d*. Wicklung *d* ist einerseits an die Schleifringe der Asynchronmaschine, andererseits an den Stromwender eines Frequenzwandlers angeschlossen, dessen Schleifringe über einen kleinen Hilfstransformator am Netz liegen. Solange die Scherbiusmaschine im ungesättigten Gebiet arbeitet, zwischen Eregung und erzeugter Spannung Verhältnisgleichheit besteht, wird ihre Spannung den eingangs gestellten Bedingungen genügen, da die Erregung sowohl von der Schlupfspannung (erzeugt Komponente *a*) als auch von der konstanten Stromwenderspannung des Frequenzwandlers (erzeugt Komponente *b*) beeinflußt wird. Damit der Erregerstrom den erregenden Spannungen verhältnisgleich sei, wird durch einen Vorwiderstand der Einfluß der Induktivität der Wicklung *d* (wechselnder Scheinwiderstand mit Änderung der Schlupffrequenz) beseitigt. Bei großen Maschineneinheiten sind die Verluste in diesem Vorwiderstand der Wicklung *d* beträchtlich. Wird die Wicklung *d* von einer eigenen Erregermaschine erregt, so werden diese Verluste vermieden. Diese Drehstromerregermaschine, die von einem eigenen kleinen Asynchronmotor angetrieben wird, besitzt drei Erregerwicklungen *e*, *f* und *g*. Wicklung *e* liegt an den Schleifringen der Asynchronmaschine, Wicklung *f* am Stromwender des Frequenzwandlers. Die Spannung der Erregermaschine setzt sich daher wieder aus den beiden Komponenten *a* und *b* zusammen. Der Erregerstrom der Scherbiusmaschine wäre nun wegen des wechselnden Scheinwiderstandes von *d* der Erregermaschinenspannung nicht verhältnisgleich. Um dies zu erreichen, hebt die Serienwicklung *g* die Wirkung von *e* und *f* nahezu auf. Dadurch aber, daß

Digitized by Google

die sich erregende Durchflutung (*e* und *f*) und die rückwirkende Durchflutung des Ankerstromes (*g*) nahezu aufheben, wird der Ankerstrom der Erregermaschine der erregenden Durchflutung verhältnisgleich. Auch den Wicklungen *e* und *f* müssen Widerstände vorgeschaltet werden. Die Verluste in diesen sind jedoch ein Bruchteil der früheren im Vorwiderstand der Wicklung *d*. Außerdem braucht bei dieser Schaltung der Frequenzwandler nur die Erregung der Erregermaschine zu liefern, wird also bedeutend kleiner. Durch die kleineren Verluste und den kleineren Frequenzwandler wird trotz der beiden neuen Maschinen (Erregermaschine und Antriebsmotor) die zweite Schaltung für große Einheiten wirtschaftlich.

f. f.

(BBC-Mitteilungen, Mannheim, Bd. 14, Heft 3, 1927.)

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

(Schluß aus Heft 38, Seite 768.)

Regelung von Ein- und Mehrphasenmotoren.

Bei manchen elektrischen Antrieben, zum Beispiel solchen für Selfaktoren in Spinnereien, ist ein Drehzahlabfall erforderlich, der höher ist als der einer normalen Induktionsmaschine. Durch den bisher zu diesem Zwecke in den Sekundärkreis eingeschalteten zusätzlichen Widerstand wird aber der Wirkungsgrad der Antriebsmaschine wesentlich vermindert. Gemäß einer Erfindung der S S W in Berlin soll dies durch Verwendung von Drehstromreihenschlußmotoren mit Zwischentransformatoren vermieden werden; wobei die Sättigung des letzteren so hoch bemessen wird, daß der Drehzahlabfall zwischen Leerlauf und maximaler Last höchstens 30 vH beträgt. Durch diese Anordnung ist es möglich, bei Antrieben der genannten Art den erforderlichen Schlupf verlustlos zu erhalten. Außerdem kann auch der Leistungsfaktor praktisch auf Eins gebracht werden. (Ö. P. Nr. 106398.)

Kompensierte Asynchronmotoren sind oftmals für eine Regelung der Drehzahl ohne Zuhilfenahme besonderer Hilfsmittel nicht geeignet. Da die zur Kompensation benötigte in der Gleichstromwicklung erzeugte Spannung sehr niedrig ist, so kann durch Verdrehung des Einfachbürstensatzes nur eine ganz geringe Drehzahländerung unter gleichzeitiger Änderung der Kompensation bewirkt werden, die für praktische Zwecke nicht ausreicht. Dieser Mangel wird durch ein der Firma Sachsenwerk, Licht- und Kraft-Akt.-Ges. in Niedersedlitz bei Dresden, geschütztes Verfahren beseitigt, gemäß welchem die Kollektorbürsten und der Widerstand im Sekundärkreis gleichzeitig verstellt werden, zum Zweck, einen Teil der Kompensationsspannung zu vernichten und damit die Größe der Kompensation wieder auf den normalen Wert zu bringen. Bürstenverschiebung und Widerstandseinstellung sind zwangläufig miteinander verbunden.

(D. R. P. Nr. 439053.)

Gegenstand einer Erfindung der S S W in Berlin ist eine Anordnung, durch die der Drehzahlregelbereich zweier mechanisch miteinander gekuppelter Induktionsmaschinen erweitert werden kann, ohne daß eine Vergrößerung der Drehstromerregermaschine erforderlich ist. Wird die zweite Induktionsmaschine mit der ersten in Kaskade geschaltet und mit ihrem sekundären Teil an die Drehstromerregermaschine angeschlossen, so nehmen die beiden Induktionsmaschinen bei gleicher Polzahl eine Drehzahl an, die gleich der Hälfte der bisherigen ist. Mit Hilfe der Drehstromerregermaschine können durch entsprechende Einstellung ihrer Erregung die beiden in Kaskade geschalteten Maschinen unter- und oberhalb ihrer neuen synchronen Drehzahl in genau derselben Weise geregelt werden, wie dies für die einzelnen Motoren an sich möglich ist.

(D. R. P. Nr. 440067.)

Eine Erfindung der S S W betrifft eine Anordnung, um ein aus zwei mechanisch gekuppelten Asynchronmaschinen bestehendes Maschinenaggregat in besonders vorteilhafter Weise anzulassen, bzw. zu regeln. Erfindungsgemäß sind die beiden Sekundärwicklungen der Asynchronmaschinen in Hintereinanderschaltung an eine Drehstromerregermaschine angeschlossen, und die magnetischen Felder in den primären Teilen der Asynchronmaschinen sind außerdem in ihrer Stärke oder auch in ihrer gegenseitigen räumlichen Phasenlage regelbar. Man kann dann die Drehzahl des Aggregates nicht bloß in der üblichen Weise durch die Drehstromerregermaschine beeinflussen, sondern man kann dies auch durch entsprechende Einstellung des einen oder beider Erregerfelder der Induktionsmaschinen erreichen, wodurch der Regelbereich wesentlich erweitert wird. Die Einstellung der Induktionswirkung der primären Erregerfelder kann zum Beispiel durch Zu- und Gegeneinanderschaltung der zugehörigen Wicklungen, durch Sterndreieckschaltung einer oder beider Wicklungen oder beides zugleich erreicht werden. Ebenso kann man die Induktionswirkung durch Verdrehung eines oder beider Ständer gegeneinander regeln.

(D. R. P. Nr. 440105.)

Bei der Kompensation der Ankerrückwirkung von Mehrphasenkommutatormaschinen ergeben sich dadurch Schwierigkeiten, daß zwischen dem in der Ankerwicklung fließenden Strom und dem von den Bürsten abgenommenen Strom eine Phasendifferenz besteht. Die S S W in Berlin schlagen eine Wicklung für Mehrphasenkommutatormaschinen vor, die mit beliebiger Annäherung das genaue Spiegelbild der Ankerwicklung sein kann und mit der die Aufhebung der Ankerrückwirkung an jedem Punkt des Feldes möglich ist. Hiezu sind die einzelnen Phasen einer auf dem Ständer der Kommutatormaschine angeordneten Kompensationswicklung mit den entsprechenden Phasenwicklungen der Vordermaschine bzw. des die Kommutatormaschine speisenden Transformators hintereinander geschaltet und die so entstandenen Zweige zu einem Ringsystem verbunden, dessen Verkettungspunkte an die Bürsten der Kommutatormaschine angeschlossen sind. (D. R. P. Nr. 443519.)

Zur Änderung der Drehrichtung eines Drehstromreihenschlußkollektormotors muß neben der Vertauschung zweier Phasen eine gegenseitige Verschiebung der magnetischen Achsen von Stator- und Rotorwicklung herbeigeführt werden. Um bei allen gebräuchlichen Ausführungen der Statorwicklung ohne Anzapfungen eine beliebige gegenseitige Verschiebung der magnetischen Achsen der Stator- und Rotorwicklung zu erreichen, werden nach einer Erfindung der Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie in Baden auf jedem Schenkel des Zwischentransformators außer der primären und sekundären Hauptwicklung eine oder zwei Zusatzwicklungen angebracht, und es wird in den Stromkreis jeder Phase der Stator- und Rotorwicklung nicht nur eine Phase der primären oder sekundären Hauptwicklung des Zwischentransformators, sondern wenigsten bei einer Drehrichtung auch eine auf einem der beiden anderen Schenkel liegende Phase einer solchen Zusatzwicklung eingeschaltet.

(D. R. P. Nr. 435656.)

Bei einer Asynchronmaschine in Kaskade mit einer Kommutatormaschine, die ganz oder teilweise durch einen Frequenzumformer erregt wird, wird nach einer Erfindung derselben Firma der Frequenzumformer durch eine Synchronmaschine gespeist, in deren Erregerstromkreis die Regelung vorgenommen wird. Der hiezu benötigte Regelapparat ist um ein Vielfaches kleiner wie der sonst erforderliche, denn erstens ist das Zu- und Abschalten von Vorschaltwiderständen in einem Gleichstromkreis einfacher als das Schalten von Transformatorwicklungen; zweitens ist der Erregerstromkreis der Synchronmaschine einphasig, der Transformator mehrphasig, drittens ist die Leistung im Erregerkreis der Synchronmaschine erheblich geringer als die im Frequenzumformerkreis.

(D. R. P. Nr. 441566.)

Ein Verfahren zur Geschwindigkeitsregelung eines Induktionsmotors mittels einer Wechselstrom-Kommutatormaschine in Kaskadenschaltung durch Änderung der Spannung der Kommutatormaschine in einem der

Digitized by Google

Größe dieser Maschine entsprechenden Bereich und durch Änderung eines Widerstandes im Rotorkreis des Hauptmotors zur Erreichung niedriger Drehzahlstufen bildet den Gegenstand einer Erfindung der Österreichischen Brown Boveri-Werke A.-G. in Wien, gemäß welcher gleichzeitig mit dem Ein- und Ausschalten des Widerstandes in den Rotorkreis, die Spannung der Kommutatormaschine vermindert oder vermehrt wird. Abb. 15 zeigt eine Schaltung nach der Erfindung. Der Anker *d* des Kommutatormotors kann mittels des Umschalters *f* unmittelbar oder über die Widerstände *g* an die Schleifringe *c* des Induktionsmotors *a* angeschlossen werden. Die Erregerwicklung *e* wird

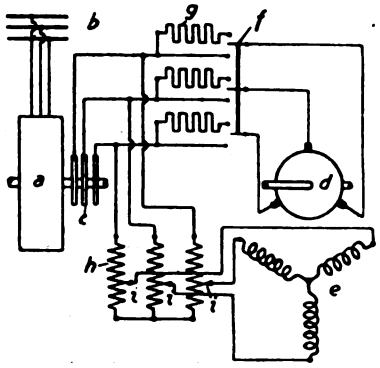


Abb. 15.

durch einen regelbaren Transformator *h* ebenfalls von den Schleifringen des Induktionsmotors gespeist. Die Drehzahlregelung geschieht durch Verstellung der beweglichen Kontakte *i* am Transformator *h*, wodurch ein mehr oder weniger großer Teil der Schleifringspannung der Erregerwicklung *e* zugeführt werden kann. Stehen die Kontakte *i* an dem vom Sternpunkt abgewandten Ende der Transformatorwicklung, so ist die Erregerwicklung *e* voll erregt, der Anker *d* der Kommutatormaschine gibt die höchste mögliche Spannung ab und der Induktionsmotor *a* hat die geringst mögliche Drehzahl. Soll die Drehzahl ausnahmsweise noch mehr erniedrigt werden, so wird mittels des Umschalters *f* der Widerstand *g* eingeschaltet. Der Spannungsabfall des Belastungsstromes in diesem Widerstand addiert sich jetzt zu jener Komponente der Spannung der Kommutatormaschine, die mit der Schlupfspannung im Rotor des Induktionsmotors phasengleich ist. Die Schlupfspannung und damit die Schüpfung des Induktionsmotors werden also noch stärker abnehmen, ohne daß der Kommutatormotor noch stärker erregt werden müßte. (Ö. P. Nr. 104017.)

Eine Erregeranordnung für im Ständer erregte Kommutator-Hintermaschinen, die insbesondere für jene Fälle geeignet ist, in welchen die Hauptmaschine längere Zeit mit derselben Drehzahl läuft, so daß Verstellungen am Anzapftransformator nur in größeren Zeitabständen erforderlich sind, betrifft eine Erfindung der S S W in Berlin. Erfindungsgemäß erfolgt die Speisung der Erregerwicklung an der Hintermaschine bei Vermeidung eines Erregertransformators, von Anzapfstellen der Sekundärwicklung der Hauptmaschine aus. Zur Einstellung einer anderen Drehzahl braucht bloß der Anschlußpunkt der Erregerwicklung der Hintermaschine an den Anzapfstellen verändert werden. Ist die asynchrone Hauptmaschine, wie meist üblich, im Ständer ans Netz angeschlossen, müssen Hilfsschleifringe zwischen der Erregerwicklung der Hintermaschine und den Anzapfungen der Sekundärwicklung der Hauptmaschine eingeschaltet werden. (D. R. P. Nr. 435473.)

Die Hintereinanderschaltung zweier Kommutatorhintermaschinen mit der Sekundärwicklung der Hauptmaschine hat den Vorteil, daß deren Drehzahlregelbereich erweitert werden kann, ohne daß Kommutatorfeuer an den Hintermaschinen zu befürchten wäre. Eine Erfindung der S S W in Berlin gibt eine Vereinfachung dieser Anordnung an. Erfindungsgemäß wird eine Hintermaschine verwendet, die zwei in demselben aktiven Eisen angeordnete voneinander isolierte Wicklungen besitzt. Diese sind über je einen Kommutator an die Anfänge und die Enden der Sekundärwicklung der Induktionsmaschine angeschlossen. Man erreicht also mit einer einzigen Kommutatormaschine eine Verdoppelung des Regelbereiches der Hauptmaschine, ohne daß die einzelnen Kommutatoren eine höhere Spannung auf sich zu nehmen brauchen. Ordnet man die beiden Wicklungen in enger magnetischer Kopplung miteinander an, so ergibt sich als weiterer Vorteil eine wesentliche Verbesserung der Kommutierung, da die eine Wicklung für die kommutierende Spule der zweiten als Dämpferwicklung wirkt. (D. R. P. Nr. 441718.)

In der Nähe des Synchronismus kann man die eine Hintermaschine abschalten und die Drehzahl nur mit der zweiten regeln. Nach einem Vorschlag der S S W in Berlin wird nun die eine Kommutatorhintermaschine, die wegen der geringen Abweichung der Drehzahl von der synchronen für die Regelung nicht erforderlich ist, und die mit der Hauptmaschine zweckmäßig mechanisch gekuppelt ist, als gewöhnliche Induktionsmaschine geschaltet, so daß sie, namentlich bei untersynchronem und motorischem Betrieb der Hauptmaschine, diese in ihrer Wirkung durch Abgabe mechanischer Leistung unterstützt.

(D. R. P. Nr. 441864.)

Chronik.

Werkstofftagung und Isolierstofftagung. Gelegentlich der in der Zeit vom 22. Oktober bis 13. November 1927 in Berlin stattfindenden Werkstofftagung, über deren Ziele an dieser Stelle schon berichtet wurde[1]) und bei welcher nach der ausführlichen Druckschrift WT 4 etwa 200 Vorträge gehalten werden, veranstaltet der Verband Deutscher Elektrotechniker am Donnerstag, den 3. November 1927, vormittags 9 Uhr im Vortragssaal der Funkhalle am Kaiserdamm eine Isolierstofftagung. Bei dieser werden nach Einführungsworten des Vorsitzenden des VDE, Ministerialdirektor Geh. Oberpostrat Dr. Ing. E. h. Craemer, und allgemeinen Berichten: „Das Interesse der Elektroindustrie an der Werkstofftagung", von Dipl. Ing. Graf Vitztum, und „Zur Technik der Isolierstoffe", von Vorsitzenden der Kommission für Isolierstoffe des VDE, Dr. Ing. Georg Meyer, nachstehende Fachberichte erstattet werden, an die sich Aussprachen anschließen: Isolierstoffe für Höchstspannungsanlagen, Dr. W. Hüter, Frankfurt a. M.; Isolierstoffe für Koch- und Heizgeräte, Dir. Nägele, Berlin; Isolierstoffe für Installationsmaterialien, Obering. Grünwald, Annaberg; Isolierstoffe für Maschinen und Transformatoren, Dir. Dr. Fleischmann, Berlin; Isolierstoffe für Meßgeräte, Obering. Palm, Frankfurt a. M.; Isolierstoffe für Verlegungsmaterialien und Leitungen, Obering. Bleser, Berlin; Mineralöle in der Elektrotechnik, Dir. Dr. Stern, Berlin; Isolierstoffe für Schwachstrom, Postdirektor Görsdorf, Berlin; Isolierstoffe für Freileitungen, Dir. Schendell, Stettin. Nachmittags finden ab 3[30] Uhr Führungen und Besichtigungen der Werkstoffschau in Gruppen statt. Die Teilnahme an der Isolierstofftagung ist für VDE-Mitglieder sowie für Besucher der Werkstoffschau unentgeltlich.

Literaturberichte.

3556 **Properties and Testing of Magnetic Materials.** (Eigenschaften und Untersuchung der magnetischen Materialien.) Von Thomas Spooner. XIV und 385 Seiten mit 223 Textabbildungen. Verlag Mc. Graw-Hill Publishing Co. Ltd., London 1927.

Der Zweck des Buches ist eine möglichst vollständige Zusammenfassung unserer gegenwärtigen Kenntnis der magnetischen Eigenschaften der industriell verwendeten ferromagnetischen Materialien, sowie eine kritische Beschreibung der erprobten magnetischen Untersuchungs-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 24.

Digitized by Google

methoden. Mit anerkennenswerter Gründlichkeit ist hier eine große Anzahl von Untersuchungen zu einer einheitlichen Darstellung vorarbeitet, die noch durch zahlreiche Literaturangaben ergänzt wird. Permeabilitätskurven, Hysteresis- und Wirbelstromverluste der verschiedenen Legierungen, die Stähle der permanenten Magnete, Frequenzabhängigkeiten, Temperatureinflüsse u. s .w., schließlich im zweiten Teil die gebräuchlichen Meßmethoden finden eine ausführliche Besprechung. Das Buch ist weniger zum Studium geeignet; wer jedoch Rat oder Antwort auf eine bestimmte Frage dieses Gebietes sucht, wird in der Fülle des Inhaltes gewiß das Gewünschte finden.

Kneissler-Maixdorf.

3566 **Elektrische Bahnen.** Von Dr. Ing. A. Schwaiger, o. Professor an der Technischen Hochschule München. Mit 45 Abb., 116 Seiten. Sammlung Göschen, Band 958. Walter de Gruyter & Co., Berlin W 10 und Leipzig 1927. Preis in Leinen geb. Mk. 1·50.

Im vorliegendem Büchlein wird zunächst die Geschichte der Entwicklung der elektrischen Traktion besprochen und dann der gegenwärtige Stand angeführt, wobei bemerkt werden muß, daß der Stand in Österreich schon zwei Jahre vor dem Ausgabejahr ein wesentlich größerer war. Ausführlicher werden die elektrischen Strecken Deutschlands beschrieben. Im Kapitel „Fahrzeuge" werden zunächst die Bewegungswiderstände eingehend behandelt, dann kurz und klar die Bahnmotoren und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme klargelegt. Den Triebwerken ist viel Sorgfalt gewidmet, die Oberleitungen und Schienenrückleitungen werden kürzer behandelt. Im ganzen kann man sagen, daß bei großer Reichhaltigkeit des Inhaltes die Ausdrucksweise klar und auch für den Nichtfachmann leicht verständlich ist. Ing. Cieslar.

Eingegangene Bücher.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern. V. Band. 3. Heft. (Abgeschlossen am 26. Jänner 1927.) Herausgegeben von der Zentralstelle für Wissenschaftlich-Technische Forschungsarbeiten des Siemens-Konzerns. Verlag Julius Springer. Berlin 1927.

Aufgaben aus der Elektrotechnik. Ein Wiederholungs- und Übungsbuch für den Unterricht und zum Selbststudium. Von Dr. techn. Robert Mayer. II. Teil: Wechselstromtechnik. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 207 Seiten mit 91 Übungsbeispielen, nebst Lösungen. 116 Abb. im Text und 2 Tafeln. Verlag Franz Deuticke. Leipzig und Wien 1927. Preis S 10·50.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Das Post-, Telegraphen- und Fernsprechwesen in Österreich im Jahre 1926.[1])

Baudienst. Durch Auflassung der bisherigen Telegraphenzeugsämter und Zusammenlegung der Materiallager der Erhaltungssektionen am Direktionssitze zu einem Materialhauptlager, sowie durch Vereinigung kleinerer Werkstätten bei den einzelnen Erhaltungssektionen in Wien zu einem einzigen Werkstättenbetriebe wurde eine beträchtliche Rationalisierung erreicht. Der Telegraphenbaudienst hatte wenig Beschäftigung. Eingebaut waren Ende 1925 603 300 Stangen. Der Verbrauch an imprägnierten Stangen durch Neubau und Auswechslung betrug i. J. 1926 35 400. Über das Cobraimpfstichverfahren sind die Versuche noch im Gange.[2]) Im Fernsprechbaudienst war die Beschäftigung sehr rege. Zur Erweiterung und Verbesserung der Ortsnetze wurden in 56 Orten zusammen 336 km Kabel verlegt. Die durch die Elektrifizierung in der Strecke Bregenz—Kufstein bedingte Verkabelung aller Telegraphen- und Fernsprechleitungen wurde beendet durch die Verlegung eines 68 adrigen Pupinkabels mit Viererschaltung nach Dieselhorst-Martin von 100 km Länge mit einer Dämpfung von $\beta = 0{\cdot}014$ und einer Charakteristik $Z = 880$ Ohm. Von ganz besonderer Bedeutung ist der Ausbau des Fernkabels zum Anschluß an das deutsche Fernkabelnetz in Passau—Nürnberg[1]) durch die Verlegung eines 98 adrigen Bettungskabels von 276 km Länge. Von den Innenanlagen sind erwähnenswert die Vorbereitungen im Wiener Ortsnetze behufs Übergang auf das vollautomatische Millionensystem, die Vorbereitungen für den in Bälde erfolgenden Übergang zum vollautomatischen Hunderttausendersystem in Graz, die Automatisierung des Linzer Amtes und der Neubau der Verstärkerämter St. Pölten, Amstetten und Linz.

Telegraphenverkehr. Die Anzahl der Telegramme im Inland betrug 2 101 728, nach dem Auslande 1 913 844, vom Auslande 2 001 888, und im Auslandsdurchgangsverkehr 1 139 048 (für 1925). Der Telegraphenverkehr zeigt demnach zum erstenmal seit Jahren eine Zunahme um 9·3 vH gegen das Vorjahr. Die Gesamtzahl der Telegraphenstationen betrug 3074, davon 717 Bahntelegraphenstationen und 6 Privattelegraphenstationen. Eine Telegraphendienststelle kommt auf 27·5 km² und auf 2145 Einwohner. In den Ämtern sind an Telegraphenapparaten aufgestellt: Morse 1478 (davon im Betrieb 1422), Klopfer 230 (208), Hughes einfach 140 (116), Hughes zweifach 31 (5), Baudot zweifach 5 (3), Baudot vierfach 15 (8), Siemens zweifach 7 (4), Erndrucker 10 (4). Den Betriebsstrom liefern 79 Akkumulatoren, 742 Daniell-, 9142 Meidinger- und 6182 Beutel-Elemente. Die Länge der Telegraphendrähte betrug 78 160 km. Davon sind 74 vH Eisendrähte, 6 vH Bronzedrähte und 20 vH Kabel.

Fernsprechverkehr. Auf Grund einer sechstägigen Zählung ergeben sich umgerechnet auf das Jahr 7 029 620 Gesprächseinheiten zu je 3 min im Überlandsprechverkehr im Inlande. Im Auslandsverkehr 2 684 864 Einheiten. Im Ortssprechverkehr ergaben sich für ein Jahr 502 Mill. Gespräche, das ist 3200 für jede Teilnehmerstelle und 77 für jeden Einwohner jährlich. Die Anzahl der Fernsprechämter betrug 2238 (Zuwachs gegen das Vorjahr 144). Auf 1 km² oder 2920 Einwohner kommt ein Fernsprechamt. Die Gesamtzahl aller Teilnehmerstellen betrug 155 470, davon Einzelanschlüsse 75 489, Gesellschaftsanschlüsse halbe 14 501, viertel 25 601, Landanschlüsse 248 und Nebenstellen 39 631. Demnach entfällt je eine Teilnehmerstelle auf 43 Einwohner. Die Teilnehmerstellenzahl beträgt in Wien 101 410, Graz 6323, Linz 4979, Innsbruck 3283 und Salzburg 2914. Die Gesamtlänge aller Fernsprechdrähte betrug 714 676 km. Davon entfallen auf Überlandleitungen oberirdisch 64 318, unterirdisch 11 106, in Ortsnetzen oberirdisch 78 325, unterirdisch 553 786 km. Davon sind 4 vH aus Eisen, 17 vH aus Bronze und 79 vH gekabelt. Um die Fernsprechleitungen außerhalb der Dienstzeit der Vermittlungsämter besser auszunützen, wurde trotz der Schwierigkeiten in der Gebührenverrechnung ausgedehnter Gebrauch von den Dauerverbindungen zwischen Teilnehmern eines Netzes mit Ämtern und seinen Teilnehmern fremder Netze Gebrauch gemacht. Neben den schon früher bestandenen Dauerverbindungen zwischen Teilnehmern desselben Netzes, bestanden Ende 1926 845 Dauerverbindungen zwischen Teilnehmern und fremden Vermittlungsämtern und 154 Dauerverbindungen zwischen Teilnehmern fremder Netze.

Radiowesen. Der Radiotelegraphendienst mit dem Auslande im Betriebe der Radio-Austria A.-G.[2]) erstreckt sich nunmehr mit Ausnahme der Schweiz, der Tschechoslowakei und Ungarn auf ganz Europa. In der Station am Laaerberg wurden zwei weitere Marconiempfänger aufgestellt. Der Bau eines Kurzwellensenders zu Versuchszwecken wurde in Angriff genommen. Die Bildübertragungsversuche mit dem Karolographen zwischen Wien und Berlin befriedigten vollkommen und werden fortgesetzt. Der Radioverkehr mit dem Ausland er-

[1]) Aus dem „Geschäftsbericht der Generaldirektion für die Post- und Telegraphenverwaltung 1926", 60 Seiten Text, 30 Seiten Tabellen, 4 Vollbilder. Wien 1920. Druck der österr. Staatsdruckerei. Vgl. den Bericht für 1925, E. u. M. 1926, TWN, S. 178.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 565; 1926, TWN, S. 14.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 3, S. 57 und Heft

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Heft 9, S. 81 ff.

Digitized by Google

gab eine Zunahme von 25 vH gegen das Vorjahr. Die bezüglichen Zahlen sind: Deutschland 202 793, England 196 373, Rumänien 89 230, Frankreich 76 320, Polen 72 364, Jugoslawien 71 767, Bulgarien 43 356, Holland (ab August) 27 010, Rußland 16 762, Italien (ab Oktober) 10 165, Syrien 4764, Spanien 2646.

Radiotelegraph, Radiotelephonie und Rundspruchdienst im Inlande, betrieben von der Österr. Radio-Verkehrs-A.-G. (Ravag), entwickelte sich erfreulich. Die Anzahl der Teilnehmer im Rundspruchdienste betrug Ende 1926 245 673 gegen 184 646 des Vorjahres. Der neue Sender Rosenhügel mit einer mittleren Telephonieleistung von 7 kW wurde Ende Jänner eröffnet. Entsprechende Aufnahme- und Verstärkerräume wurden neu gebaut. Außerdem wurde ein neuer Zwischensender Ende Oktober in Klagenfurt, System Telefunken, mit 500 W Antennenleistung und ein weiterer Zwischensender im Dezember in Innsbruck, System Western, mit derselben Antennenleistung eröffnet. Der Bericht erwähnt, daß die Übertragung des Wiener Programmes auf den Klagenfurter Sender keinerlei Schwierigkeiten bereitete, während die Steuerung des letzteren Senders infolge der Notwendigkeit, auf der 500 km langen Strecke Wien—Innsbruck, eine aus Kabel und Freileitung zusammengesetzte Leitung verwenden zu müssen, sich bedeutende technische Schwierigkeiten entstellen werden. Dieses neue Problem der Radiotechnik wurde jedoch nach kurzer Versuchszeit einwandfrei gelöst.

Der Flugsicherungsdienst erstreckte sich ganzjährig auf die Plätze München, Budapest, Prag, Krakau und Zürich. Es wurden befördert 10 562 Radiotelegramme.

Postkraftfahrdienst. Von den 455 Kraftfahrzeugen fuhren die Benzinwagen 3 458 201, die Elektrowagen 492 641 km. Die reinen Betriebskosten betrugen für jeden Wagenkilometer bei ersteren 90 g, bei letzteren 1·34 S. Die Gesamtbetriebskosten einschließlich Verzinsung und Abschreibung betrugen 1·38 bezw. 2 S. Die durchschnittliche Leistung eines Luftreifens betrug 9914, eines Vollgummireifens 7900 km.

Der Gesamtpersonalstand betrug Ende 1926 25 809, davon 22 921 vollbeschäftigte, 2054 nicht vollbeschäftigte Bedienstete und 835 Kollektivvertragsarbeiter, gegen 25 590 des Vorjahres. Gegenüber dem Vorjahre ergibt sich daher eine Zunahme um 219 Bedienstete. Die Vermehrung war erforderlich durch notwendige Dienstes- und Verkehrserweiterungen bei gleichzeitig erreichter unterster Grenze des Personalabbaues. Reg.-Rat J. Kirschner.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	12. IX. 1927	14. IX. 1927	15. IX. 1927	16. IX. 1927	19. IX. 1927	20. IX. 1927	21. IX. 1927	22. IX. 1927	23. IX. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126¼	126¼	126	126¼	126	126	126	126	126
(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg									
Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	49–50	49½–50½	50 51	50–51	49½–50½	49½–50½	50–51	49½–50½	48¾–49¼
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210	210	210	210	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214	214	214	214	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350	340—350	340—350	340—350	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	88–93	90–95	90—95	90—95	90—95	85–90	90—95	90—95	85–99

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 16. September 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	5	0	62	10	0
Wire bars	62	10	0	—	—	
Standard Kassa	55	1	3	55	2	6
Standard 3 Monate	55	11	3	55	12	6
Zinn:						
Engl. ingots	283	5	0	283	15	0
Standard Kassa	285	5	0	285	10	0
Standard 3 Monate	279	10	0	279	15	0
Blei:						
Engl. pig common	23	5	0	—	—	-
Zink:						
Ordinary brands	27	15	0	27	12	6
Remelted	27	15	0	—	—	-
English Swansea	28	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

(Nach „Mining Journal" vom 23. September 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	10	0	62	0	0
Wire bars	62	0	0	—	—	-
Standard Kassa	54	2	6	54	3	9
Standard 3 Monate	54	11	3	54	12	6
Zinn:						
Engl. ingots	269	10	0	270	0	0
Standard Kassa	270	17	6	271	0	0
Standard 3 Monate	269	0	0	269	2	6
Blei:						
Engl. pig common	22	10	0	-	—	-
Zink:						
Ordinary brands	27	2	6	27	2	6
Remelted	27	5	0	—	—	-
English Swansea	27	12	6	—	—	—

Aluminium: 98—99vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 export.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 9 d. Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 9. Oktober 1927 | Heft 41

INHALT: Die neuen Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen. S. 845. Betrieb einer Asynchronmaschine als Generator in Parallelschaltung mit einem Kondensator. Von N. Landesberg (AEG-Berlin.) S. 847. / Die Inbetriebsetzung des Achenseewerkes. S. 850. RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 853. / Pumpen. S. 854. / Verbrennungskraftmaschinen. S. 854. / Stromverteilung. S. 855. Leitungen und Leitungsbau. S. 855. / Installationstechnik. S. 856. / Baustoffe. S. 857. / Elektrizität in der Landwirtschaft. S. 857. PATENTBERICHT. S. 858. LITERATURBERICHTE. S. 859. WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 859.

Die neuen Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

(Gültig ab 1. September 1927.)

Im Heft 30 der Zeitschrift vom 24. Juli 1927 wurde der Erlaß des Bundesministeriums für Handel und Verkehr über die Anerkennung der mit 1. September d. J. in Kraft getretenen neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" — EVW 1 —, und der ergänzenden Bestimmungen EVW 2 bis EVW 6 samt dem an die Landeshauptleute ergangenen Runderlaß veröffentlicht; im Anschlusse an die Erlässe wurde über den Stand der weiteren ergänzenden Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen der „Sicherheitsvorschriften" berichtet und auch angeführt, daß um die behördliche Anerkennung der vom Regulativkomitee (Obmann Direktor Ing. Kallir) bereits beschlossenen ergänzenden Bestimmungen EVW 7 bis einschließlich EVW 16 angesucht worden ist. Die behördliche Anerkennung ist nunmehr erfolgt; im Nachsfolgenden veröffentlichen wir den bezüglichen Erlaß des Bundesministeriums für Handel und Verkehr, sowie den an die Landeshauptleute diesbezüglich ergangenen Runderlaß. In diesem Runderlaß ist auch angegeben, welche auf die früheren „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" bezugnehmenden Erlässe vom 1. September d. J. an außer Kraft treten und welche Erlässe über diesen Zeitpunkt hinaus weiterhin Geltung behalten.

Im Auftrage der Vereinsleitung:
Der Sekretär: Ing. A. Marx, e. h.

Bundesministerium für Handel und Verkehr.

Zl. 105515—6/1927

Anerkennung der Ergänzungen EVW 7 bis EVW 16 der „Sicherheitsvorschriften für elektr. Starkstromanlagen" in der Auflage 1926.

An den
Elektrotechnischen Verein
in Wien VI.

Das Bundesministerium für Handel und Verkehr anerkennt im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramte (Inneres) die vom geehrten Verein mit Ansuchen vom 12. Juli d. J. Nr. 10937 vorgelegten weiteren Ergänzungen EVW 7 bis EVW 16 zu den bisherigen Ausgaben EVW 1 bis EVW 6 der neu bearbeiteten Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen in der Auflage 1926.

Die in den mit EVW 7 bis EVW 16 bezeichneten Heften enthaltenen Vorschriften, Regeln, Normen und Leitsätze haben von dem dort festgesetzten Zeitpunkten (EVW 7 bis EVW 9 sowie EVW 11 bis EVW 16 vom 1. September 1927 und EVW 10 vom 1. Jänner 1928) ab im Sinne des § 4, Abs. (1) der Verordnung des Bundesministeriums für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten vom 12. Juli 1922, B. G. Bl. Nr. 436 über Durchführungsbestimmungen zum Bundesgesetz vom 7. Juni 1922, B. G. Bl. Nr. 348, betreffend elektr. Anlagen (Starkstromverordnung), für die bei der Herstellung, der Instandhaltung und dem Betriebe der Starkstromanlagen, dann beim Zusammentreffen mehrerer elektrischer Anlagen in technischer Hinsicht zu treffenden Maßnahmen insoweit zu gelten, als von der Genehmigungsbehörde wegen besonderer Verhältnisse nicht anderes vorgeschrieben wird.

Der Elektrotechnische Verein in Wien wird eingeladen, in den angegebenen Heften EVW 7 bis EVW 16 das Datum und die Zahl dieses Anerkennungserlasses ersichtlich zu machen und zwecks Verständigung der beteiligten Ressorts sowie der Landeshauptleute von der erfolgten Anerkennung umgehend je 15 Stück vollständiger Abdrücke an das h. o. Bundesministerium zu übermitteln.

Das Bundesministerium für Handel und Verkehr ersucht, auch die Hefte EVW 2 bis EVW 6 mit dem bezüglichen Vermerk von Datum und Zahl des Anerkennungserlasses vom 15. II. 1927, Zl. 74828—6/1927 zu versehen.

29. Juli 1927.

Für den Bundesminister:
Gelse.

Digitized by Google

Bundesministerium für Handel und Verkehr.

Z. 107.782-6.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen; Auflage 1926; Anerkennung der Anhänge EVW 7 bis EVW 16.

An

alle Herren Landeshauptleute (einschließlich des Herrn Bürgermeisters als Landeshauptmann von Wien).

Das Bundesministerium für Handel und Verkehr hat im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramte (Inneres) mit Erlaß vom 29. Juli l. J., Z. 105.515-6/1927, die beiliegenden Ergänzungen EVW 7 bis EVW 16 zum allgemeinen Teil der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" (EVW 1) anerkannt und bestimmt, daß diese Ergänzungen nach Maßgabe des im § 1 von EVW 1 unter Punkt 3 bis 7 festgelegten Bereiches — im Sinne des § 4 der Verordnung des Bundesministerium für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten vom 12. Juli 1922, B. G. Bl. Nr. 436, über die Durchführungsbestimmungen zum Bundesgesetz vom 7. Juni 1922, B. G. Bl. Nr. 348, betreffend elektrische Anlagen (Starkstromverordnung) — für die bei der Herstellung, der Instandhaltung und dem Betriebe elektrischer Starkstromanlagen, dann für die beim Zusammentreffen mehrerer elektrischer Anlagen in technischer Hinsicht zu treffenden Maßnahmen insoweit zu gelten haben, als von der Genehmigungsbehörde wegen besonderer Verhältnisse nichts anderes vorgeschrieben wird.

Die in den Heften EVW 7 bis EVW 16 enthaltenen Sondervorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen sind zumeist schon im Texte des allgemeinen Teiles der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" (EVW 1) angeführt und beinhalten eine wesentliche Ergänzung der Sicherheitsvorschriften.

Zu den einzelnen Beilagen ist zu bemerken:

EVW 7 (Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen) und EVW 8 (Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren) ersetzen den mit Erlaß des Bundesministerium für Handel und Verkehr vom 28. August 1923, Z. 53024-V/3, anerkannten 16. und 17. Anhang der Sicherheitsvorschriften und stellen bis auf einige geringfügige Änderungen einen unveränderten Abdruck dieser auch vom Verbande Deutscher Elektrotechniker (VDE) angenommenen Regeln dar.

EVW 9 (Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen) ist als Ersatz des gleichfalls mit dem vorerwähnten Erlaß anerkannten 15. Anhanges der Sicherheitsvorschriften bestimmt, wurde jedoch zum Teil geändert und erweitert.

EVW 10 (Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen) hat bisher in Österreich nicht bestanden, entspricht aber in der Hauptsache den bezüglichen VDE-Vorschriften. Durch den „Anhang" entfällt der bisherige 18. Anhang der Sicherheitsvorschriften, der mit Erlaß vom 25. Februar 1924, Z. 67956-21, Anerkennung fand. Der Geltungsbeginn dieser Vorschriften ist mit Rücksicht auf die Notwendigkeit einer entsprechend bemessenen Einführungsfrist mit 1. Jänner 1928 festgesetzt worden.

EVW 11 (Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen), EVW 12 (Leitsätze für Erdungen und Nullung in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde) und EVW 13 (Leitsätze für Schutzerdungen in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde) bilden eine schon seit langem dringend gebotene Ergänzung des allgemeinen Teiles der Sicherheitsvorschriften hinsichtlich Maßnahmen zur Verhütung von Überspannungsschäden in Starkstromleitungen sowie Richtlinien für die Ausführung der im Interesse der persönlichen Sicherheit gelegenen Erdungen. Sie erhielten bloß die Bezeichnung „Leitsätze" (Empfehlungen), die den betreffenden VDE-Bestimmungen völlig gleichen und auch den bisherigen 19. Anhang der Sicherheitsvorschriften (anerkannt mit demselben h. o. Erlaß wie der 18. Anhang der Sicherheitsvorschriften) ersetzen.

EVW 14 (Normen für Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte für Stromstärken von 10 bis 1500 A) war schon bisher für die Bauart von Apparaten empfohlen gewesen und entspricht den gleichlautenden VDE-Normen.

EVW 15 (Vorschriften für das Rundfunkwesen: Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen) und EVW 16 (Vorschriften für das Rundfunkwesen; Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen [Netzanschlußgeräte]) sind gleichlautend mit dem 22. Anhang der Sicherheitsvorschriften, der mit h. o. Erlaß vom 3. Juni 1927, Z. 93875-6, behördliche Anerkennung gefunden hat.

Mit den vorliegenden Ergänzungsheften konnte die Neufassung der Sicherheitsvorschriften allerdings nicht abgeschlossen werden und es müssen noch der 11. Anhang der bisherigen Sicherheitsvorschriften (Bestimmungen für Freileitungen) sowie der 3. Anhang (Sondervorschriften für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Anlagen in Theatern) bis voraussichtlich Ende d. J. bestehen bleiben; auch die Herausgabe der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten" hat sich infolge ihrer gegenwärtigen Umarbeitung in Deutschland verzögert.

Nachstehend ist eine zusammenfassende Übersicht gegeben, welche auf die „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" bezugnehmenden Erlässe durch die anerkannten Behelfe EVW 1 bis EVW 16 vom 1. September d. J. an außer Kraft treten und welche Erlässe über diesen Zeitpunkt hinaus weiterhin Geltung behalten:

A) Außer Kraft gesetzt werden vom 1. September 1927 ab die Erlässe:

a) Vom 29. Oktober 1909, Z. $\frac{12/2\text{–XXII}}{21\,550}$ ex 1908, betreffend den Hauptteil der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen".[1])

b) Vom 22. April 1915, Z. 21627-VI, betreffend den 2. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[2])

c) Vom 29. Mai 1916, Z. 34361-VI, betreffend den 4. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[3])

d) Vom 31. Dezember 1916, Z. 89718-6, betreffend den Ersatz des 1. Anhanges der Sicherheitsvorschriften durch den 5. Anhang sowie den 6. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[4])

e) Vom 24. August 1917, Z. 93015-VI, betreffend Abänderung des 5. Anhanges der Sicherheitsvorschriften.[5])

f) Vom 30. Dezember 1917, Z. 140052-El., betreffend den 7. und 8. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[6])

g) Vom 8. Mai 1918, Z. 27066-El., betreffend Abänderung des 4. und den 9. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[7])

h) Vom 21. August 1918, Z. 51432-El., betreffend den 10. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[8])

f) Vom 24. Dezember 1919, Z. 30096-XXII-Arb., betreffend den 12. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[9])

j) Vom 22. Juni 1921, Z. 31123-XXII-Arb., betreffend den 13. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[10])

[1]) E. u. M. 1909, S. 1051.
[2]) E. u. M. 1915, S. 229.
[3]) E. u. M. 1916, S. 281.
[4]) E. u. M. 1917, S. 65.
[5]) E. u. M. 1917, S. 429.
[6]) E. u. M. 1918, S. 25.
[7]) E. u. M. 1918, S. 237.
[8]) E. u. M. 1918, S. 401.
[9]) E. u. M. 1920, S. 37.
[10]) E. u. M. 1921, S. 401.

Digitized by Google

k) Vom 27. September 1921, Z. 41073-XXII-Arb., betreffend den 14. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[11])

l) Vom 28. August 1923, Z. 53024-V/3, betreffend den 15. bis 17. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[12])

m) Vom 25. Februar 1924, Z. 67956-21, betreffend den 18. und 19. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[13])

n) Vom 18. September 1924, Z. 94936-21, betreffend den 20. und 21. Anhang der Sicherheitsvorschriften.[14])

B) In Geltung bleiben über den 1. September 1927 hinaus bis auf Weiteres die folgenden Erlässe:

a) Vom 14. Februar 1916, Z. 68554-VI, betreffend den 3. Anhang der Sicherheitsvorschriften (Sondervorschriften für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Anlagen in Theatern.[15])

b) Vom 24. Oktober 1919, Z. 21759-XXII-Arb., betreffend den 11. Anhang der Sicherheitsvorschriften (Bestimmungen für Freileitungen).[16])

c) Vom 18. August 1920, Z. 20080-XXII-Arb., betreffend Erläuterungen zum 11. Anhange der Sicherheitsvorschriften.[17])

d) Vom 3. Juni 1927, Z. 93875-6, betreffend den 22. Anhang der Sicherheitsvorschriften (Vorschriften für das Rundfunkwesen und zwar *A*) Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen und *B*) Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte). Wie oben erwähnt, sind die Ergänzungshefte EVW 15 und EVW 16 gleichlautend mit den Bestimmungen des 22. Anhanges der Sicherheitsvorschriften und bloß in Form und Ausstattung der Neufassung der Sicherheitsvorschriften, Auflage 1926, entsprechend angeglichen worden.[18])

e) Vom 16. April 1927, Z. 84309-6, betreffend die Anerkennung des allgemeinen Teiles der Sicherheitsvorschriften (EVW 1) und der Ergänzungshefte EVW 2 bis EVW 6.[19])

C) Hinsichtlich sonstiger vom Elektrotechnischen Verein in Wien herausgegebenen Vorschriften und Bestimmungen bleiben folgende Erlässe gleichfalls noch in Geltung.

a) Vom 18. August 1920, Z. 16889-XXII-Arb., betreffend „Normen für Periodenzahl und Spannungen".[20])

b) Vom 23. Dezember 1924, Z. 79117-21, betreffend „Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz" und[21])

c) vom 20. August 1924, Z. 88329-21, betreffend *A*) „Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeleitungen" und *B*) „Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich isolierter Leitungen für elektrische Fernmeldeanlagen".[22])

Herr Landeshauptmann werden eingeladen, hievon die unterstehenden politischen Behörden mit der Weisung verständigen zu wollen, daß bezüglich der beiliegenden Ergänzungen EVW 7 bis EVW 9 sowie EVW 11 bis EVW 16 vom 1. September 1927 und bezüglich EVW 10 vom 1. Jänner 1928 ab bei einschlägigen Amtshandlungen auf diese neuen Bestimmungen Bedacht zu nehmen sein wird.

Weitere Sonderabdrücke von den Heften EVW 7 bis EVW 16 sowie Verzeichnisse der jeweils geltenden Sicherheitsvorschriften sind beim elektrotechnischen Verein in Wien, VI., Theobaldgasse 12, erhältlich.

12. August 1927.

Für den Bundesminister:
Hafner.

[11]) E. u. M. 1921, S. 509.
[12]) E. u. M. 1923, S. 565.
[13]) E. u. M. 1924, S. 193.
[14]) E. u. M. 1924, S. 613.
[15]) E. u. M. 1916, S. 101.
[16]) E. u. M. 1919, S. 521.
[17]) E. u. M. 1920, S. 465.
[18]) E. u. M. 1927, S. 517.
[19]) E. u. M. 1927, S. 609.
[20]) E. u. M. 1920, S. 477.
[21]) E. u. M. 1925, S. 113.
[22]) E. u. M. 1924, S. 589.

Betrieb einer Asynchronmaschine als Generator in Parallelschaltung mit einem Kondensator.

Von N. **Landesberg** (AEG-Berlin).

Übersicht. Es wird die Möglichkeit der Erregung von selbständig arbeitenden Asynchrongeneratoren durch Kondensatoren untersucht. Durch Anwendung einer graphischen Methode wird die Periodenzahl und Spannung in Abhängigkeit von der ohmschen und induktiven Belastung abgeleitet.

Das Verhalten von Asynchrongeneratoren im Parallelbetrieb mit Synchrongeneratoren ist allgemein geläufig und wird durch das bekannte Kreisdiagramm veranschaulicht. Spannung und und Periodenzahl werden hierbei durch die Synchronmaschinen bestimmt. Diese müssen gewisse Erregungen erhalten, um den im Verbrauchsgebiet angeforderten Wirk- und Blindstrom bei der gegebenen Spannung zu liefern, wobei zu berücksichtigen ist, daß das Verhältnis des von den Asynchrongeneratoren abgegebenen Wirk- und Blindstromes durch das Kreisdiagramm festgelegt ist. Aus diesem sieht man auch, daß die Ströme solche Phasenlagen besitzen, die kapazitiven Belastungen von Generatoren entsprechen. Man kann nun an einen Asynchrongenerator ohmsche und kapazitive Widerstände (Kondensatoren) anschließen, die derart bemessen sind, daß man bei gegebener Spannung und Periodenzahl einen Strom erhält, der nach Größe und Phase einen Punkt des Kreisdiagrammes ergibt. Man hat damit einen Betriebszustand erreicht, in dem die Asynchronmaschine als Generator arbeiten kann, ohne daß eine Synchronmaschine parallel angeschlossen ist und man sagt, daß die Kondensatoren die Asynchronmaschine erregen. Es soll damit nur zum Ausdruck gebracht werden, daß ein solcher Betriebszustand möglich ist, wie er herbei geführt werden kann, wird später gestreift.

Zur Untersuchmng des Verhaltens des Asynchrongenerators mit Kondensator bei veränderlichen Widerständen wird eine graphische Methode benützt, die vom Verfasser bereits für die Untersuchung der „Erregung" von Asynchronmotoren durch Drehstrom-Kollektormaschinen angewandt wurde.[1]) Für die weiteren Berechnun-

[1]) „Selbsterregung von Drehstrom-Asynchrongeneratoren", ETZ 1925, S. 1651. — Anregung zu der vorliegenden Arbeit bot die rechnerische Behandlung der gleichen Aufgabe durch E. Unger, Arch. f. Elektr., Bd. 17, S. 590. Vgl. E. u. M. 1927, Heft 22, S. 447.

Digitized by Google

gen ist das Schaltungschema Abb. 1 zu Grunde gelegt, in welchem A der Asynchrongenerator ist, C eine feste Kapazität, r ein veränderlicher Ohmscher Widerstand, L eine veränderliche Induktivität.

Für die Asynchronmaschine, an ein Netz mit konstanter Spannung angeschlossen, gelte das Kreisdiagramm Abb. 2 als Polar-Diagramm mit dem Ursprung O. Hierbei ist $\operatorname{tg}\psi = \frac{\omega_2 L_{\sigma 2}}{r_2}$ unter Vernachlässigung des primären ohmschen und induktiven Spannungsabfalls im Generator.

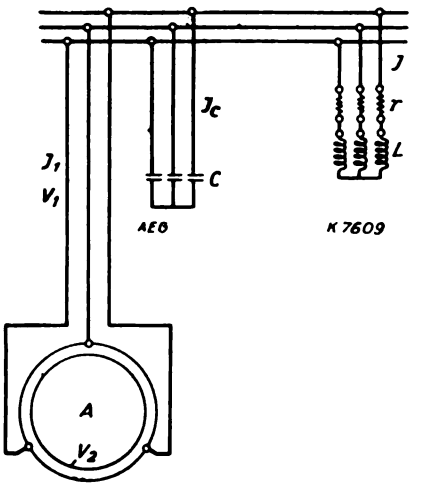


Abb. 1. Schaltung des Asynchrongenerators mit Kondensator und Belastung.

Es bedeutet $\omega_2 L_{\sigma 2}$ den induktiven Streuwiderstand, r_2 den ohmschen Widerstand im Sekundärkreis. Weiter bestehen die folgenden Beziehungen:

$$\omega_2 = s \cdot \omega_1, \quad s = \frac{n_s - n}{n_s}, \quad n_s = k_1 \cdot \nu_1, \quad \omega_1 = 2\pi\nu_1.$$

In den Formeln ist s die Schlüpfung, n_s die Umlaufgeschwindigkeit des Drehfeldes, n die Umlaufdrehzahl des Generators, der durch irgend eine Maschine konstant angetrieben wird.

Beim gewöhnlichen Betrieb der Asynchronmaschine an einem Netz mit konstanter Spannung und Periodenzahl werden die verschiedenen Schlüpfungen s bezw. Betriebspunkte des Kreisdiagrammes durch Änderung der Drehzahl erreicht, bei gleichbleibender Drehfeldgeschwindigkeit. Eine zweite Möglichkeit s zu verändern, bezw. alle Punkte des Kreisdiagrammes zu erreichen, besteht darin, bei konstanter Drehzahl n den Größen n_s bezw. ν_1 verschiedene Werte zuzuschreiben.

Der Kreis Abb. 2 bleibt jedoch nicht ohne weiteres als geometrischer Ort der Endpunkte der Stromvektoren bestehen. Bei sinkender Periodenzahl wachsen die Ströme proportional; das Verhältnis $\frac{O'A}{O'B}$ bleibt gleich, wenn keine Sättigung vorhanden ist. Mit steigender Sättigung wird $\frac{OA}{OB}$ größer. Will man den Kreis beibehalten, so sind die Ströme ν_1-fach aufzutragen. Soll der Kreis auch von Spannungsschwankungen unabhängig werden, so ist als Strommaßstab $m = k_2 \frac{E}{\nu_1}$ einzuführen. Dieser Maßstab ist für jeden Punkt des Kreises verschieden und entspricht einer parametrischen Funktion bei analytischen Darstellungen.

Aus den vorangehenden Formeln erhält man die Primär- oder Netzperiodenzahl in Zusammenhang mit der Schlüpfung, bezw. $\operatorname{tg}\psi$:

$$\nu_1 = \frac{n}{k_1} + \frac{r_2}{2\pi L_{\sigma 2}} \cdot \operatorname{tg}\psi \quad \ldots (1).$$

Nach dieser Gleichung wurden die Periodenzahlen für die einzelnen Kreispunkte ermittelt. Die Werte für $\operatorname{tg}\psi$ unterhalb OA sind negativ zu nehmen; sie müssen im Zusammenhang mit Gleichung (1) übersynchronen Schlüpfungen (Generatorbetrieb) entsprechen.

Der Kondensatorstrom ist:

$$J_c = E\omega_1 C = 2.\pi.C.E.\nu_1.$$

Mit Berücksichtigung des Maßstabes wurde aufgetragen:

$$J_c' = \frac{J_c}{m} = \frac{2\pi.k_2.C.E\nu_1^2}{E} = 2\pi k_2 C\nu_1^2 \quad (2).$$

Durch Summation des Stromes der Asynchronmaschine und des Kondensators erhält man die Linie l der Abb. 2, welche den Verlauf von $\dot{J} = \dot{J}_1 + \dot{J}_c$ darstellt. Für den Generatorbereich kommt nur der Abschnitt unterhalb OB in Betracht.

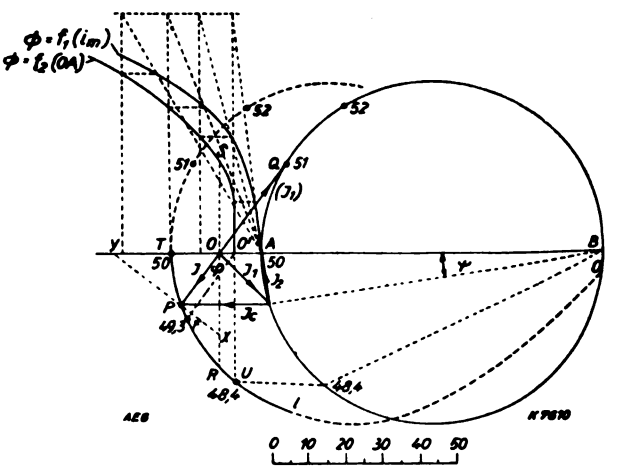


Abb. 2. Diagramm des Asynchrongenerators mit Konsator erregt.

In der Abb. 2 ist auch die Magnetisierungslinie $\Phi = f_1(i_m)$ gezeichnet. Mit Hilfe der folgenden Beziehungen kann aus dieser die Funktion $\Phi = f_2(OA)$ entwickelt werden, wobei

$OA \times m = i_m$ ist; ferner:

$$OA = i_m \times \frac{\nu_1}{E.K_2}, \quad E = K_3.\Phi.\nu_1 \quad .(3).$$

$$OA = K_4 \frac{i_m}{\Phi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4).$$

Digitized by Google

Aus dieser Gleichung und aus der graphisch gegebenen Funktion $\Phi = f_1(i_m)$ wurde $\Phi = f_2(OA)$ ermittelt.

In Abb. 2 ist die äußere Belastung r und $\omega_1 L$ durch Abschnitte an den Koordinaten zu ersehen, wie man aus den weiteren Ableitungen erkennt:

$$r = \frac{E\cos.\varphi}{J}, \quad \omega_1 L = \frac{E\sin.\varphi}{J},$$

$$OP = JK_2\frac{\nu_1}{E},$$

$$\underline{OY} = \frac{OP}{\sin.\varphi} = \underline{\frac{K_2}{2\pi L}} \quad \ldots\ldots (5),$$

$$\underline{OX} = \frac{OP}{\cos.\varphi} = \underline{\frac{K_2\nu_1}{r}} \quad \ldots\ldots (6)$$

Der Vektor OP entspricht einer ganz bestimmten Belastung durch äußere ohmsche und induktive Widerstände und ergibt eindeutig die Periodenzahl. Die Spannung ist jedoch für den ungesättigten Bereich (O'), in welchem $\frac{O'A}{O'B} =$ konstant ist, unbestimmt. Ein solcher Betriebszustand ist nur bei gewissen Größen von r und L möglich. Besitzt die Maschine Sättigung, so wird die Asynchronmaschine bei willkürlichen

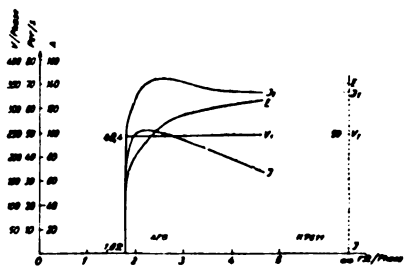


Abb. 3. Betriebskurven bei rein ohmscher Belastung.

Veränderungen von r und L erregt und es ist außerdem nicht nur die Periodenzahl, sondern auch die Spannung eindeutig bestimmt. Dies trifft jedoch nur für Variationen der Belastung innerhalb bestimmter Grenzen zu, auf die noch eingegangen wird. Es sei noch bemerkt, daß die Spannung auch bei ungesättigtem Asynchronmotor eindeutig bestimmt wird, wenn der cos φ von den Verbrauchern L und r von der Spannung abhängig ist.

Bei rein ohmscher Belastung wird $L = 0$, $OY = \infty$ und XY verläuft horizontal. Zieht man durch die verschiedenen Punkte des Bogens TU Abb. 2 Vertikale, zum Beispiel durch R, so ist der Abschnitt OR ein Maß für den ohmschen Widerstand nach Gleichung (6) und OS für Φ bezw. E nach Gleichung (3). — Die Spannung bezw. die Periodenzahl bei verschiedenen r, wobei $L = 0$ ist, wurde in Abb. 3 aufgetragen.

Es wurde eine Asynchronmaschine zu Grunde gelegt, mit 50 kW Motorleistung, 375 U/min bei 380 V λ, $\nu_1 = 50$ Per/s, $OQ = 104$ A.

Das gezeichnete Kreisdiagramm gilt für den Betrieb an 380 V, 50 Per/s mit dem Ursprung O,

Für Vollast wurde eingesetzt

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{s\,\omega_1 L_{\sigma 2}}{r_2} = 0{\cdot}265, \quad s = 0{\cdot}018,$$

$$\omega_1 = 2\pi\nu_1 = 314, \quad \frac{L_{\sigma 2}}{r_2} = 0{\cdot}047.$$

Setzt man in Formel (1) $n = 375$, $\nu_1 = 50$, $\operatorname{tg}\psi = 0$, was dem Synchronismus entspricht, so erhält man für $\underline{K_1} = \frac{60}{p} = \frac{60}{8} = \underline{7{\cdot}5}$ (p = Polpaarzahl) und für $\nu_1 = 50 + 3{\cdot}4\operatorname{tg}\psi$ (1').

OS (= 25 Einheiten nach dem in der Abb. gezeichneten Maßstab) ist ein Maß für die Spannung, welche beim normalen Motorbetrieb 380 V beträgt, pro Phase 220 V.

Nach Formel (3) erhält man:

$$220 = K_3 \times 25 \times 50, \quad \underline{K_3 = 0{\cdot}176}.$$

Die Maßstabkonstante für den Strom erhält man aus OQ . . . 31 Einheiten $\times\ m = 104$ A.

$$31 \times K_2 \times \frac{220}{50} = 104, \quad \underline{K_2 = 0{\cdot}76}.$$

Die Größen r und L können aus E, I, cos.φ, ν_1 bestimmt werden.

Der kapazitive Widerstand $\frac{1}{\omega_1 C}$, welcher der

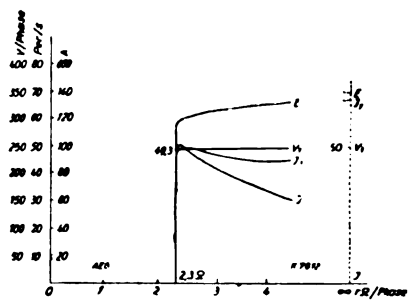


Abb. 4. Betriebskurven bei $\frac{L}{r} =$ konst. $= 0{\cdot}0024$.

Abb zu Grunde liegt, kann berechnet werden aus $AT = 25$ Einh.

$$J_c = 25 \times m = 25 \times 0{\cdot}76 \times \frac{220}{50} = E\,\omega_1 C =$$

$$= 220 \times \omega_1 C,$$

$$\frac{1}{\omega_1 C} = \underline{2{\cdot}63\ \text{Ohm/Phase}}.$$

Unter Annahme von rein ohmscher Belastung wurden für verschiedene Punkte zwischen TU die Größen E, J, J_1, ν_1 bestimmt und in Abb. 3 eingetragen.

Gemäß Abb. 3 sinkt die Spannung von 353 bis 0 Volt, wenn der Widerstand von $r = \infty$ bis 1·8 Ohm vermindert wird. Bei $r = 1{\cdot}8$ Ohm wird die Spannung unstabil, das heißt, sie wird durch den Widerstand nicht eindeutig bestimmt, sondern kann zwischen 0 bis 145 V schwanken. Bei noch geringeren Ohmwerten wird die Maschine überhaupt spannungslos. Die Periodenzahl ändert sich hierbei in den Grenzen 50 bis 48·4 Perioden, der Strom J von 0 — 104 A. Der Bereich der Widerstände r, für welche noch eine

Digitized by Google

Erregung des Asynchrongenerators möglich ist (Abschnitt O' T') hängt von der Sättigungscharakteristik und der parallel geschalteten Kapazität C ab. Im vorliegenden Falle würde eine Selbsterregung im vorstehenden Sinne überhaupt unmöglich werden, wenn $\frac{1}{\omega C} \leqq 8{\cdot}25$ Ohm ist.

Der Verlauf von Spannung und Periodenzahl bei ohmscher und induktiver Belastung für ein bestimmtes Verhältnis von $\frac{r}{L}$ ist in Abb. 4 gezeichnet. Durch dieses Verhältnis ist der Strom-Spannungswinkel φ für jeden Punkt des Kreisdiagrammes gegeben, da die Periodenzahl für die einzelnen Diagrammpunkte bekannt ist. Man kann demnach ohne weiteres die Stromvektoren in Abb. 2 eintragen und die zugehörigen Spannungen, Ströme, ferner die Belastungen in Ohm bestimmen. Das Ergebnis dieser Auswertung enthält Abb. 4, aus welcher man erkennt, daß der stabile Bereich für die Erregung durch das Vorhandensein der induktiven Belastung wesentlich eingeschränkt wurde. (Bogen TF). Die Kurven wurden für $\frac{r}{L} = \frac{314}{0\,75}$ entwickelt, was einem $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ bei 50 Per/s entspricht. Der in Abb. 3 und 4 auftretende maximale Strom beträgt 101 A

In den vorstehenden Ausführungen wurde die Drehzahl der Asynchronmaschine als konstant angenommen. Man kann nun noch die Kurven der Abb. 3 und 4 für verschiedene Tourenzahlen entwickeln und auf diese Weise noch deren Einfluß ermitteln.

Der Betriebszustand, in den Asynchronmaschinen durch Kondensatoren erregt werden, kann als Störungserscheinung auftreten.

Es kann irgend ein Asynchronmotor am 50-periodigen Netz, gleichzeitig als Generator Strom von abweichender Periodenzahl liefern. Das praktische Drehmoment der Maschinen würde sich dann als Differenz aus dem Motor- und Generatordrehmoment ergeben.

Die Erregung der Asynchronmaschinen tritt ein, wenn die parallelgeschalteten ohmschen und induktiven Widerstände und Kapazitäten die früher entwickelten Bedingungen erfüllen. Die Kapazität kann durch ausgedehnte Leitungen, insbesondere durch ein Kabelnetz gegeben sein; in neuerer Zeit kommen auch noch Kondensatoren hinzu, die zur Deckung des Blindstromverbrauches von Asynchronmotoren in deren Nähe aufgestellt werden. Als äußere Belastung für den Betrieb irgend einer Asynchronmaschine als Generator kommen alle Verbraucher in Betracht, die ans Netz angeschlossen sind und die durch äquivalente ohmsche und induktive Widerstände ersetzt werden können. Die Kapazität müßte so groß sein, daß annähernd der Blindstromverbrauch aller parallel arbeitenden Asynchronmotoren gedeckt wird, damit die Erregung möglich wird. Außerdem wirken die Wicklungen von Synchronmotoren und Einankerumformern bei der abweichend Periodenzahl als starke Induktivitäten. Im gewöhnlichen Betrieb ist demnach das Auftreten der Ströme mit einer Periodenzahl, die von der normalen abweicht, nicht zu befürchten.

In den vorstehenden Ausführungen ist nur von den möglichen Betriebszuständen die Rede, die auftreten können, wenn an eine Asynchronmaschine mit parallel geschalteter Kapazität Widerstände angeschlossen sind. Vom spannungslosen Zustand ausgehend, kann sich diese Anordnung nicht selbst erregen; es müssen vielmehr die Anfangsbedingungen für einen möglichen Betriebszustand besonders geschaffen werden. Dies kann zum Beispiel durch kurzzeitiges Anlegen einer vorhandenen Spannung geschehen, durch Rückstandsladungen am Kondensator, durch Remanenz an der Asynchronmaschine.[2])

[2]) Siehe auch Aufsatz v. Weiler, E. u. M. 1925, S. 609.

Die Inbetriebsetzung des Achenseewerkes.

Nach einer verhältnismäßig kurzen Baufrist von 3 Jahren ist am 19. September d. J., also genau wie im Bauprogramm vorgesehen, das nunmehr größte Kraftwerk Österreichs in Betrieb gesetzt worden. (Abb. 1.)

Den grundlegenden Gedanken für die Ausnützung des Achensees, die Durchführung der Bauarbeiten und die maschinellen und elektrischen Einrichtungen des Achenseewerkes hat vor Jahresfrist der Direktor der Tiroler Wasserkraftwerke A. G., Ing. Erich Heller, in der Zeitschrift beschrieben.[1]) Die Bedeutung des Kraftwerkes für die Kraftversorgung Österreichs mag es rechtfertigen, nochmals die wichtigsten Daten über den jetzt vollendeten Teilausbau zu wiederholen; anschließend sollen Angaben über den weiteren Vollausbau gemacht werden.

Derzeit sind im Kraftwerk Jenbach (Abb. 2) drei Maschinen von je 8000 PS aufgestellt, die 5500 V, $16^2/_3$ Per/s Einphasenstrom erzeugen, der in drei 5000 kVA Transformatoren auf 55 kV hinauftransformiert wird und für den Strombedarf der österreichischen Bundesbahnen dient. In zwei weiteren 15 350 PS-Sätzen wird 5500 V, 50 Per/s Drehstrom für Kraftzwecke erzeugt. Dieser Strom wird in zwei 13 000 kVA Transformatoren auf 115 kVA hinauftransformiert und über Innsbruck zur Landesgrenze bei Scharnitz geleitet, wo der Anschluß an das Leitungsnetz des bayrischen Werkes vorgesehen ist. (Abb. 3.)

[1]) Vgl. E. Heller, „Die maschinellen und elektrischen Anlagen des Achenseekraftwerkes", E. u. M. 1926, Heft 39, S. 690; zum Schlusse des Aufsatzes (S. 697) ist die Inbetriebsetzung für Anfang September 1927 vorgesehen.

Digitized by Google

Die Transformierung des Stromes erfolgt in Freiluftanlagen in unmittelbarer Nähe des Maschinenhauses.

Von dem im Zuge der Leitung bei Innsbruck errichteten Unterwerk Wilten und vom Kraftwerk Jenbach gehen zur lokalen Versorgung 25 kV-Leitungen nach Hall, Schwaz und ins Achental. Eine Erweiterung des 25 kV Netzes und eine Verlängerung der 115 kV-Leitung vom Kraftwerk nach Osten und Westen ist vorgesehen. Die Anlagen des ersten Ausbaues mit 54 700 PS installierter Leistung sollen jährlich mindestens 90 Mill. kWh erzeugen.

Die bedeutenden Energiemengen, die nach dem Vollausbau zur Verfügung stehen werden, haben bereits heute ihre Verwertung gefunden. Innsbruck wird zur Ergänzung seiner eigenen Wasserkraftanlagen von Ende d. J. angefangen 8 Mill. kWh zur Zeit des Niederwassers beziehen, die Stadt Schwaz hat sich einen Strombezug von 0·5 Mill. kWh im Winter gesichert, Hall nimmt 300 kW ganzjährig ab. Die österreichischen Bundesbahnen werden durch 18 Jahre hindurch 25 Mill. kWh ansteigend auf 40 Mill. kWh abnehmen. Ein mit dem Bayernwerk abgeschlossener Stromlieferungsvertrag sieht den Bezug von Spitzenleistungen bis 40 000 kW vor.

Schon zu Beginn des Jahres 1927 ist mit der Einleitung weiterer Zuflüsse in den Achensee begonnen worden, wodurch die dem Kraftwerk zur Verfügung stehende Wassermenge von 3 auf 4 m^3/sec im Jahresdurchschnitt steigen wird. Ferner sollen verschiedene Quellen in der Nähe des Sees nutzbar gemacht werden. Das Entnahmebauwerk im See, der Stollen, das Wasserschloß und die Rohrleitung zum Kraftwerk sind bereits von vorneherein für die vergrößerte Betriebwasserführung bemessen worden, es sind daher nur die maschinellen und elektrischen Anlagen und das Krafthaus selbst zu erweitern.

An neuen Maschinen werden ein vierter 8000 PS Einphasensatz für den künftigen Bedarf der Bundesbahnen und zwei 31 000 PS Drehstromsätze (in den Jahren 1928 und 1929) aufgestellt und damit eine installierte Leistung von fast 125 000 PS, sowie eine jährliche Stromerzeugung von wenigstens 150 Mill. kWh erzielt werden. An dem bisherigen Ausbau des Werkes und der sonstigen

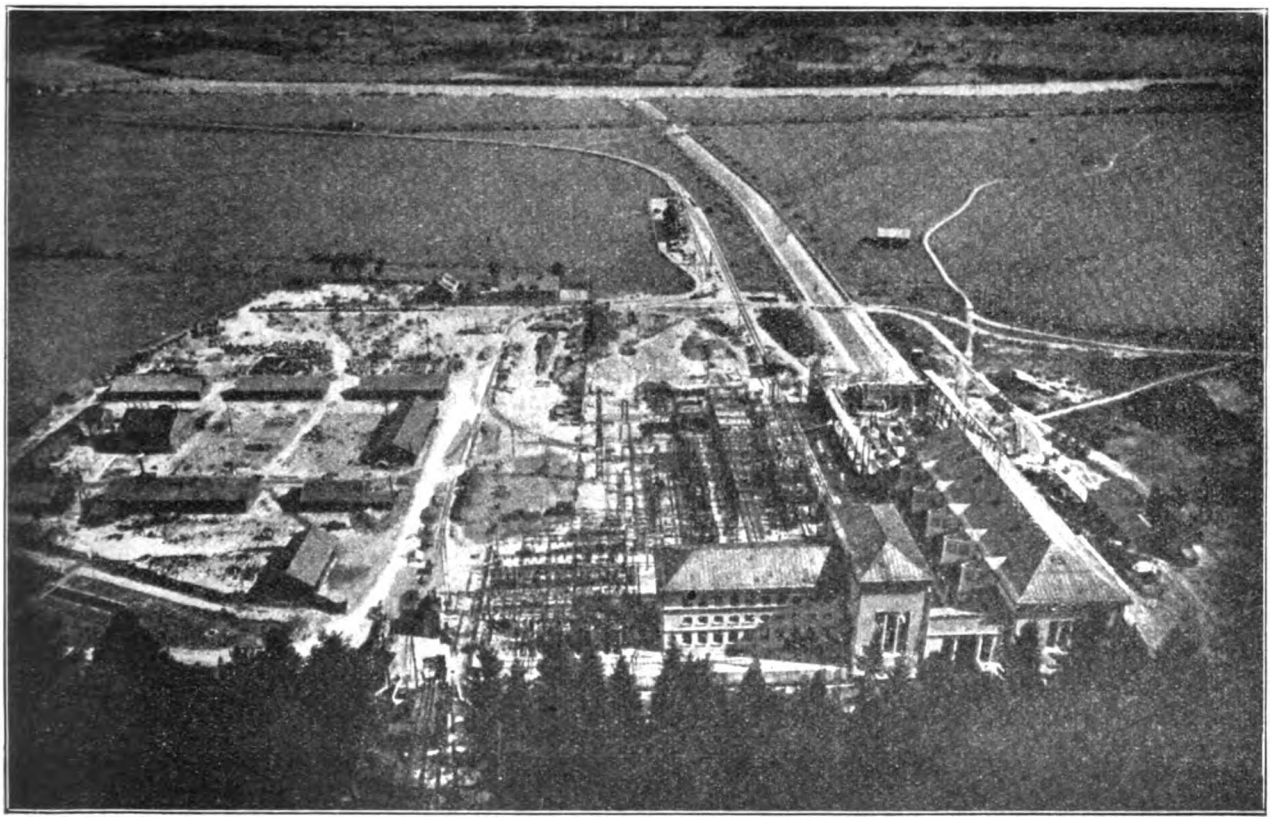


Abb. 1. Blick auf die Krafthausanlage und den Unterwassergraben bei Jenbach.

Anlagen sind von elektrotechnischen Unternehmungen in erster Linie die A. E. G.-Union Elektrizitätsgesellschaft, die Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke und die Österr. Brown-Boveri-Werke A. G. beteiligt, die Turbinen stammen aus der Leobersdorfer Maschinenfabrik und von J. M. Voith, St. Pölten.

Die Mittel zur Durchführung der Arbeiten sind bisher durch das Aktienkapital der TIWAG von 3 Mill. Schilling, durch die Ausgabe von 6 Mill. Dollar Goldbonds in den Vereinigten Staaten und durch einen Baubeitrag von 7·2 Mill. Schilling der Österr. Bundesbahnen aufgebracht worden. An der TIWAG sind neben der Gemeinde Innsbruck die österr. Bodenkreditanstalt, die Niederösterr. Eskompte-Gesellschaft, die österr. Kreditanstalt für

Digitized by Google

Handel und Verkehr, die Hauptbank für Tirol und Vorarlberg, die Tiroler Landesbank und die Bank für elektrische Unternehmungen in Zürich beteiligt.

An der Eröffnungsfeier im Kraftwerk Jenbach am 19. September nahmen der Bundespräsident Dr. Hainisch, der bayrische Staatsminister des Innern Dr. Stützel mit Vertretern

Abb. 2. Blick in die Maschinenhalle.

der bayrischen Behörden, die Bundesminister Dr. Schürff und Thaler, der Landeshauptmann von Tirol Dr. Stumpf, der Direktor der Elektrisierungs-Direktion der Österr. Bundesbahnen

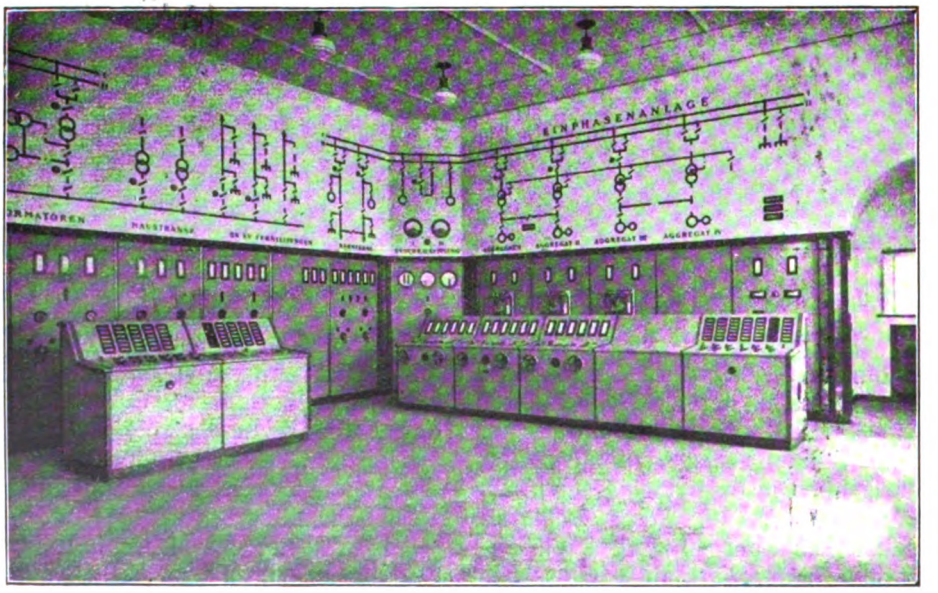


Abb. 3. Kommandoraum.

Sektionschef Ing. Dittes, Ministerialrat Ing. Naehr vom Wasserkraft- und Elektrizitäts-Wirtschaftsamt, die leitenden Persönlichkeiten der am Ausbau des Werkes beteiligten elektrotechnischen Großfirmen, sowie eine Reihe Vertreter der öffentlichen Körperschaften, der elektrotechnischen Industrie und der Wiener Großbanken teil.

In seiner Ansprache hob der Bundespräsident hervor, daß nur durch die Hebung der landwirtschaftlichen Produktion und den Ausbau der Wasserkräfte Österreich zum Teil von den Schäden der Friedensverträge geheilt werden könnte und betonte, daß er stets bemüht gewesen sei, für den Ausbau der Wasserkräfte Österreichs zu werben. Mit großer Genugtuung stellte der Bundespräsident fest, daß in diesen wenigen Jahren unendlich viel geschehen sei, und er begrüßte es besonders, daß durch das Werk die Naturschätze Österreichs auch dem benachbarten Bayern zukommen werden.

Nach der Inbetriebsetzung des Kraftwerkes, einer Besichtigung der Anlagen in Jenbach und des neuen Unterwerkes in Wilten fand die Feier mit

Digitized by Google

einem Festabend in Innsbruck ihren Abschluß. Bundesminister Dr. Schürff hob in seiner Rede die Leistungen der österreichischen Industrie hervor, welcher es gelungen ist, die Anlagen innerhalb einer so kurzen Zeit der Benutzung zu übergeben; er verwies auf das Verdienst der Stadtgemeinde Innsbruck und der Finanzgruppe um das Zustandekommen des Werkes und auf die Wichtigkeit der Stromlieferung nach Bayern für beide Länder, sowie auf die Bedeutung des Werkes für die Stromlieferung der österreichischen Bundesbahnen. Auch Minister Dr. Stützel betonte, daß das neugeschaffene Werk für Bayern von außerordentlicher Bedeutung sei, da es durch den abgeschlossenen Stromlieferungsvertrag eine wertvolle Ergänzung für die bayrische Energiewirtschaft bringe. Die ganze süddeutsche Wirtschaft werde dadurch gefördert. Sektionschef Ing. Dittes hob die Bedeutung des Achenseewerkes für die österreichischen Bundesbahnen hervor, und gedachte rühmend der großartigen Leistungen, die beim Bau des Werkes geboten wurden. Besonders die programmgemäße Fertigstellung gibt einen Beweis für das Können der österreichischen Ingenieure. Der Vizepräsident der TIWAG, Direktor Dr. Mosing, wies auf die Verdienste der Industrie und der wirtschaftlichen Korporationen des Landes um den Bau des Werkes hin, auch darauf, daß das Land Tirol unmittelbar nach Vollendung des Achenseewerkes daran gehe, ein großes Werk an der Ötz neu aufzurichten und daß die Gemeinde Innsbruck sich weitere Strommengen aus dem neu zu errichtenden Kraftwerke zu sichern suchen wird. Die Industrie und die mit ihr verbundenen Finanzinstitute werden sich auch in den Dienst dieses neuen Werkes stellen. Direktor Dr. Oppenheim dankte als Vizepräsident der Gesellschaft allen Amtsstellen des Bundes, des Landes und der lokalen Körperschaften, ferner den technischen Beratern beim Bau des Achenseewerkes, insbesonders dem seit den Anfängen der ersten Projektionsarbeiten auf technischem und wirtschaftlichem Gebiete besonders erfolgreich tätigen Ministerialrate Dr. Pernt, und den beim Bau des Werkes tätigen Ingenieuren, Beamten und Arbeitern. Direktor Ingenieur Heller der TIWAG gab zum Schluße einen Rückblick auf das bisher Geschehene und einen Ausblick auf die weitere Entwicklung, die zunächst den bereits begonnenen Vollausbau des Werkes umfasse. Da aber auch die Energiemengen, welche dadurch erschlossen werden, bereits ihren bestimmten Platz im Wirtschaftsleben zugewiesen erhalten haben, muß die Gesellschaft nach neuen Aufgaben und neuen Zielen Umschau halten. Sie bringt für diese Aufgaben, die Erschließung der Energiequellen Tirols, den noch ausbaufähigen Energiespeicher des Achensees zur Veredlung der in den Laufkraftwerken gewonnenen Energie, ihr Verteilungsnetz und den bewährten Arbeitsapparat als wertvolles Rüstzeug mit.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die Fortschritte in der amerikanischen Kraferzeugung. Ein Rückblick, den „Power", Bd. 65, Nr. 1 d. J., über die Ereignisse auf diesem Gebiete während des vergangenen Jahres gibt[1]), lehrt, daß die gesamte installierte Maschinenleistung am 1. September 1926 50 Mill. PS, das ist fast 0·5 PS pro Einwohner, betrug. Im Jahre 1925 war der Kohlenverbrauch in rund 4000 Werken ungefähr 1 kg/kWh. Das Edgarwerk in Boston liefert die kWh mit 0·43 kg und wird bei vollem Ausbau der Hochdruckanlage nur mehr 0·4 kg/kWh benötigen. 1926 kam auch ein neuer Quecksilberkessel und eine neue Quecksilberturbine in Betrieb. Im Dampfkesselbau selbst zeigt sich noch immer das Streben nach größeren Einheiten, höheren Drücken und höherer Heizflächenbeanspruchung. Man trachtet, womöglich den ganzen Feuerraum mit Heizfläche zu umgeben, um einen verhältnismäßig kleinen Kessel zu erhalten. Die weniger wirksame Heizfläche für Berührungsübertragung verlegt man in die billigeren Ekonomiser. Ein nach diesen Gesichtspunkten gebauter Kessel ist der Dampfgenerator der Combustion Engineering Corp., der keine direkt bestrahlten Schamotteflächen mehr besitzt. Hoch erwärmte Luft ist erforderlich, um die Feuerraumtemperatur zu erhalten und die Zündung sicher zu stellen. Eine andere Konstruktion dieser Art ist der Burroghs-Käfigkessel, der sich seit einigen Monaten in anstandslosem Betrieb befindet. Die Wirksamkeit der bestrahlten Flächen wird durch die Vergrößerung der Fordsonanlage am besten demonstriert.[2]) Durch Hinzufügung von rund 200 m² in den Feuerraumkühlflächen und im Schlackenrost zu den 2500 m² vorhandener Kesselheizfläche konnte die Leistung des Kessels bei derselben Grundfläche auf das doppelte erhöht werden. Eine abseits stehende Konstruktion ist der La Monte-Kessel, der zunächst als Abhitzekessel entworfen wurde, jedoch auch für hohe Drücke sehr gut geeignet ist. Er besteht im wesentlichen aus einem Bündel von vertikalen Rohren kleinen Durchmessers, das von oben nach unten von Wasser durchflossen wird und direkt im heißen Gasstrom liegt. Die in den heißen Rohren während des Durchströmens des Wassers gebildeten Dampfbläschen werden vom Wasserstrom mitgerissen und gelangen dann in einen Beruhigungsbehälter, in dem sich Dampf und Wasser scheiden. Das Wasser wird von einer Pumpe wieder in das Rohrbündel gedrückt, um neuerlich den Kreislauf zu beginnen. Der größte Höchstdruckkessel wurde im Lakeside-Werk errichtet.[1]) Er hat eine Heizfläche von rund 2500 m² und wird Dampf von 95 at und 382° C erzeugen. Zur Wiederhitzung des mit 225° aus der Turbine austretenden Dampfes auf 380° ist ein Strahlungüberhitzer in der Rückwand der Feuerung eingebaut, durch den der Dampf in das Mitteldrucknetz der Anlage gelangt. Der Überhitzer wird bei Schrägrohrkesseln meist zwischen der vierten und fünften Rohrreihe eingebaut. Bei den sechs 1500 m² Kesseln des East-River-Werkes[2]) liegt der Überhitzer zwischen der dritten und vierten Rohrreihe. Um einen über die große Breite des Kessels gleichmäßig verteilten Gasstrom zu erhalten, hat man in der Nähe der Seitenwände die dem Überhitzer vorgelagerten drei Rohrreihen auf zwei und schließlich ganz bei den Mauern auf eine vermindert. Im Hudson Avenue-Werk[3]) kann in Störungsfällen der über-

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, Heft 39, S. 826.
[2]) Siehe E. u. M. 1927, Heft 6, S. 107.
[1]) E. u. M. 1926, S. 763.
[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 665.
[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 508; 1926, S. 199; „Das El.-Werk" 1926, S. 40.

Digitized by Google

schüssige Dampf der neuen 28 atü Anlage nach Passieren eines Reduzierventiles und eines U-Röhrenkühlers in die alte 19 atü Anlage geleitet werden.

Die Luftvorwärmer wurden auf Grund der gemachten Erfahrungen verbessert und finden immer mehr Anwendung, sowohl bei Staub- als auch bei Rostfeuerung. Bei der ersteren geht man bis auf 260° Lufttemperatur. Sehr viele Kessel werden mit bestem Erfolg vollständig automatisch reguliert. Stip.

Pumpen.

Das Sandfields Pumpwerk der Süd-Staffordshire Wasserwerksgesellschaft. Das Werk, das 1858 unter Benutzung von Original Watt schen Dampfmaschinen in Betrieb kam, ist kürzlich im Zusammenhang mit der Errichtung einer großen Filteranlage (eine ausführliche Beschreibung der letzteren enthält die unten angeführte Quelle) vollständig umgebaut worden. An Kraftmaschinen sind jetzt zwei liegende Gleichstromkondensationsdampfmaschinen von je 392 PS Normalleistung vorhanden, die jede einen 225 V Gleichstromerzeuger und eine wagrechte Zentrifugalpumpe mittels Spannrollentrieben von den Schwungrädern antreiben. Die Pumpen fördern das filtrierte Wasser in den Sammelbehälter. Der Filteranlage wird das Rohwasser durch zwei stehende, elektrisch angetriebene Zentrifugalpumpen zugeführt. Den Strom liefern die beiden erwähnten Stromerzeuger, die außerdem auch jeder allein für die Stromversorgung der Hilfsmaschinen der Filteranlage ausreichen. Jede Einheit (Dampfmaschine, Stromerzeuger und zwei Pumpen) kann 13 500 m³ in 24 Stunden liefern, und zwar bei einer Gesamtförderhöhe von 122 m, wovon 1/5 auf die Rohwasser- und der Rest auf die Reinwasserpumpen entfällt. Die Rohwasserpumpen (alle Pumpen stammen von Gebr. Sulzer) laufen mit 750 bis 840 U/min, je nach der zu fördernden Wassermenge, sie sind einkränzig mit beidseitiger Einströmung. Die lotrechte etwa 12 m lange Übertragungswelle zwischen der Pumpe und dem Motor ist in fünf Lagern gelagert. Die Reinwasserpumpen sind dreistufig, ebenfalls mit zweifacher Einströmung. Sie laufen mit 870 bis 940 U/min je nach der Förderleistung und können von den Antriebsmaschinen abgeschaltet werden. Die Rohwasserpumpenmotoren können den Strom von beiden Generatoren erhalten. Der elektrische Antrieb wurde für diese Pumpen deshalb gewählt, weil dadurch die Fördermenge für die Filteranlage unabhängig von der Lieferung von Reinwasser geregelt werden kann, die ziemlich unveränderlich ist. Die Filteranlage kann auch ausgeschaltet werden, die Rohwasserpumpen führen das Wasser dann unmittelbar den Reinwasserpumpen zu. Außer den beiden Hauptmaschinensätzen ist noch eine 25 kW Dampfdynamo vorhanden, welche bei stillstehenden Hauptmaschinen den Strom für die Hilfsmaschinen liefert. Die Stromverteilung geschieht für alle Pumpen und Hilfsantriebe von einem gemeinsamen Schaltbrett aus. Die von den Herstellern gewährleisteten Ziffern (Fördermenge 9·1 m³/min, bei 122 m Förderhöhe, Pumpenleistung 252 PS, ind. Maschinenleistung 392 PS, Gesamtwirkungsgrad 64·26 vH, Dampfverbrauch je Pumpen-PSh 8·39 kg, Förderleistung in mkg 16·5 Mill./500 kg Dampf) wurden bei den Abnahmeversuchen ausnahmslos über- bezw. unterschritten, der Dampfverbrauch je PSh war um etwa 11 vH kleiner. J.

(Engg., Bd. 123, Nr. 3197 und 3202, 1927.)

Verbrennungskraftmaschinen.

Kompressorlose Viertakt-Dieselmotoren, Bauart AEG-Hesselman. Dr. Ing. Fr. Saß gibt eine genaue Beschreibung der Einzelheiten dieses bereits an dieser Stelle besprochenen Motors.[1]) Abb. 1 zeigt die Brennraumform, welche dem Umstande Rechnung trägt, daß die Ölstrahlen erst nach einer gewissen Entfernung von der Brennstoffdüse *D* aus sich erweitern. Durch die Bemessung der Stärke des Kragens *K* des Kolbens läßt sich erreichen, daß der Durchmesser *d* und die Höhe *h* des Verbrennungsraumes dem durch die Wahl des Verdichtungsdruckes vorgeschriebenen Inhalt des Verbrennungsraumes entsprechen. Abb. 2 läßt die Anordnung des Einsaugventiles *E* und den Schirm *S* erkennen, welcher die drehende Bewegung der im Verdichtungsraum eingeschlossenen Luft und damit eine gute Mischung von Luft und Brennstoff bewirkt. Die

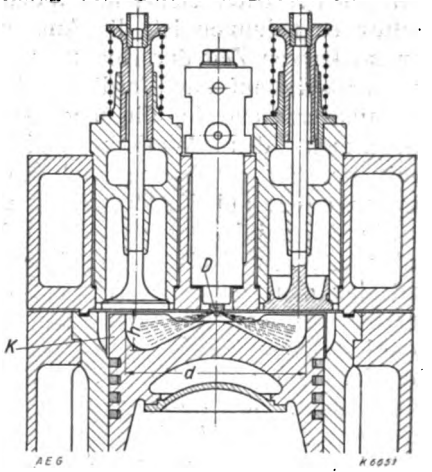


Abb. 1.
Brennraumform des kompressorlosen AEG-Hesselman-Motors.
D = Brennstoffdüse, *K* = Kolbenaufsatz, *d* = Durchmesser des Brennraumes, *h* = Höhe des Brennraumes.

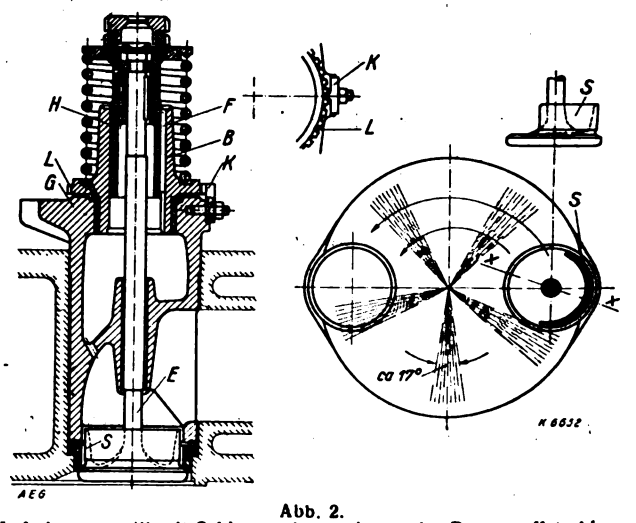


Abb. 2.
Lufteinsaugventil mit Schirm und Anordnung der Brennstoffstrahlen.
B = Drehbare Buchse, *E* = Einsaugventil, *F* = Federkeil, *G* = Ventilgehäuse, *H* = Führungskolben, *K* = Riegel, *L* = Verzahnung, *S* = Schirm, *x—x* = Schirmachse.

Ausbildung der aus Membranen *c* bestehenden Feder des Brennstoffventiles *b* zeigt Abb. 3 in einer schematischen Darstellung. Diese Membranen ersetzen eine viel stärkere Spiralfeder (einer Feder von 8½ Windungen mit 27 mm Drahtstärke, 160 mm mittlerem Durchmesser und 250 mm Länge entspricht eine Membrangruppe von 30 mm äußerem Durchmesser und 138·6 mm Länge) und ermöglichen einen überaus kleinen Ventilhub, der bei einem Motor von 400 PS nur 0·09 mm beträgt. Das Ventil schließt daher sehr rasch und schmierungsfrei. Eine weitere interessante Einzelheit ist die Brennstoffpumpe, die einen Druck von 300 at erzeugen muß. Zur Steuerung dient ein Nocken, die Regelung geschieht durch Unterbrechung der Förderung des Saugventiles vom Regler aus. Ein Vierzylinderversuchsmotor

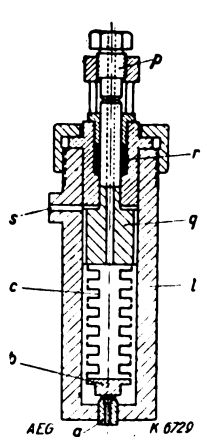


Abb. 3.
Schematische Darstellung d. Brennstoff-Membranvent.
a = Ventilsitz,
b = Ventilkopf,
c = Membranelement,
l = Ventilgehäuse,
p = Druckschraube,
q = Druckstück,
r = Stopfbüchse,
s = Brennstoff-Eintritt

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 673.

Digitized by Google

der AEG (die AEG baut nur Schiffsmotoren nach dem System Hesselman) mit 380 mm Zylinderdurchmesser und 540 mm Hub, der bei 250 U/min 400 PSe leistet, hatte einen Brennstoffverbrauch von 168 bis 170 g/PSeh bei Vollast, entsprechend einem thermischen Wirkungsgrad von fast 38 vH. Der mittlere effektive Druck war über 6·5 kg/cm², bei diesem Druck war der Auspuff völlig unsichtbar. Auch bei Halblast stieg der Brennstoffverbrauch nur auf 176·5 g/PSeh, um dann etwas stärker bis auf 215 g bei Viertellast zuzunehmen. Der Gang der Maschine war bei allen Belastungen weich und ruhig, der Verbrennungsdruck ist nie größer als 40 atü.

(AEG-Mitteilungen, Heft 5, 1927.)

Stromverteilung.

Eine Unterstation mit automatischer Spannungsregelung durch parallel arbeitende Drehtransformatoren, die für die Diamont Mines of South Africa Ltd. geliefert wurde, beschreibt G. Erényi. Die Energie wird einer 30 kV-Freileitung entnommen und in vier Transformatoren von je 1500 kVA umgespannt. Örtliche Verhältnisse verlangten zwei Unterspannungen 550 V für zahlreiche Motoren und 500 V für einen Drehstrom-Gleichstrom-Motorgenerator von 1000 kW für Bahnbetrieb und einen Drehstrom-Drehstrom-Motorgenerator von 750 kW, der mit 3000 V einige entfernt gelegene Diamant Bagger versorgt. Da außerdem die Netzspannung um ± 15 vH schwankt, wurden zwischen die beiden Niederspannungsschienen und die Umspanner Drehregler geschaltet, die automatisch gesteuert werden. Dies erfolgt einerseits durch ein kompensiertes Spannungsrelais, das die Sammelschienenspannungen auf 500 bezw. 550 V einregelt, andererseits durch ein Überwachungsrelais, das für gleiche Winkelstellung der parallel arbeitenden Drehregler sorgt und so die mechanische Kupplung der Wellen erübrigt. Die Arbeitsweise ist die folgende: Jede Drehreglerwelle bewegt eine Regulierkurbel, die über Regelwiderstände gleitet, die alle parallel an die Gleichstromhilfsspannung angeschlossen sind. Die Spule des Überwachungsrelais ist nun zwischen die Kurbeln der parallel arbeitenden Regler angeschlossen. Stehen nicht alle Kurbeln in gleicher Winkellage, so spricht das Relais an und die Antriebsmotoren verstellen die Drehregler bis alle dieselbe Stellung haben. Diese elektrische Steuerung ist der mechanischen Kupplung der Drehreglerwellen besonders bei einer größeren Anzahl von Reglern überlegen, da die Platzfrage ohne Zwang gelöst werden kann, und ungenaue Reglerstellung infolge Wellentorsion vermieden wird. f. f.

(AEG-Mitteilungen, Heft 6, Juni 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die Erwärmung von Leitern bei kurzen Belastungszeiten und bei Kurzschlüssen[1]) unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes und der spezifischen Wärme berechnen G. Gut (Baden) und L. M. Grünberg (Zürich). Die Rechnung führt auf die Differentialgleichung:

$$d\vartheta = \frac{\sigma^2 \cdot (1 + \alpha\vartheta + \beta\vartheta^2) \cdot \varrho_{20}}{(1 + \alpha_c\vartheta + \beta_c\vartheta^2) \cdot k_{20}} \cdot dt$$

(δ = Übertemperatur in °C, σ = Stromdichte A/mm², ϱ = spez. Widerstand Ω/m, mm², $k = 4{\cdot}189 \cdot \gamma$; γ = spez. Gewicht kg/dm², c = spez. Wärme kg cal/kg °C; α, β bezw. α_c und β_c Temperaturkoeffizienten von ϱ bezw. c; t = Belastungszeit in sec).

Unter der Annahme gleichbleibender Stromdichte, wäre die Gleichung durch Partialbruchzerlegung integrabel, die Lösung jedoch unhandlich. Bildet man aus den Funktionen $\varrho = f(\vartheta)$ und $k = f(\vartheta)$ die Quotientenfunktion $\left(\frac{\varrho}{k}\right) = f(\vartheta)$, so ergibt sich eine flache Kurve, die man durch die Gerade

$$\left(\frac{\varrho}{k}\right)_{\vartheta+20^\circ} = K_\vartheta + 20 = K_{20}(1 + \varepsilon\vartheta)$$

ersetzen kann. Die Differentialgleichung löst sich durch

$$\delta = \frac{e^{\sigma^2 \cdot t \cdot K \cdot \varepsilon} - 1}{\varepsilon}.$$

Die Sonderfälle: $\alpha = \beta = 0$: $\beta_c = 0$ (Konstantan) geben die Lösung

$$\vartheta = \frac{\sqrt{1 + 2\,\alpha_c \cdot K_{20} \cdot \sigma^2 \cdot t} - 1}{\alpha_c}$$

bezw. bei $\alpha_c = \beta_c = 0$; $\varrho_{\vartheta+0} = \varrho_{20} \frac{50}{\vartheta + 50}$, was für Wasserwiderstände zutrifft:

$$\vartheta = 10\sqrt{25 + \frac{\varrho_{20}}{4{\cdot}189} \cdot \sigma^2 \cdot t} - 50.$$

Die Verfasser geben für zehn verschiedene Materialien Kurven für $\sigma^2 \cdot t/\vartheta$ aus denen in bequemer Weise für einen bestimmten $\sigma^2 \cdot t$-Wert die Übertemperaturen entnommen werden können. Die Kurven gelten für kurze Belastungszeiten, das heißt solche die 10 vH der thermischen Zeitkonstante nicht überschreiten.

Für Kurzschluß trifft die Annahme gleichbleibender Stromdichte nicht mehr zu. Um dennoch mit konstanter Stromdichte rechnen zu können, ersetzen die Verfasser den veränderlichen Strom durch einen gleichbleibenden $\varkappa \cdot J_d$ (J_d = Dauerkurzschlußstrom), der dieselbe Wärmewirkung hat. Unter Annahme einer Exponentialkurve für das Abklingen des Kurzschlußstromes ergibt sich für $\varkappa$ der Wert:

$$\varkappa = \sqrt{1 + \frac{\tau}{t}\left[2(m-1)\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + \frac{(m-1)^2}{2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2t}{\tau}}\right)\right]}$$

der für verschiedene Werte $m = \frac{J_a}{J_d} = \frac{\text{Anfangs}}{\text{Dauer}}$ - Kurzschlußstrom als Funktion von $\frac{t}{\tau} = \frac{\text{Kurzschlußdauer}}{\text{Abklingungskonstante}}$ in Kurven ausgewertet ist. Für die Berechnung ist τ zu schätzen ($\tau = 0{\cdot}2 - 0{\cdot}3$ sec bei Schenkelpolmaschinen, $\tau = 0{\cdot}1 - 0{\cdot}2$ bei Turbomaschinen). Um die Erwärmung durch den Kurzschlußstrom zu erhalten, bildet man $(\varkappa \cdot \sigma)^2 \cdot t$ und erhält aus den zuerst erwähnten Kurven die Übertemperaturen ϑ.

Schließt man Leiter an eine gleichbleibende Spannung V an, so ist die Stromdichte infolge der Widerstandszunahme veränderlich. Die Differentialgleichung lautet:

$$d\vartheta = \left(\frac{V}{l}\right)^2 \cdot \frac{dt}{\varrho_{20} \cdot k_{20}(1 + \alpha\vartheta + \beta\vartheta^2)(1 + \alpha_c\vartheta + \beta_c\pi^2)}.$$

Zur einfachen Auswertung bildet man die Produktenfunktion $(\varrho \cdot k) = f(\vartheta)$ und sucht zwei neue Temperaturkoeffizienten: ε und η. Dann ist

$$\left[\frac{\eta}{3} \cdot \vartheta^3 + \frac{\varepsilon}{2} \cdot \vartheta^2 + \vartheta\right]\varrho_{20} \cdot k_{20} = \left(\frac{V}{l}\right)^2 \cdot t,$$

wobei l die Leiterlänge in m bedeutet. Auch für diese Gleichung geben die Verfasser Kurven. Muß man den Einfluß der Selbstinduktion berücksichtigen, so drückt man $\omega L = n \cdot R_0$ die Induktanz als Vielfaches der Resistanz aus. Für jedes Material ergibt sich dann für $\vartheta = f\left[\left(\frac{V}{l}\right)^2 \cdot t\right]$ eine Kurvenschar mit n als Parameter, die die Verfasser für Kupfer ausgewertet haben.[1])

(Wie groß der Einfluß der Temperaturabhängigkeit der spez. Wärme ist, zeigt ein Vergleich mit Kurven von Biermanns[2]), die diese Abhängigkeit vernachlässigen. Biermanns gibt durchwegs höhere Werte zum Beispiel für Cu 400°, Al 400°, Messing 460° während Gut und Grünberg für gleiches $\sigma^2 \cdot t$ nur 300, 300, bezw.. 400° angeben. Dies bei gleichbleibender Stromdichte. Ein Vergleich der Erwärmung durch den Stoßkurzschlußstrom läßt sich nicht in einfacher Weise geben, da die Annahmen ziemlich abweichen. Der. Ber.) ff.

(Bull. S. E. V. 18. Jahrg. Nr. 4, 1927).

[1]) Siehe Edler, E. u. M. 1925, Seite 329.

[1]) Siehe Dr. Fabinger, E. u. M. 1926, S. 149.

[2]) Siehe Biermanns, Überströme in Hochspannungsanlagen, S. 382.

Digitized by Google

Installationstechnik.

Moderne Installationstechnik. (Unter besonderer Berücksichtigung der amerikanischen Praxis.)

Die Installationsmethoden für die Verlegung von elektrischen Leitungen sind in den einzelnen Ländern der Erde außerordentlich verschieden. Es ist in Europa nicht allgemein bekannt, daß die amerikanische Installationstechnik von der europäischen in sehr wesentlichen Zügen abweicht und einen durchaus eigenen Charakter besitzt. Die öffentlich-rechtliche Regelung des amerikanischen Installationswesens ist mehr oder weniger eine private, nachdem in erster Linie die Vorschriften der „National Board of Fire-Unterwriters", einer Vereinigung von Versicherungsgesellschaften, bindende und gesetzübliche Geltung besitzen. Vereinzelt findet man auch Vorschriften von lokalen Stadtbehörden oder Elektrizitätswerken, die sich jedoch durchaus an die Vorschriften der Versicherungsgesellschaften anschließen müssen. Die Konstruktionsvorschriften und Installationsbedingungen sind festgelegt im „National Electric Code", welcher im Anhang eine halbjährlich ergänzte Liste von genehmigten Apparaten und Installationsmaterialien nebst Bezugsquellen, enthält. Diese Vorschriften sind das Ergebnis von Entscheidungen der „National Conference on Standard Electrical Rules", zu welcher Delegierte aller Vereinigungen von Bedeutung der Ingenieur-, Architektur-, Bergwerks-, Installations- usw. Branchen beordert werden. Die erwähnte, rührige und einflußreiche Organisation, die im Laufe der Jahre fast die Macht einer administrativen Behörde erlangt hat, wendet allen Fragen der Installations-, Beleuchtungs-, Krafterzeugungs- und Verteilungstechnik ihre Aufmerksamkeit zu, unterstützt durch vorzüglich durchgebildete und ausgerüstete Prüfanstalten und Versuchsanlagen.

Für die Verlegung von Leitungen in bedeutenderen und wichtigen Gebäuden ist in den letzten Jahrzehnten, sowohl im Ausland wie auch bei uns, die vollständig unsichtbare Installation charakteristisch geworden. Diese Verlegungsart ist etwa schon seit den Jahren 1890 in Amerika üblich, und zwar nicht nur für größere und öffentliche Gebäude, sondern auch in Privathäusern, Villen und Cottagehäusern. Von Amerika aus hat sich diese Verlegungsart überall hin verbreitet und eingebürgert. Sie stellt, sowohl vom technischen wie auch vom ästhetischen Standpunkt aus, die beste Verlegungsart dar. Vor dem Jahre 1890 war in Amerika auch die Verlegung von Holzleisten, die mit Nuten versehen waren, üblich, insbesondere in Läden und Warenhäusern, weniger in Fabriken. Die Verlegung von Litzenschnur auf kleinen Porzellanisolatoren, die Befestigung der Leitungen mittels isolierender Klammern an Holzdübeln und Türrahmen, die etwa in den Jahren 1890 bei uns heimisch war und nun glücklicherweise der Vergangenheit angehört, hat in Amerika wegen der besonderen Verhältnisse des amerikanischen Bauwesens nicht Eingang finden können. Mit den gesteigerten Ansprüchen an Feuersicherheit und Solidität ist man, in Anlehnung an die amerikanische Praxis, auch bei uns nach und nach zur Verlegung von Leitungen in isolierende Röhren übergegangen, die jedoch nicht unsichtbar, sondern in der Regel auf den Putz verlegt wurden. Das Ideal einer vollständigen Ausbildung eines Systems von Stahlpanzerröhren, die mit einer isolierenden Auskleidung versehen, gleichzeitig mit der Erstellung des Baues verlegt werden und in welche erst nachträglich die Leitungen eingezogen werden, hat sich wohl in Nordamerika, jedoch nicht bei uns wegen der zu hohen Kosten verwirklichen lassen. Den Ersatzsystemen, Verlegung in Bergmannröhren, Installation von Kuhlodraht, dem Peschelsystem usw., haften eine Reihe von Nachteilen an, die eine Verbesserung der Installationstechnik wünschenswert erscheinen lassen. Da bisher in den Häusern Gasleitungen in ausgedehntem Umfange verlegt wurden, konnte begreiflicherweise die Verwendung eines Installationssystems, welches nochmals gasrohrähnliche Schutzhüllen verlangt, nicht viel Anhänger gewinnen. Wird aber in einem Neubau darauf verzichtet, Gasleitungen in alle Zimmer zu verlegen, wozu in der Regel kein Bedürftnis mehr vorliegt, da ja jetzt schon eigentlich nur in den Küchen Gasanschlüsse erforderlich werden, so steht nichts mehr im Wege zu einem solideren Installationssystem, wie es zum Beispiel bereits in Amerika üblich ist, zu gelangen und die Leitungen durchweg unter Putz in gasrohrähnliche Schutzhüllen zu verlegen. Wird dann später einmal das elektrische Heizen allgemein, dann fallen auch die Gasleitungen in der Küche weg und es braucht dann nur noch ein System von Röhren in den Häusern verlegt werden.

Zum besseren Verständnis des amerikanischen Installationswesens ist die Kenntnis der wesentlichen Punkte des amerikanischen Hausbaues erforderlich, nachdem derselbe von der bei uns üblichen Art völlig abweicht. Charakterisierend für das amerikanische Wohnhaus ist die Leichtigkeit der Konstruktion, die weitgehende Verwendung von Holz als Baumaterial und die dadurch bedingte überaus kurze Bauzeit, die in wirtschaftlicher Hinsicht naturgemäß große Vorteile bietet. Das amerikanische Wohn- oder Geschäftsgebäude stellt sich in der Regel dar als ein hoher, schmaler, rechteckiger Kasten, dessen Schmalseite der Straßenfront zugekehrt ist. Die kurzen, naturgemäß dann mit der Straße parallel laufenden Balkenlagen der einzelnen Stockwerke werden jeweilen gelegt wenn das Mauerwerk auf die entsprechende Höhe hochgeführt worden ist. Mit fabelhafter Geschwindigkeit, vollzieht sich hierbei die Erstellung des an allen vier Seiten gleichmäßig fortschreitenden Mauerwerks durch die „Bricklayer" (Ziegelleger). Mit dem Fortschreiten des Baues werden manchmal, jedoch nicht immer, auf den Balkenlagen mittels großer Nägel Holzpfosten stehend befestigt, die dann die Trennungswände zwischen den einzelnen Räumen tragen. Häufiger jedoch wird auf den Balkenlagen der Fußboden zuerst verlegt, mit den nötigen Aussparungen für die Treppen und Kamine, auf welchem dann erst die Vertikalpfosten erstellt werden. Ist das Haus bis zu diesem Zustande gediehen, dann setzt die Tätigkeit der verschiedenen Installateure ein, der Plumber (Gas- und Wasserleitungsmonteure), der Bellhänger (Schwachstrommonteure), der Electricians (Lichtmonteure) usw. Mit Stemmeisen, Holzbohrern, Stichsägen usw., werden die nötigen Öffnungen durch die Böden hergestellt, worauf, unter Benützung derselben, die Leitungen in flexiblen Isolierröhren ohne Metall oder offen verlegt werden, ohne weitere Befestigung, nur hie und da mit Draht festgebunden. Die Leitungen enden an den Verbrauchsstellen in Dosen oder Kästen, bei weniger wichtigen Anlagen läßt man vorerst die Enden einfach etwas länger um sie dann später bequem in die Verbrauchsapparate einführen zu können. Sind alle Leitungen verlegt dann werden von besonderen Handwerkern, den „Lathers", mit großer Handfertigkeit schmale Latten beidseitig an die Holzpfosten genagelt, die dann die Unterlage für den Verputz bilden, der bald darauf angebracht wird. Hierauf folgt das Austrocknen mittels Koksöfen und das Gebäude ist, nachdem noch die Holzverkleidungen der Rahmen, die Türen, Fenster und die Inneneinrichtungen angebracht sind, bezugsbereit, je nach Jahreszeit schon nach wenigen Monaten nach Erstellung der Fundamente. Die Leitungen für Luft, Gas und Elektrizität, für die Schwachstrominstallationen, liegen dann durchwegs verdeckt und da auch in Fabriksgebäuden, öffentlichen Bauten und dergleichen diese Installationsart vorherrscht, so kann man die verdeckte Verlegungsart als wesentlichste und charakteristische Eigentümlichkeit des amerikanischen Installationswesens ansehen. Bei wichtigeren Gebäuden werden statt der flexiblen Isolierhüllen, Gasröhrensysteme mit Abzweig- und Anschlußkästen verlegt, in welche, nach Erstellung des Rohbaues, die Leitungen eingezogen werden. Bei Eisenbetonbauten, älteren Fabriksgebäuden usw. findet man häufig auch eine Verlegung der Leitungen in der Art, daß dieselben, mit etwas besserer Isolation versehen, durch Porzellanklemmen festgeklemmt werden. Die Verwendung von Kuhlodraht, Peschelrohr, ist in Nordamerika völlig unbekannt; wo nachträglich Lei-

Digitized by Google

tungen auf Putz verlegt werden müssen, findet man die Leitungen in flexible Isolierröhren, „Circular loom" genannt, oder in Gasröhren eingezogen. Die Vorschriften des „National Code" schreiben hinsichtlich der letzteren Verlegungsweise vor, daß die verwendeten Eisenröhren keine geringeren Abmessungen, insbesondere keine kleineren Wandstärken haben dürfen als die üblichen Gasröhren. Eine allfällig vorgesehene isolierende Auskleidung muß derart beschaffen sein, daß sie das allfällige Ausbrennen eines Leiters unter Überlast anstandslos verträgt. Eine moderne amerikanische Installationsmethode ist auch die Verlegung von eisenbandarmierten Kabeln mit oder ohne Bleimantel je nach der Natur der Räume. Infolge bedeutender Vorzüge hat sie sich auch bei uns rasch Eingang verschafft, und zwar etwa seit dem Jahre 1906, ausgehend von einer Reihe von Fabriksinstallationen, die unter dem Verfasser in Fabriken der Textilindustrie erstellt worden sind. Diese Methode ermöglicht einen sehr sicheren Betrieb, da die Kabel sowohl mechanisch sehr solide sind, wie auch als absolut feuersicher bezeichnet werden können. Bei der allgemeinen Anwendung der elektrischen Beleuchtung in den Vereinigten Staaten, die mit Recht als die beste und feuersicherste bezeichnet wird, wozu der Umstand mitspielt, daß Brände durch angeblichen Kurzschluß zu den Seltenheiten gehören, sind die für die Verteilung und den Anschluß der Apparate notwendigen Einrichtungen, Schalter, Kästen, Sicherungen, Verteiltafeln, Anschlußdosen usw. von vorzüglicher Konstruktion und Durchbildung. Für Sicherungen werden in der Regel geschlossene Patronenelemente mit Messerkontakten verwendet, die leicht auswechselbar und bequem reparierfähig sind. Die Verwendung von Lamellensicherungen (linkfuse) wird mehr und mehr seltener. Eine besondere Eigentümlichkeit der elektrischen Inneninstallation ist, daß Gaskandelaber, Gasleuchter, falls sie neben Gasflammen noch elektrische Lampen tragen, von dem Gasleitungsnetz des Gebäudes vollkommen elektrisch isoliert sein müssen. Dies wird durch besondere Isoliermuffen erreicht, deren Konstruktion der Genehmigung durch das Board of Fire Underwriters unterliegt.

Unsere heutige deutsche und damit auch kontinentale Installationstechnik ist seit längerer Zeit dieselbe geblieben: einzig eine Reihe von neueren Installationsmaterialien sind in die Erscheinung getreten. Sie verfolgen gewöhnlich das Ziel, die Montage zu vereinfachen und billiger zu gestalten. Die Unterputzinstallation ist allgemeiner geworden. Rohrdrähte mit blankem Mittelleiter sind als Neuheit aufgetaucht. Wichtig sind auch Kleinautomaten in Sicherungsform mit Schraubfassung geworden. So liefert die Firma Voigt & Haeffner A.-G. in Frankfurt a. M. Drehschalter mit automatischer Auslösung von gleicher Größe wie die üblichen Drehschalter für Verteilungstafeln. Die quadratische Form des Sockels ermöglicht engen Zusammenbau und somit große Platzersparnis. Charakteristisch für unsere Zeit ist auch die häufiger werdende Verwendung von Klingeltransformatoren und damit die Erweiterung der Anwendungsgebiete des Starkstromes. Die Radiotechnik wird weitere Neuheiten auf dem Gebiete des Installationswesens bringen, nachdem die Verwendung von Netzanschlußgeräten häufiger wird, die nun neuerdings auch für alle Stromverbrauchszwecke, also auch für die Lieferung des Heiz- und Gittervorspannungstromes, den Lichtstrom verwenden.

Conr. J. Centmaier,
beratender Ingenieur, Esslingen (N).

Baustoffe.

Nickel-Kupferlegierungen. W. T. Griffiths gibt eine Übersicht über die Eigenschaften dieser technisch wichtigen Legierungen, soweit sie weniger als 50 vH Nickel enthalten.[1]) Die Schmelzpunkte steigen gleichmäßig von jenem des Kupfers (1083° C) bis zu jenem des Nickels (1452°), so daß die Legierung mit 50 vH Ni etwa bei 1300° schmilzt. Für die Herstellung der Legierungen mit mehr als 20 vH Ni wird besonders die Verwendung von Hochfrequenzöfen empfohlen. Alle Legierungen können als Bleche, Streifen, Bänder, Stangen und Drähte hergestellt und auch gegossen werden. Ebenso können auch gezogene Rohre erhalten werden, während die Bearbeitung durch Drücken und Schmieden nicht gut möglich ist. Die Festigkeit nimmt mit dem Ni-Gehalt zu. Sie beträgt bei harten Stangen, Drähten und Blechen mit 20 vH Ni, die bei der Kaltbearbeitung im Querschnitte um 56 bis 98·3 vH vermindert wurden, zwischen 50 und 70 kg/mm², die Brinellhärte (mit der 1 mm Kugel und 10 kg Druck durch 20 sec oder mit der 10 mm Kugel und 1000 kg Druck durch 1 min) schwankt zwischen 128 und 148, die Dehnung zwischen 2·2 und 18 vH. Werden die Werkstücke bei 700 bis 900° 15 min bis 1 Stunde geglüht so sinkt die Festigkeit auf 33 bis 38 kg/mm², die Härte auf 60 bis 72, die Dehnung steigt dagegen auf 36 bis 54 vH. Bei der Legierung mit 40 vH Ni war die Festigkeit der harten Werkstücke 58 bis 82 kg/mm², die Härte 146 bis 171, die Dehnung 2 bis 16 vH. Bei den geglühten Werkstücken sind die entsprechenden Zahlen 40 bis 42 kg/mm², 77 bis 114 und 44 bis 51 vH. Mit dem Nickelgehalt nimmt ferner auch die Geschwindigkeit und die Zähigkeit zu, daher ist auch eine sehr weitgehende Kaltbearbeitung der Legierungen, besonders von 20 vH Ni angefangen, möglich. Härte und Elastizitätsmodul nehmen bis 50 vH Ni gleichmäßig zu. Die erhitzten Legierungen weisen geringere Festigkeit auf, die bei 600° C etwa ²/₃ der Werte bei normaler Temperatur beträgt. Dabei werden auch die Werte für die Elastizitätsgrenze und die Dehnung kleiner. Der spezifische (elektrische) Widerstand steigt mit dem Ni-Gehalt. Er beträgt 3 Microhm/cm³ bei 2 vH Ni, 28 bei 20 vH und erreicht einen Höchstwert von 51 bei 50 vH Ni. Die Legierungen mit 40 bis 45 vH Ni ändern ihren Widerstand mit der Temperatur praktisch gar nicht, sie ergeben auch zusammen mit Eisen, Kupfer und anderen Metallen einen hohen thermoelektrischen Effekt bei einer angenähert geraden Temperatur-Spannungslinie. Besonders widerstandsfähig sind die Legierungen gegen atmosphärische Einflüsse, gegen Säuren und andere Flüssigkeiten. Die Widerstandsfähigkeit nimmt mit dem Ni-Gehalt zu. Von den zahlreichen technischen Anwendungen sind außer jenen in der Elektrotechnik (Widerstände und Thermoelemente) die Herstellung von Kondensatorrohren für ortsfeste und Schiffsdampfanlagen zu erwähnen, wobei normal ein Ni-Gehalt von 20 bis 30 vH erforderlich ist, unter besonders günstigen Verhältnissen haben sich auch Rohre aus einer 15 vH Ni-Legierung bewährt.

(Engg., Bd. 123, Nr. 3197, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 219.

Elektrizität in der Landwirtschaft.

Elektrizität in der Gartenwirtschaft. G. Jacobsen berichtet über Untersuchungen des Elektrizitätswerkes Aker in Norwegen bei dortigen Gärtnereien, um die Möglichkeiten für eine bessere Ausnutzung der Überschußenergie zu erforschen, die vom 1. April bis 1. Oktober und an den Sonntagen der Sommermonate während des ganzen Tages, während der Wintermonate von 20 Uhr bis 7 Uhr zur Verfügung steht. Die Versuche erstreckten sich auf die Beheizung der Treibhäuser, der künstlichen Belichtung von Pflanzen und der Beheizung der Mistbeete. Zur Erwärmung der Treibhäuser werden in Anlagen bis 200 kW Öfen mit Widerstandserwärmung, in größeren solche mit Elektrodenheizung verwendet. Für die Sperrzeiten müssen die vorhandenen Koksöfen in Reserve gehalten werden. Für die Beheizung von vier Treibhäusern von je 50 m Länge, 1200 m² Glasoberfläche und 1900 m³ Rauminhalt waren drei Strebelkessel mit 35·5 m² Heizfläche vorgesehen. Die elektrische Heizung wurde mit einem Elektrokessel für 140 kW Leistung vorgenommen. Bei strengster Kälte von — 18° betrug die Höchstbelastung 180 kW. Wirtschaftlichkeitsberechnungen ergaben, daß der Preis für eine kWh nicht höher als 1/5 des Preises für 1 kg Koks sein darf. Da einige Nebenumstände außer Betracht gelassen wurden und die Wärmeverteilung bei der elektrischen Heizung günstiger als bei der mit Koks be-

Digitized by Google

sorgten ist, verschiebt sich das Bild noch zugunsten der elektrischen Beheizung.

Mit dem Vordringen des Automobils wird die Versorgung der Mistbeete mit Pferdemist immer schwieriger, die elektrische Erwärmung derselben dürfte daher immer mehr an Bedeutung gewinnen, zumal eine Regelung der Temperatur dann möglich ist. In die Mistbeete wurden Widerstandsdrähte in Spiralform in eine Sandschicht, 50 cm unter Boden eingelegt und darauf das Mistbeet angelegt. Die Spannung betrug 5 V. Bei einem Verbrauch von 50 bis 70 W/m² des Beetes wurden 30° Wärme in 10 cm Tiefe festgestellt. Bei Sperrzeiten ist ein ihrer Dauer entsprechend höherer Verbrauch einzusetzen, um die gleiche Erwärmung zu erhalten. Der Austrocknung des Bodens durch die Hitze wurde durch Überdecken des Drahtes durch eine Ziegelschichte wirksam begegnet. Eisenwiderstandsdrähte rosteten ab, solche aus Aluminium schmolzen. Am besten eigneten sich die allerdings mechanisch schwachen Bleidrähte. In den Beeten wurden Melonen, Gurken, Salat, Paradeisäpfel und Erdäpfel gezogen. Die Lufttemperatur ober dem Mistbeet war natürlich von den Wetterverhältnissen und der Güte der Fenster abhängig. Bei weiteren Versuchen wurde ein Widerstandsgerät benutzt, das bei 21 bis 23° in 15 cm Tiefe die Stromzufuhr ab- und bei Bedarf wieder einschaltete. In der Regel wurde ein- bis zweimal im Tage ein- und ausgeschaltet. Die Spannung betrug hier 25 V. Die Kosten für die Einrichtung der elektrischen Mistbeeterwärmung betragen einschließlich Transformator, Widerstandsdrähte, Montage rund 13·5 S je m² Mistbeetfläche, bei fünfjähriger Tilgung stellen sich die jährlichen Ausgaben für die Anlage (ohne Stromverbrauch) auf 2·7 S/m². Für größere Anlagen werden Spannungen bis 230 V empfohlen, ebenso sollten die Drähte durch Kabel ersetzt werden, wodurch sich die Anlagekosten auf rund 4·5 S/m² vermindern. Überschlagsrechnungen zeigen, daß durch die Mistbeeterwärmung ganz bedeutende Verbraucher zu günstigen Bedingungen (Möglichkeit von Sperrzeiten) für die Elektrizitätswerke zu gewinnen wären. Der Verbrauch dürfte zu 70 vH in die Winterszeit und 30 vH in die Sommerszeit fallen.

Die künstliche Beleuchtung der Pflanzen[1]) wurde in einem Versuchsfelde von 21 m² Grundfläche mit 6 Lampen zu 500 W und 2 zu 1000 W, die mit besonderen Reflektoren versehen waren, ausgeführt. Die Beleuchtungsstärke betrug hiebei 800 Kerzen/m² in Pflanzenhöhe. Beleuchtet wurden Hortensien, Zyklamen, Topfrosen und Goldlack. Die Beleuchtungszeit war im Februar durch 10 Tage von 18 bis 22 Uhr, durch 14 Tage von 6 bis 9 Uhr, im März durch 10 Tage von 6 bis 10 Uhr und 16 bis 20 Uhr. Die Erfolge waren sehr günstig, die Versuchspflanzen waren rund 1/3 höher als die Vergleichsstücke. Bei einem anderen Versuche in einem mit jungen Levkojen besetzten Beet bei 3 Lampen zu 500 W ergab sich nach vierwöchentlicher Beleuchtung mit derselben Stundeneinteilung wie vorhin bei den beleuchteten Pflanzen ein Wachstum von 10 cm gegen 4 cm bis 5 cm bei den anderen. Außerdem wurde in Übereinstimmung mit deutschen und amerikanischen Beobachtungen festgestellt, daß die künstlich beleuchteten Felder von schädlichen Insekten und Würmern mehr verschont blieben. V. H.

(Elektroteknisk Tidsskrift, Oslo, Bd. 39, Heft 14, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, Die Lichttechnik, S. 245.

Patentbericht.

Kondensatoren in Starkstromanlagen.

Elektrische Kondensatoren, deren Dielektrikum aus wirtschaftlichen Gründen stark beansprucht ist, sind bei Überspannungen der Gefahr des Durchschlages ausgesetzt. Einen Kondensator mit Entladefunkenstrecken zum Zwecke der Erzielung eines selbsttätigen Schutzes gegen Durchschlag bei vorübergehend auftretenden Überspannungen hat Ing. Emil Pfiffner in Freiburg (Schweiz) angegeben. Der in Abb. 1 dargestellte Kondensator *K* besteht aus konzentrisch zur Achse *y* gewickelten dielektrischen Schichten und Belegungen, deren Anschlüsse zu den beiden Endblechen *a* und *b* geführt sind. Mit diesen Endblechen sind die Abschlußkapseln *c* eines Isolierrohres *i* leitend verbunden, das die Funkenstrecken *e* und den Dämpfungswiderstand *w* enthält. Entsteht zwischen den Endblechen *a* und *b* eine Überspannung, so findet sie einen Ausgleich über die Funkenstrecken *e* und den Widerstand *w*, ohne daß das Isoliermaterial des Kondensators *K* überanstrengt oder durchgeschlagen wird. Die Zahl der Funkenstrecken ist so groß gewählt, daß die Löschwirkung ausreicht, den einmal eingeleiteten Lichtbogen unter der normalen Betriebsspannung wieder zum Auslöschen zu bringen.

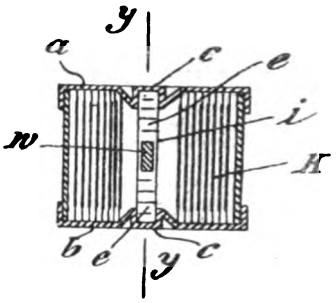


Abb. 1.

(Ö. P. Nr. 105553.)

Es ist bekannt, die Plattenränder von Kondensatorbelägen abzurunden, um eine Erhöhung der Feldstärke an diesen Stellen möglichst zu vermeiden. Doch konnte bei den bekannten Kondensatoren dieser Art die volle Ausnutzung der elektrischen Festigkeit des Isoliermaterials nicht erreicht werden, da an den gekrümmten Belägen noch immer Kanten und spitzige Ränder verbleiben. Nach einer Erfindung der Firma Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin (Erfinder: Dipl. Ing. Waldemar Brückel in Berlin) wird die möglichst gleichmäßige und günstigste Ausnutzung der Isolierplatten dadurch erreicht, daß ihr Querschnitt gegen die Ränder hin stetig zunimmt (Abb. 2). Die Dicke der Platten *a* wird an ihren Rändern *b* nach einer gewissen Kurve allmählich vergrößert und die Platten alsdann durch ebene Flächen *c* begrenzt. Beim Zusammenlegen der Platten entstehen so zwischen ihnen Hohlräume *d*, welche metallisch ausgekleidet, die eigentlichen Beläge des Kondensators bilden. Hiedurch wird erreicht, daß die Feldstärke an der Krümmung der Beläge von dem für das Isoliermaterial zulässigen Betrag allmählich bis auf den Wert abnimmt, der an der Trennungsfläche von je zwei aneinanderliegenden Platten aus Sicherheitsgründen erforderlich ist. Verringert man weiterhin die Feldstärke an dieser Stelle bis auf den für Öl zulässigen Betrag, so wird hierdurch gleichzeitig eine unmittelbare Kühlung der Beläge ermöglicht, wenn Kanäle für das Durchströmen des Öles vorgesehen werden.

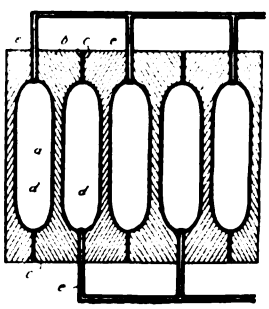


Abb. 2.

(D. R. P. Nr. 436846.)

Von derselben Firma (Erfinder: Georg Nauk in Berlin-Niederschönhausen) rührt ein Verfahren zur Herstellung von Kondensatoren her. Das bisher in der Praxis angewendete Verfahren zur Herstellung von Rollenkondensatoren bestand im Wickeln, Evakuieren und Tränken. Das Evakuieren erfolgt immer in einem besonderen Arbeitsgang, daher durften die Kondensatoren nicht zu fest gewickelt werden, wenn eine weitgehende Luftfreiheit und innige Durchtränkung erreicht werden sollte. Eine wesentliche Verbesserung der Kondensatoren und eine Verkürzung der Herstellungsdauer werden nach der Erfindung dadurch erzielt, daß das Wickeln und Evakuieren bezw. beides mit dem Tränken gleichzeitig vorgenommen wird. Hierbei können sich die Kondensator- und Vorratswalzen ganz oder teilweise in der Tränkflüssigkeit befinden. Die Zusammenziehung des Evakuierens mit anderen Arbeitsstufen ermöglicht ein vollkommeneres Evakuieren und besseres Durchtränken der Kondensatoren. Auch können die Kondensatoren fester gewickelt werden, was eine Verbesserung ihrer elektrischen und mechanischen Eigenschaften bedingt.

(D. R. P. Nr. 443322.)

Digitized by Google

Literaturberichte.

3570 **Die ebene Vektorrechnung und ihre Anwendungen in der Wechselstromtechnik.** Von Dr. Heinrich Kafka. Teil I: Grundlagen, mit 62 Abb. B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1926.

Obwohl die Beherrschung der formalen komplexen Rechnungsweise nur durchaus elementare Kenntnisse erfordert, hat diese Methode noch nicht die ihr gebührende Verbreitung gefunden; wie es scheint vor allem deshalb, weil ihre Einführung meistens zu abstrakt und mit zu geringer Betonung der anschaulichen geometrischen Bedeutung ihrer Operationen erfolgt. Im vorliegenden Lehrbuch, dessen Titel „ebene Vektorrechnung" schon den Charakter der Darstellung, das ist die Hervorhebung der geometrischen Deutung betont, wird von der Identität des Drehers j mit der Wurzel aus der negativen Einheit kein Gebrauch gemacht. Dadurch verliert die Rechnungsart von vornherein jede „Mystik" und macht das Entstehen scheinbarer Schwierigkeiten unmöglich. Die Darstellung ist sehr geeignet, auch jene zu bekehren, welche bisnun von der „symbolischen" Methode nichts wissen wollten.

Das Buch ist aus Hochschulvorlesungen entstanden und gibt deren Inhalt anscheinend in wesentlich erweitertem Umfange sehr ausführlich wieder. Jeder Leser wird aus dieser flüssig geschriebenen Darstellung reichlich Nutzen ziehen. Der vorliegende erste Teil behandelt die Grundlagen und ihre Anwendung auf die einfachsten Stromkreise. Die zusammengesetzten Schaltungen sind einem folgenden Teil vorbehalten.

E. Groß.

3382 **Aufgaben aus der Elektrotechnik.** Von Dr. techn. Robert Mayer. II. Teil:[1]) Wechselstromtechnik. 2. Auflage. Verlag Franz Deuticke. Leipzig und Wien; 1927.

Der Verfasser behandelt 91 Aufgaben aus der Wechselstromtechnik auf 203 Seiten mit 116 Abb., wovon jede wieder mehrere Varianten umfaßt. Bei jeder Aufgabe ist der Weg der Lösung und das Resultat angegeben. Es werden behandelt: I. Erzeugung, Vektordarstellung, Mittelwerte und Formfaktor des Wechselstromes; II. Die Leistung; III. Die einfachen und IV. die zusammengesetzten Wechselstromkreise; V. Der allgemeine Wechselstromkreis; VI. Die Serien- und Parallelschaltung von Impedanzen; VII. Wechselstromgrößen beliebiger Kurvenform; VIII. Die Magnetisierung mit Wechselstrom; IX. Die Mehrphasenströme.

Der Inhalt entspricht im allgemeinen dem Zwecke des Buches als Wiederholungs- und Übungsbuch für den Unterricht und zum Selbststudium in befriedigender Weise. Allerdings sollten einige, wohl auf Flüchtigkeit zurückzuführende Mängel ausgemerzt werden. Die Erklärung auf S. 1, was man im allgemeinen unter Wechselstrom versteht, bezieht sich nur auf symmetrischen Wechselstrom mit kongruenter positiver und negativer Halbperiode. Auf S. 19 unten wird behauptet, daß die Leistungskurve keine Sinuskurve sei. Das ist nicht richtig; sie ist eine Sinuskurve von doppelter Frequenz, deren Mittellinie im Abstande $^1/_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$ von der Nullinie liegt. Die Bezeichnung „Wattstrom" sollte durch „Wirkstrom" ersetzt werden; ebenso die „wattvolle" und „wattlose" Komponente durch „Wirk"- und „Blind"-Komponente. Die Stromverdrängung auf S. 28 und ebenso die Flußverdrängung auf S. 146 werden unzutreffend erklärt; weder der Strom noch der magnetisch Fluß werden in irgend einem Zeitpunkkte gegen die Achse des Strom- oder Flußleiters, sondern stets nur gegen dessen Oberfläche gedrängt. Auf S. 36 wird bei der Berechnung der Energieverluste in einem offenen Kabel angenommen, daß der Ladestrom die ganze Kabellänge in gleichbleibender Stärke durchfließe. Mehrere Vektordiagramme für verhältnismäßig einfache Fälle sind durch die Eintragung zahlreicher Ortskreise einigermaßen unübersichtlich ausgefallen. Die Wechselstromkurve Abb. 64 auf S. 132 zeigt spiegelsymmetrische Halbperioden an Stelle von kongruenten, wie es der Text erforderte. Die heute schon vorherrschend angewandte symbolische Methode, die die Lösung in den meisten Fällen auf viel einfacherem Wege liefert, wird nicht einmal erwähnt.

Immerhin wird das Buch als Aufgabensammlung und Übungsbuch dem Lehrer und Studierenden sehr willkommene Dienste leisten. Dr. Rich. Hiecke.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 656.

3578 **Die elektrischen Einrichtungen für den Eigenbedarf großer Kraftwerke.** Von Friedrich Titze. 160 Seiten mit 89 Abb. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 12·—.

Ein Buch, das dem planenden Ingenieur ebenso wie dem Betriebsmann in gleicher Weise willkommen ist, denn es füllt geradezu eine bisher in der Literatur vorhandene Lücke aus. Der Verfasser weist immer wieder — und mit Recht — darauf hin, daß es bei der Hausversorgung eines Großkraftwerkes in erster Linie auf die Betriebssicherheit und erst in zweiter auf die Wirtschaftlichkeit ankommt. Sehr zu schätzen ist die Zusammenfassung der für die Hausanlage hauptsächlich in Frage kommenden Elektromotoren und deren kennzeichnenden Eigenschaften; dadurch wird das Buch auch dem Maschineningenieur leicht verständlich. Bei den „elektrischen Einrichtungen des Kesselhauses" ist auf die neuzeitliche Entwicklung weitgehend Rücksicht genommen worden. Der Verfasser empfiehlt auch mit voller Berechtigung eine ausgedehntere Anwendung des sicheren und billigen Kurzschlußmotors mit direktem Einschalten bei voller Netzspannung. Das Buch ist mit zahlreichen Abbildungen und Rechnungsbeispielen versehen, wodurch es eine bequeme Nachschlagequelle für alle Fachleute bildet.

Stipernitz.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Vereinigte Elektricitäts-Aktiengesellschaft in Wien. (Aus dem Geschäftsbericht für 1926.) Die Entwicklung der Konzernunternehmungen stand auch im Berichtsjahre im Zeichen der allgemeinen wirtschaftlichen Krise. Die schwache Beschäftigung der Industrie hat insbesondere das Stromlieferungsgeschäft in ungünstigem Sinne beeinflußt und auch bei den Straßenbahnen eine Minderung der Frequenz zur Folge gehabt. Um einen Ausgleich hiefür zu finden, trachtet das Unternehmen, sein Betätigungsgebiet zu erweitern. In dieser Hinsicht ist zu berichten, daß die Aktienmajorität der Central-Gas- und Electricitäts-Actien-Gesellschaft in Budapest erworben und über ein weiteres bedeutendes Paket Aktien der Wiener Gasindustriegesellschaft die Kontrolle erlangt wurde. Im Verfolg dieser Bestrebungen soll die letztgenannnte Gesellschaft jetzt mit der Firma fusioniert werden. Von den Unternehmungen ist zu berichten: Beim Elektrizitätswerk Bielitz-Biala konnten die Verhandlungen mit den Stadtgemeinden wegen Bewilligung einer Strompreiserhöhung auch im Berichtsjahre nicht zum Abschluß gebracht werden. Lediglich eine provisorische Strompreiserhöhung mit beschränkter Wirkungsdauer ist erst ab 1. April 1927 zugestanden worden, deren Ausmaß jedoch absolut unzureichend ist. Die finanziellen Ergebnisse des Werkes wurden durch die seit Jahren gänzlich ungenügenden Strompreise außerordentlich beeinträchtigt. Bei der Elektrischen Überlandzentrale Pölswerke, Knittelfeld, hat die fortschreitende Erweiterung des Konsumgebietes es erfordert, ein Umspannwerk zu errichten, welches im Berichtsjahre in Betrieb genommen wurde. Das Erträgnis bewegt sich ungefähr auf der Höhe des Vorjahres. Die Teplitzer Elektricitäts- und Kleinbahngesellschaft, Teplitz, konnte in den Jahren 1925 und 1926 auf die Prioritäts- und Stammaktien je 5 vH Dividende verteilen. Im heurigen Jahre ist zufolge der durch die ungünstige Witterung bedingten Minderfrequenz ein ziemlicher Einnahmenausfall zu verzeichnen. Im Berichtsjahre wurde die schon seit längerem projektierte Errichtung einer Gleichrichteranlage durchgeführt und damit eine bedeutende Verbesserung der Verkehrsverhältnisse erzielt. Die Aktiengesellschaft Elektrizitätswerk Wels in Wels brachte für 1925 eine Dividende von 2·5 vH, für 1926 von 6 vH zur Ausschüttung.

Digitized by Google

Ein ähnliches Erträgnis dürfte für das laufende Jahr zu erwarten sein. Das Dividendenerträgnis der Mährischen Lokal-Eisenbahn-Gesellschaft, Mährisch-Ostrau, beträgt wie im Vorjahre 5 vH. Die nach Witkowitz führende Linie wird bis Zabřeh verlängert. Der Ausbau des Doppelgeleises im Stadtgebiete wird fortgesetzt, eine vierte Gleichrichterstation wird errichtet, ein neues Verwaltungsgebäude gelangt zur Erbauung, die gesamten Bahnhofsanlagen werden aus dem Zentrum der Stadt verlegt. Die schwache Beschäftigung der nordböhmischen Industrie hat sich im Stromgeschäft der Brüxer Straßenbahn- und Elektricitäts-Gesellschaft, Brüx, merklich ausgewirkt, ebenso war bei der Straßenbahn die Frequenz durch die Betriebseinschränkung im Bergbau des dortigen Reviers nachlassend. Für 1926 wurde eine Dividende von 3 vH zur Auszahlung gebracht, ein ähnliches Erträgnis dürfte auch im heurigen Jahre erzielt werden. Die Bielitz-Bialer Elektrizitäts- und Eisenbahn-Gesellschaft, Bielitz hat für die Jahre 1925 und 1926 eine Dividende von je Zloty 1·— pro Aktie verteilt, auch für das Jahr 1927 kann mit demselben Erträgnis gerechnet werden. Das Erträgnis der Elektrischen Uberlandzentrale im Krakauer Revier A.-G., Siersza, hatte unter der schweren Industriekreise einerseits und dem Verfall des Zloty anderseits in starkem Maße zu leiden, welche Erscheinung im heurigen Jahre durch Zunahme des Stromkonsums sich etwas gebessert hat. Trotz der geschilderten Verhältnisse konnte für 1925 und 1926 eine Dividende von 5 vH gezahlt werden. Ungeachtet der andauernd schwachen Beschäftigung der Industrie im Mährisch-Ostrauer Revier konnte bei der Mährisch-Ostrauer Elektrizitäts - Aktiengesellschaft, Mährisch-Ostrau, für die Jahre 1925 und 1926 9 vH Dividende gezahlt werden, die gleiche Dividende steht auch für das Jahr 1927 in Aussicht. Die Kaschauer Elektrische Straßenbahn A.-G., Kaschau, hat, da die wirtschaftliche Krise in der Slowakei noch andauerte, für die Geschäftsjahre 1925 und 1926 mit einem Verlust abgeschlossen. Im laufenden Jahre machen sich Anzeichen einer Besserung der Situation bemerkbar. Bei der Tiroler Wasserkraftwerke - Aktiengesellschaft (Tiwag), Innsbruck, verlaufen die Bauarbeiten der ersten Baustufe programmgemäß[1]). Die Oesterreichischen Brown Boveri-Werke A.-G., Wien, haben für 1925 eine Dividende von S 1·— und für 1926 eine solche von S 1·20 per Aktie ausgeschüttet. Die Vereinigte Glühlampen- und Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft, Ujpest, hat für das Geschäftsjahr 1925/26 eine Dividende von 40 000 ung. K bezahlt, für 1926/27 4 Pengö. Auch im heurigen Jahre ist das Unternehmen gut beschäftigt.

Aus dem Reingewinn der Gesellschaft für 1926 von 1·28 Mill. S wird eine Dividende von 8 vH auf das A.-K. von 13 Mill. S bezahlt. Die Elektrizitätswerke im Eigenbetrieb stehen mit rund 6 Mill. S zu Buche, die Aktien von Elektrizitätswerken, Straßenbahnen und Fabrikationsgesellschaften mit rund 17 Mill. S.

Vereinigte Telephon- und Telegraphenfabriks-Aktien-Gesellschaft Czeija, Nissl & Co. in Wien. (Bericht über das Geschäftsjahr 1926.) In Ermanglung größerer Aufträge der österreichischen Telephonverwaltung weist der Umsatz des abgelaufenen Geschäftsjahres einen Rückgang gegenüber dem Vorjahre auf. Auch das Exportgeschäft war durch die bekannten Zollhindernisse, sowie durch die gedrückten Preise ziemlich begrenzt und es konnten nur bescheidene Verdienste erzielt werden. Weitere Fortschritte in der Prosperität des Unternehmens sind zu erwarten durch Aufnahme besser rentierender geschützter Spezialitäten, sowie entsprechende Verbesserung der Herstellungsverfahren. Eine wertvolle Verbreitung der wirtschaftlichen Basis hat das Unternehmen dadurch gefunden, daß sie seit dem Jahre 1895 an dem Unternehmen interessierte International Standard Electric Corporation (vormals Western Electric Co.) in New York im abgelaufenen Geschäftsjahre einen größeren Einfluß auf die Gesellschaft genommen hat, woraus sich günstige Ausblicke für die zukünftigen Betätungsmöglichkeiten der Fabrik ergeben. Es besteht die Absicht, die Prager Zweigniederlassung in ein selbständiges Unternehmen umzuwandeln. Für das laufende Geschäftsjahr liegen wieder umfangreichere Aufträge vor, so daß eine stetige Beschäftigung zu erhoffen ist. Nach Vornahme von Abschreibungen verbleibt ein Reingewinn von S 159 915. Die Dividende beträgt 5 vH des Aktienkapitals von 2·5 Mill. S und eine ¾ prozentige Superdividende, zusammen S 14·375 pro Aktie.

[1]) Vgl. S. 850 d. H.

Elektrische Bahn Dornbirn—Lustenau. (Bericht für das Jahr 1926.) Infolge des Darniederliegens der Vorarlberger Stickereiindustrie und der starken Konkurrenz des Kraftwagenverkehres ist das finanzielle Ergebnis kein günstiges. Einnahmen von rund 162 169 S (+ 3 vH gegen 1926) stehen Ausgaben von 155 605 S gegenüber (+ 1·8 vH), so daß aus dem Überschuß von 6563 S nach Zuweisungen an den Erneuerungs- und Reservefond und Tilgung von Prioritätaktien nur die letzteren 4·5 vH Dividende erhalten. Befördert wurden 336 430 Personen (+ 9·5 vH) und 939 t Güter (+ 4 vH), geleistet wurden 203 392 Wagen-km, der Stromverbrauch war 170889 kW.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	26. IX. 1927	29. IX. 1927	30. IX. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125¾	126	125¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	48½-49½	48½-49½	48½ 49½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	85—90	85—90	85—90

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 30. September 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	0	0	61	10	0
Wire bars	61	10	0	—	—	-
Standard Kassa . .	53	7	6	53	8	9
Standard 3 Monate .	53	15	0	53	16	3
Zinn:						
Engl. ingots	264	5	0	264	15	0
Standard Kassa . .	265	0	0	265	5	0
Standard 3 Monate .	262	0	0	262	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .	21	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	17	6	26	13	9
Remelted	27	10	0	—	—	—
English Swansea . .	28	7	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export, Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 16. Oktober 1927 | Heft 42

INHALT:

Die Isolation beim Bau von Anlaß- und Schaltapparaten. Von Obering. Herbert Franken, Köln. S. 861. / Das Problem der Speicherung und Spitzendeckung auf der 32. Jahresversammlung des VDE in Kiel. Von Ministerialrat Dr. Artur Hruschka, Wien. S. 867.

RUNDSCHAU: Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 875. / Elektrische Meßkunde. S. 876. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 876. / Elektrizität in der Landwirtschaft. S. 876.

CHRONIK. S. 877.

VEREINSNACHRICHTEN. S. 878.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 879.

Die Isolation beim Bau von Anlaß- und Schaltapparaten.

Von Obering. Herbert **Franken**, Köln.

Zusammenfassung: Die Verbesserung der Isolation der Schaltapparate und aller in die Hände des Laienpublikums kommenden elektrischen Gebrauchsgegenstände und die Einhaltung der vom VDE vorgeschriebenen Kriechwege und Luftabstände ist eine dringende Forderung. Noch besser ist der restlose Aufbau der Apparate aus Isolierstoffen. Diese Entwicklung schreitet nur langsam fort. Wenn gußgekapseltes Material mit Rücksicht auf mechanische Festigkeit notwendig ist, so ist reichliche Isolation im Innern erforderlich. In zahlreichen Fällen wird jedoch auch die Isolation keinen ausreichenden Schutz bieten können. Hier tritt an Stelle der früher angewandten Erdung und Nullung das „RWE (Heinisch-Riedl)" Schutzsystem.

An mehreren Beispielen wird nachgewiesen, in welcher Weise heute noch gegen die elementarsten Ansprüche hinsichtlich der Isolation verstoßen wird. Dem wird eine Anzahl gut isolierter Konstruktionen gegenübergestellt.

Die immer mehr zunehmende Anwendung der Elektrizität im Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft in Verbindung mit den jetzt üblichen höheren Verbraucherspannungen macht es unbedingt erforderlich, beim Aufbau der Gebrauchs- und Schaltapparate auf kräftige Ausführung und vor allen Dingen auf vorzügliche Isolation zu achten. Wenn der Wunsch jedes Elektrotechnikers „Kein Gerät ohne Elektrizität" Wahrheit werden soll, dann müssen wir auch damit rechnen, daß die Geräte vorzugsweise in die Hände von Laien kommen. Es müssen Materialien geschaffen werden, die ziemlich allgemein verwendbar sind, vor allen Dingen Materialien, die in die heute allgemein gebräuchlichen Netze 220/380 Volt bei geerdetem Nulleiter hineinpassen. Bei den ersten Verteilungsnetzen mit 65 und später 110 V, die sich an die Spannungen anschlossen, für die man damals Glühlampen herstellen konnte, war ein Schutz kaum notwendig. Eine gefährliche Berührungsspannung war fast nur beim unmittelbaren gleichzeitigen Berühren beider Pole möglich. Man konnte daher noch in weitgehendem Maße offenes und unabgedecktes Material verwenden, ohne daß sich häufig Unfälle ereigneten. Mit der Steigerung der Lampenspannungen und der damit einhergehenden Steigerung der Netzspannung hätte auch die Ausführung, vor allen Dingen die Abdeckung der Apparate entsprechend weiter entwickelt werden müssen. Es ist aber kein Zweifel, daß in diesem Punkte die Entwicklung hinter dem Notwendigen zurückgeblieben ist. An dem Apparatebau ist die Steigerung der Verbraucherspannung in der ersten Zeit spurlos vorübergegangen. Die heute vorherrschende Netzform ist die des Vierleiternetzes, also 380 V Motorspannung und 220 V Lichtspannung gegen den geerdeten Nulleiter. 380 V und ein geerdeter Nulleiter sind etwas ganz anderes als 110 oder 220 V mit isolierten Leitungen. Auf diesem Gebiet ist außerordentlich viel nachzuholen. Beachtenswert ist die amerikanische Praxis, die Netze mit 380 V Außerleiter kaum kennt. Das Vierleiternetz hat vorherrschend 115/199 oder 120/208 V. Kürzlich wurde noch berichtet, daß man an einigen Stellen Lichtnetze wieder von 220 auf 110 V zurückgesetzt hat.

Früher glaubte man allen Gefahren durch die Anwendung besonderer Schutzmittel und zwar durch die Anwendung von „Erdung" und „Nullung" begegnen zu können. Die Enttäuschung war leider stellenweise sehr groß. Es ist daher notwendig, nach anderen Schutzmitteln Umschau zu halten. Vorzugsweise gilt es, die Isolation und Betriebssicherheit der Apparate den Anforderungen der hochvoltigen Netze anzupassen. Wie steht es aber mit dem Isolationszustand der Schaltapparate?

Die Erzeuger von elektrischen Schaltapparaten müssen wie die gesamte Industrie mit erhöhten Gestehungskosten gegenüber der Vorkriegszeit rechnen, für die Erzeugnisse will ihnen aber niemand mehr den Vorkriegspreis geben.

Die Preise sinken sogar noch heute dauernd und es ist verständlich und begreiflich, daß nach dem einzigen Abwehrmittel, Senkung der Herstellungskosten, auf das eifrigste gegriffen wird. Äußerlich kommen diese Erscheinungen dadurch zum Ausdruck, daß die Apparate fortwährend kleiner und leichter werden. Zum guten Teile ist hierdurch ein tatsächlicher Fortschritt gekennzeichnet. Die Leistung der Apparate ist nicht geringer geworden, man hat gelernt, mit geringeren Mitteln dasselbe oder mehr zu leisten.

Digitized by Google

Leider ist die Sachlage nicht überall so günstig. Vielfach sind die Apparate auf Kosten der Lebensdauer verkleinert worden. Auch aus der Kinderzeit des Apparatebaues haftet vielen Erzeugnissen noch eine gewisse Kurzlebigkeit an. Unerfahrenheit der zahllosen neuen Erzeugungsstätten, Konkurrenz und Preisdruck haben viel zur Erhaltung dieses unerfreulichen Zustandes beigetragen. Es ist Sache des Käufers, hier die Augen offen zu halten, wenn er vor bösen Erfahrungen bewahrt bleiben will.

Soweit es sich um Verkleinerungen der Abmessungen handelt, die zum Beispiel nur auf das Kontaktmaterial Bezug nehmen, ist die Sache zunächst nicht gefährlich, wenigstens nicht, soweit Leben und Gesundheit in Betracht kommen. Anders liegen die Dinge heute, wenn an der Isolation gespart wird. Hier darf es nicht einmal so bleiben, wie es früher war; denn die Spannungen sind auch nicht dieselben geblieben. Das Drehstrom-Vierleiternetz mit geerdetem Nulleiter 380 V zwischen den Außenleitern und 220 V nach dem Nulleiter stellt außerordentlich viel höhere Ansprüche an die Isolation wie die früheren 110 und 220 V Netze mit nur isolierten Leitern. Die Entwicklung des Apparatebaues hat mit der Steigerung der Spannungen nicht Schritt gehalten. Es ist hier manche Unterlassungssünde wieder gut zu machen und unbedingt notwendig, daß auf diese Dinge in der Fachpresse immer und immer wieder hingewiesen wird; denn es handelt sich bei unseren jetzigen hohen Verteilungsspannungen um eine außerordentlich wichtige Frage.

Zahlreiche Unglücksfälle von Menschen und Vieh mit allerschlimmsten Ausgang haben die Beteiligten aufmerksam gemacht und der Verband Deutscher Elektrotechniker, das selbst gewählte Überwachungsorgan der elektrotechnischen Industrie Deutschlands hat die Vorschrift für die Isolation nach allen Richtungen verschärft und verbessert. Für Niederspannungsapparate findet diese Tatsache ihren Ausdruck besonders darin, daß in den neuen Vorschriften für Anlaß- und Schaltapparate bestimmte Luftabstände der stromführenden Teile und Kriechwege für stromführende Metallteile auf isolierter Grundplatte vorgeschrieben sind.

Man sollte nun annehmen, daß die Vorschriften des Verbandes auch beachtet würden, besonders da wir in den Abnahme-Beamten der Elektrizitätswerke auch eine zum rechtzeitigen Eingreifen geeignete Behörde zur Verfügung haben. Weit entfernt! Es gibt sehr viele Erzeugnisse, die hier den notwendigsten Ansprüchen nicht genügen. Ihr einziger Vorzug ist ihre Billigkeit und der scheint so schätzenswert zu sein, daß die Nachteile ruhig in Kauf genommen werden. Es handelt sich hier doch nicht um eine Kleinigkeit. Der Installateur, der ungeeignetes Material einbaut, kann damit die Ursache für einen ernsten Unglücksfall schaffen. Es kann sogar den Tod seiner Mitmenschen herbeiführen. Wenn man sich diese Tatsache vor Augen hält, so wird einem sofort klar, daß hier sicher nicht Leichtsinn oder gar Gewinnsucht vorliegt, sondern einfaches Nicht-unterrichtet-sein. Die Verbandsvorschriften sind leider nicht Allgemeingut aller Beteiligten. Es ist für manchen schwierig, in dem fast 800 Seiten umfassenden Buch den für ihn in Betracht kommenden Teil schnell und sicher zu finden. Wenn es also Entschuldigungsgründe gibt, so wird damit nicht die Tatsache aus der Welt geschafft, daß das Nicht-beachten der Vorschriften außerordentliche Schäden zur Folge hat. Die unmittelbaren wurden schon gekennzeichnet, die Gefahren für Leben und Gesundheit der Verbraucher elektrischer Apparate, und die mittelbaren sind nicht weniger schwer. Die Elektrizität wird dadurch bei den Abnehmern leicht in Mißklang gebracht und bei den Erzeugern wird das Streben, ein gutes, brauchbares, den Vorschriften entsprechendes Erzeugnis auf den Markt zu bringen, untergraben.

Später soll an einigen Beispielen gezeigt werden, wie wenig manche Erzeugnisse den Vorschriften entsprechen. Es ist natürlich für einen Verkäufer eine bittere Sache, wenn ihm das Erzeugnis der Konkurrenz entgegengehalten wird und er sieht, daß der einzige Grund seines höheren Preises darin liegt, daß der Konkurrent weniger als er liefert. Es ist das besonders unangenehm, wenn er seinen höheren Preis nur dadurch rechtfertigen kann, daß er das Erzeugnis seines Mitkonkurrenten gewissermaßen schlecht macht, ein Unternehmen, das jeder anständige Kaufmann wenn irgend möglich, zu vermeiden sucht.

Der Abnehmer verweist gewöhnlich auf die Zahlenangaben, welche auf dem Deckel des Apparates angebracht sind, zum Beispiel 25 A, 550 V und es hilft alles nichts, wenn man dem Abnehmer klar zu machen sucht, daß bei den vorliegenden Erzeugnissen weder die angegebene Leistung abgeschaltet werden kann, ohne daß der Lichtbogen nach Erde übergeht, noch daß die Isolationswege ausreichen, um eine dauernde Isolation nach Erde sicherzustellen. Die Antwort ist meistens, das steht darauf und daran halte ich mich, dafür muß der Hersteller garantieren. Nur in den allerseltensten Fällen wird sich der Abnehmer auf eine Diskussion einlassen und sich anhand der Verbandsvorschriften davon überzeugen lassen, daß das angebotene Material den nötigen Ansprüchen nicht genügt. Sehr interessant ist in solchen Fällen auch häufig das Verhalten der Abnahme-Beamten. Nach den Verbandsvorschriften sind die Stromstärken genormt. Hebelschalter gibt es zum Beispiel für 25 A, 60 A, 100 A usf. Ein Hebelschalter, der 25 A bei 550 V abschalten kann, selbst wenn der Stromkreis induktionsfrei ist, ist ein grausam großes Ding, besonders dann, wenn er in einen gußeisernen Kasten gesteckt wird. Der Abnehmer würde wahrscheinlich über Größe und Preis entsetzt sein, wenn man ihm das Ding vorlegen würde. Der gewissenhafte Fabrikant schreibt deshalb darauf: 25 A Dauerstrom, Abschaltstrom bei 110 V zum Beispiel 25 A, bei 250 V 20 A, bei 550 V 10 A. Der Abnahme-Beamte sagt,

Digitized by Google

der Schalter entspricht nicht den Verbandsvorschriften, der ist unzulässig. Er hat aber gar keine Bedenken, wenn auf denselben Schalter 25 A, 550 V geschrieben wird. Man sieht, die Vorschriften sind ein gefährliches Ding, man kann sie sehr leicht falsch auslegen. Was ist nun besonders zu beachten?

Bei den heute üblichen verhältnismäßig hohen Gebrauchsspannungen spielt die Isolation eine ausschlaggebende Rolle. Es genügt nicht, daß ein Apparat eine Spannungsprobe mit 2000 V oder dergleichen aushält. Entscheidend ist, ob im Betrieb die nötige Sicherheit gegen Spannungsübertritt gewährleistet ist. Ein Schalter kann die Hochspannungs-Prüfung ohne jede Anstände überstehen. Ist er jedoch so aufgebaut, daß Staubablagerungen oder Metall-Niederschläge von den Kontakten, Schlüsse zwischen Gehäuse und spannungsführenden Teilen im Betrieb hervorrufen, so ist er unbrauchbar. Eine Prüfung in Bezug auf diese Eigenschaften vor der Inbetriebnahme ist leider nicht möglich. Das einzige Mittel, das zur Verfügung steht, ist die Schaffung ausreichender Abstände zwischen den geerdeten Teilen und den spannungsführenden Teilen bezw. die Einschiebung kräftiger Isolationsstücke.

Der V. D. E. hat sich dieser Dinge angenommen und in den neuen Vorschriften für Schalt- und Anlaßapparate bestimmte Kriechwege und Luftabstände festgelegt. Am meisten interessieren uns hierbei die Werte für 250 bis 500 V. Für diese Spannung wird vorgeschrieben ein Luftabstand der spannungsführenden Teile von den nächsten Metallteilen von 10 mm. Der Kriechweg, das ist die Oberflächenentfernung zwischen einem spannungsführenden und einem geerdeten Teil, muß mindestens 12 mm sein (s. Tabelle).

Kriech- und Luftwege für Schaltgeräte nach VDE-Vorschrift.

Nennspannung V	250	500 bis 550	750
Kriechweg in mm	10	12	20
Luftweg in mm	7	10	20

Unter Kriechstrecke ist hierbei der kürzeste Weg zu verstehen, auf dem ein Stromübergang längst der Oberfläche eines Isolierkörpers zwischen spannungführenden Teilen untereinander oder zwischen spannungführenden Teilen und Erde eintreten kann. Hierbei ist es zweckmäßig, durch zwischengelegte Materialrippen die Kriechwege soweit wie möglich zu vergrößern. Durch geschickte Anordnung kann man trotz Einhaltung und sogar mit Überschreitung der angegebenen Kriechwege gedrängte Konstruktionen erhalten. Bedingung ist aber, daß solche Rippen oder Wulste bei der betriebsmäßigen Anordnung nicht wagerecht, sondern senkrecht verlaufen. Diese Maßnahme ist durchaus notwendig, damit sich auf den Rippen kein Staub ansammeln kann. Da die Motoranlagen heute vorzugsweise mit 380 V Außenleiterspannung installiert werden, so gelten fast durchwegs die für 550 V vorgeschriebenen Werte, also 10 mm Luftabstand, 12 mm Kriechweg.

Sehr wichtig ist weiterhin bei allen Schaltapparaten das Vorhandensein eines genügend großen Raumes für die Unterbringung der Anschlußleitungen. Besonders gilt dies von gußgekapselten Apparaten. Ein Metallkörper in unmittelbarer Nähe von unter Spannung stehenden Stromleitern ist immer ein unbequemer Nachbar. Der Konstrukteur solcher Apparate darf keinesfalls die Hauptverantwortung für einwandfreies Arbeiten auf den Installateur abwälzen. Die Konstruktionen müssen dem Installateur die Möglichkeit geben, die Anschlußleitungen gut und betriebssicher unterzubringen. Die Gewähr für technische Zuverlässigkeit muß in erster Linie vom Hersteller getragen werden. Es ist zum Beispiel unzulässig, eine Anschlußschraube so nahe am Gußmantel, womöglich noch in unmittelbarer Nähe der Rohreinführung, anzubringen, daß, sobald der Leitungsdraht einige wenige mm zu weit abisoliert wird, ein Körperschluß eintritt.

Auch soll man dem Installateur die Arbeit dadurch erleichtern, daß man ihn nicht zwingt, Leitungen einzufädeln. Alle Anschlüsse müssen von vorne gemacht werden können. Dagegen soll ein großer abnehmbarer Deckel möglichst mit unverlierbaren Schrauben den ganzen Apparat oder die Verteilungstafel abdecken. Auch der rückwärtige Anschluß bei auf Schalttafeln aufgesetzten Apparaten sollte vermieden werden. In diesem Falle ist es besser, einen Apparat für vorderseitigen Anschluß zu verwenden und die Leitungen oberhalb oder unterhalb durch eine Bohrung in der Schalttafel durchzuführen und vorne anzuschließen.

Abgesehen von der einfacheren Montage wird hierdurch die Zahl der Übergangsstellen und damit der Fehlerquellen herabgesetzt. Die Schutzhüllen sämtlicher Leitungen, also die Rohre, Schutzmäntel usw. müssen bis in die Schaltgeräte selbst hineingeführt werden können, sodaß die Anschlußenden der Leitungen nirgendwo freiliegen.

Bei gußgekapselten Motorschaltkästen führt der Außenanschluß der Sicherung oft anstatt zur Paßschraube zur Gewindehülse. Schließt jemand das Netz an die Sicherung und nicht an den Schalter an, so hat er beim Einschrauben einer Gewindepatrone und Berühren des Gewinderinges ohne weiteres Verbindung mit der Netzleitung. Eine derartige Anlage ist lebensgefährlich. Unterstützt wird diese Möglichkeit durch den nachlässigen Aufbau der Sicherungen. Laut Verbandsvorschrift soll die Oberkante des Gewindekorbes von der Außenfläche der Abdeckung bei 25 A etwa 7 mm entfernt sein. Da gleichzeitig das blanke vorstehende Stück des Stöpselkopfes etwa dieselben Abmessungen hat, so ist es beim Einschrauben schon fast im Sicherungselement verschwunden, ehe es mit dem Gewindering in Berührung kommt. Hierdurch ist die Möglichkeit einer Berührung der Netzleitung beim Einschrauben der Sicherung praktisch ausgeschlossen, umsomehr

Digitized by Google

als bei ordnungsgemäß befestigten Schaltern die Spannung erst durch den Fußkontakt vermittelt werden soll und bei diesem ersten Aufstecken noch keine Verbindung zum Fußkontakt besteht.

Allenthalben findet man solche Schaltkästen, bei denen der Schalter gegenüber der Sicherung nicht besonders abgedeckt ist. Auch sind sie meistens noch so aufgebaut, daß der Installateur, der nach der vorherrschenden Auffassung das Netz mit dem Schalter verbindet, das Schaltmesser unter Spannung setzen muß, weil der kurze Gegenkontakt mit der Sicherung in Verbindung steht. Man sollte aber unter allen Umständen einerseits den Fußkontakt der Sicherung, andererseits den Gegenkontakt des Hebelschalters verwenden, sodaß in jedem Falle, komme die Zuleitung woher sie wolle, nur ein ganz geringer Teil des Apparates unter Spannung steht.

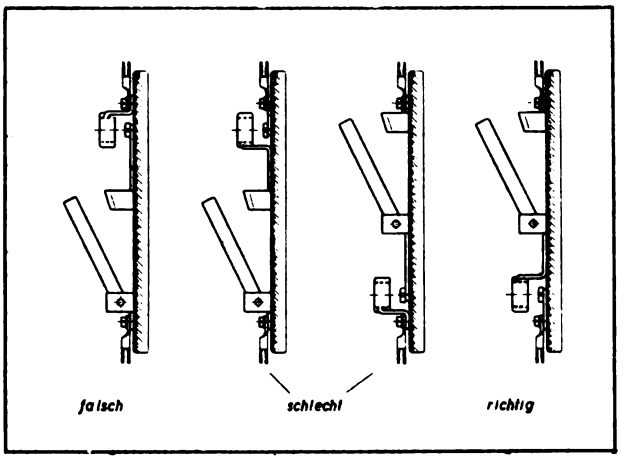


Abb. 1. Verschiedene Schaltungen von Motorschaltkästen.

Die Abb. 1 zeigt verschiedene Möglichkeiten der Verbindung von Netzschalter und Sicherung.

Die Ausführung nach Abb. 1a widerspricht den Verbandsvorschriften, weil der Anschluß hiebei entweder am Gewindering der Sicherung erfolgt oder aber, wenn man zuerst durch den Schalter geht, das gesamte Schaltmesser unter Spannung gesetzt wird. Diese Ausführung ist also grundsätzlich falsch. Abb. 1b und c zeigen schlechte Ausführungen. Bei Abb. 1b erfolgt zwar der Anschluß an der Paßschraube der Sicherung. Sollte jedoch der Installateur, wie es eigentlich vorzuziehen wäre, die Netzzuleitung an den Schalter anschließen, so setzt er das gesamte Schaltmesser unter Spannung. Bei Abb 1c ist angenommen, daß der Netzanschluß grundsätzlich am Schalter erfolgt. Dann wird nur der kurze Gegenkontakt unter Spannung gesetzt. Die Weiterleitung erfolgt zum Fußkontakt der Sicherung. Es ist also große Gewähr vorhanden, daß tatsächlich der Gewindering der Sicherung nicht unter Spannung steht. Schließt hierbei der Installateur aber die Netzleitung an die Sicherung an, dann steht sofort der Gewindering unter Spannung. Die einzig richtige Anordnung dürfte die nach Abb. 1d sein. Hierbei ist es gleichgültig, ob der Anschluß zuerst am Schalter oder zuerst an der Sicherung erfolgt. Es wird immer nur ein ganz kleiner Teil des Apparates unter Spannung gesetzt, diese Ausführungsform sollte allgemein angewandt werden. Vielfach ist man zwar der Auffassung, daß auf Grund der VDE-Vorschriften diese Ausführung nicht statthaft ist, weil der Netzanschluß bei der Sicherung immer am Fußkontakt erfolgen muß. Diese Vorschrift dürfte nur Geltung haben, wenn kein Hebelschalter vorgeschaltet ist. Ist diese Voraussetzung aber erfüllt, so bietet die Anordnung nach Abb. 1d die weitgehendste Sicherheit. Wie gesagt, entbehren die meisten Schalter in gußgekapselten Schaltkästen vollständig jeder Abdeckung, sodaß beim Auswechseln einer Sicherung die Berührung des Schaltmessers fast unvermeidlich ist. Es gibt sogar viele Kästen mit vollständig blanken Sicherungen.

Bei solchen Motorschaltkästen wird außerordentlich viel über Verriegelung, doppelte Verriegelung usw. geredet. In der Praxis findet man wunderschöne Konstruktionen, die zwar das Öffnen des Apparates in eingeschaltetem Zustand unmöglich machen, unter Umständen auch das Verschließen in eingeschaltetem Zustand, bei denen man nach Abnahme des Deckels jedoch nach Herzenslust schalten kann. Verriegelungen dieser Art sind wohl vollständig sinnlos. Es ist sonderbar, daß sie trotzdem überall gekauft und von den Werken geduldet werden.

Sind keine gußgekapselten Apparate notwendig, dann verdienen die Abdeckhauben besondere Beachtung.

Seit Jahrzehnten ist als einzige Isolierkappe im Elektro-Apparatebau die Papphaube verwendet worden. Sie wird heute im Zeitalter der gesteigerten Spannung und Leistung nur noch mit Mißtrauen betrachtet und dies mit Recht. Haben doch die Schutzkappen von jeher Anlaß zu zahlreichen Störungen und Unfällen gegeben. Es war üblich, die Hauben aus Pappe nach Buchbindermanier zusammenzuleimen. Eine derartige Verbindung konnte unmöglich den Ansprüchen eines industriellen Betriebes gewachsen sein. Allenthalben findet man Schutzkappen, bei denen die gelösten Leimfugen durch Drähte wieder überbrückt sind, oder aber man läßt die Schalter einfach offen, der Berührungsschutzt fehlt. Dementgegen sind heute von der Fa. Klöckner neue Pappschutzkappen auf den Markt gebracht, die den Vorzug haben, daß sie in keiner Weise Leimstellen besitzen, siehe Abb. 2. Durch solide Blechkrampen sind die Mäntel zusammengehalten. Auch ist vermieden, die Kappen aus zu vielen Einzelwänden herzustellen. Ihre Stabilität wird ferner durch eine

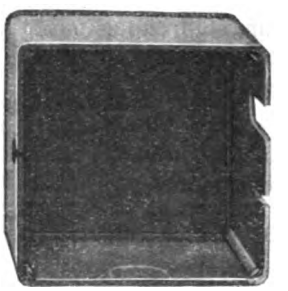


Abb. 2. Isolierhaube ohne Leimfugen.

Digitized by Google

nach vorne eingelegte starke Steinzeugplatte vergrößert. Unten greifen die Kappen über die Grundplatte weg und erhalten auf diese Weise auch noch eine gewisse Seitensteifigkeit. Die Pappränder haben im Gegensatz zu Kappen, die vollständig aus gepreßtem Material bestehen, den Vorteil, daß sie elastisch sind und infolgedessen der Zerstörung nicht leicht anheimfallen. Eine solche aus Hartsteinzeug mit Papprand ausgeführte Kappe dürfte schon als eine gute Lösung des Problems bezeichnet werden. (Siehe auch Abb. 3.)

Daß Hebelschalterkappen laut VDE schlitzlos sein sollen, ist leider immer noch nicht allgemein bekannt.

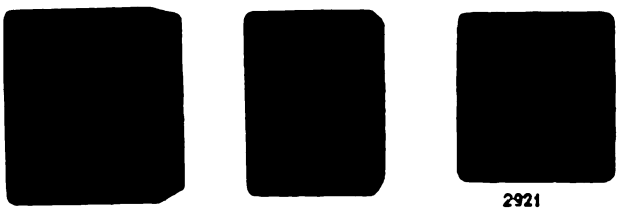


Abb. 3. Klöckner-Schutzhauben, ungeleimt mit Hartsteinzeugeinlage.

Bezüglich der Schaltergriffe muß man vermeiden, daß sie sich beim Rückwärtsschalten lösen können. Die Griffe sollten im allgemeinen, um eine Bedienung jederzeit zu gewährleisten, nicht abschraubbar sein. Verfehlt sind unter diesen Gesichtspunkten solche Konstruktionen, bei denen in einen metallischen Hebelarm ein Isoliergriff, zum Beispiel aus Holz oder anderem Material eingeschraubt wird. Diese Schraubenverbindung, die immer durch die den Schaltergriff umfassende Hand auf Drehung beansprucht wird, kann unmöglich fest bleiben. Die einfache Stangenverbindung eines solchen metallischen Armes mit einem Isolierknopf genügt aber auch noch nicht den zu stellenden Anforderungen. Man muß mit dem Fall rechnen, daß das Isoliermaterial aus irgend einem Grunde zerstört wird. Tritt dies ein, so muß ein Schalten unbedingt unmöglich sein. Denn nur auf diese Weise kann man den Verbraucher zwingen, einen beschädigten Isoliergriff wieder ersetzen zu lassen. Bei der Zerstörung soll nur ein kurzes Wellenende übrig bleiben, das für den Laien zur Schaltung nicht mehr verwendbar ist. Ein Griffdorn bestehend aus einem rechtwinklig gebogenen Rundeisenstück und einem oben aufgesetzten Isolierknopf ist daher unzulässig.

Auch heute noch findet man in weitem Umfang die Verwendung sogenannter Isolierbüchsen aus Mikanit, Pertinax und dergl. Bei diesen Büchsen ist fast niemals die Einhaltung der verbandsmäßig vorgeschriebenen Kriechwege und Luftabstände möglich; denn der größte Luftabstand bezw. größte Kriechweg entspricht etwa der Wandstärke der Büchsen. Nie ist diese aber gleich 10 bezw. 12 mm. Hinzu kommt noch, daß bei einer gelegentlich notwendigen Demontage in sehr vielen Fällen beim Wieder-Zusammensetzen eines dieser vielen kleinen Isolierteile vergessen wird. Sehr vorteilhaft hat sich eine Durchführung entsprechend Abb. 4 erwiesen, bei der die vorgeschriebenen Kriech- und Luftwege in jeder Beziehung gewahrt werden können.

Irgend ein Schwinden des Materials und damit ein Lockern des Bolzens ist bei diesen aus Hartsteinzeug bestehenden Isolatoren ausgeschlossen. Der Kriechweg ist ganz bedeutend. Ein einfaches Loch durch die Blechwand genügt, um die Durchführungs-Isolatoren und die Durchführungsbolzen zu befestigen.

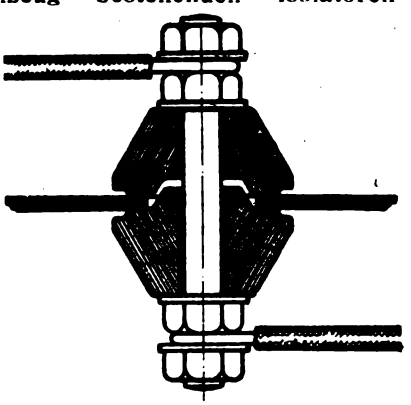


Abb. 4. Durchführung mit Hartsteinzeug statt Mikanitbüchsen.

Klemmleisten: Bei Klemmleisten von Steuerwalzen und dergl. findet man ebenfalls immer wieder zu geringe Abstände. Diese lassen sich durch zwischengelegte Wulste schaffen. Besonders viel Anklang gefunden haben jedoch die Klemmleisten mit Rohrisolation. Sie besitzen den Vorzug, daß Staubablagerungen zwischen den Klemmen fast unmöglich sind. Die Klemmen selbst sind auf zwei kräftigen Eisenbolzen, die durch stramm aufgewickelte Rohre isoliert sind, geklemmt. (Siehe Abb. 5.)

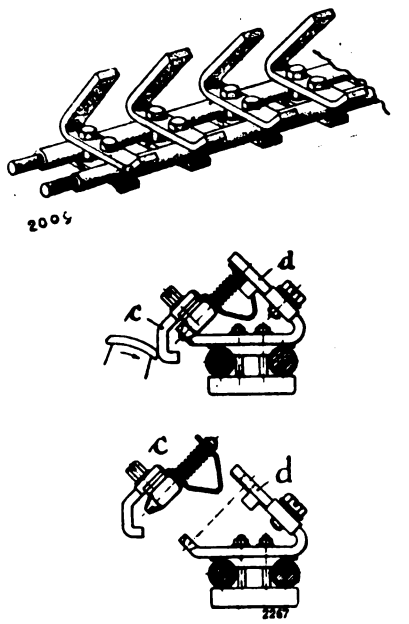


Abb. 5. Klemmleisten mit Rohrisolation.

Digitized by Google

Durch Anwendung der runden glatten Bolzen unter Vermeidung von Ecken und Kanten kann sich kein leitender Staub oder Schmutz, wie er beispielsweise in Hüttenwerken vorhanden ist und durch Überbrückung Anlaß zu Betriebsstörungen gibt, ansammeln.

Mit all diesen Maßnahmen ist ein hoher Wahrscheinlichkeitsgrad für die Verhinderung des Spannungsübertrittes auf die Abdeckung und das Befestigungselement zu erzielen, aber natürlich keineswegs eine absolute Gewähr. Um unzulässige Berührungsspannungen von dem Bedienungspersonal fernzuhalten, sind noch weitere Schutzmaßnahmen notwendig. Die Verbandsvorschriften lassen verschiedene Maßnahmen zu. Nach der allgemein geltenden Auffassung stehen an der Spitze „Erdung" und „Nullung". Aber man kommt immer mehr zu der Überzeugung, daß von der Erdung und der Nullung, vor allen Dingen von letzterer, kein Heil zu erwarten ist. Der Schutz durch Erdung und Nullung kann in 2 Richtungen durchgeführt werden. Entweder wird die Spannung an der Berührungsstelle auf ein erträglich Maß beschränkt oder aber durch den Spannungsübertritt wird die gesamte Anlage abgeschaltet. Der erstere Weg ist bei der Erdung eigentlich gar nicht gangbar, da man die Spannung zwischen Nullpunkt und Phasenleiter höchstens aufteilen kann, das heißt, wenn man beim Verbraucher den vorgeschriebenen Wert von 40 V für Menschen nicht überschreitet, so müssen irgendwo anders zum Beispiel am Transformatorenhaus die übrigen 180 V auftreten. Mittels der Erdung ein Ansprechen der Sicherungen oder Überstromschalter zu erzielen, ist praktisch meist ausgeschlossen, weil die Kosten und der Umfang derartiger Erdungseinrichtungen außerordentlich hoch sind. Höchstens in Städten mit großen zusammenhängenden Rohrnetzen kann man leicht derartig geringe Erdübergangswiderstände erzielen. Diese Rohrsysteme gestatten wohl in jedem Falle eine ausreichende gute Erdung. Die Schwierigkeit liegt in der Erhaltung einer dauernd guten Erdverbindung. Bei Nullung kann die Spannungsteilung so vorgenommen werden, daß gegen Erde nur ein zuläßiger Spannungsabfall verbleibt. Das ist gleichzeitig der Spannungsabfall im Nulleiter. Die Ausführung in dieser Form bedingt jedoch, daß der Nulleiter erheblich viel stärker werden muß, als die Phasenleiter, sodaß sich diese Ausführung vom wirtschaftlichen Standpunkt aus verbietet. Abgesehen von ausgedehnten Niederspannungsnetzen ist die Nullung immer durchführbar in dem Sinne, daß man mit ihr eine Abschaltung der Anlage erzielen kann. Die Gefahren der Nullung treten aber in voller Schärfe ein, wenn der Nulleiter bricht. Bricht bei der Erdung der Erdleiter, so ist eben die Schutzeinrichtung wirkungslos. Bricht dagegen der Nulleiter bei der Nullung, so ist es nicht nur mit dem Schutz vorbei, sondern die genullten Gehäuse werden sofort unter volle Phasenspannung gegen Erde gesetzt. Der Bruch des Nulleiters oder Erdleiters ist außerordentlich leicht möglich. Zum Nulleiterbruch genügt lediglich die Lockerung eines Kontaktes in der Hausanschlußsicherung oder dergleichen. Bei dem Erdleiterbruch kommt noch hinzu, daß man seine Unterbrechung überhaupt nicht merkt. Man bildet sich infolgedessen einen Schutz ein, der tatsächlich gar nicht besteht. Besser ist noch eine Anlage, von der man weiß, daß sie ungeschützt ist, als eine solche, die man geschützt glaubt, die es aber tatsächlich nicht ist. Wie bereits erwähnt, neigt man infolge all dieser Schwierigkeiten immer mehr dazu, die Erdung und Nullung als Schutzmittel zweiten Grades, wenn nicht als eine Gefahr, anzusehen. Nun lassen die Verbandsvorschriften außer diesen Schutzmitteln auch noch andere zu. Eins der wertvollsten hierbei ist die vollständige Isolation der Apparate, vor allen Dingen Isolation aller Betätigungselemente oder wenn irgend möglich, restloser Aufbau der Apparate aus Isoliermaterial.[1]) Man sollte dazu übergehen, bei Konstruktionen Isoliermaterial als äußere Hülle zu bevorzugen und Metallmäntel und Metallgehäuse, wenn es irgend geht zu vermeiden. Stahlpanzerrohre und dergleichen lege man an gefährlichen Stellen möglichst ausser Reichweite.

Die Auffassung, daß Metalle in der Gegend unter Spannung stehender Teile immer eine gewisse Gefahr in sich schließen, wird immer allgemeiner. Immer mehr bricht sich der Gedanke Bahn, daß die umfassende Anwendung von Isoliermaterialien die Grundlage eines gewissenhaften Apparatebaues ist. Die früher allgemeine Verwendung von Metall in der Elektrotechnik erklärt sich in der Hauptsache dadurch, daß geeignete Isolierstoffe nicht zur Verfügung standen. Heute ist man in der Herstellung und Anwendung der Isolierstoffe schon sehr weit vorgeschritten. Voraussetzung ist jedoch, daß die Isolierstoffe ihren Eigenschaften entsprechend in den richtigen Formen und Abmessungen verwandt werden. Die Konstrukteure müssen sich auf die neuen Materialien, die vollständig neue Arbeitsvorgänge und Konstruktionsgrundsätze bedingen, zuerst einstellen.

Für den Verbraucher von Isoliermaterial ist es notwendig, daß er sich darüber klar wird, daß es trotz der Fülle der vorhandenen Materialien kein Material gibt, das sich für sämtliche in Betracht kommenden Fälle verwenden läßt. Einmal hindern die Materialeigenschaften, das andere Mal der Herstellungsgang und damit die Möglichkeiten der Formgebung an der Verwendung. Oft hat das Isoliermaterial noch den Vorteil, erheblich billigere Apparate möglich zu machen. Man bedenke, Isolier- und Konstruktionsmaterial ist das gleiche! Sofort erkennt man, daß die Zahl der Teile damit wesentlich kleiner wird. Ferner sind Isoliermaterialien vorzugsweise Preßmaterialien, sodaß Aussparungen, Wulste und dergleichen mit Leichtigkeit vorgesehen werden können.

[1]) Ein Vorkämpfer auf diesem Gebiet ist Dr. Passavant, u. a. Elektrizitätswirtschaft 1926, S. 413; vgl. a. E. u. M. 1927, Heft 10, S. 193.

Digitized by Google

Über die Isoliermaterialien, die für die Isolation der Apparate herangezogen werden können, wäre außerordentlich viel zu sagen. Am meisten kommen in Betracht: Porzellan, Steatit, die sogenannten Schwarzpreßmaterialien und Hartsteinzeug. Porzellan ist wie bekannt außerordentlich spröde bei sehr hohen Isolationswerten und läßt sich vor allem deshalb oft schlecht verwenden, weil seine Schwindung ein genaues Maßhalten verhindert. Als Material für die Kapselung von Apparaten dürfte es seiner Sprödigkeit wegen wohl nie in Betracht kommen. Das gleiche gilt für Steatit, sowie von den meisten Schwarzpreßmaterialien. Letztere haben außerdem noch den großen Nachteil, daß sie fast restlos nicht wärmebeständig sind. Das heute im Handel befindliche Hartsteinzeug dagegen hat eine sehr hohe Schlagbiegefestigkeit und wird bei geschickter konstruktiver Anordnung als Abdeckmaterial auch jetzt schon verwandt werden können. Im übrigen darf man natürlich nicht übersehen, daß eine restlose Lösung des Isolationsproblems keinesfalls vorhanden ist. Man wird von Fall zu Fall noch entscheiden müssen, was man isolieren kann und was nicht.

Die Vorteile der weitgehenden Verwendung von Isoliermaterial seien nochmals zusammengefaßt:

1) Gefahrlosigkeit der Bedienung,
2) gedrängte Bauart.

Es ist eine bequemere Formgebung möglich, da die weiten Isolierwege wegfallen. Konstruktions- und Isoliermaterial ist das gleiche!

(Schluß folgt.)

Das Problem der Speicherung und Spitzendeckung auf der 32. Jahresversammlung des VDE in Kiel.

Von Ministerialrat Dr. Artur **Hruschka**, Wien.

Kaum ein zweites durch die elektrische Arbeitsübertragung gesetztes und mit der Energieerzeugung in Kraftwerken zusammenhängendes Problem ist so vielseitig, technisch wie wirtschaftlich schwerer faßbar und mehr umstritten als das der Spitzendeckung zum Ausgleich der Belastungsschwankungen und der zeitweisen Speicherung der Energie. Daß eine eindeutige, für alle Fälle passende Lösung hier eigentlich nicht möglich ist, zwingt erst recht zur reiflichen Abwägung der technischen und wirtschaftlichen Eigenheiten aller bekannten Speicherungsmethoden, um sie jeweils richtig anwenden zu können. Es war ein glücklicher Gedanke, daß die 32. Jahresversammlung des V. D. E. in Kiel (1927), im Zeichen dieser wichtigen Fragen abgehalten worden ist. Den 54 Fachsitzungen der Versammlung, die in 7 gleichzeitig tagenden Fachgruppen abgehalten wurden und sich mit den elektrotechnischen Einzelfragen befaßten, waren 4 Hauptvorträge in der Vollversammlung übergeordnet, in denen durch hervorragende Fachleute das Hauptproblem der Tagung nach seinen 4 hauptsächlichen Erscheinungsformen dargelegt wurde, nämlich in seiner Anwendung in Dampfkraftwerken (Dampfspeicherung oder hydraulische Speicherung), in Wasserkraftwerken, in elektrischen Speicheranlagen und in Dieselkraftwerken. Der Belastungsausgleich ist und bleibt das Hauptziel wirtschaftlicher Betriebsführung in Kraftwerken aller Art, besonders auch in Bahnkraftwerken. An Hand der ausführlichen Wiedergabe der Hauptvorträge in der E. T. Z. d. J., Heft 26, und eigener Eindrücke des Verfassers von der Jahresversammlung soll im Nachfolgenden der Inhalt der Hauptvorträge und das Ergebnis der Aussprache kurz zusammengefaßt werden.

I. Dampfspeicherung in Dampfkraftwerken.

Generaldirektor Dr. J. Ruths (Stockholm), behandelte im ersten Vortrage über „Spitzendeckung in Großkraftwerken" die Bewältigung der Belastungsspitzen in Kesselhäusern durch seinen im Jahre 1913 erfundenen, mit den Kraftmaschinen gleichsam elastisch gekuppelten Ruthsspeicher, durch den Dampferzeugung und Dampfverbrauch in weiten Grenzen unabhängig von einander werden, und der überdies eine selbsttätig eingreifende Augenblicksreserve darstellt.[1]) Aus durchgerechneten Beispielen wurde abgeleitet, daß dieser Speicher auch die billigste Spitzendeckung ermöglicht. Ruths begründet zunächst die Notwendigkeit eines für Spitzendeckung besonders geeigneten Betriebsmittels. Jetzt, wo nach dem Aufhören der Kriegsbeschränkungen die abendlichen Winterspitzen von Jahr zu Jahr mehr auf ihre ursprüngliche Höhe hinaufschnellen, ist die Anwendung sofort einsetzender Spitzendeckung ungleich wichtiger als der Wirkungsgrad der Anlage während der Spitzendeckung, auf den man viel zu viel Wert gelegt hat, obgleich er sich auf den Jahreswirkungsgrad in kaum merklicher Weise auswirkt. In einer großstädtischen Kraftanlage wird von dem zwischen 50 und 100 vH liegenden Anteil der eingebauten Leistung nur 3 bis 5 vH der Jahresenergie (bei etwa 900 Jahresstunden) geleistet; während der Spitzendauer kann also ihr Brennstoffverbrauch praktisch vernachlässigt werden, und die Erzeugungskosten für die Spitze werden fast ausschließlich durch den Kapitaldienst

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 11, 312, 529; 1924, S. 642; 1925, S. 488, 665, 1020; 1926, S. 109.

Digitized by Google

bestimmt. Für die Spitzendeckung müssen also nicht wärmesparende, sondern billige Betriebsmittel geschaffen werden. Hochdruckkessel und ihre Turbinen wie auch Dieselmotoren sollten also

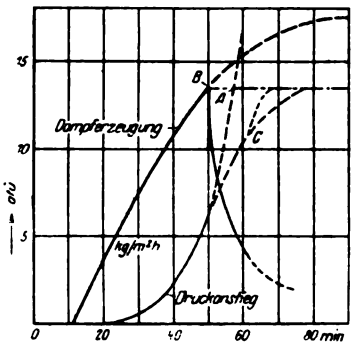


Abb. 1. Anstieg des Dampfdruckes und der Wärmezufuhr zum Wasserraum in kg Dampf für 1 m² Heizfläche und eine Stunde beim Anheizen von Kesseln mit Kohlenstaubfeuerung.

nur zur Grundlastdeckung herangezogen werden. Verschiedene Versuche der wirtschaftlichen Spitzendeckung, wie Anpassung der Tarifpolitik im Sinne billigen Verkaufes von Abfallstrom, Zusammenlegung von Betrieben, ja sogar Abschalten von Industrien zur Zeit der Spitzen sowie Kohlenstaubfeuerung haben teils ganz versagt, teils wenig Besserung gebracht. Die Kohlenstaubfeuerung hat zwar eine anerkannt gute Regelbarkeit, aber sie verhindert nicht, daß die für das Anheizen der Kessel nun einmal erforderliche Zeit in Kauf genommen werden muß. Versuche der A. E. G. ergaben das in der Abb. 1 dargestellte Verhalten. Die Kessel müssen etwa 1 Stunde vor dem Anstieg der Belastungslinie in Betrieb genommen werden. Aus dem beobachteten Druckanstieg kann die Wärmezufuhr berechnet werden. Sie ist der Anschaulichkeit wegen in kg Dampf für 1 m² Heizfläche und Stunde (als fiktive Dampferzeugung) ausgedrückt. Damit beim Erreichen des Volldruckes (Punkt A) nicht die Sicherheitsventile sogleich zu blasen beginnen, muß man schon vorher rechtzeitig die Feuerführung vermindern (Punkt B) und den Kessel auf Wartefeuer setzen, so daß er erst beim wirklichen Ansteigen der Last hochgefahren werden muß (Punkt C). Da nun der Betriebsleiter trotz aller Erfahrung den Eintritt von Bewölkung, Regen und dergleichen auf eine Stunde kaum voraussehen kann, ist es — wie offizielle Betriebsberichte einwandfrei zeigen — unvermeidlich, daß öfters die zu früh angeheizten Kessel hin- und hergeregelt, die zu spät angefeuerten Kessel forciert werden müssen und jedenfalls der Brennstoff für die sicherheitshalber zu viel angeheizten Kessel vergeudet wird.

Den Dieselmotoren wirft Ruths vor, daß sie teuer sind und zwar die obersten Spitzen abschneiden können, im übrigen aber für die Kesselanlage, mit der sie in keiner organischen Verbindung stehen, keine Erleichterung schaffen. Hydraulische Speicherung bezeichnet er im allgemeinen als sehr teuer.

Allen diesen Lösungen gegenüber ist der Ruthsspeicher auf der Tatsache aufgebaut, daß der Wasserdampf die bemerkenswerte Eigenschaft hat, aus dem gasförmigen Zustand ohne Verluste in den flüssigen überführt und in diesem Zustand bei geringem Raumbedarf gespeichert werden

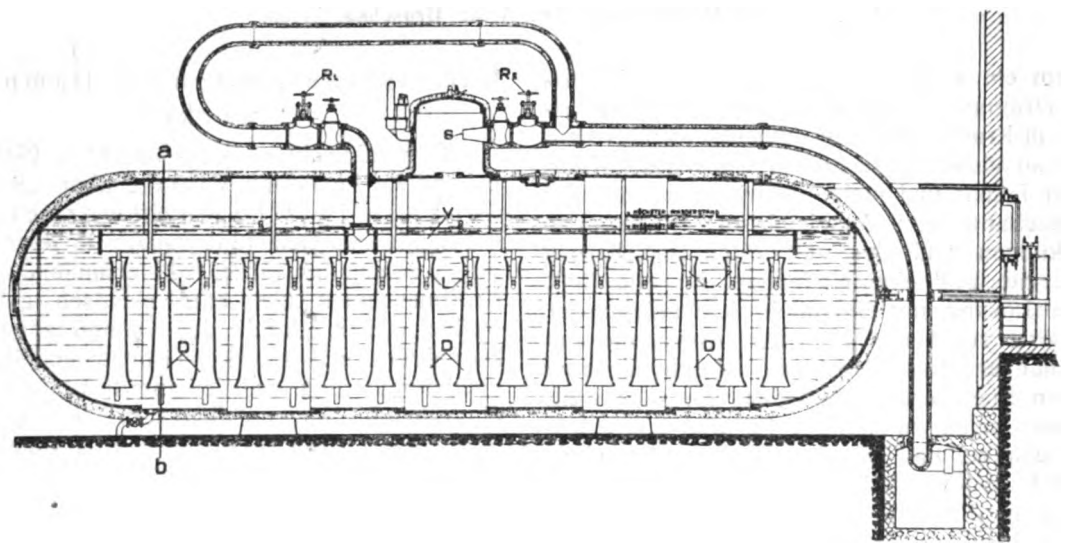


Abb. 2. Schnitt durch einen Ruthsspeicher liegender Bauart. *S* Sicherheitsdüse, *L* Lademundstücke, *V* Verteilungsrohr, *D* Zirkulationsrohre, *RL*, *RE* Rückschlagklappe für Speicherladung und -entladung.

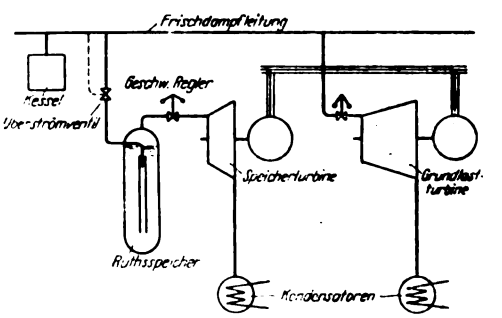


Abb. 3. Einfachstes Dampfschaltbild eines Kraftwerkes mit Ruthsspeichern.

Digitized by Google

zu können, um dann nach Bedarf ohne Verluste zu beliebiger Zeit in Dampf rückverwandelt werden zu können. Bisher sind über 300 solcher Speicher im Gesamtwert von etwa 40 Mill. Mk. errichtet worden. Abb. 2 zeigt einen Schnitt durch einen Ruthsspeicher liegender Bauart.

Abb. 3 ist das einfachste Dampfschaubild eines Kraftwerkes mit Ruthsspeichern. Die Kessel speisen durch die Frischdampfleitung sowohl eine Grundlastturbine als auch mittels des jeweils überschüssigen Dampfes (durch selbsttätiges Öffnen eines druckgesteuerten Überstromventiles) den Speicher. Tritt eine Spitze auf, so öffnet zunächst in der üblichen Weise der Geschwindigkeitsregler der Grundlastturbine ganz; bei weiterer Steigerung sinkt die Frequenz ein wenig und öffnet dadurch auch den Geschwindigkeitsregler der an den Speicher angeschlossenen Speicherturbine (Spitzenturbine), so daß diese nunmehr Dampf aus dem Speicher entnimmt. Der Speicher kann in Industrieanlagen und städtischen Kraftwerken während der Nacht, zum Teil auch während der Mittagspausen gefüllt werden. Das Anheizen und Absperren der Kessel braucht nicht mehr dem Betriebsplan genau angepaßt werden. Forcierungen sind überflüssig. Weiters stellt dieser Speicher eine ausgezeichnete Augenblicksreserve bei Beschädigungen in anderen Kraftwerken des Netzes, bei plötzlich heranziehenden Gewittern (Lichtspitzen) und bei Unterbrechung von Fernleitungen vor. Möglich ist auch eine Kombination mit Speichern für vorgewärmte Kesselspeisewasser System Druitt-Halpin, ausreichend für Spitzen von 15 bis 20 vH.

Um die Bedenken der Wärmewirtschaftler, die auch bei der Spitzendeckung nach den Brennstoffkosten fragen, zu zerstreuen, verweist Ruths darauf, daß ja bei Spitzenkesseln für wenige Betriebsstunden ganz gewaltige Anheiz- und Stillstandsverluste erwachsen, wie Guilleaume, Praetorius und andere nachgewiesen haben. Nach Föhl ist bei 3 bis 4 stündiger Benützung der mittlere Wirkungsgrad (trotz einem Paradewirkungsgrad von 75 vH) kaum 50 vH. Dem steht beim Ruthsspeicher allerdings ein Mehrverbrauch von Dampf durch das geringere mittlere Druckgefälle der Turbine gegenüber. Untersuchungen der A. E. G., der S. S. W. und der MAN haben gezeigt, daß man bei Ruthsspeichern mit einem zwischen 14 und 1·5 ata schwankenden Dampfdruck einen mittleren Dampfverbrauch von 8 bis 8·5 kg/kWh erreichen kann. Trotzdem wird der Gesamtwirkungsgrad des Speichers um einige Prozent größer als der von Spitzenkesseln.

Ausschlaggebend ist nach dem eingangs Gesagten das Anlagekapital für die Spitzendeckungsanlage. Beim Ruthsspeicher verringert sich der Preis im proportionalen Verhältnis zur Spitzenbreite, so daß (im Gegensatz zu Spitzenmaschinen und Spitzenkesseln) gerade für die oberste Spitze mit der geringsten Benützungsdauer die kleinsten Aufwendungen je kWh zu leisten sind. Zum Vergleiche seien dreieckige Spitzen von E kW Höhe und T Stundenbreite angenommen. Die Anlagekosten eines Speichers sind dann

$$= E \cdot \frac{T}{2} \cdot S \cdot \frac{1}{G} M,$$

(S = Dampfverbrauch der Speicherturbine, G = Kapazität je m³, M Preis für 1 m³ Speicherinhalt); hingegen bei der Spitzenkesselanlage

$$= E \cdot F \cdot \frac{1}{B} \cdot H.$$

(F = Dampfverbrauch einer Frischdampfturbine, B = Heizflächenbelastung des Kessels, H = Preis für 1 m² Heizfläche). Preisgleichheit besteht für

$$\frac{ET}{2} \cdot S \cdot \frac{1}{G} \cdot M = EF \cdot \frac{1}{B} \cdot H.$$

E fällt heraus. Schätzt man etwa $S = 8$ bis 8·5 kg/kWh, $G = 140$ kg/m³, $M = 400$ M/m³, ferner $F = 4{\cdot}5$ bis 5 kg/kWh, $B = 45$ bis 50 kg/m², h und $H = 600$ M/m², so herrscht Preisgleichheit bei $T = 5$ Stunden, und unterhalb 5 Stunden arbeitet der Speicher billiger; hiezu kommt noch, daß er im Gegensatz zu Kesseln keine Reserven benötigt, weil er weder beheizte, noch bewegte Teile besitzt. Ähnliches gilt im Vergleiche mit Dieselmotoren. Besonders billig ist der Zubau von Speichern in vorhandenen Dampfkraftwerken, wofür man nur etwa 120 bis 140 M/kW (die Hälfte der normalen Anlagekosten) aufwenden muß.

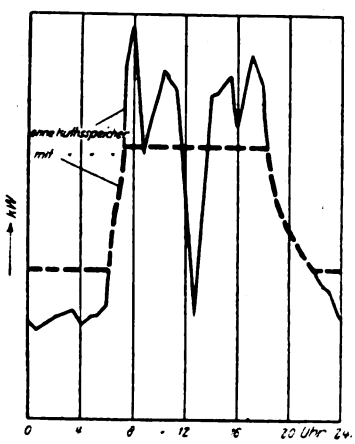


Abb. 4. Spitzenausgleich durch Ruthsspeicher für das Kraftwerk einer westfälischen Industriestadt.

Das Gesagte wurde an einigen Beispielen erhärtet. In einer Kleinstadt mit 20 000 kW Spitze ist ein Speicher von 3×165 m³ (Anlagekosten 250 000 M) erforderlich und es werden $3 \times 400 =$ 1200 m² Kesselheizfläche (Anlagekosten 750 000 M) entbehrlich. In einer westphälischen Industriestadt (siehe Abb. 4) mit 50 000 kW Spitze ist ein Speicher von 7×230 m³ (Anlagekosten samt Warmwasserspeichern 700 000 Mk.) gegenüber 1600 m² Kesselheizfläche unter Annahme einer Forcierung auf 60 kg/m² und 50 vH Reserve (Anlagewert 1 Mill. Mk.) erforderlich. Für eine Großstadt wurde ein Vergleich mit Dieselmotoren angestellt. Diese schneiden nur die Spitzen ab, der Ruthsspeicher füllt aber überdies die Täler aus. Bei 7 Grundbelastungsturbinen für je 13 000 kW und 2 Kessel-

Digitized by Google

häusern mit je 12 Kesseln kann bei 91 000 kW Spitzenleistung zweckmäßigerweise eine Speicheranlage mit 15 Speichern zu 292 m³ und 2 Speicherturbinen von zusammen 26 000 kW (alles zusammen für 140 M/kW) verwendet werden. Der Raumbedarf der Speicher ist geringer als der eines neuen Kesselhauses von 6 Kesseln gleicher Spitzenleistung.

Abb. 5 zeigt 2 Ruthsspeicher im städtischen Kraftwerk in Malmö.[2]) Dort wurden sie an Stelle

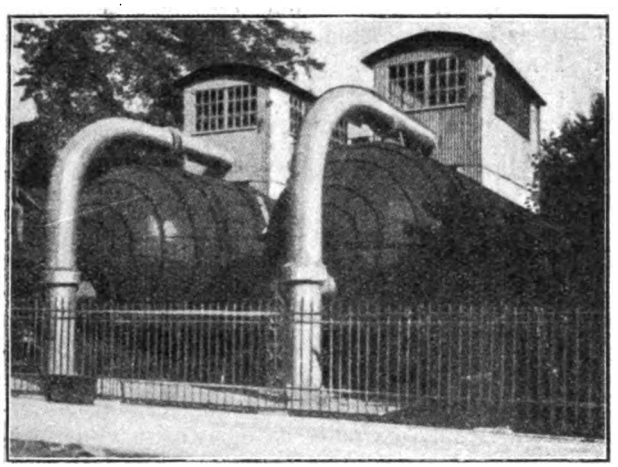


Abb. 5. Ruthsspeicher im städtischen E. W. Malmö (Schweden).

einer gewaltigen elektrischen Speicherbatterie und einer Dampfreserve geschaffen. Sie arbeiten zwischen 7 und 1 atü auf eine Dampfturbine. Interessant ist, daß diese Spitzen- und Augenblicksreserveanlage auch noch den Leistungsfaktor verbessert: der Generator läuft leer als Motor und treibt die Dampfturbine an und ermöglicht 800 kW Ge-

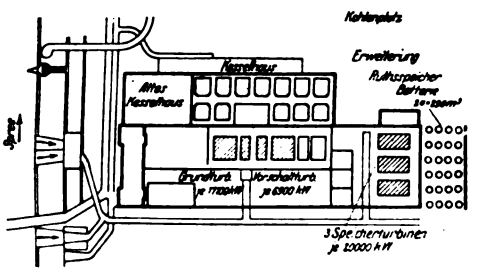


Abb. 6. Grundriß der geplanten Erweiterung des Kraftwerkes Charlottenburg mit Ruthsspeichern und Speicherturbinen von 60 000 kW.

winn, von denen nur 220 kW für die Leerlaufarbeit, die Kondensationshilfsmaschinen und die Speicherwärmeverluste abzuziehen sind. Eine zweite Anlage besteht in Halmstad.

Als interessante Lösung für eine große Anlage wurde schließlich die von den S. S. W. für die BEWAG geplante Erweiterung des Kraftwerkes Charlottenburg[3]) vorgeführt (Abb. 6). Mit 35 at in den Kesseln sollen 40 000 kW Spitzenleistung bewältigt werden. Der Speicherladedampf wird zwischen 35 und 14 at herangezogen. Für 110 000 kWh Arbeitsvermögen sind 24 Speicher zu je 290 m³ und 14 ata vorgesehen. Der Speicherentladedampf wird eingehäusigen Turbinen (eine als Reserve) mit 8·3 kg/kWh Dampfverbrauch zugeführt. Bezogen auf 60 000 k W installierte Leistung betragen die Anlagekosten für Speicher und Turbine nur 135 M/kW. Ein ähnlicher Entwurf ist für das Kraftwerk Oberspree (30 000 kW Spitze) ausgearbeitet worden.

II. Hydraulische Speicherung in Wasser- und Dampfkraftwerken.

Der zweite, von Prof. Dr. E. Reichel (Charlottenburg), über „Hydraulische Speicherung" gehaltene Vortrag konnte sich umso kürzer fassen, als es ja bekanntlich sehr viele hydraulische Speicher gibt, die teils natürlichen Zufluß haben und Wasserkraftwerke speisen, teils künstlichen Zufluß haben und Pumpspeicherungen[4]) in Wasser- oder Dampfkraftwerken darstellen. Der Vortrag sollte beweisen, daß auch die letzteren Anlagen an Bedeutung und Größe ständig zunehmen.

Mit künstlichen Speichern ist man an gebirgige Gegenden gebunden, um das Gefälle tunlichst hoch zu halten. Bei solchen Pumpspeicherungen hängt die Wirtschaftlichkeit vom Preisunterschied zwischen hochwertigem Tagesspitzenstrom und minderwertigem Nachtstrom und von der Größe des Werkes ab. Der mechanische Wirkungsgrad ist gering: 60 bis 40 vH oder noch weniger.

Künstliche hydraulische Speicher wurden schon seit 1882 angewendet; Beispiele sind die Anlagen: Gerlafingen, Olten-Aaarburg, Schaffhausen, Chevenoz, Girotte, Stura di Viu, Viverone, Clenezzo, Münster i. E., Ruppoldingen, Zweribach, Schwarzenbach, Wäggital usw.[5]) Für solche Anlagen werden heute von Spezialfirmen Kreiselpumpen gewaltiger Leistung gebaut. So haben Escher Wyss & Co. für das südschweizerische Kraftwerk Tremorgio zwei Kreiselpumpen für 880 m Druckhöhe und zusammen 13 000 PS gebaut, die Firma Sulzer ähnliche lotrechte Pumpen für das Wäggitalwerk usw.

Während die Wasserkraftanlage selbst 200 bis 1500 Mk./kW kostet, benötigt man für den zusätzlichen künstlichen Speicher 60 bis 250 Mk./kW. Besonders billig wird die Anlage, wenn man schon vorhandene Druckrohre mitbenützen kann.

Man kann nun Pumpanlagen auch bei Wärmekraftwerken in entsprechend gebirgiger Umgebung mit Vorteil verwenden. So wurde für das Kemagwerk in Haagen eine Pumpspeicheranlage für 12 000 kW (auf einem 500 m entfernt liegenden Hügel mit 175 m Druckgefälle zu errichtend) geplant, die nur 370 Mk./kW Anlagekosten und 4·3 bis 4·7 Speicherstromkosten verursachen würde. Im sächsischen Dampfkraftwerk Niederwartha (Erweiterung des Dresdener Elektrizitätswerkes), das mit Braunkohle arbeitet, wird eine Pump-

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 793.
[3]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 33; 1927, Heft 39, S. 821.
[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 75.
[5]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 642; 1924, S. 181; 1925, S. 393, 665.

Digitized by Google

speicheranlage errichtet, die kürzlich hier eingehend beschrieben wurde.[6]) Am Kleff bei Hengstey an der Ruhr (Essen) ist ein Hochspeicherbecken für 1·3 Mill. m³ bei 160 m Druckhöhe für Pumpspeicherung. Auch hier werden die Maschinensätze ähnlich zusammengesetzt: liegende Spiralturbinen für je 48 000 PS bei 163 m Gefälle, die Voith-Sulzer'sche Speicherpumpen für je 32 500 bis 34 000 PS bei 166 bis 149 m Druckhöhe und 12 bis 13·6 m³/sec—Leistungen, die alles in Deutschland Bestehende übertreffen — werden mit je einem Generator gekuppelt. Die Anlage wird 120 Mill. kWh abgeben können.[7])

Die hydraulische Speicherung hat also dort, wo günstige Bodenverhältnisse vorliegen, eine große Zukunft.

III. Elektrische Speicherung.

Der dritte Vortrag des Regierungsbaumeisters Berdelle (Berlin) über „Spitzendeckung und Belastungsausgleich durch elektrische Speicherbatterien" zeigte Entwicklungsgang, Berechnungsgrundlagen und Wesen der Elektrospeicherung und gab zahlenmäßige Beispiele ihrer Vorteile. Trotz allen modernen Verbesserungen der Kraftmaschinen und Kessel bestehen nach Ansicht des Vortragenden die Vorteile der elektrischen Speicherung auch heute noch in vollem Maße.

Beim Vergleich der Anlagekosten darf man nicht vergessen, daß sich die Größe einer Maschine nach ihrer Höchstleistung richtet, jene einer Speicherbatterie aber überdies auch nach der Zeitdauer der Stromentnahme. Die Zahl der bei einer Spitze hergegebenen kWh, geteilt durch die Höchstleistung, gibt jene Stundenzahl t_b, auf welche die Kapazität der Batterie abzustellen ist. Die Spitzen haben meist Dreiecksform, daher ist t_b stets kleiner (etwa 60 vH) als die ganze Spitzenbetriebszeit. Es wäre unrichtig, die Batterie für Abgabe der Höchstleistung durch die ganze Spitzenbetriebszeit zu bemessen. Bei etwa dreistündiger Spitzenbetriebszeit und $t_b = 1·8$ Stunden sind die Anlagekosten einer Batterie samt Gebäude, Zellenschalter und Leitungen etwa 365, bei Drehstromspeicherung (Zellenschalter entfallen, Umformer kommen hiezu) etwa 400 Mk/kW. Die verfügbare Kapazität schließt auch eine Reserve ein, weil sie bei Entladung nach einem Dreiecksdiagramm tatsächlich größer ist, als wenn die Entladung nur während der Dauer t_b mit voller Höchstleistung stattfinden würde.

Bei vollkommenem Belastungsausgleich braucht die Batterie nur 15 bis 20 vH der Gesamtenergie umzusetzen und verursacht bei 75 vH Speicherwirkungsgrad nur 4 bis 5 vH Gesamtjahresverluste. Die Batterien sollen nicht nur Spitzen decken, sondern auch während des ganzen Jahres die Belastungen ausgleichen und dadurch die günstigste Ausnützung des Verteilungssystems ermöglichen. Überdies wird in gemischten Netzen der Leistungsfaktor durch phasenschiebende Umformer verbessert. Die Batteriespeicherung ist auch völlig unabhängig von örtlichen Verhältnissen, und die Batterien können bis in die letzten Stromverteilungspunkte vorgeschoben werden.

Der Vortragende gab an Hand eines Beispiels eine Wirtschaftlichkeitsrechnung für ein mittleres Elektrizitätswerk mit Drehstromverteilung an sechs Unterwerke. Angenommen waren: Kraftwerksspitze 20 000 kW, mittlere Belastung 9750 kW, Maschinenleistung 10 275 kW, größte Entladeleistung der Batterie 9725 kW; $t_b = 3·9$ Stunden, Batteriespannung 440 V, Batterieanlagekosten 5 565 000 Mk. Die Jahreskosten der Batterie wurden mit 929 355 Mk. (16·7 vH) ermittelt. Demgegenüber wird erspart: die Anlage einer Dampfkraft von 13 000 kW zu 350 Mk./kW = 4 550 000 Mk. Bei 60 Mill. kWh jährlich sind die Betriebskosten bei Dampf 1 543 147 Mk., also die Ersparnis bei Speicherbetrieb 613 792 Mk. oder

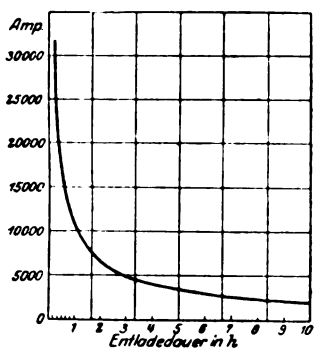


Abb. 7. Entladestromstärke einer AFA Zelle LS 564.

fast 40 vH der Dampfbetriebskosten, nicht gerechnet die Vorteile der Augenblicksreserve.

Der Vortragende verwies auch auf die Überlastbarkeit neuzeitlicher Speicherzellen, wie sie aus der Abb. 7 hervorgeht, und bezeichnete schließlich die elektrische Speicherung als technisch einwandfrei und wirtschaftlich am günstigsten.

IV. Spitzendeckung mit Großdieselmotoren.

M. Gercke (Augsburg) weist im vierten Vortrag, ausgehend von den mit Spitzendieselmotoren gemachten günstigen Erfahrungen, an zwei Beispielen nach, daß das Abschneiden der Spitzen durch Dieselmotoren die Wärmewirtschaft erheblich verbessert.[8]) Nach der Aufstellung solcher Motoren mittlerer Leistung für Spitzendeckung und Augenblicksreserve in den Kraftwerken Bremen, Gröba, Würzburg und Kottbus hat man in der neuesten Zeit durch die Aufstellung eines Zweitaktdieselmotors für 15 000 PSe (10 500 kW) im Kraftwerk Neuhof der Hamburger E. W. mit Erfolg das Gebiet der eigentlichen

[6]) Vgl. Gerstenberger, „Die hydro-elektrische Speicheranlage Niederwartha", Heft 39 d. J., S. 797.

[7]) Vgl. die kurze Beschreibung in Heft 27 d. J., S. 546.

[8]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 847.

Digitized by Google

Großdieselmotoren über 10.000 PS betreten.[9]) Diese größte aller bestehenden Dieselanlagen ist von Blohm & Voß nach der Schlitzspülbauart der Firma MAN gebaut und hat 9 doppeltwirkende Zylinder von 860 mm Durchmesser und 1500 mm Hub bei 94 U/min. Sie hat einschließlich der Gebäude und des Zugehörs rund 300 Mk./kW gekostet. Sie dient zum Abschneiden der Belastungsspitzen des Dampfkraftwerkes Tiefstack. Seit September 1926 wird diese langsam laufende Maschine, die eine Erstausführung ist, täglich 6 bis 8 Stunden (morgens und abends) vollbelastet verwendet, solange bis die Dampfanlage den Vollbetrieb übernehmen kann, um dann stufenweise entlastet und stillgelegt zu werden. Das normale Anlassen und Parallelschalten dauert 4 Minuten, in unvorhergesehenen Fällen des Einspringens bis zu 6 Minuten, bei 3 Mann Bedienungsmannschaft. Der Verbrauch an Gasöl beträgt zwischen Vollast und Halblast 250 bis 260 g/kWh einschließlich der Hilfsmaschinen.

Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen geht aus folgender Überlegung hervor: Bis heute hat man als Höchstleistung der kompressorlosen Zweitaktmotoren (Einspritzmaschinen) 7500 kW bei 10 doppeltwirkenden Zylindern und 215 U/min betrachtet (märkisches Elektrizitätswerk Berlin, Henningsdorf). Eine weitere die Anlagekosten vermindernde Steigerung der Drehzahl und des mittleren Kolbendruckes ist nun durchaus möglich. Einblasemaschinen mit Kompressoren sind etwas ungünstiger im Brennstoffverbrauch; ihre Anlage kostet samt Zubehör etwa 200 Mk./kW. Die Betriebskosten stellen sich nach Berechnungen annähernd gleich hoch wie jene für Spitzenkessel und Wärmespeicher. Bei der kurzen Benützungsdauer der Spitzeneinheiten (500 bis 1000 Stunden im Jahr) und dem kleinen Anteil ihrer Arbeit an der Jahresarbeit (5 bis 10 vH) machen aber ihre Betriebskosten nur einen verschwindenden Anteil der Gesamtkosten aus.

Der Vortragende rechnet ein Großkraftwerk mit 150 Mill. kWh jährlich und 3000 Benützungsstunden der Höchstleistung von 50 000 kW durch und nimmt hiebei an, daß ein Dieselspitzenwerk von 15 000 kW mit 250 bis 1000 Benützungsstunden im Jahr die Spitzendeckung übernimmt. Bei 3 Mill. Mk. Anlagekosten des Spitzenwerkes werden jährlich 572 000 Mk. rein erspart und die Dieselanlage macht sich in 5¼ Betriebsjahren voll bezahlt. Die Ersparnis rührt hauptsächlich daher, daß dank den Dieselmotoren die Benützungsdauer der Dampfhöchstleistung um 39 bis 28 vH, im Mittel um 1000 Stunden im Jahr, gesteigert und so 7·5 bis 8 vH des Dampfbrennstoffes erspart werden.

Betriebstechnisch ist hervorzuheben die stete Betriebsbereitschaft der Dieselmotoren und die Herabsetzung des eigentlichen Dampfverbrauches durch Ersparnis eines Teiles der Anheizverluste. Die Betriebssicherheit kann durch Dezentralisation (Aufstellen der Dieselmotoren in Unterwerken) gesteigert werden. Dazu kommt eine gewisse Anpassungsfähigkeit an die Entwicklung des Stromabsatzes dank der Freizügigkeit der Dieselmotoren. Die heute schon überaus verwickelten Hilfsmaschinen der Kraftwerke werden vereinfacht, Umspannwerke und Fernleitungen von Spitzen und Blindströmen entlastet und damit besser ausgenützt. Wünschenswert ist eine Normung weniger Einheitstypen und Verzicht auf Sonderwünsche der Besteller. Eine große Dieselanlage umfaßt außer den Hauptmaschinen noch: die Druckluftanlage (Flaschen und Verdichter), Brennstoffbehälter als Mehrmonatsspeicher, Schmierölbehälter, die Kühlwasserbeschaffungsanlage mit Rückkühlung, die Spülluftbeschaffungsanlage (mit Kolbengebläsen oder bei großen Einheiten mit besonderen Drehstromturbogebläsen), Auspuffschalldämpfer und allenfalls Sondereinrichtungen zur Erzielung von Geräuschlosigkeit.

Die Steigerung der Drehzahl bis 300 bei Zweitaktmaschinen mit Schlitz-Umkehrspülverfahren ist möglich; es bleibt nur zu untersuchen, ob nicht die Verwendung höherwertiger Baustoffe die erhoffte Ersparnis an Baukosten aufhebt.[10])

V. Aussprache.

Die anschließende Aussprache brachte sehr bemerkenswerte Erörterungen, die eigentlich als Zusatzvorträge gewertet werden müssen. Sehr interessant war der vielleicht paradox anmutende Vorschlag des Direktor Peucker der Elektrowerke (Berlin), in Ortskraftwerken nur einen kleinen Teil der Spitzen selbst zu decken und die Phasenverschiebung vorzunehmen, ansonsten aber alles übrige, also Grundlast bis herab zu 4000 Benützungsstunden im Jahr und die höchsten Spitzen (besonders die Dezemberspitzen) nur durch die Fernversorgung zu decken, die heute in Deutschland schon mehr als die Hälfte aller elektrischen Energie liefert. Die Ortswerke sollten dann später zu geeigneter Zeit durch reine Phasenschieberanlag ersetzt werden. Diese Lösung reiht sich als weitere ernsthafte Möglichkeit neben die in den Hauptvorträgen erörterten Lösungen. Peucker überprüft die landläufige, aber in der allgemeinen Form unrichtige Meinung, daß die Fernversorgung nur Grundstrom liefern dürfe, damit die teueren Fernleitungen gut ausgenützt werden können. Die Fernleitungskosten je kW bilden tatsächlich nur einen bescheidenen Teil gegenüber den Kraftwerkskosten. Beispielsweise kostet eine 100 kV-Drehstromdoppelleitung 20 000 bis 25 000 Mk./km und kann bei 150 km Länge mit 50000 bis 60000 kW belastet werden. Sie kostet also 40 bis 50 Pf./kW; das gibt bei 80 km mittlerer Entfernung der Abnehmer 32 bis 40 Mk./kW. Bedenkt man, daß die Leitungen um ein Drittel niedrigere Beträge für Abschreibung, Erneuerung und Erhaltung benötigen, so bedeutet das Anlagekapital für die Fern-

[9]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 567; 1927, S. 389.

[10]) Ein ganz neues, für Spitzendeckung sehr geeignetes Verfahren der Leistungssteigerung an Dieselmotoren durch Vorverdichtung der Verbrennungsluft mittels Aufladeturbogebläsen hat Salvisberg in E. u. M. 1927, Heft 39, S. 813 beschrieben.

Digitized by Google

leitungen eine gleichwertige Steigerung der Kraftwerksanlagekosten um bloß 24 Mk./kW.

Die Fernleitungen dienen heute zumeist für Grundstrom von 4000 Benützungsstunden im Jahr und etwas darüber. Da die Kraftwerke selbst rund 3000 Stunden aufweisen, sieht man ohneweiters, daß sich die Grundstromlieferung und Gesamtstromlieferung wenig von einander unterscheiden. Man bedenke ferner, daß nach kaum einen Jahrzehnt Entwicklung die Fernversorgung in Deutschland schon mehr als die Hälfte der Energie an sich gerissen hat, und daß auch die letzte Schwierigkeit — die Spannungsregelung — durch die Einführung asynchroner Phasenschieber geschwunden ist, so daß auch die größten Gebiete von einem Kraftwerk aus beliefert werden können.

Man sollte daher Erweiterungen von Ortsnetzen unterlassen und nur auf die Fernversorgung greifen. Die Forderung nach einer eigenen Notreserve ist bei der heute erreichten Betriebssicherheit der Fernleitungen ebenso veraltet, wie es etwa ein ähnliches Mißtrauen in die Leistungsfähigkeit der Eisenbahn gegenüber den Straßen wäre. Man kann aber dieser immerhin begreiflichen Forderung dadurch entsprechen, daß man den Ortsnetzen, wie gesagt, einen Teil der Spitzendeckung und das Phasenschieben überläßt, sie aber im Sommer stillegt.

Die Fernversorgung arbeitet mit großen Reserven. Die allerhöchste Spitze — eine reine Lichtspitze — tritt Ende Dezember durch 80 bis 100 Stunden stoßweise auf. Die Maschinen für Großversorgung sind meistens so gebaut, daß ihr Antrieb die volle Leistung beim Leistungsfaktor 1 abgeben kann. Auch die Fortleitung dieser außergewöhnlichen Spitzen gibt keinen Grund zu Bedenken, weil Fernleitungen niemals voll ausgenützt sind, beim Hinzukommen großer Wirklasten der Leitungsfaktor verbessert und der Spannungsabfall nur in geringem Grade gesteigert wird. Bemerkenswert ist auch die natürliche Abflachung der Lichtspitzen in sehr großen Netzen dank ihrer geographischen Längenausdehnung. Das Netz der Elektrowerke zum Beispiel erstreckt sich über 7 Längengrade und 1/20 Breitegrade, was einer Zeitdifferenz von mehr als einer halben Stunde in der Beleuchtung entspricht.

Ehe man ungeheure Kapitalien für Spitzendeckung auslegt, sollte man versuchen, durch Zusammenarbeit der Kraftwerke mit der in vielen Fällen sich an die Stromerzeugung anpassenden Großindustrie das gleiche Ziel: Betriebssicherheit bei größter Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Obering. Gosebruch (Charlottenburg) versuchte in seinen Ausführungen über „Erzeugung von Spitzenstrom für großstädtische Elektrizitätsversorgung" als Ergänzung zu den vorangegangenen Äußerungen der Vertreter der Sondergebiete die Frage nach der wirtschaftlichsten Spitzendeckung in Großstädten allgemein zu beantworten. Zunächst findet er, daß die Beschaffung billiger Spitzenenergie in Kraftwerken zwar diese selbst entlastet, nicht aber das Versorgungssystem; man müsse statt weiterer Zusammenfassung in Riesenwerken wieder dezentralisieren und mit den Kraftwerken in die Konsumgebiete zurückwandern. Den Fernleitungen wirft er einerseits die selbst bei 380 kV (RWE) zu erwartende Abhängigkeit von atmosphärischen Störungen und weiters ihre geringe Übertragungsfähigkeit vor: die 130 km lange 110 kV-Fernleitung Golpa—Rummelsburg vermag nur 50000 kW zu übertragen, wohingegen die Berliner Elektrizitätswerke Spitzen bis zu 275000 kW (die Hälfte davon reine Spitzenleistung) decken müssen und man daher mit dem neuen Großkraftwerk Klingenberg für 400000 kW wieder vom Fernkraftwerk zum Stadtkraftwerk in Rummelsburg zurückgekehrt sei. Der Vortragende rechnet ein Beispiel für das kommunale Elektrizitätswerk Mark in Hagen durch: Es sei ein neues Dampfkraftwerk vorzusehen, das zusammen mit einer Speicheranlage 52000 kW leisten kann. Für die Grundleistung seien 2 Turbosätze für je 20000 kW vorhanden, die bei 287 Mk./kW Anlagekosten Strom um 2·56 bis 2 Pf/kWh liefern können. Hiezu soll nun die Spitzendeckung hinzutreten. In der folgenden Tafel sind die betrachteten Möglichkeiten aufgezählt und miteinander verglichen.

Spitzendeckung durch	Anlagekosten M/kW	Betriebskosten in Pf/kWh bei jährlichen kWh 9 Mill.	5 Mill.
Erweiterung des Dampfkraftwerkes	233	—	15·41
besonderes Spitzendampfkraftwerk	258	—	11·50
desgl. mit Bensonkesseln	160	—	7·60
Dieselmot.(Großgasmotoren)	300	—	16·50
hydraulische Speicher ohne Fernleitung	304	6·47	—
desgleichen mit Fernleitung von 200 km	—	12·52	—
Ruthsspeicher im Kraftwerk	180	4·70	7·01
desgl. im Netz (elektrisch geheitzt)	196	16·79	—
elektrische Speicherbatterien im Drehstromnetz	635	15·85	—
desgl. im Gleichstromnetz	485	13·19	—

Der Vortragende kommt zu dem interessanten Schluß, daß zum Beispiel für Berlin für die innere Stadt die elektrische Speicherung am vorteilhaftesten wäre, für die äußeren Stadtteile aber ein besonderes Spitzenkraftwerk oder eine hydraulische Speicherung, soferne sie keine lange Fernleitung erfordert. Der Strompreis bei elektrischer Speicherung sei tatsächlich viel geringer als berechnet, weil die sehr großen Ersparnisse fehlen, die hiebei durch die Entlastung des Speise- und Verteilnetzes möglich seien: man könne im betrachteten Falle dank der Speicherbatterie 210 bis 250 Mk/kW Anlagekapital an Kabel und Umformern ersparen.

Ministerialdirektor Dr. B. Gleichmann des Reichswirtschaftministeriums (Berlin) gab einen Vergleich der verschiedenen Speicherungsmöglichkeiten, der sich auf die Zahlen stützt, welche von den einzelnen Vortragenden selbst gegeben wurden. Es wurde erwähnt, daß die Kosten für Brennstoff und Betriebsmannschaften für die Be-

Digitized by Google

rechnung der Auslagen für die Spitzendeckung keine Rollen spielen; es wird daher nur mit den Kosten für den Kapitaldienst und die Reparaturen gerechnet. Man kann für die Berechnung eine durchschnittliche Lebensdauer von 20 Jahren zugrunde legen, das heißt man kann mit 5 vH jährlich rechnen, während für Wasserkraftanlagen ein kleinerer Wert genügt. Diese letzteren kann man zu einem Vergleich schwer heranziehen, weil deren Anlagekosten zu sehr von den örtlichen Verhältnissen abhängig sind. Es sollen deshalb die günstigsten erreichbaren Werte für den Vergleich genommen werden. Es ergeben sich dann

	Jährliche Kosten in vH	Anlagekosten je kW in M
Bei Batterien (mit Übertragung auf Drehstrom)	11·5	400·—
Bei Dieselmotoren	6·0	200·—
„ Ruthsspeicher	6·0	135·—
„ Wasserspeichern (günstigst) . .	4·0	200·—

Während bei den Dieselmotoren die Form der Spitze belanglos ist, gibt sie bei den übrigen Anlagen den Ausschlag für deren Wirtschaftlichkeit. Batterien haben die weitestgehende Verwendungsmöglichkeit, da ihnen nicht die Mängel der umlaufenden Maschinen (Geruch, Lärm, usw.) anhaften. Der Vergleich muß jedoch auch auf die notwendigen Reserven ausgedehnt werden, wenn er ein richtiges Bild geben soll. Dieselmotoren benötigen bei Dreiteilung der Maschinenanlage 50 vH Reserve; Batterien nur für die Umformer, Ruthsspeicher und Wasserkraftanlagen ebenfalls nur für die rotierenden Maschinen. Wird dies berücksichtigt, dann ändern sich die obigen Zahlen folgendermassen:

	Anlagekosten in M je nutzbares kW	Vergleichende Gegen-, Überstellung je kWh Wasserkraft = 1 gesetzt
Batterie	430·—	5·5
Dieselmotor . . .	300·—	2·0
Ruthsspeicher . .	170·—	1·1
Wasserspeicher .	230·—	1·0

Alle weiteren Vorteile für den Ausgleich sind bei allen geschilderten Arten der Speicherung dieselben; bezüglich der Momentanreserve sind Batterien und Ruthsspeicher am günstigsten, weil sie vollkommen selbsttätig arbeiten. Dies setzt allerdings beim Ruthsspeicher Aufladekessel voraus, welche in den obigen Zahlen nicht berücksichtigt sind. Derartige Anlagen werden aber wirtschaftlicher gestaltet, wenn sie in Verbindung mit einem Kraftwerke für Fernheizung arbeiten. Die Fernversorgung für Heizzwecke ist in den meisten Fällen für sich allein nicht besonders wirtschaftlich. Durch die Kombination kann die Wirtschaftlichkeit beider verbessert werden; ein Vorteil ist dann weiters der, daß das Fernheizwerk im Verbrauchzentrum der elektrischen Energie angelegt wird. Eine allgemeine Verbilligung tritt überhaupt durch die richtige Bemessung der Betriebsmittel ein.

Dr. Gleichmann zeigt dann an einem dem südwestlichen Reichsbahnnetze entnommenen Beispiel, daß bei halbwegs günstiger gebirgiger Umgebung die hydraulische Speicherung als die wirtschaftlichste Lösung erscheint. Für 52 000 kW Spitzenleistung ist Pumpspeicherung in einem mit Kohlenstaubfeuerung bei 23 at arbeitenden Wärmekraftwerk bei 23 M/t Kohlenpreis angenommen. Nur dort, wo das Gelände weniger geeignet ist, werden für Bahnversorgungszwecke allenfalls Wärmespeicher und Dieselspitzenmaschinen in Betracht gezogen[1]).

Nach den Ausführungen des Direktors Rehmer (Berlin) wäre für die Berliner Elektrizitätswerke eine Pumpspeicherung bei 38 m Druckhöhe wirtschaftlich durchaus zulässig.

Direktor Mattersdorff der Hamburger Hochbahn verweist darauf, daß Bahnspitzen so plötzlich (innerhalb von Sekunden) auftreten, daß sogar die schnell einsetzbaren Dieselmaschinen nicht nachkommen können. Die Hamburger Hochbahn hatte ursprünglich elektrische Speicher, mußte sie aber außer Betrieb nehmen, weil sie unter den schweren Kurzschlüssen sehr zu leiden hatten; nach der Inflation konnte man neue Batterien nicht mehr kaufen. Man ging daher zu Ruthsspeichern über, deren Betriebführung außerordentlich einfach ist: man braucht sich um das Kesselhaus eigentlich gar nicht zu kümmern. Elektrische Speicher bezeichnet er als für größere Bahnanlagen ungeeignet.

Ziviling. W. Hahn (Berlin) betont, daß die Frage, welcher Art die Speicherung wirtschaftlicher ist, sich nicht gut allgemein entscheiden läßt, sondern daß es in jedem einzelnem Falle einer genauen Durchrechnung bedürfen wird, um die günstigste Lösung zu finden. Wie bereits erwähnt wurde, muß man für den Vergleich nicht nur die Kosten für das ausgebaute kW, sondern auch jene für die kWh nehmen. Zieht man zum Vergleich auch Wasserkraftanlagen heran, so muß außer dem von Prof. Reichel erwähnten Unterschiede zwischen Laufkraftwerken und speicherfähigen Anlagen überdies bei letzteren noch zwischen Anlagen mit Tages- und Wochenspeichern, welche der reinen Spitzendeckung dienen, und solchen mit Jahresspeichern, die sich ganz anders in eine planmässige Verbundwirtschaft einfügen, unterschieden werden. Allerdings ergibt sich die Möglichkeit zur Anlegung eines Jahresspeichers nur in seltenen Fällen, in Mitteleuropa wohl nur in den Alpenländern; als Beispiel sei das Wäggitalwerk in der Schweiz genannt. Die erwähnten Unterschiede sind bestimmend für die Größe der zu installierenden Maschinenleistung; es würden die Ausbaukosten, bezogen auf das kW, ein falsches Bild für einen Vergleich ergeben. Es muß aber auch berücksichtigt werden, ob das Kraftwerk seine Leistung nur immer entsprechend der durchfließenden Wassermenge (Laufkraftwerk) abgeben kann, oder ob die Energiedarbietung allen Wünschen der Abnehmer entgegenkommt. Abgesehen von wirtschaftlichen Gesichtspunkten haben aber die Wasserkraftanlagen den unschätzbaren Vor-

[1]) Siehe Gleichmann, „Nutzbarmachung von Wasserkräften für Reichsbahn-Elektrisierungen", Glasers Annalen, Sonderheft vom 1. Juli 1927, S. 184.

Digitized by Google

teil, Energiequellen auszunützen, die andernfalls nutzlos zu Tale fließen würden, und nach unseren Begriffen unerschöpflich sind. Anders ist dies bei Wärmekraftmaschinen, die entweder ein immerhin begrenztes Kohlenvorkommen verbrauchen, das im eigenen Lande liegt, oder die eine Einfuhr von Brennstoffen erfordern, was eine Verschlechterung der Handelsbilanz bedeutet. Wenn auch Deutschland keinen Überfluß an weiteren ausbauwürdigen Wasserkräften besitzt, so verfügt sein Nachbar Österreich über genügend viele derartige Quellen. Der Österreicher dürfe nicht verfehlen, die Aufmerksamkeit auf diese reichen Naturschätze seines Landes zu lenken. Es sei zu hoffen, daß in absehbarer Zeit nicht nur aus dem Westen Österreichs — Tirol und Vorarlberg —, sondern auch aus dem Norden und Osten, aus der Enns, der Donau und nicht zuletzt aus den speicherfähigen Gewässern Steiermarks und Kärntens elektrische Energie nach Deutschland strömt. Es darf zum Beispiel nicht übersehen werden, daß für den ersten Ausbau eine verhältnismäßig nur kurze Leitung von etwa 60 km zu bauen ist, um die Energie von Oberösterreich, das bereits eine 110 kV-Leitung nach Wien besitzt, nach Kachlet zu übertragen.

Die Ausführungen der Vortragenden beweisen wieder einmal, daß die Wahl einer bestimmten Speicherungsart (von besonderen Fällen, wie der Bahnbetrieb, abgesehen) kaum von den technischen Eigenschaften, sondern vielmehr fast ausschließlich von den Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit abhängen muß, die von Fall zu Fall genau nachgerechnet werden müssen. Für den österreichischen Leser wäre auch darauf hinzuweisen, daß die hydraulische Speicherung, insbesondere auch aus natürlichen Becken, bei den Vorträgen etwas zu kurz gekommen ist, was begreiflich erscheint, da ja auf der Jahresversammlnug in erster Linie deutsche Verhältnisse zugrundegelegt wurden.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Kurzschlußanker-Motor und Fliehkraft-Riemenscheibe. Auf Veranlassung des VDE wurden Versuche im elektrotechnischen Versuchsfeld der Technischen Hochschule Berlin über die Bedeutung von Fliehkraft-Riemenscheiben für Kurzschlußanker-Motoren[1]) angestellt, wobei zu prüfen war, ob die bestehenden Verbandsvorschriften „Normale Bedingungen für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke", insbesondere §§ 9 b, 10 — 12 aufrechterhalten werden können und sollen. — In den Versuchen wurden drei Gruppen von Fliehkraftscheiben herangezogen, 1. solche mit Federvorspannung, 2. solche mit Sperrung der Fliehkraftkörper und Auslösung durch Schaltstoß, 3. solche ohne Federspannung mit Öldämpfung. Die Scheiben wurden auf einem 4 kW-Motor, 1435 U/min aufgebracht und dieser an einen 50 kVA-Generator angeschlossen. Zur Belastung diente eine Seilbremse, welche zunächst entsprechend der Nennlast, dann mit dem 1·6 fachen Moment, entsprechend den Vorschriften, belastet wurde. Die Drehzahlen des Motors und der Last wurden durch zwei direkt gekuppelte Drehzahldynamos gemessen, der Anlaufvorgang wurde oszillographisch aufgenommen. Der Anlauf erfolgte im Stern-Dreieck durch eine Hüpferanordnung. — Ing. M. Kloss erläutert zunächst den Anlaßvorgang der ersten Gruppe an einem Diagramm, dessen Abszissen die relativen Drehzahlen, dessen Ordinaten die Momentenkurven des Motors in Stern- und Dreieckschaltung sind. Das Nutzlastmoment ist eine Parallele zur Abszissenachse, das durch die Fliehkraft erzeugte Reibungsmoment eine quadratische Parabel, welche der Vorspannung wegen teilweise unter der Abszissenachse liegt und sie in einem Punkt schneidet, welcher etwa bei $^2/_3$ der Synchrondrehzahl liegt und bei welchem die Reibung beginnt. Diesen Punkt erreicht der Motor in Sternschaltung sehr rasch, um dann durch das wachsende Reibungsmoment steigend belastet zu werden, bis letzteres dem Motormoment gleich wird. Von da ab gibt es keine Beschleunigung, wohl aber, wenn der Motor auf Dreieck umgeschaltet wird. In der Umschaltezeit sinkt allerdings die Drehzahl etwas. Nunmehr wird der Motor durch das etwa dreifach höhere Moment stark beschleunigt, wodurch das Reibungsmoment dem Lastmoment gleich wird. Von da ab wird die Außenscheibe und damit die Belastung mitgenommen. — Bei der zweiten Gruppe, ohne Federvorspannung, ist der Vorgang ähnlich. Der Motor läuft rasch bis fast an die Synchrondrehzahl an und wird nun auf Dreieck umgeschaltet. Die dabei auftretende Drehzahlverminderung wird zur Auslösung der Sperrung der Fliehkraftkörper ausgenützt, welche sofort mit dem der vollen Drehzahl entsprechenden Reibungsmoment wirken. Da das Motormoment bei dieser dem Synchronismus nahen Drehzahl klein ist, so sinkt die Drehzahl solange, bis das Moment der Reibung dem der Last gleich ist, worauf sich die Außenscheibe mit der Last zu bewegen beginnt und sich solange beschleunigt, bis das Lastenmoment dem Motormoment gleich ist. — Bei der dritten Gruppe mit Öldämpfung fehlt gleichfalls die Federvorspannung, so daß die Reibung schon bei geringer Drehzahl einsetzt. Durch die wachsende Fliehkraft wird das Öl aus den Berührungsflächen herausgepreßt, so daß die Reibung steigt. Der Motor erreicht im Stern nur eine kleinere Drehzahl als bei der vorigen Gruppe und braucht im Dreieck längere Zeit zur Erreichung voller Drehzahl. Der Anlaufvorgang ist nicht immer gleich, weil er von der jeweiligen Öltemperatur abhängt.

Die für die Beurteilung der Fliehkraftscheiben-Systeme maßgebenden Werte zeigt folgende Zahlentafel:

Scheibengruppe	Anlaßspitzenstrom zu Normalstrom	Dauer des Spitzenstroms in		Motordrehzahl in vH der Normaldrehzahl		Proz. Abfall der Drehzahl beim Umschalten auf △	Mindestanlaufdauer	Gleiten der Scheibe in U/m bei 1·6 Überlast in U/min[1])
				vor	nach			
		Per	Sek	Umschaltung in △				
1	3·7 ÷ 4·5	0·75 ÷ 2	$^1/_{75} \div {}^1/_{24}$	84 ÷ 775	75 — 59	11 ÷ 21	9·5 ÷ 5	0 — 1
2	< 2·4	—	—	103	101	3	7·4	0
3	5	3·75	$^1/_{13}$	73·5	44·5	40	9·1	1·5

[1]) Das 1·6 fache Überlastmoment entspricht der Forderung des § 43 der REM.

Es ergibt sich somit, daß die Forderung des VDE, der Anlaufstrom dürfe bei Motoren für 1500 bis 3000 U/min den 2·4 fachen Nennstrom nicht überschreiten, nur von der Gruppe 1 erfüllt wird.

Es wurden auch Versuche gemacht, um die beim Anlassen auftretenden Lichtzuckungen an Lampen des gleichen Netzes festzustellen. Eine objektive Feststellung ist wohl unmöglich, doch treten Zuckungen bei allen

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 23, S. 472; Heft 30, S. 619.

Digitized by Google

Scheibenarten auf. Bei Schaltung mit einfachem Hebelschalter sind die Zuckungen viel größer, ebenso auch die des vorschriftswidrigen Anlaufstromes. An künstlich hervorgerufenen Spannungszuckungen wurde festgestellt, daß die Lichtschwankung nicht bemerkt wird, wenn eine Schwankung von 5 vH nicht länger als 1 Per, und wenn eine Schwankung von 10 vH nicht länger als ½ Per dauert. — Da § 10 der Vorschriften des VDE die Messung des Anlaufstromes durch ein Instrument mit vorgeschobenem Zeiger fordert, so wurden diesbezüglich Versuche angestellt, welche ganz verschiedene Werte zeigten, so daß diese Methode geringe Verläßlichkeit ergibt. Ho.

(ETZ, Bd. 48, Heft 21, 22, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Ein neuer Elektrizitätszähler, der die bekannten Schwierigkeiten beim Anlauf glücklich umgeht, wird von M. R. Amberton angegeben. Beim Anlauf eines Zählers muß der Trägheitswiderstand des bewegten Systems und die Reibung überwunden werden. Bei geringer Belastung, etwa unter ein Zwanzigstel der Vollast, zeigt jeder Zähler fehlerhaft. Der Verbrauch einer Glimmlichtlampe wird oft überhaupt nicht registriert. Die Fehlerkurve weicht an ihrem Anfang von der Geraden wesentlich ab, erst wenn die Belastung einige Prozente der Normallast erreicht, zeigt der Zähler richtig. Man hat sich mit allen möglichen Hilfsmitteln geholfen, um den Anlauf richtig einzuregulieren, die aber alle nur als Notbehelf gelten können. Dabei war nicht nur der Anlauf sicherzustellen, sondern es war andererseits zu verhindern, daß das bewegliche System von selbst angeht, was bei geringer Unsymmetrie des Spannungsfeldes leicht eintreten kann. Der neue Zähler dreht sich auch im unbelasteten Zustand. Auf der Systemachse sitzen zwei Aluminiumscheiben. Die untere steht unter dem Einfluß eines unsymmetrischen Spannungsfeldes, die obere ist die normale Scheibe mit Strom-, Spannungsspule und Bremsmagnet. Die Drehung der unteren Scheibe läßt sich beliebig einregulieren, sie erfolgt nach Einstellung mit konstanter Drehgeschwindigkeit. Jede, auch die geringste zusätzliche Drehung durch Belastung wird nunmehr von der oberen Scheibe ohne Reibungs- und merkliche Beschleunigungswiderstände richtig registriert. Die Fehlerkurve ist von 0·01 vH Last an linear. Das Prinzip beruht also auf der Tatsache, daß eine kleine Energiemenge viel eher eine Geschwindigkeitsänderung bewirkt als eine Beschleunigung aus der Ruhelage. In Netzen, wo die Verrechnung mit einer Grundgebühr erfolgt, wird man die Drehung der unteren Scheibe leicht so einrichten können, daß sie gerade die Grundgebühr registriert. Will man reinen kWh-Tarif, so kann die zusätzliche Ablesung leicht einkalkuliert oder abgezogen werden. Der Zähler hat 3 W Verbrauch in den Spannungsspulen, 0·6 W in der Stromspule, er kann überlastet werden und zeigt zwischen 0·01 und 200 vH Belastung auf 2 vH genau. Co.

(Le Génie Civil, Bd. 90, Nr. 9, 1927.)

Über eine neue Blindverbrauchsmeßschaltung für Drehstromanschlüsse berichtet Fritz Bergtold. Die Schaltung benützt Induktionsmeßsysteme in der normalen 90-grädigen Abgleichung. Zunächst wird gezeigt, daß man eine richtige Blindleistungsmessung erhält, wenn vier Meßsysteme derart geschaltet werden, daß die Stromspule R und S auf die verkettete Spannungsspule ST und Stromspule S und T auf die verkettete Spannungsspule RS einwirken. Man kommt mit zwei Meßsystemen aus, wenn man die Stromspulen in zwei Hälften unterteilt und beide Hälften auf eine gemeinsame Spannungsspule wirken läßt. Sowohl für Drehstrom-Dreileiter- als auch für Drehstrom-Vierleiteranschluß ist dann die Schaltung nicht komplizierter als bei den analogen Wirkverbrauchszählern. Da aber alle drei Stromphasen in den Zähler eingeführt werden müssen, kommt die neue Schaltung für Hochspannung nicht in Betracht, da dann statt zwei drei Stromwandler notwendig wären. Die Eichung kann mit zwei Wattmetern geschehen. Co.

(Archiv für Elektrotechnik, Bd 17, Heft 6, 1927).

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die Mont Blanc Seilschwebebahn Chamonix — L'Aiguille du Midi. Von Ing. K. Armbruster. Die nach dem System Ceretti & Tanfani-Strub als Dreikabelbahn (Tragseil, Zugseil und Bremsseil) gebaute Bahn überwindet in vier Abschnitten mit drei Umsteigstationen einen Höhenunterschied von 3559 — 1059 = 2500 m. Die gesamte Länge der Bahn in der Wagrechtprojektion beträgt 5100 m. Bei 2·5 m/sec Seilgeschwindigkeit können mit vier Fahrten in der Stunde 75 Reisende befördert werden. Die ganze Strecke erfordert im Hinblick auf das dreimalige Umsteigen etwa 1 Stunde. Für den Antrieb ist in der Höhenstation jedes Abschnittes ein 100 PS-Motor aufgestellt, der auf 500 V herunter transformierten Strom aus einem Wasserkraftwerk erhält. Die Gitterwerksstützen für die Seile sind 10 bis 33 m hoch, ihre größte Entfernung ist 200 m. Da die Tragseile beider Abschnitte wegen ihres Gewichtes aus zwei Stücken hergestellt wurden und man Kupplungsmuffen vermeiden wollte, ist in der Mitte jedes Abschnittes eine Zwischenstation errichtet, bei der das Tragseil unterbrochen ist und durch eine etwa 20 m lange Übergangsschiene für die Wagen ersetzt ist. Die von der St. Egydyer Eisen- und Stahl-Industrie-Gesellschaft in Wien gelieferten Litzen-Spiral-Tragseile aus Tiegelgußstahl haben 64 mm Durchmesser, die übrigen Seile 32 mm Durchmesser. Bei 180 kg/mm² Festigkeit der Tragseile, dies entspricht 330 t Bruchlast, ist im Betriebe 8 bis 10fache Sicherheit vorhanden. Die auf achträdrigen Laufwerken hängenden Wagenkasten von 4 t Gewicht bieten 18 Personen Platz. (Den Bau der beiden ersten Abschnitte der Seilbahn hat bekanntlich i. J. 1913 der bereits verstorbene Wiener Zivilingenieur Dr. Walter Conrad geleitet.)

(Die Wasserwirtschaft, 20. Jahrg., Heft 9—10, 1927.)

Elektrizität in der Landwirtschaft.

Die Verwendung des Staubsaugers als Insektenfänger. Der Einfluß der Insekten auf das Vieh ist ein außerordenlicher. Man berechnet, daß während der Flugzeit der Fliegen eine Kuh täglich bis zu 3 l weniger Milch gibt. Die Fliegen lassen sich bei Eintritt der Dunkelheit an den Stallwänden nieder. Das Abkehren mit Besen hat wenig Erfolg, da sie nur aufgescheucht werden und sich nach einiger Zeit wieder niederlassen. Man kann nun mit Erfolg einen Staubsauger zum Abfangen verwenden. Man benützt hiezu am besten eine Düse, die auf Rollen laufend, in einem bestimmten Abstand über die Wand geführt wird. An ihrer rückwärtigen Seite ist eine Bürste zum sicheren Abschluß bei rauhen Wänden angebracht. An Stelle des Staubbeutels wird ein Schutzkasten mit innen befindlichem Stutzen angeschlossen, an den der eigentliche Fangbeutel befestigt ist. Der Fangbeutel wird vor Abnahme mit einer Schnur geschlossen und am besten mit den Fliegen verbrannt. In den ersten Tagen kommen noch neue Fliegen aus den nahe gelegenen Brutstätten zugeflogen, doch kann meistens schon nach einer Woche der Stall als fliegenfrei betrachtet werden. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 433, 1927).

Die Elektrizität im Dienste der Fischzucht. Dr. Ing. Vietze, Halle, berichtet über erfolgreiche Versuche, die Elektrizität in den Dienst einer rationellen Fischzucht zu stellen. Es ist bekanntlich zur Aufrechterhaltung einer wirtschaftlichen Fischzucht unbedingt notwendig, die Teiche in bestimmten Abständen vollständig abzufischen, um Fischkümmerlinge, Raubfische usw. zu entfernen. Bei den vielen natürlichen Teichen, die nicht ablaßbar sind, ist dies nur unter besonderen Schwierigkeiten möglich. Gerade für diese dürfte das neue elektrische Verfahren besonderes Interesse haben. Die Fische stellen sich bei Einwirkung von Gleichstrom in die Richtung, bei Wechselstrom quer zur Richtung der Stromlinien. Bei längerer Einwirkung des Stromes verfallen sie in einen elektro-hypnotischen Zustand, aus dem sie nach Unterbrechung des Stromes wieder aufwachen, ohne an ihrer Gesundheit irgend wie Schaden genommen zu haben. Die Landeselektrizitäts-Gesellschaft Halle hat in einem Versuchsteich von 500 m Länge, 50 m Breite ein 25 mm² starkes Kupferseil in der

Digitized by Google

Längsachse des Teiches am Grunde desselben verlegt. Quer dazu wurde ein gleiches Seil über die Breite des Teiches durch Holzklötze schwimmend erhalten und an den Enden abisoliert. Nun wurden die Seile an eine Spannung von 380 V gelegt und das obere Seil an den isolierten Enden quer zur Längsrichtung über den Teich gezogen. Die Fische kamen rasch zur Oberfläche, schwammen gegen das Ufer und blieben in dessen Nähe regungslos schwimmend liegen. Sie wurden von den nachfolgenden Booten eingefangen. Das Abfischen scheint ein vollständiges gewesen zu sein, denn ein nochmaliges Durchziehen des Seiles brachte keine Fische mehr an die Oberfläche. Die Versuche, bei denen das Gelingen wesentlich von der für die Fische noch ungefährlichen Spannung abhängt, sind noch nicht vollständig abgeschlossen und werden daher noch fortgesetzt. Die Belastung schwankte zwischen 16 und 22 kW. Sie ist für die Elektrizitätswerke nicht gerade besonders erwünscht, da sie schwankend, nur kurzzeitig und das nur zur Zeit des Drusches auftritt. Gleichwohl ist damit ein Verfahren gefunden, dessen Anwendung für die Landwirtschaft von Bedeutung zu werden verspricht. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 433. 1927).

Chronik.

Brennstoff-Tagung (Fuel Conference) der Weltkraftkonferenz, London 1928.

In der am 6. Oktober d. J. im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft unter dem Vorsitze des Sektionschefs Ing. Reich abgehaltenen Sitzung des Österreichischen Nationalkomitees für die Weltkraftkonferenz wurde unter anderem auch der vom Bureau der Weltkraftkonferenz in London eingelangte Programmentwurf für die dortselbst im nächsten Jahre stattfindende Brennstoff-Tagung (Fuel Conference) einer Beratung unterzogen, wobei einhellig der Wunsch zum Ausdrucke kam, daß sich die Beteiligung Österreichs an dieser Tagung durch Entsendung von Vertretern und Vorlage von Referaten ebenso hervorragend und ehrenvoll gestalten möge, wie dies bei der ersten Weltkraftkonferenz in London im Jahre 1924 und bei der Sondertagung in Basel im Jahre 1926 der Fall war.

Für diese Brennstoff-Tagung, die im Einvernehmen mit dem Internationalen Exekutivrat vom Britischen Nationalkomitee in der Zeit vom 24. September bis 6. Oktober 1928 im Imperial Institute in London veranstaltet wird, wurde ein eigenes Konferenzkomitee eingesetzt, dem als Ehrenpräsident der Earl of Balfour und als Präsident Sir Alfred M. Mond vorstehen. Das technische Programm wurde aus dem Gesichtspunkte der Verwendung der Brennstoffe als Quellen von Wärme und Kraft entworfen und gliedert sich in fünf Klassen, betreffend die festen Brennstoffe, die flüssigen Brennstoffe, die gasförmigen Brennstoffe, die Verwendung der Brennstoffe und Allgemeines; jede Klasse enthält wieder entsprechende Unterabteilungen und Sektionen, die die Zusammensetzung, Klassifikation, Prüfung, Aufbereitung bezw. Erzeugung, dann die Lagerung, Behandlung, Beförderung und den Gebrauch der Brennstoffe, ihre Nutzbarmachung für verschiedene Zwecke, die Gewinnung von Nebenprodukten, ferner in allgemeiner Beziehung die Ausbildung von Heiztechnikern sowie die für eine wirtschaftliche Ausnützung der Brennstoffe bestehenden Organisationen und die wirtschaftliche Zusammenarbeit der Brennstoffverbraucher zum Gegenstande haben. Diese Einteilung sieht im wesentlichen nur die bei der Tagung zu behandelnden Hauptgruppen vor, in deren Rahmen einschlägige Referate zu erstatten sein werden, wobei in der Bearbeitung der einzelnen Fragen vornehmlich deren wirtschaftliche Seite berücksichtigt werden soll.

Nach den für die Tagung ausgegebenen Richtlinien werden alle Berichte unter Leitung des Konferenzkomitees in Druck gelegt und den Delegierten und Mitgliedern vor der Tagung zugänglich gemacht werden; nach der Tagung werden sie zusammen mit den darüber abgeführten Wechselreden unter dem Titel „Transactions of the World Power Conference, Fuel Conference, London 1928" in Buchform zur Veröffentlichung gelangen. In erster Linie sollen autoritative Berichte von den in jedem teilnehmenden Lande bestehenden maßgebenden Körperschaften vorgelegt werden, jedoch werden auch Beiträge von Einzelpersonen im Wege der betreffenden Nationalkomitees entgegengenommen. Die Berichte sollen nicht mehr als 7500 Worte enthalten und entweder englisch, französich oder deutsch abgefaßt sein, wobei ihnen ein Auszug von höchstens 500 Worten in einer der anderen Sprachen beigefügt sein soll; sie sollen nichts enthalten, was als eine geschäftliche Anpreisung aufgefaßt werden kann, und sollen auch nicht vor der Tagung schon irgendwo veröffentlicht worden sein. Der Text ist bis auf die handschriftlich einzufügenden Symbole und Formeln in Maschinenschrift, einseitig, mit doppeltem Zeilenabstand zu schreiben und in zwei Gleichschriften bis spätestens 1. April 1928 einzusenden. Damit ein verläßliches Inhaltsverzeichnis angelegt werden kann, wird den Verfassern nahegelegt, ihren Berichten ein eigenes Inhaltsverzeichnis in englischer Sprache anzuschließen, das nicht nur eine Aufzählung der behandelten Gegenstände sondern auch jener Gegenstände enthalten soll, auf die in dem Berichte hingewiesen wird. Anmerkungen und Fußnoten sollen im Texte unmittelbar unter jener Zeile eingefügt werden, auf die sie sich beziehen. Photographische Abbildungen, Zeichnungen und dergleichen sollen die Größe von 10×18 cm nicht überschreiten und so beschaffen sein, daß sie sich zur unmittelbaren Reproduktion eignen; die dazugehörigen Texte sind auf der Rückseite der Photographien oder Zeichnungen in Maschinenschrift anzubringen oder aufzukleben. Die Zahl der Abbildungen ist möglichst zu beschränken; das Konferenzkomitee behält sich vor, für Abbildungen, die über ein gewisses Ausmaß hinausgehen, einen Kostenersatz zu verlangen. In den Berichten sind soweit als möglich die international anerkannten Symbole und Bezeichnungen anzuwenden und bei mehrdeutigen Symbolen die ihnen zukommenden Einheiten deutlich anzugeben, zum Beispiel ton (2000 engl. Pfund) oder ton (2240 engl. Pfund) usw. Bürstenabzüge werden den Verfassern vor der Veröffentlichung der Konferenzabdrücke nicht übersendet werden; jedoch wird ihnen bis 30. November 1928 Gelegenheit gegeben sein, kleinere Korrekturen vorzunehmen, die dann in den zur Veröffentlichung gelangenden „Transactions" Berücksichtigung finden werden.

Die offiziellen Delegierten der Tagung, deren Zahl für jedes Land auf zehn beschränkt ist, haben das Recht, einen Abdruck von jedem Berichte, der sie interessiert, kostenlos zu beziehen, die anderen Mitglieder jedoch nur gegen Ersatz der Kosten.

Das Konferenzkomitee wird für jede Unterabteilung des technischen Programms Generalberichterstatter einsetzen, die aus allen zu den einzelnen Punkten des Programms erstatteten Berichten für die Tagung entsprechende Auszüge vorbereiten werden, um die Aufmerksamkeit auf jene Seiten der Fragen zu lenken, die eine Wechselrede im Rahmen der Tagung als vorteilhaft erscheinen lassen.

Es ergeht somit an alle Fachkreise die dringende Einladung, sich an der Londoner Brennstoff-Tagung 1928, insbesondere durch Vorlage von Referaten im Rahmen des vorstehend gekennzeichneten Programmes, möglichst rege zu beteiligen; Fachvereinigungen oder Fachleute, die beabsichtigen, ein solches Referat zu verfassen, werden gebeten, dies unter Angabe des Titels des Referates dem Österreichischen Nationalkomitee für die Weltkraftkonferenz, I., Wipplingerstraße 7, II. Stock, Tür Nr. 148 (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) womöglich bis 1. November l. J. bekanntzugeben. Das Österreichische Nationalkomitee erteilt auch gern alle näheren Auskünfte über Einzelheiten des technischen Programmes und sonstige damit im Zusammenhange stehende Fragen. Kz.

Digitized by Google

Deutsche Gesellschaft für Metallkunde im Verein Deutscher Ingenieure, Berlin NW 7. Die 9. Hauptversammlung findet am 25. und 26. Oktober 1927 in Berlin im Rahmen der Werkstoff-Tagung[1]) Berlin 1927 statt. Am Dienstag, den 25. Oktober 1927 wird die Hauptversammlung in der Aula der Technischen Hochschule, Berlin-Charlottenburg, abgehalten. Es folgen dann fünf Vorträge, die einen Teil der Gesamtvorträge der Werkstofftagung bilden. Am Mittwoch, den 26. Oktober 1927 finden die sogenannten „kurzen Vorträge" im Ingenieurhaus, Berlin, im Kreise der Mitglieder statt. Auf Wunsch werden aber auch Teilnehmer der Werkstofftagung, die nicht Mitglieder der Gesellschaft sind, teilnehmen dürfen. Für den 1. November 1927 ist ein „Fest der Technik" geplant, das zum ersten Mal die Ingenieure aller Richtungen zu einer machtvollen Veranstaltung festlicher Art vereinigen soll.

[1]) Vgl. Heft 40 d. J., S. 842.

Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik. Die 19. Hauptversammlung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik findet am Donnerstag, den 27. Oktober 1927, im großen Hörsaal des Langenbeck-Virchow-Hauses, Berlin, Luisenstraße 58/59, statt. Der wissenschaftliche Teil der Tagung (um 16 Uhr) umfaßt die Vorträge: „Die Kinematik der plastischen Formänderungen", von Prof. Nádai, Göttingen. — „Die Bedeutung des Gleit- und Reißwiderstandes für die Werkstoffprüfung", von Prof. Dr.-Ing. Ludwik, Wien. — „Grundlagen der theoretischen Festigkeitslehre", von Prof. Dr.-Ing. Enßlin, Eßlingen.

Bundeslehranstalt für Maschinenbau und Elektrotechnik, Wien, X., Pernerstorfergasse 81. An dieser Anstalt finden noch Aufnahmen in die Spezialkurse für Elektrotechnik statt, ebenso werden Anmeldungen für den im November beginnenden viermonatigen Radiokurs und den fünfmonatigen Elektromonteurkurs mit Tagesunterricht entgegengenommen.

Vereins-Nachrichten.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

Vorschriften für das Rundfunkwesen.

Vorschriften für Geräte mit eingebauter Netzanschlußeinrichtung, bei denen Betriebstrom aus Gleichstromnetzen entnommen wird (Netzanschluß-Empfänger).

In EVW 16 der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" (Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen — Netzanschlußgeräte) ist im Punkt *a*) festgelegt, daß Netzanschlußgeräte für Gleichstrom, bei welchen Empfangs- und Anschlußgeräte nicht organisch zusammengebaut sind, wegen der unbestimmten Polarität der Netze gefährlich und daher im Sinne dieser Vorschriften nicht zulässig sind; für organisch zusammengebaute Empfangs- und Anschlußgeräte für Gleichstrom mit eingebautem Ausgangstransformator wird die Herausgabe von Sondervorschriften in Aussicht gestellt.

Im Nachfolgenden gelangt nunmehr der Entwurf dieser Sondervorschriften zur Veröffentlichung; Anträge hiezu wollen bis spätestens 30. Oktober d. J. dem Vereinssekretariate (Wien VI, Theobaldgasse 12) übermittelt werden.

Am Auftrage der Vereinsleitung:
Der Sekretär:
Ing. A. Marx e. h.

Entwurf der Vorschriften.

a) Unter Rundfunkgeräten mit eingebauter Netzanschlußeinrichtung sind Empfänger und Verstärker für Rundfunkzwecke zu verstehen, die eine Einrichtung enthalten, die die Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom oder von beiden aus elektrischen Starkstromanlagen ermöglichen.

b) Solche Rundfunkgeräte mit eingebauter Netzanschlußeinrichtung für Gleichstrom sind nur für Spannungen bis 250 V zulässig; es dürfen daher weder zwischen zwei Anschlußklemmen des Gerätes noch zwischen einer Anschlußklemme und irgendeinem Punkt im Inneren des Gerätes effektive Spannungen über 250 V betriebsmäßig auftreten.

c) Jedes Gerät muß ein Ursprungzeichen und die Aufschrift „vor Nässe zu schützen" tragen; sämtliche Anschlüsse sind mit deutlichen Bezeichnungen ihrer Bestimmung zu versehen; insbesondere ist auf den Anschlüssen für das Netz Stromart und Spannung anzugeben.

d) Die Geräte gelten als Starkstromgeräte und unterliegen den bezüglichen Bestimmungen der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen". Insbesondere müssen die Geräte so eingerichtet sein, daß bei der Anschaltung und während des Betriebes (zum Beispiel durch Blockierung) eine Berührung von Metallteilen, die mit dem Netz leitend oder über eine Vakuumstrecke verbunden sind, unmöglich ist.

e) Die Geräte einschließlich der Röhren müssen entweder die Netzanschlußeinrichtung im gleichen allseits geschlossenen Gehäuse enthalten oder Empfänger bezw. Verstärker einerseits und Netzanschlußeinrichtungen andererseits sind in zwei besondere allseits geschlossene Gehäuse einzubauen. Im letzten Falle müssen die beiden Gehäuse mit je einer Fläche aneinanderstoßen und durch Verschrauben oder dgl. fest miteinander verbunden sein; die elektrischen Verbindungen zwischen beiden Kasten müssen an diesen Flächen angeordnet und durch den Zusammenbau verdeckt sein.

f) Der Anschluß an das Netz ist entweder fest zu verlegen oder als bewegliche Leitung mit ein- oder beiderseitigem Steckanschluß nach den „Sicherheitsvorschriften" auszuführen.

g) Wenn der Heizstrom für die Röhren nicht dem Netz, sondern einem Akkumulator oder dgl. entnommen wird, muß die Heizstromquelle entweder in einem der genannten Gehäuse oder in ein besonderes Gehäuse, das mit dem Gerät fest oder durch eine bewegliche Schnur verbunden ist, eingebaut sein. In beiden Fällen muß (zum Beispiel durch Blockierung) dafür gesorgt sein, daß spannungführende Teile sowie die Batterie im Betriebszustande nicht berührt werden können.

h) Falls die Heizstromquelle eine Flüssigkeit enthält, muß ihr Behälter in einem dichten, chemisch widerstandsfähigen Gefäß aufgestellt sein, das bei Undichtwerden des Behälters die ganze Flüssigkeitsmenge aufzunehmen imstande ist.

i) Die Geräte müssen eine genügende mechanische Festigkeit aufweisen.

k) Die Achsen von Schaltern und Einstellgriffen für Kondensatoren und dgl. müssen gegen die Anschlüsse für das Netz eine mit 1500 V Wechselstrom geprüfte Isolation aufweisen (vgl. EVW 4, Vorschriften für die Prüfung von Dosenschaltern). Die mit den Achsen in Verbindung stehenden Metallteile (zum Beispiel Madenschrauben) der Einstellgriffe müssen der zufälligen Berührung entzogen sein.

l) Die Anschlüsse für Kopfhörer und Lautsprecher dürfen durch Steckeranschluß nur bei Anwendung von Ausgangstranformatoren oder Sperrkondensatoren erfolgen. Die beiden Wicklungen des Transformators gegeneinander bezw. die Sperrkondensatoren müssen eine Prüfspannung von 1500 V Wechselstrom 1 Minute lang aushalten.

m) Falls der Lautsprecher in das Gerät eingebaut ist, dürfen spannungführende Teile oder Metallteile, deren Isolation gegen das Netz nicht mit 1500 V Wechselstrom geprüft ist, der Berührung nicht zugänglich sein.

Digitized by Google

n) Die Anschlüsse für Antenne und Erde bezw. für den Verstärker einerseits und den Anschlüssen für das Netz andererseits müssen unmittelbar nach 24 stündigem Lagern in einem bei 20° C mit Feuchtigkeit gesättigten Raum*) eine Spannung von 1500 V Wechselstrom 1 Minute lang aushalten; dabei sind die Anschlüsse jeder einzelnen Röhre miteinander leitend zu verbinden. Der gleichen Probe ist die Isolation zwischen den Anschlüssen für das Netz und sämtlichen im Betriebe der Berührung zugänglichen Metallteilen des Gerätes (auch des Gehäuses) zu unterziehen.

o) Unter der Voraussetzung einer Außentemperatur von 20° C darf sowohl bei normalem Betrieb als auch Kurzschlußverbindung zwischen sämtlichen Anschlüssen für das Empfangsgerät in keinem Teil des Netzanschlußgerätes (mit Ausnahme der Innenteile von Vakuumröhren und dgl.) eine höhere Temperatur als 100° C, bei Wicklungen mit baumwollisoliertem Draht keine höhere Temperatur als 90° C auftreten. Dabei darf das Gehäuse an keiner Stelle seiner Außenseite eine höhere Temperatur als 50° C erreichen.

*) Ein solcher feuchter Raum kann zum Beispiel hergestellt werden, indem die Innenräume eines geschlossenen Kastens mit Löschpapier oder Tüchern bedeckt werden, die ständig in Wasser tauchen und dadurch vollständig feucht gehalten werden.

VORTRÄGE.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 9. November d. J., um ½7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Direktor Ing. Adolf Kvetensky (Linz) über: **„Die Entwicklung der österreichischen Sammelleitung".** (Mit Lichtbildern und Film.)

Inhaltsangabe: Energie-Verschwendung; elektrische Verbundwirtschaft; Deckung des Pflichtbedarfes und Auffüllung der Belastungstäler; Wirkung der Stromtarife; die österreichische Energiewirtschaft; die Entwicklung der Nordost-Gruppe, insbesondere Steiermark-Oberösterreichs; Der Ausbau der Wasserkräfte in Oberösterreich, Enns, Traun, Mühl; der Ennsfluß im Film.

Mittwoch, den 23. November d. J., um ½7 Uhr abends, im Hörsaal III des Elektrotechnischen Institutes der Technischen Hochschule, Wien, IV., Gußhausstraße 25, Vortrag des Herrn Direktor Dr. Emanuel Rosenberg (Weiz) über: **„Selbstregelnde Dynamo für Gleichstromlichtbogenschweißung".** (Mit Lichtbildern und Experimenten.)

Mittwoch, den 7. Dezember d. J., um ½7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dipl. Ing. E. König (Frankfurt am Main) über: **„Das Experiment im Dienste des Fortschrittes".** (Mit Lichtbildern und Film.)

Österr. Verein Deutscher Ingenieure und Technische Abteilung des Hauptverbandes der Industrie.

Erster Abend der Vortragsreihe **„Erfinden und Gestalten"** am 24. Oktober d. J., um ½6 Uhr abends. Vortrag von Mr. Esnault-Pelterie, Präsident der Société des Savants et inventeurs de France, Paris, über: **„Internationale Gemeinschaftsarbeit auf dem Gebiete des Patentwesens".**

Der Vortrag findet im Festsaal des Industriehauses, I. Schwarzenbergplatz 4, I. Stock, statt. Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die elektrotechnische Erzeugung Großbritanniens. Nach den im „Electrician" von 8. Juli 1927 veröffentlichten Angaben für das Jahr 1924 war der Gesamtwert aller erzeugten Waren einschließlich des Wertes der Montagearbeiten auf dem Gebiete der Schwachstromtechnik, des Baues elektrischer Kraft- und Lichtanlagen (3·15 Mill. Pf.) und des Wertes der Instandhaltungsarbeiten und Reparaturen bei den Verbrauchern

	Erzeugung	Ausfuhr	Nettoeinfuhr
	in 1000 Pf.		
Maschinen und Apparate:			
Stromerzeuger	2 102	1253	83
Motoren	5 590	1647	201
Umformer und Transformatoren	2 840	699	87
Schaltapparate u. dgl.	3 538	945	25
Zündmagnete	600	28	17
Andere Maschinen und Apparate einschließlich Schaltbrettern	2 421	872	571
Zusammen	17 091	5444	984
Isolierte Drähte und Kabel:			
Gummiisolierte	3 596	1323	212
Anders isolierte	8 471	1184	240
Telephon- und Telegraphen-Kabel und -Drähte	3 685	1022	118
Untersee-(Telephon- und Telegraphen-)Kabel	2 692	948	—
Zusammen	18 444	4477	570
Telegraphen- und Telephonapparate und Geräte (außer Röhren)	8 717	2659	817
El. Lampen und Bestandteile	2 432	352	219
Kohlen	565	27	117
Elemente	768	125	317
Akkumulatoren	3 520	617	57
Zubehörteile für Lichtanlagen	1 561	603	234
Meßgeräte für Hausinstallationen	978	198	101

(1·965 Mill.) rund 70 Mill. Pf. gegen etwa 14 Mill. im Jahre 1907 (seit dieser Zeit wird eine genaue Statistik geführt). Über die wichtigsten Einzelziffern und auch über die Ein- und Ausfuhr gibt die vorstehende Zusammenstellung Aufschluß.

Aus dem angeführten Betrag von 70 Mill. ergibt sich nach Abzug des Wertes der gekauften und verwendeten Materialien mit 36·3 Mill. und des Wertes der von anderen Unternehmungen geleisteten Arbeit mit 237 000 Pf. der Wert der eigentlichen Erzeugung mit 33·4 Mill. Pf. oder 213 Pf. für jede in der Erzeugung beschäftigte Person. Durchschnittlich waren in der elektrotechnischen Industrie im Jahre 1924 156 508 Personen beschäftigt, davon 123 127 in der eigentlichen Erzeugung, während der Rest auf technische, kaufmännische und sonstige Angestellte entfällt. In den Fabriken standen 45 755 PS an Antriebsmaschinen zur Verfügung, an Stromerzeugern 29 916 kW. Durch selbsterzeugten Strom wurden Motoren mit zusammen 46 701 PS Leistung betrieben, durch Fremdstrom solche mit zusammen 111 469 PS, wobei sowohl bei den Maschinen als auch den Motoren, die Reservesätze und die derzeit nicht im Betrieb stehenden mitgezählt sind.

Deutschlands Elektroindustrie. Einem in dem Wirtschaftsheft „Elektrizität" der „Frankfurter Zeitung" erschienenen Aufsatze von Dr. Ing. C. Köttgen, dem Vorsitzenden des Vorstandes der Siemens-Schuckert-Werke A.-G., entnehmen wir folgende bemerkenswerte Angaben: Nach der Betriebszählung von 1925 entfallen auf die elektrotechnische Industrie etwa 440 000 Personen, wobei die im Installationsgewerbe beschäftigten 100 000 Personen und sämtliche Angehörige auch der kleinsten Betriebe, die irgendwelche Einzelteile für elektrotechnische Erzeugnisse herstellen, mitgezählt sind. Auf die eigentliche Maschinen, Leitungen, Apparate und Anlagen bauende Industrie entfallen daher etwa 200 000 Arbeiter und einschließlich der Ingenieure und der kaufmännisch-verwaltungstechnischen tätigen Angestellten über eine Viertelmillion Beschäftigter. Weitere 60 000 Personen werden in der Stromerzeugung beschäftigt.

Digitized by Google

Dem Zentralverband der Deutschen elektrotechnischen Industrie gehören zur Zeit 380 Firmen an, die beiden Großfirmen AEG und Siemens beschäftigen fast zwei Drittel aller Arbeiter. 1925/26 sind aus dem Verband 130 Firmen mit zusammen 6000 Arbeitern ausgetreten (davon 50 durch Konkurs) und 60 Firmen mit 4100 Arbeitern neu eingetreten. Neben den beiden Großfirmen und einigen mittlerer Größe sind also auch kleinere Unternehmungen in erheblicher Zahl auf dem Gebiete der elektrotechnischen Erzeugung erfolgreich tätig, in der Hauptsache mit Sondererzeugungen einzelner Maschinen oder Apparate. Erst bei den Versuchen solcher kleinerer Unternehmungen sich in möglichst viele Gebiete der Elektrotechnik zu begeben, werden die Aussichten im Wettbewerb sehr erschwert, und zwar mit Rücksicht auf die hohen, aber unbedingt nötigen Kosten für technisch-wissenschaftliche und technisch-konstruktive Arbeiten, die bekanntlich in der Elektrotechnik einen sehr breiten Raum einnehmen und auch die hohe Angestelltenzahl im Verhältnis zur Arbeiterzahl erklären. Durch diese Kosten, die natürlich letzten Endes durch die Ergebnisse der Forschungen und sonstigen Arbeiten wieder der gesamten Wirtschaft zugute kommen und durch die Ausgaben für die Verbesserung des Maschinenparkes erklären sich auch die verhältnismäßig niedrigen Dividenden in der Elektroindustrie, die wirklich den Grundsatz verfolgt: Steigerung des Umsatzes und geringer Nutzen. Für Kartelle, auch nach dem Ausland hin, ist das Arbeitsgebiet der Elektrotechnik wenig geeignet. Solche Kartelle mit Preisbindungen bestehen für Kabel und Leitungen sowie einzelne Apparate, in größerem Umfange, nämlich international, nur auf dem Gebiete der Glühlampenerzeugung. Deutschland hat bekanntlich an der Entwicklung der Elektrotechnik einen sehr bedeutenden Anteil, die Deutsche Elektroindustrie nimmt daher auf dem Weltmarkt eine angesehene und einflußreiche Stellung ein, nicht zuletzt wohl dadurch, daß sich in Deutschland zwei überragende Konzerne auf diesem Gebiete, die AEG und der Siemens-Konzern gebildet haben, denen wohl nur die beiden Großunternehmungen der V. St. A., die General Electric Company in Schenectady (aus den Edisonschen Fabriken hervorgegangen) und die Westinghouse Electric and Manufacturing Company in Pittsburgh ebenbürtig gegenüberstehen. In England wurde die Elektroindustrie hauptsächlich von Deutschland und Amerika ausgebaut und unterstützt. In Frankreich übernahmen vorwiegend amerikanische Firmen die Führung, ähnlich sind die Verhältnisse in Italien, wo man jetzt die eigene Elektroindustrie zu stärken sucht. Die Schweiz hat wie im Maschinenbau auch in der Elektrotechnik Bedeutendes geleistet, doch haben die dortigen Großfirmen noch lange nicht den Umfang der eingangs angeführten erreicht. Das gleiche gilt auch für die beiden größten schwedischen Unternehmungen. In Rußland wird die Erzeugung, die sich vor dem Kriege an Deutschland, die V. St. A. und die Schweiz anlehnte, durch den „Elektrotrust" betrieben. Dem Umfange nach sind die Erzeugungsstätten in den übrigen Ländern Europas (abgesehen davon, daß es sich zum Teile nur um Tochtergesellschaften der beiden großen deutschen Konzerne und von Brown-Boveri handelt) nicht ausschlaggebend. Von Überseeländern haben noch Kanada und Japan eine größere Erzeugung in Anlehnung an die amerikanische, bezw. an diese und die deutsche Industrie. Über die Größe der Erzeugung in den einzelnen Ländern und über die Ausfuhr der wichtigsten Staaten ist an dieser Stelle schon berichtet worden[1]). Bezüglich der Gemeinschaftsarbeit auf dem Gebiete der Elektrotechnik verweist Köttgen am Schlusse seiner Darlegungen auf die Verträge über den Austausch von Erfahrungen und Patenten, welche die General Electric und die AEG sowie Westinghouse und Siemens-Schuckert und schließlich die Western Electric Co. und Siemens & Halske geschlossen haben.

J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 29, S. 607.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	3. X. 1927	5. X. 1927	7. X. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125¾	125¾	125¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	48½-49¼	48-49	48-49
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	85—90	85—90	87—92

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 7. Oktober 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	61	15	0	62	5	0
Wire bars	62	5	0	—	—	
Standard Kassa	53	16	3	53	17	6
Standard 3 Monate	54	1	3	54	2	6
Zinn:						
Engl. ingots	266	0	0	266	10	0
Standard Kassa	266	15	0	266	17	6
Standard 3 Monate	264	0	0	264	2	6
Blei:						
Engl. pig common	21	10	0	—	—	-
Zink:						
Ordinary brands	26	10	0	26	6	3
Remelted	26	15	0	—	—	-
English Swansea	27	0	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Prof. Dr. Johann Sahulka.

Am 8. Oktober d. J. verstarb nach mehrjährigem, schweren Leiden im 70. Lebensjahr der emer. Professor der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule in Wien, Prof. Dr. Johann Sahulka. Der Verstorbene war im Jahre 1891 Vizepräsident und in den Jahen 1898 bis 1919 oftmals Ausschußmitglied des Elektrotechnischen Vereines in Wien. In den Jahren 1898 bis 1900 war er Schriftleiter der Zeitschrift.

Prof. Dr. Sahulka wurde Montag, den 10. Oktober zu Grabe getragen. Am Grabe sprach der Rektor, Herr Prof. Dr. Örley, im Namen der Technischen Hochschule Worte des Gedenkens. Der Trauer des Elektrotechnischen Vereines, der ein Blumengewinde auf den Sarg legte, gab der Vizepräsident, Herr Direktor Ing. Beron, tiefempfundenen Ausdruck.

Die Bedeutung Prof. Sahulkas soll in einem besonderen Nachruf eingehend gewürdigt werden.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 23. Oktober 1927 | Heft 43

INHALT: Die zusätzlichen Eisenverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren. (Zweiter Teil.) Von Ing. S. E. Eriksson, ASEA, Västerås, Schweden. S. 881. / Die Isolation beim Bau von Anlaß- und Schaltapparaten. Von Obering. Herbert Franken, Köln (Schluß). S. 888.

RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 893. Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 894. Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen S. 894. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 896.

PATENTBERICHT. S. 896.

LITERATURBERICHTE. S. 897.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 898.

Die zusätzlichen Eisenverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren.

Zweiter Teil.

Experimentelle Untersuchungen der zusätzlichen Eisenverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren.

Von Ing. S. E. Eriksson, ASEA, Västerås, Schweden[1]).

Die im Laboratorium der ASEA ausgeführten experimentellen Untersuchungen der zusätzlichen Eisenverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren haben hauptsächlich folgendes umfaßt:

A. Bestimmung der effektiven elektrischen Leitfähigkeit und des Hysteresekoeffizienten des Bleches, nach der Epstein-Probe.

B. Untersuchung der Wirbelstromverlusterhöhung durch mangelhafte Blechisolation.

C. Untersuchung der Hystereseverlusterhöhung durch Kaltbearbeitung beim Stanzen.

D. Untersuchung der Eisenverluste in glatten Rotoren bei 900 Per/s.

E. Untersuchung der Eisenverluste in genuteten Rotoren bei 900 Per/s.

F. Untersuchung der Hystereseverluste bei Überlagerung von zwei Drehfeldern mit wesentlich ungleicher Wellenlänge und Frequenz.

G. Untersuchung der Reluktanzverluste.

H. Untersuchung der Treppenverluste.

A) Bestimmung der effektiven elektrischen Leitfähigkeit und des Hysteresekoeffizienten des Bleches nach der Epstein-Probe.

Für die Berechnung der Wirbelstromverluste in einer elektrischen Maschine ist es von größter Bedeutung, die effektive elektrische Leitfähigkeit des Bleches zu kennen. Wenn man die Leitfähigkeit durch Widerstandsmessung bestimmt und daraus die Wirbelstromverluste berechnet, wird man bei Vergleich mit den nach der Epstein-Probe gemessenen Wirbelstromverlusten finden, daß die effektive Leitfähigkeit λ entsprechend den Wirbelstromverlusten bedeutend den Wert λ_0 der Leitfähigkeit übersteigt, den man durch direkte Messung erhält. In Amerika ausgeführte Untersuchungen haben ergeben,[2]) daß, je grobkörniger das Blechmaterial ist, desto mehr unterscheiden sich die Werte der ohmschen und „effektiven" Leitfähigkeit. Folglich ist auch der Unterschied für hochlegiertes Blech am größten. Für das innerhalb der ASEA angewandte Dynamoblech ist die effektive Leitfähigkeit zirka 40 bis 50 vH größer als die Ohmsche. Bei den folgenden Untersuchungen ist immer mit $\lambda_0 = 4$, $\lambda = 6$ gerechnet. Für hochlegiertes Blech sind die entsprechenden Ziffern $\lambda_0 = 1{\cdot}7$, $\lambda = 3$ bis 4.

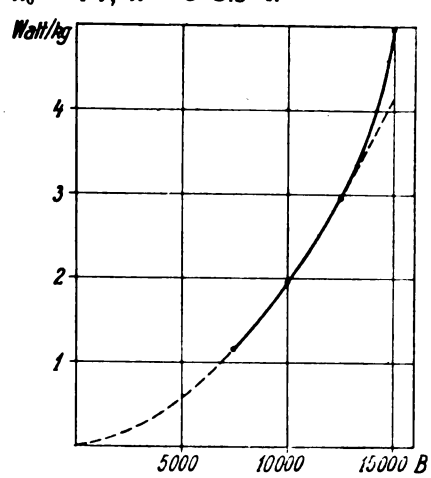


Abb. 17. Hystereseverluste für normales Dynamoblech. Gleichung der gestrichelten Kurve:

$$\frac{0{\cdot}255}{7{\cdot}8}\left[\frac{B}{1000}\right]^2\left[1+\frac{2000}{B}\right].$$

Es ist darauf hinzuweisen, daß dieser Unterschied zwischen den gemessenen und theoretisch

[1]) **Für Bezeichnungen** und Benennungen siehe den ersten Teil der Arbeit: „Die Berechnung der zusätzlichen Eisenverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren mit Schleifringanker" von L. Dreyfus. E. u. M. 1927, Heft 37 u. 38.

[2]) Ths. Spooner: The testing and properties of magnetic materials II. Normal hysteresis and eddy currents. Electirc Journal, 1925, Seite 132.

Digitized by Google

berechneten Wirbelstromverlusten, welche bereits in der Epstein-Probe als eine Art Zusatzverluste vorkommen, nicht von Hysterese-Natur sind. Wie wir später sehen werden, werden nämlich die mit $H v^2$ proportionalen Verluste nicht durch die Kaltbearbeitung des Materials beeinflußt.

Abb. 17 zeigt mit welcher Genauigkeit die Hystereseverluste dem Richter'schen Ansatz folgen. Die Hystereseverluste sind berechnet mit $\sigma_H = 0{\cdot}255$, $B_c = 2000$ und dem spezifischen Gewicht $s = 7{\cdot}8$.

B) Wirbelstromverlusterhöhung durch mangelhafte Blechisolation.

Nachdem das Blech in einer elektrischen Maschine geschichtet ist, wird immer ein Ausdornen und Feilen der Nuten vorgenommen und wenigstens bei kleineren Asynchronmotoren gewöhnlich die Luftspaltoberfläche abgeschliffen. Hierdurch wird die Papierisolation zwischen den Blechen bedeutend beschädigt. Ausgeführte Modellversuche haben gezeigt, daß durch Schleifen eine freilich dünne, aber doch zusammenhängende Außenschicht erhalten wird. Man hat daher alle Veranlassung zu erwarten, daß die Wirbelstromverluste in einer fertigen Maschine die theoretisch berechneten Verluste bedeutend übersteigen. Hier soll nur von einem einzigen Versuch über den Einfluß des Schleifens berichtet werden, während im Folgenden eine große Anzahl Vergleiche zwischen Verlusten in normal ausgeführten Maschinen und in Maschinen mit vollständiger Blechisolation gemacht werden.

In einem normalen Drehstrom-Asynchronmotor wurden die Eisenverluste vor und nach dem Schleifen der Luftspaltoberflächen gemessen, teils bei Leerlaufprobe als Motor und teils bei Probe als kurzgeschlossener Generator mit gleichstromerregtem Läufer. Die Eisenverluste bei Leerlauf erhöhten sich nicht durch das Schleifen des Läufers, aber um ungefähr 20 vH durch Schleifen des Stators; die Kurzschlußverluste dagegen haben sich etwas vermindert, was darauf beruht, daß sich der Luftspalt unbedeutend erweitert hat. Daraus ziehen wir den Schluß, daß die Verluste der niedrigperiodigen Grundwelle aber nicht die der höheren Harmonischen durch mangelhafte Blechisolation erhöht werden. Wie wir später sehen werden, wird dies durch eine große Anzahl von Experimenten vollkommen bestätigt. Durchschnittlich dürften sich die Wirbelstromverluste der Grundwelle in Maschinen mit geschliffenen Oberflächen um zirka 150 bis 200 vH gegenüber dem theoretischen Werte erhöhen.

C. Hystereseverlusterhöhung durch Kaltbearbeitung beim Stanzen.

Es ist eine lang bekannte Tatsache, daß sich die Hystereseverluste durch Kaltbearbeitung beim Stanzen oder Schneiden des Bleches bedeutend erhöhen. Der Einfluß der mechanischen Bearbeitung dürfte selbstverständlich umso größer sein, je näher die gestanzten Kanten nebeneinander liegen und die Erhöhung dürfte sich also am meisten in den Zahnverlusten bemerkbar machen. Ausführliche quantitative Untersuchungen dieses Phänomens sind von C. H. Cole[3]) beschrieben, da aber die Messungen in der Hauptsache nur bei einer Induktion (= 10 000 Gauß) ausgeführt sind, wurden in der ASEA folgende Versuche ausgeführt. Die Hystereseverluste sind in aus demselben

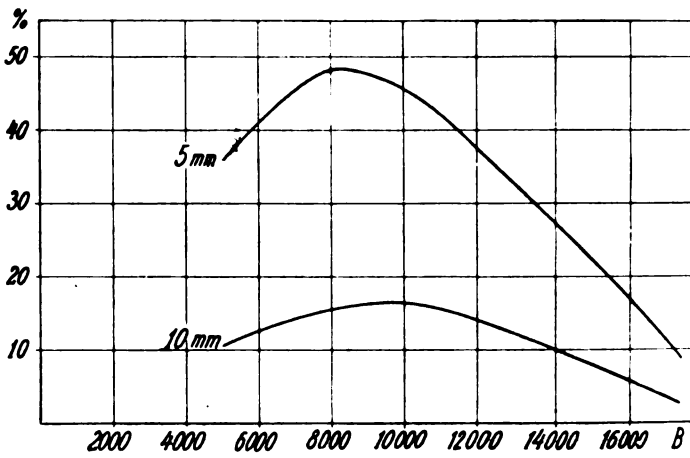


Abb. 18. Erhöhung der Hystereseverluste durch Kaltbearbeitung.

Blech geschnittenen Ringproben von verschiedener radialer Breite 30, 10 und 5 mm durch wattmetrische Messung der Verluste bei variabler Periodenzahl mit nachfolgender Trennung in Hysterese- und Wirbelstromverluste bestimmt. Die mit der Periodenzahl quadratisch variierenden Eisenverluste (Wirbelstomverluste), ausgedrückt in Watt/kg, sind dieselben für die drei Ringproben,

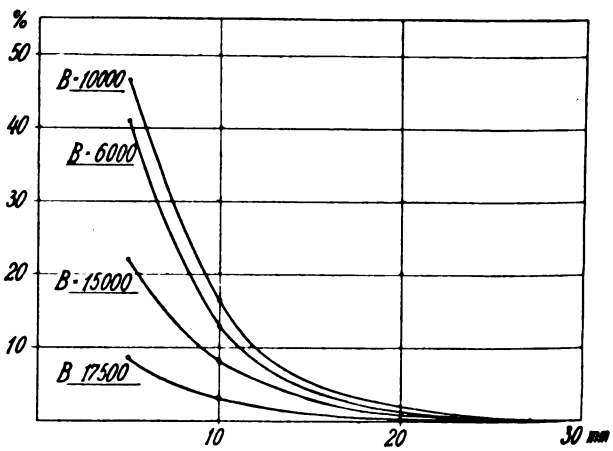


Abb. 19. Erhöhung der Hystereseverluste durch Kaltbearbeitung.

während die mit der Periodenzahl proportionalen Verluste (Hystereseverluste) mit der Ringbreite variieren. Die prozentuelle Erhöhung der Hystereseverluste, gerechnet für 30 mm Ringbreite, erhält gemäß Abb. 18 ein Maximum für $B = 8 - 10\,000$ Gauß, was von größter Bedeutung ist, da die Zahninduktion immer 15 000 Gauß übersteigt. In der Probe mit 5 mm Ringbreite sind die

[3]) C. H. Cole: Effect of punching strains on the magnetic properties of electrical sheet steel. Electric Journal, 1924, S. 55.

Digitized by Google

Hystereseverluste maximal 50 vH höher als in der Probe mit 30 mm Ringbreite. Nach Abb. 19 zu beurteilen, scheint die Kaltbearbeitung erst bei Blechbreiten unter 10 mm praktische Ungelegenheiten mit sich zu führen.

D. Untersuchung der Eisenverluste in glatten Rotoren bei 900 Per/s.

Um unter vereinfachten Verhältnissen eine Untersuchung der Eisenverluste eines relativ kurzwelligen Feldes möglich zu machen, wurde ein Stator mit 72 Nuten hergestellt, und so gewickelt, daß jeder Zahn ein Pol wurde. Wird der Stator mit Gleichstrom erregt, so wird die Rotorfrequenz bei 1500 U/min = 900 Per/s. Die Verluste wurden bei variabler Tourenzahl mit geeichtem Hilfsmotor in einem glatten Anker gemessen, welcher wie der Stator mit vollständiger Blechisolation von 0·5 mm Preßspan ausgeführt war. In die Rotoroberfläche wurde eine Meßschleife eingelegt, die eine Polteilung umfaßte. Nach einem Oscillogramm der induzierten Spannung zeigt Abb. 20 die Feldkurve. Der Effektivwert der induzierten Spannung wurde mit einem thermischen Milliamperemeter gemessen und zeigte lineare Zunahme mit der Umdre-

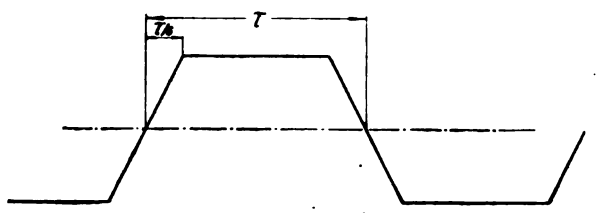


Abb. 20. Feldkurve der 900 Per/s Versuchsmaschine.

hungszahl. Aus dem Effektivwert wird mit ausreichender Genauigkeit die Amplitude B_1' — der Grundwelle der Luftspaltinduktion berechnet.

Die erhaltenen Eisenverluste sind in Abb. 21 als Watt/$\nu = F(\nu)$ bei verschiedenen Induktionen gezeichnet.[4]) Es zeigt sich, daß diese Kurven nicht gerade Linien sind, sondern sich bei zirka 10 Perioden (in Wirklichkeit 180 Perioden entsprechend) krümmen, ein Zeichen für den Beginn des Skineffekts. Zwischen 20 und 50 Perioden erhält man wieder eine annähernd gerade Linie.

Die Eisenverluste wurden bei 900 Per/s unter Vernachlässigung des Skineffektes gemäß Gl. 10 und 11 (Seite 743) berechnet. Für die Wirbelstromverluste braucht man dabei nur die erste und dritte Harmonische zu berücksichtigen, weil die höheren Harmonischen wegen der starken Schrägung der Feldtreppe unbedeutend sind.[5]) Die Hystereseverluste wurden aus dem Maximalwert der Grundwelle berechnet.

Für die Versuchsmaschine gelten folgende Daten und aus ihnen hergeleitete Rechengrößen:

$D = 23$ $L = 7{\cdot}5$; $\Delta = 0{\cdot}05$; $O_2 = 540$; $\delta = 0{\cdot}06$;
$L' = 15$; $\Delta' = 0{\cdot}1$; $H_2 = 5{\cdot}25$; $b_{s1} = 0{\cdot}24$;
$l_1 = 2$; $\eta_H = 2$.
$l_3 = 0{\cdot}667$; $\eta_w = 1$.
$f_w = 1$ σ_H[6]) $= 0{\cdot}255$; $B_c = 2000$; $\lambda = 6$.
$f_H = 1$.

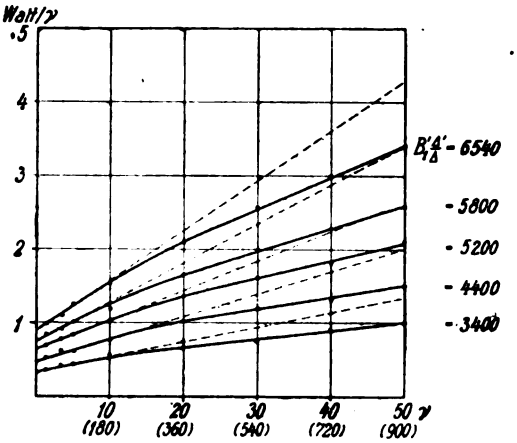


Abb. 21. Eisenverluste des glatten Ankers als Funktion der Periodenzahl.

Die berechneten Hysterese- und Wirbelstromverluste wurden mit den aus Abb. 21 extrapolierten Werten unter der Annahme verglichen, daß kein

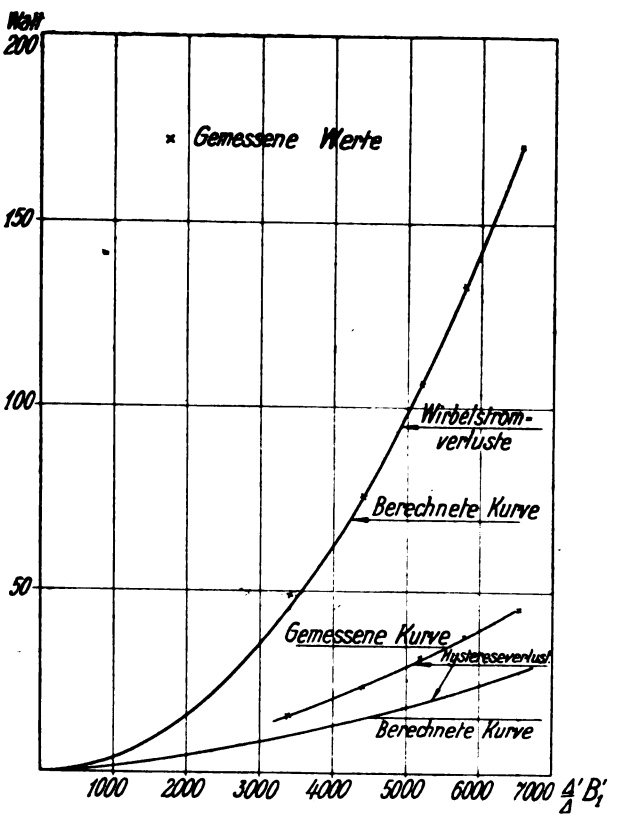


Abb. 22. Vergleich zwischen den für 900 Per/s berechneten und gemessenen Eisenverlusten im glatten Anker.

Skineffekt eingetreten ist. (Gestrichelte Linien in Abb. 21.) Der Vergleich gemäß Abb. 22 läßt erkennen, daß die Wirbelstromverluste mit großer

[4]) Zur Vereinfachung ist die Periodenzahl bei 1500 U/min = 50 gesetzt. Die Grundwelle der Feldkurve ist also als eine Nutenharmonische einer vierpoligen Drehstrommaschine mit drei Nuten per Pol und Phase zu betrachten.

[5]) Die Verlustkoeffizienten sind für dasselbe Blechmaterial nach Epsteinprobe bestimmt.

[6]) Vgl. L. Dreyfus: Feldverteilung und Wirbelstrombildung, Archiv für Elektrotechnik Bd. IV, S. 136.

Digitized by Google

Genauigkeit, dagegen die Hystereseverluste zu klein berechnet wurden. Da die kurzwelligen Felder eine geringe Eindringstiefe haben, müssen die von ihnen verursachten Hystereseverluste bedeutend durch Kaltbearbeitung erhöht werden. Die gemessenen Hystereseverluste sind zirka 55 bis 65 vH höher als die berechneten.

Durch den Skineffekt erscheinen die mit der Periodenzahl mehr als linear steigenden Verluste um zirka 30 vH reduziert. Da der Skineffekt so ausgeprägt ist, kann es in erster Linie eigentümlich scheinen, daß die in der Rotormeßschleife induzierte Spannung proportional der Umdrehungszahl ist. Der magnetische Widerstand des Rotors ist indessen bei den in Frage kommenden

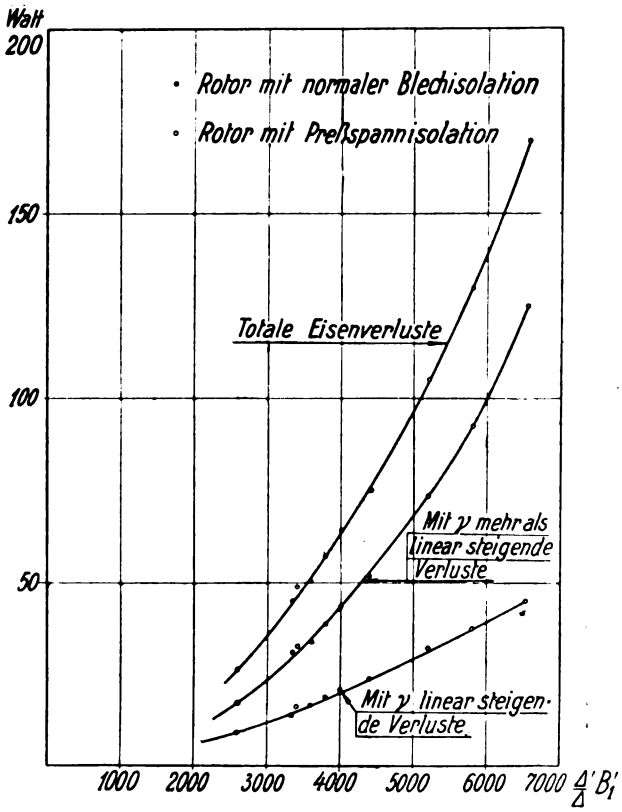


Abb. 23. Vergleich der Eisenverluste eines kurzwelligen Feldes in glatten Rotoren mit normaler und extrastarker Blechisolation.

niedrigen Induktionen so klein im Vergleich zu dem Luftspaltwiderstand, daß die Spannung nicht nennenswert auf die Veränderungen in dem magnetischen Zustand, den der Skineffekt in sich schließt, reagiert. Ein Versuch, bei $B_1' \frac{\Delta'}{\Delta} = 6600$ die wirklichen Verluste zu berechnen, hat zu $\mu = 2500$, $\xi = 3{\cdot}65$ und $\eta = 32{\cdot}5^0$ geführt, wobei der letzte Wert mit $\sigma_H' = 1{\cdot}6 \times 0{\cdot}255 = 0{\cdot}407$ berechnet wurde.

Bei Messung eines mit 0·03 mm Sulfitpapier normal isolierten Rotors, welcher einer starken Oberflächenbearbeitung ausgesetzt worden war, konnte irgend eine Erhöhung der Wirbelstromverluste auf Grund mangelhafter Blechisolation nicht wahrgenommen werden. Abb. 23 zeigt die in den beiden Rotoren gemessenen Eisenverluste bei 900 Per/s als Funktion von $\frac{\Delta'}{\Delta} B_1'$. Die Verluste in dem normal isolierten Rotor

$$L = 13{\cdot}7; \quad L' = 15\,\Delta' = 0{\cdot}055$$

sind auf die Eisenlänge des preßspanisolierten Rotors umgerechnet. In beiden Fällen wurden genau die gleichen Verluste erhalten.

E) Untersuchung der Eisenverluste in genuteten Rotoren bei 900 Per/s.

Die Eisenverluste in einer Anzahl von Rotoren mit verschiedener Ausführung und Nutenzahl wurden in den obengenannten 72-poligen Stator gemessen. Sämtliche Rotoren sind mit geraden Nuten und derselben Nutenstanze gestanzt, aber mit verschiedener Nutenzahl. Rotoren mit 34, 42 und 48 Nuten, ausgeführt mit halbgeschlossenen Nuten, sowie ein 48-nutiger Rotor mit ganzgeschlossenen Nuten wurden auf diese Weise untersucht. Die Blechisolation bestand in sämtlichen Fällen aus 0·5 mm Preßspan.

Zwei Meßschleifen wurden in jeden Rotor eingelegt, eine in die Zahnkrone, eine Polteilung umfassend, die andere um den Zahn herum (Zahnmeßschleife). Die gemessenen Spannungen zeigten sich in sämtlichen Fällen proportional der Umdrehungszahl. Der Effektivwert in der erstge-

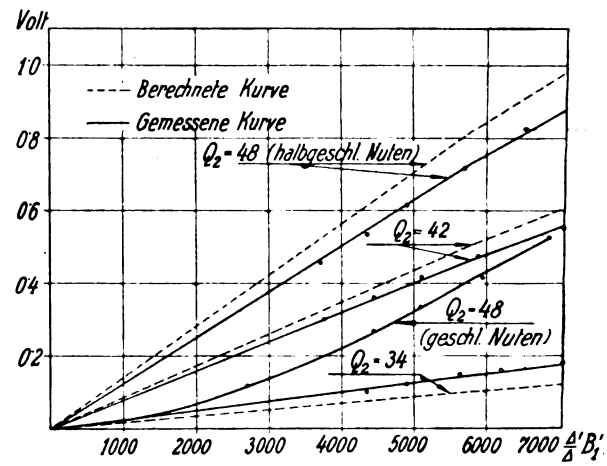


Abb. 24. Vergleich der gemessenen und berechneten Zahnspannungen.

nannten Meßschleife gibt den Wert der Luftspaltinduktion, während die letzten die Möglichkeit gibt, die Zahnpulsationsverluste und den Zahnfluß zu berechnen.

Für die drei erstgenannten Rotoren sollen vollständige Verlustberechnungen durchgeführt und die erhaltenen Werte mit den Meßresultaten verglichen werden.

Die verschiedenen Rotordaten finden sich in Abteilung *H* „Treppenverluste" wieder.

Wenn die Grundwelle der Luftspaltinduktion B_1' ist, wird die in der Zahnmeßschleife induzierte effektive Spanung pro Windung

$$e_z = \sqrt{2}\, B_1' \sin\left(\frac{\pi \tau_{zz}'}{2\tau}\right) v L' \cdot 10^{-8} \quad . \quad . \quad (24).$$

Abb. 24 zeigt einen Vergleich zwischen den

Digitized by Google

berechneten und gemessenen Spannungen für die verschiedenen Rotoren.

In dem 48-nutigen Rotor mit ganz geschlossenen Nuten ist die Zahnspannung nicht proportional der Luftspaltinduktion (siehe Abb. 24). Die Erklärung hierfür dürfte sein, daß die Feldlinien sich vor Sättigung der Zahnbrücken durch diese und erst bei höherer Sättigung durch die Zähne und den Rücken schließen.

Die Oberflächenverluste werden zunächst für glatte Anker berechnet, und das erhaltene Resultat mit Rücksicht auf die Rotornutung korrigiert, gemäß dem für die Treppenoberflächen-

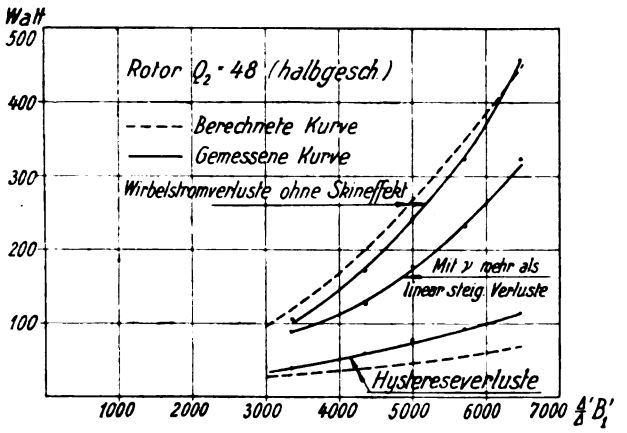


Abb. 25. Vergleich zwischen den für 900 Per/s berechneten und gemessenen Eisenverlusten im Rotor mit $Q_2 = 48$.

verluste entwickelten Verfahren. Die Zahnkranzverluste werden aus der in der Zahnmeßschleife gemessenen Spannung berechnet, und die Rückenverluste werden in derselben Weise wie die Treppenrückenverluste geschätzt. Dagegen werden die in dem Stator erzeugten Reluktanzverluste vernachlässigt. In sämtlichen Fällen wird die Einwirkung des Skineffekts vernachlässigt.

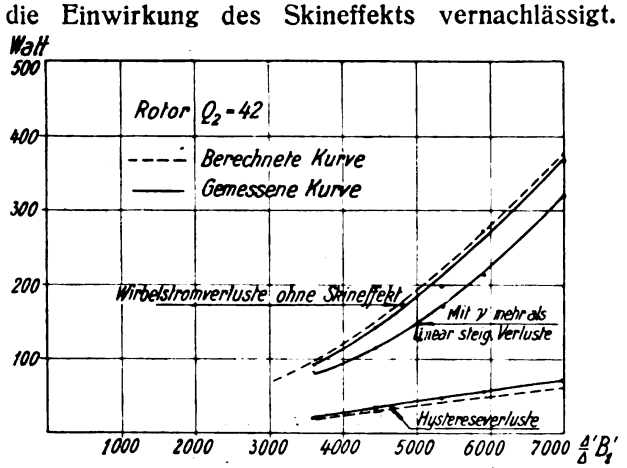


Abb. 26. Vergleich zwischen den für 900 Per/s berechneten und gemessenen Eisenverlusten im Rotor mit $Q_2 = 42$.

Bei Berechnung der Oberflächenverluste wendet man die Gleichungen (10) und (11) (Seite 743) sowie Abb. 13 und 14 (Seite 759), bei Berechnung der Rückenverluste die Gleichung (23) (Seite 760) an.

Die Zahnkranzverluste berechnet man aus folgenden Gleichungen:

Wirbelstromverluste:

$$W_{tz_2} = \frac{\lambda}{12} \cdot \left[\frac{e_{tz_2}\,\Delta'}{b_{z_2 m} L'}\right]^2 V_{z_2} \cdot 10^4 \quad \ldots (25).$$

Hystereseverluste: Gleichung (22)

$$\text{mit } B_2 = \frac{e_{z_2} \cdot 10^8}{\sqrt{2}\,\pi\,\nu\,b_{z_2 m} L'} \quad \ldots (26).$$

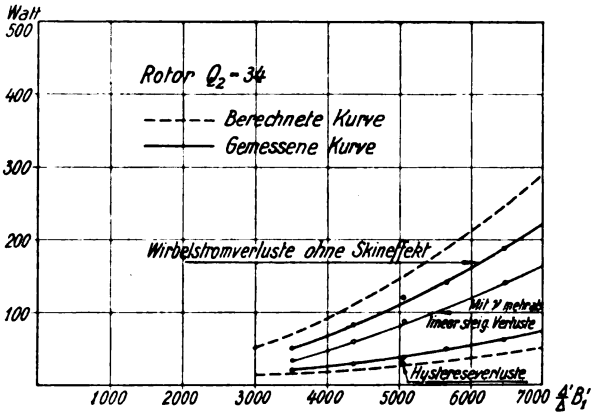


Abb. 27. Vergleich zwischen den für 900 Per/s berechneten und gemessenen Eisenverlusten im Rotor mit $Q_2 = 34$.

Hier sollen nur die bei $\frac{\Delta'}{\Delta} B_1' = 6000$ berechneten Größen verglichen werden:

Versuchsrotor	Rotor $Q_2 = 48$		Rotor $Q_2 = 42$		Rotor $Q_2 = 34$	
	Wirbelstromverluste	Hysteresevertuste	Wirbelstromverluste	Hysteresevertuste	Wirbelstromverluste	Hysteresevertuste
Oberflächenverluste	201	34	213	36	211	36
Zahnkranzverluste	145	27	45	11	2	1
Rückenverluste	40	—	20	—	—	—
	386	61	278	47	213	37
Sa. . . .	447		325		250	

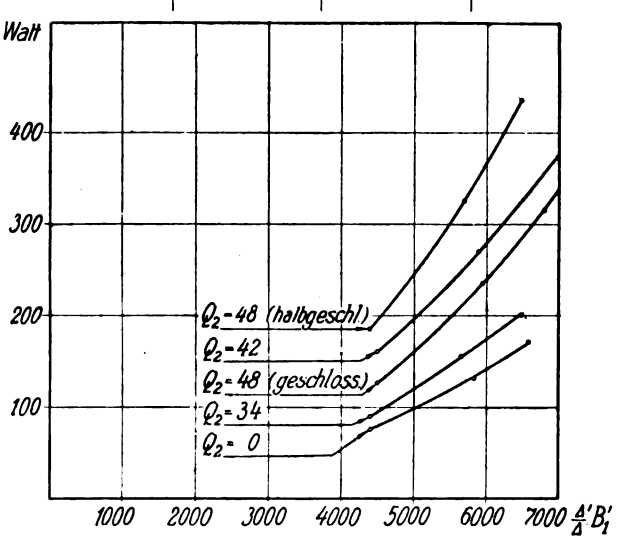


Abb. 28. Vergleich der Eisenverluste bei 900 Per/s für verschiedene Rotoren.

Abb. 25, 26 und 27 zeigen die Verluste in den verschiedenen Rotoren als Funktion von $\frac{\Delta'}{\Delta} \cdot B_1'$. Im großen Ganzen gesehen ist die Übereinstim-

Digitized by Google

mung zwischen den berechneten und unter Vernachlässigung des Skineffektes extrapolierten Wirbelstromverlusten gut. Dagegen berechnet man die Hystereseverluste zu klein. Der größte Unterschied ist zirka 60 vH.

Durch den Skineffekt haben sich bei 900 Per/s die mit der Periodenzahl quadratisch zunehmenden Verluste in sämtlichen Fällen um zirka 25 bis 30 vH vermindert.

Abb. 28 zeigt schließlich die gemessenen totalen Eisenverluste als Funktion aus $\frac{\Delta'}{\Delta} \cdot B_1'$ für sämtliche Versuchsrotoren. Die kleinsten totalen Eisenverluste sind in den Rotoren erhalten worden, welche die kleinsten Zahnpulsationsverluste hatten. In dem einen Fall ist dies dadurch erreicht, daß man den Rotor mit ganz geschlossenen Nuten ausgeführt hat, im anderen Fall mit einer Zahnteilung, die ungefähr zwei Polteilungen der Grundwelle beträgt.

Schließlich wurden die Verluste in 42- und 48-nutigen Rotoren mit normaler Blechisolation

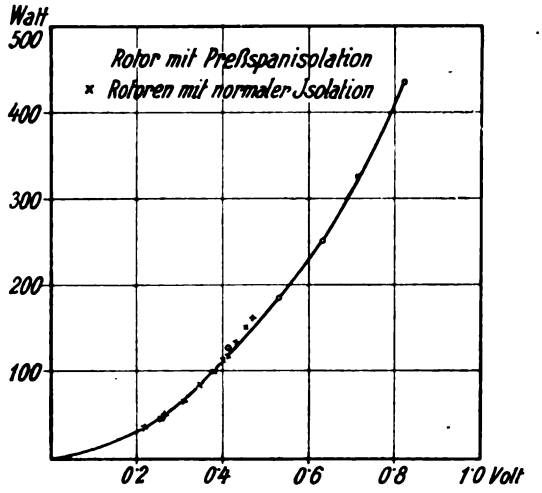


Abb. 29. Vergleich der Eisenverluste eines kurzwelligen Feldes in genuteten Rotoren mit normaler und extrastarker Blechisolation.

gemessen. Wie aus Abb. 29 hervorgeht, ist keine Erhöhung der Wirbelstromverluste auf Grund mangelhafter Blechisolation wahrzunehmen. In Abb. 29 sind die totalen Eisenverluste bei 900 Per/s in drei 48-nutigen Rotoren — einem mit extra starker und zwei mit normaler Isolation — als Funktion der in der Zahnmeßschleife induzierten Spannung aufgezeichnet. Sowohl die Spannung als auch die Verluste sind auf die Eisenlänge des preßspanisolierten Rotors umgerechnet.

F) Untersuchung der Hystereseverluste bei Überlagerung von zwei Drehfeldern mit wesentlich verschiedener Wellenlänge und Frequenz.

Wenn sich zwei homogene gleichachsige Felder von wesentlich verschiedener Frequenz überlagern, ist es bereits bekannt, daß die aus dem resultierenden Feld erzeugten Hystereseverluste nicht unbedeutend größer sind, als die Summe der Hystereseverluste der beiden Felder, jede Summe für sich selbst bestimmt.[7])

Dagegen scheint es nicht bekannt gewesen zu sein, wie sich die Verhältnisse bei Erregung mit zwei Drehfeldern von verschiedener Wellenlänge und Frequenz gestalten. Da ein sehr großer Teil der zusätzlichen Verluste eines Drehstrom-

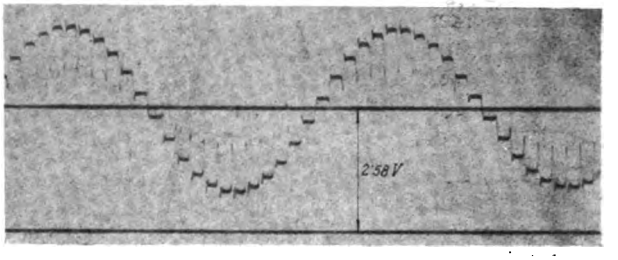


Abb. 30. Verteilung des vierpoligen Grundfeldes.

motors Oberflächenverluste sind, verursacht von kurzwelligen Oberfeldern, die sich einer verhältnismäßig langwelligen Grundharmonischen überlagern, dürfte es von Interesse sein, das hierhergehörige Problem klarzulegen:

Ein Stator mit 48 Nuten wurde mit zwei Wicklungen versehen; die Amperewindungen der

Abb. 31. Verteilung des 48-poligen Oberfeldes.

ersten Wicklung sind nahezu sinusförmig verteilt und bilden ein vierpoliges Feld gemäß Abb. 30, die der zweiten variieren nach einer sinusförmigen Leitkurve und geben ein kurzwelliges trapezförmiges Feld gemäß Abb. 31. Wenn man die bei-

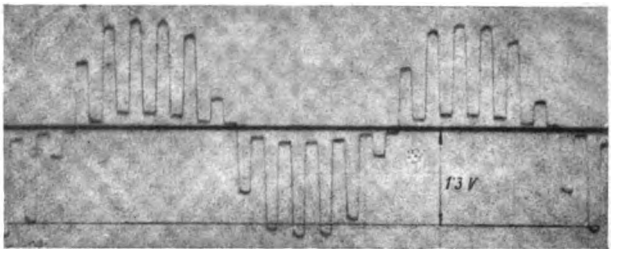


Abb. 32. Resultierende Feldverteilung.

den Felder überlagert, erhält man ein resultierendes Feld von einem Aussehen nach Abb. 32. Die Hystereseverluste wurden in einem glatten normal isolierten Rotor durch Messung mit geeichtem Hilfsmotor und Extrapolieren der Kurven

[7]) Schröter: Eisenverluste durch gleichzeitige Magnetisierung bei zwei verschiedenen Frequenzen. Archiv für Elektrotechnik, Bd. XIII, S. 30. — Spooner: The properties and testing of magnetic materials VI. Hysteresis under special conditions. Electric Journal, 1925, S. 441.

Digitized by Google

Watt/$v = f(v)$ bis zur Umdrehungszahl 0 bestimmt. Um mit Sicherheit das Resultat vom Einfluß eventuellen Skineffektes zu befreien, sind die Messungen bei kleinen Umdrehungszahlen ausgeführt.

In dem glatten Rotor befinden sich drei Meßschleifen

I. Eine Windung, eine Grundpolteilung umfassend,

II. Eine Windung, eine Statorzahnteilung umfassend,

III. Zwei Windungen, 11 Statorzahnteilungen umfassend, und 4 Statorzahnteilungen verschoben. Diese Meßschleife ist mit solcher Schrittverkürzung ausgeführt, daß sie nicht von der 48-poligen Wicklung induziert wird.

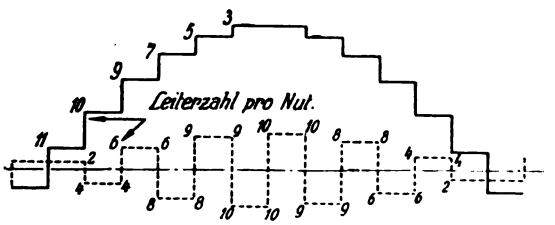


Abb. 33. Amperewindungsverteilung der Statorwicklung.

Die Versuchsmaschine hatte folgende Daten: $D = 25{\cdot}0$; $L' = 17{\cdot}0$; $L = 15{\cdot}5$; $\delta = 0{\cdot}07$; $b_{s1} = 0{\cdot}2$. Abb. 33 zeigt Amperewindungsverteilung und Windungszahl.

Aus dem Effektivwert der in der Meßschleife III induzierten Spannung ist die Grundwelle zu berechnen. Die Hystereseverluste bei Magnetisierung mittels der vierpoligen Wicklung allein, (gemessen bei den Luftspaltinduktionen 4000,

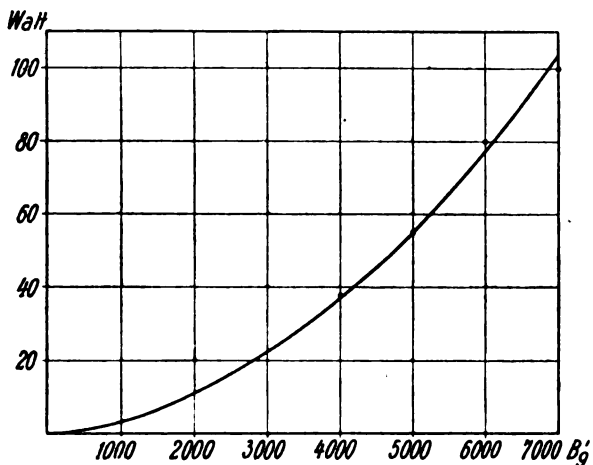


Abb. 34. Hystereseverluste des vierpoligen Grundfeldes.

5000, 6000 und 7000 Gauss), sind in Abb. 34 als Funktion der Luftspaltinduktion aufgezeichnet, während die Hystereseverluste bei Magnetisierung mittels der 48-poligen Wicklung allein in Abb. 35 als Funktion des Effektivwertes der in der Meßschleife II induzierten Spannung aufgezeichnet sind. Bei der Überlagerung der Felder wurden die Hystereseverluste bei den obenangegebenen Werten 4000 bis 7000 der Luftspaltinduktion gemessen. Diese Werte der Luftspaltinduktion wurden dabei mit Hilfe der Schleife III eingestellt. Nachdem die in der Schleife II gemessene Spannung für die von der Grundwelle induzierten Spannung korrigiert ist, erhält man die von den Oberfeldern induzierte Spannung und damit gemäß Abb. 35 die Hystereseverluste, welche man bei Magnetisierung mittels der 48-poligen Wicklung allein erhalten würde.

Zusammenstellung der Messungen.

B_g'	Strom in der 48 pol. Wicklung	Spannung der Meßschleife II	Spannung von der 48 pol. Wicklung induziert	Hystereseverluste	Summe der Einzelverluste
4000	—	0·29	—	37·5	
	12·8	0·917	0·917	17·5	
4000	15	0·96	0·917	57·5	55
	22	1·58	1·58	41·5	
4000	30	1·61	1·58	82	79
5000	—	0·36	—	55	
	11·7	0·825	0·825	15	
5000	15	0·90	0·825	72	70
	18·9	1·35	1·35	32	
5000	30	1·40	1·35	88	87
6000	—	0·42	—	80	
	8·9	0·622	0·622	10	
6000	15	0·75	0·622	90	90

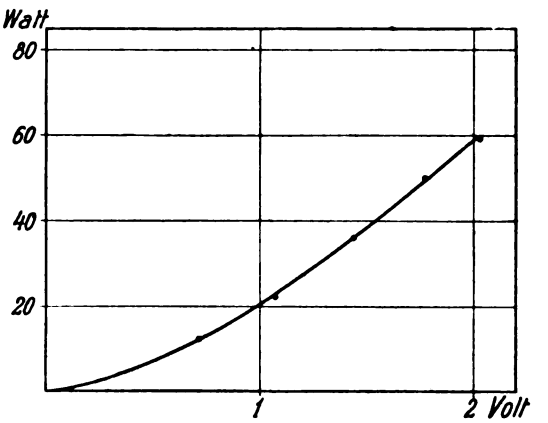


Abb. 35. Hystereseverluste des 48-poligen Oberfeldes.

Man erhält beispielsweise bei $B_g' = 4000$ 37·5 Watt Hystereseverluste. Bei einem Erregerstrom von 30 A in der 48-poligen Wicklung und einer gleichzeitigen Grundinduktion = 4000 ist die in der Meßschleife II induzierte Spannung 1·61 V, bei $B_g' = 4000$ allein 0·29 V. Durch die 48-polige Wicklung wird somit $\sqrt{1{\cdot}61^2 - 0{\cdot}29^2} = 1{\cdot}58$ V induziert. Gemäß Abb. 35 sind dabei die Verluste 41·5 Watt. Summiert man die Hystereseverluste, erhält man 79 Watt, während 81 Watt gemessen wurden. Darnach erscheint eine getrennte Berechnung und Addition der Oberflächen-Hystereseverluste für Grund- und Oberwellen zulässig.

* * *

Die für die späteren Untersuchungen von Reluktanz- und Treppenverlusten bedeutungsvollsten Resultate der Vorversuche sind somit:

Digitized by Google

1) daß die Wirbelstromverluste von kurzwelligen Feldern mit großer Genauigkeit gemäß den in Teil I herangezogenen Gleichungen (10) und (19) berechnet werden können, ohne daß man auf die Beschädigung der Blechisolation bei Herstellung der Maschine Rücksicht nehmen muß.

2) daß die Oberflächen-Hystereseverluste von kurzwelligen Feldern durch Kaltbearbeitung des Materials beträchtlich erhöht werden (zirka 60 bis 70 vH).

3) daß die Oberflächen-Hystereseverluste zweier sich überlagernder Drehfelder von wesentlich verschiedener Wellenlänge und Frequenz für jedes Feld für sich berechnet und addiert werden können.

(Schluß folgt.)

Die Isolation beim Bau von Anlaß- und Schaltapparaten.

Von Obering. Herbert **Franken**, Köln.

(Schluß aus Heft 42, Seite 861.)

Isolierte Apparate sind seit Jahren und Jahrzehnten auf dem Markt, jedoch hat man sich immer mit einigen wenigen Erzeugnissen begnügt. Auf anderen Gebieten wurden noch gar keine Versuche der Umstellung gemacht. An vielen Stellen wird mit mehr oder weniger Erfolg an der Lösung dieser Fragen gearbeitet. Eine restlose Lösung ist im Großen und Ganzen noch nicht erreicht, kann auch wohl erst erreicht werden, wenn die Herstellung der Isoliermaterialien noch weitere Fortschritte gemacht hat. Der Hauptzweck der vorliegenden Arbeit soll der sein, die Industrie anzuregen, auf alle diese Dinge mehr zu achten und die Entwicklung der Gebrauchsapparate, vor allen Dingen der normalen Schaltgeräte mit Bezug auf die Isolation

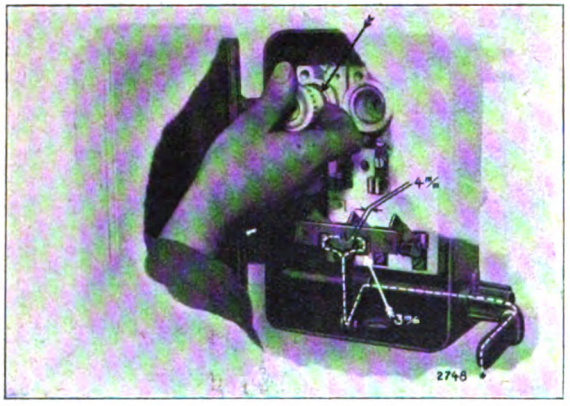


Abb. 6. Fehlerhafter Motorschaltkasten.

und den möglichst vollständigen Aufbau aus Isoliermaterial zu fördern. Zu den Firmen, die sich bereits seit Jahren und Jahrzehnten in dieser Richtung betätigen, gehört auch die Fa. F. Klöckner, Köln-Bayenthal, aus deren Arbeitsgebiet wir eine Anzahl der Konstruktionshinweise entnehmen konnten.

Rauhe Betriebsverhältnisse bedingen bei dem heutigen Stande der Technik, vor allen Dingen bei den heute auf dem Markt befindlichen Isoliermaterialien gegen mechanische Beschädigung leider meist noch einen besonderen Schutz durch gußeiserne oder schmiedeeiserne Abdeckung. Diese ist gleichzeitig ein wirksamer Schutz gegen gefahrbringende Berührung spannungführender Teile, aber nur dann, wenn im Innern der Apparate durch Anwendung reichlicher Isolation durch zweckentsprechenden Aufbau und Einhaltung der vom VDE vorgeschriebenen Abstände, der Übertritt der Spannung auf die Abdeckung verhindert wird. Eine der wichtigsten

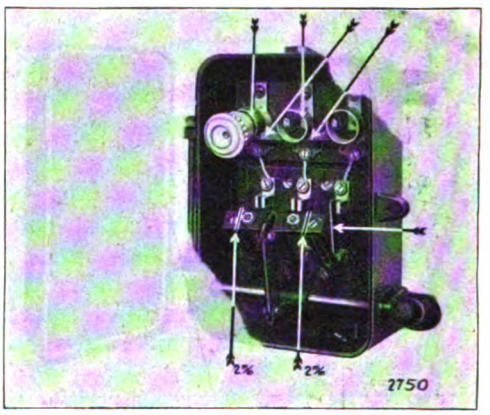


Abb. 7. Fehlerhafter Motorschaltkasten.

Forderungen, die bei solchen Apparaten gestellt werden müssen, ist der Einbau eines genügend großen Anschlußraumes und die Ausbildung der Anschlußkontakte in der Art, daß der Installateur in der Lage ist, die Leitungen einwandfrei und gegen das Gehäuse gut isoliert zu verlegen. Die

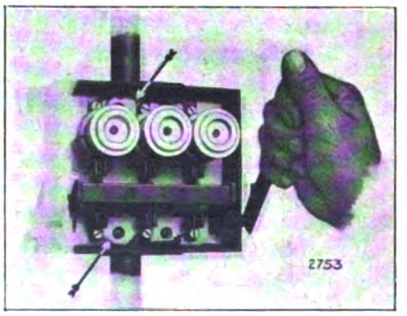


Abb. 8.

reichliche Innenisolation muß unterstützt werden durch den Anbau eines Isoliergriffes, damit der am meisten zu berührende Schaltergriff auch bei Versagen der Erdung noch keine Gefahr in sich

Digitized by Google

birgt. Gerade in solchen Werkstätten, in denen gußeisengekapselte Apparate durch die Betriebsverhältnisse erforderlich werden, ist meistens die Gefahr der Berührung spannungführender Teile und einer Erdleitungsbeschädigung besonders groß.

Die nachfolgenden Abbildungen von Motorschaltkästen zeigen eine Anzahl typischer

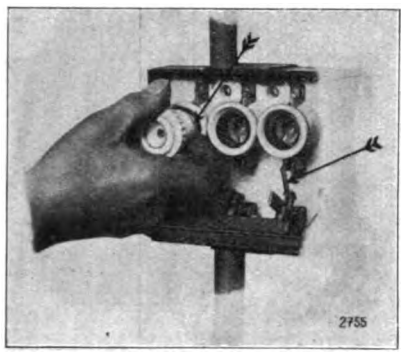


Abb. 9.

Fälle, wie hinsichtlich der Isolation gesündigt wird. Dabei muß man bedenken, daß diese Erzeugnisse den betreffenden Elektrizitätswerken nicht unbekannt sind. Umsomehr ist es verwunderlich, daß sie trotzdem zugelassen und geduldet werden.

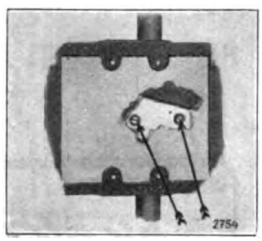


Abb. 10.

Abb. 6 zeigt einen Motorschaltkasten, der mit zahlreichen Fehlern behaftet ist. Der Abstand zwischen der Befestigungsschraube des Kontakt-

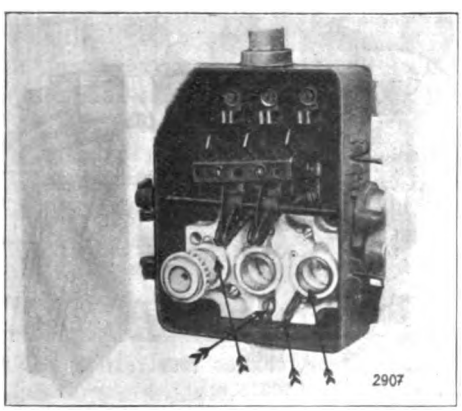


Abb. 11.

messers und dem metallenen Brückenhalter beträgt statt der vorgeschriebenen 12 mm nur etwa 3—4 mm. Sobald hier die geringste Störung durch Staubauflagerung oder dergl. stattfindet, steht der Bedienungshebel mit der mittleren Phase in Verbindung. Bei diesem Apparat ist außerdem der Handgriff aus Eisen, sodaß das Berühren eines derartigen Schaltgriffes unter allen Umständen mit Lebensgefahr verbunden ist.

Das gleiche gilt vom Einsetzen einer Sicherung. Der Gewindering steht über den Porzellanring vor und zwar um mehrere mm anstatt wie vorgeschrieben etwa 7 mm tiefer zu liegen. Beim Einsetzen einer Patrone ist es außerordentlich leicht möglich, mit dem Finger an die blanken

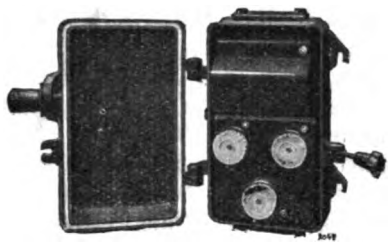


Abb. 12. Gußeisengekapselter Motorschaltkasten, innen ganz aus Isoliermaterial.

Teile der Gewindehülse zu kommen, auch dann noch, wenn die Sicherung bereits am Boden Kontakt gibt. Außerdem ist zu sehen, daß der Hebelschalter keinerlei Abdeckung aufweist. Die Abb. zeigt deutlich, wie nahe der Bedienungsmann mit seiner Hand an die unter Umständen Spannung führenden Schaltmesser kommt.

Abb. 7 zeigt die gleichen Fehler teilweise noch in verstärktem Masse.

Der einzige Vorteil dieser Konstruktion gegenüber der zuerst genannten besteht darin, daß der Griff aus Isolierstoff besteht. Die Sicherungen sind in diesem Falle vollständig offen. Von einer Abdeckung des Gewinderinges ist überhaupt nicht die Rede. Die Gefahr, die spannungführenden Teile zu berühren, ist daher außerordentlich groß. Ferner waren die Sicherungsringe schlecht befestigt. Beim Einschrauben der Sicherung bogen sich die Ringe ab. Dies hat der Konstrukteur offenbar auch gemerkt und durch den Einbau zweier Fiber-Klötze versucht, die Ringe nierderzuhalten. Fiber ist aber

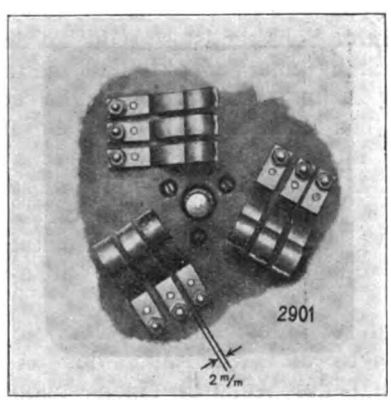


Abb. 13. Stern-Dreieckschalter mit unzulässigen Kriechwegen.

Digitized by Google

kein Isoliermaterial. Die Abbildung zeigt auch das außerordentlich ungünstige ungleichmäßige Schalten der 3 Messer. Jedes einzelne war mit einer Spiralfeder versehen. Bei dem rechten Schaltmesser ist sie außer Betrieb.

Abb. 8 zeigt die gleichen Fehler und noch verschiedene mehr.

Zunächst ist dieser Kasten verriegelt, das heißt man kann ihn in eingeschaltetem Zustand nicht öffnen und nicht verschließen, wohl aber kann man ihn öffnen und dann nach Herzenslust schalten. Was eine derartige Verriegelung soll, ist unverständlich. Das Bild zeigt, wie nahe die Anschlußschrauben an dem guseisernen Gehäuse liegen. Sobald an der Isolation der Zuleitungsdrähte der geringste Schaden auftritt, ist Körperschluß vorhanden. Man braucht zum Beispiel den Zuleitungsdraht nur wenige mm zu weit abzuisolieren. Es ist aber Pflicht der erzeugenden Firma, durch geeignete Konstruktion einen betriebssicheren Anschluß zu ermöglichen.

Abb. 9 zeigt, daß das Einsetzen einer neuen Sicherung hier besonders gefährlich ist. Der Gewindekorb tritt wieder über den Porzellanring

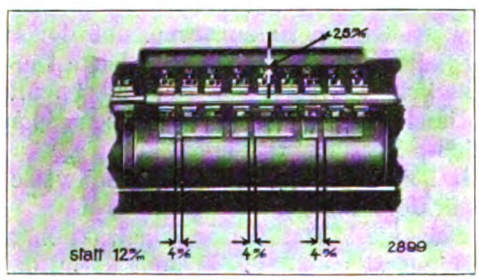


Abb. 14.

hervor und der Schalter ist so nahe an der Sicherung vollständig unabgedeckt, daß ein Berühren nur schwer zu umgehen ist. Auch führt der Aussenanschluß zum Gewindering und nicht zum Fußkontakt. Der Schaltgriff ist wiederum aus Eisen. Auch weist dieser Schalter infolge ungünstiger Anordnung der Momentschaltung ungleichmäßiges Abschalten unter Umständen Steckenbleiben eines Schaltmessers auf.

Das interessanteste Bild ist wohl die Abb. 10. Dieses zeigt die Rückseite des Apparates. Vorne besitzt der Apparat einen schönen Gußeisendeckel. Wenn man ihn herumdreht, so bleibt hier nur eine Pappscheibe übrig. Auf die Pappscheibe drücken unmittelbar die Schraubenköpfe der Schaltmesser-Befestigung. Diese Pappscheibe kann natürlich mit Leichtigkeit auf einer Wand Feuchtigkeit aufnehmen. Der Phasenschluß oder Erdschluß ist dann fertig. Man sollte es kaum glauben, daß ein derartiger Apparat als ein gußeisen gekapselter angesehen wird. Tatsächlich wird aber vielerorts von Elektrizitätswerken ein solcher Schalter, nur weil er vorne eine Gußhaube besitzt, einer soliden normalen Konstruktion vorgezogen. Dabei ist zu bedenken, daß der Ausschalter in ganz besonderem Masse ein Vertrauensgegenstand ist, das heißt der Laie bedient den Schalter, ohne recht zu wissen, wie nahe er sich der spannungsführenden Leitung, das heißt wie nahe er sich bei der Gefahr befindet.

Abb. 11 zeigt einen Motorschaltkasten, der wiederum über die gleichen Fehler verfügt

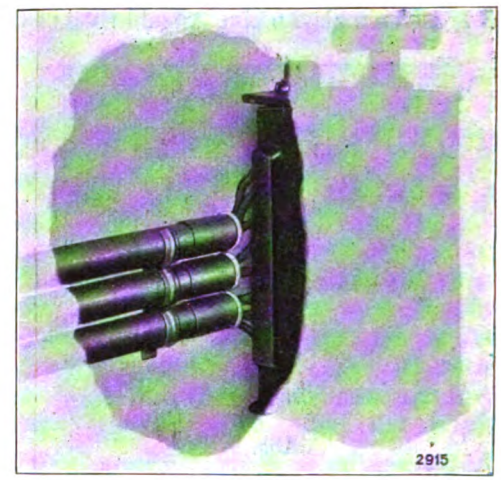


Abb. 15. Stern-Dreieckschalter mit schlechter Leitungseinführungsmöglichkeit.

wie die vorhin beschriebenen. Besonders bemerkenswert ist noch die Art des Leitungsanschlusses. Es gehört wirklich ein großes Maß von Geduld

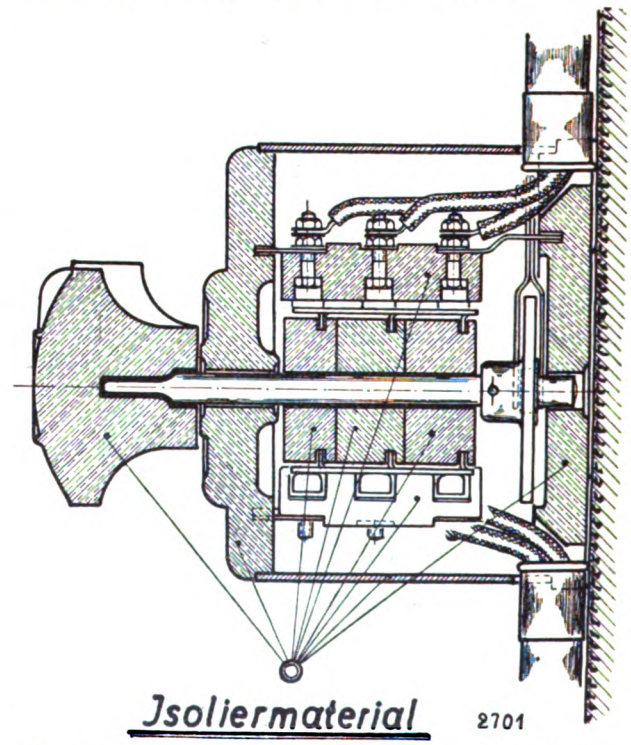


Abb. 16. Stern-Dreieckschalter fast restlos aus Isoliermaterial.

dazu, die 3 Ableitungen herzustellen. Das Einbetten der Drähte in die tiefen Rillen mit der geringen Durchlaßöffnung beim Übergang ins Rohr war dem Monteur wieder nur dadurch möglich, daß er die Isolation auf größere Strecken entfernte. Aus der Abb. ist ersichtlich, daß der blanke Draht

Digitized by Google

hierdurch außerordentlich nahe an den gußeisernen Kasten kommt. Der untere Anschluß, der leicht Netzanschluß sein kann, führt wieder ohne weiters zum Gewindering. Der Gewindering tritt um erhebliche Beträge aus dem Porzellanelement heraus. Irgendeine Abdeckung des Schalters oder des Sicherungssockels fehlt auch hierbei wieder.

Abb. 12 zeigt demgegenüber einen Schaltkasten, der nach dem Öffnen keine blanken Teile zu Tage treten läßt. Sicherung und Schalter sind abgedeckt. Die Innenteile sind reichlich isoliert. Hier kann man die Sicherungen auswechseln, ohne Gefahr zu laufen, an Spannung zu kommen. Nach Öffnen des Deckels ist ein Schalten unmöglich. Für reichliche Anschlußräume und vorschriftsmäßige Kriechwege ist gesorgt. Die Isolation ist in jeder Beziehung reichlich.

Die gleichen Verhältnisse seien nachstehend noch an einer Anzahl von Sterndreieckschaltern gezeigt. Abb. 13 zeigt einen Sterndreieckschalter mit Kontakten in einer Ebene. Die

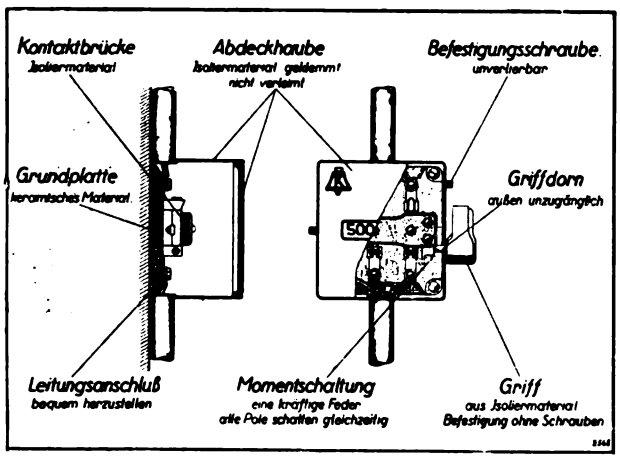


Abb. 17. Hebelschalter aus Isoliermaterial.

Abstände zwischen den einzelnen Fingern betragen teilweise nur 2 mm. Die Kontaktfinger liegen dabei auf einer Platte, die die Staubablagerung ausserordentlich begünstigt. Die Sternverbindung des zugehörigen beweglichen Schalterteiles liegt fast unmittelbar auf der Achse auf, was in Anbetracht der Möglichkeit von Störungen beim Überschalten keinesfalls zu empfehlen ist. Die Kontaktsegmente sind auf einem gußeisernen Stern unter Vermittlung von Pertinaxscheiben und Büchsen befestigt, was Kriechwege von nur 2 mm zur Folge hat.

Einen anderen auf den ersten Blick besseren Schalter zeigt Abb. 14. Aber auch hierbei sind die Kriechwege zwischen den Fingern und auf der Walze nur etwa 4 statt 12 mm. Weiterhin läßt auch dieses Bild deutlich erkennen, wie von den Herstellern mit Bezug auf die Anschlußräume gesündigt wird. Diese Blechkappe aus 1mm starkem Blech ist in Anbetracht der großen Länge bereits durchgedrückt und kann leicht Kurzschlüsse zwischen den Fingern hervorrufen.

Der Abstand zwischen den spannungsführenden Stellschrauben und der Abdeckung ist nur 2 bis 3 mm. Zur Aufnahme von Anschlußleitungen ist die Kappe unten etwas ausgebördelt. Zwischen der Unterkante der Kappe und der Wand ist so wenig Platz, daß man die Leitungen dazwischen ohne die Gefahr der Verletzung kaum hindurchführen kann. Ein Ausschneiden der Kappe zum Einführen der Rohre, damit diese fest gelagert sind, ist wegen der Blechstärke nicht möglich. Infolgedessen wird beim Anschluß die Blechkappe mit Gewalt auf die Leitungen aufgepreßt. Dies bringt die Gefahr mit sich, daß die Leitungen teilweise zerschnitten werden. (Abb. 15.)

Einen vollständig aus Isoliermaterial aufgebauten Sterndreieckschalter zeigt Abb. 16.

Besonders bemerkenswert ist noch, daß bei diesen Apparaten die 3 Phasen durch Anordnung der Kontakte auf 3 getrennten Fingerleisten vollständig voneinander getrennt sind. Die Abdeckung besteht aus mit Verschluß versehenem kräftigen mehrere mm dicken Isoliermantel.

Abb. 17 zeigt den Schnitt durch einen Hebelschalter, der sich durch reichliche Verwendung von Isoliermaterial und Verwendung der auf Seite 864 geschilderten massiven Abdeckhaube aus-

Abb. 18. Hebelschalter aus Isoliermaterial.

Abb. 19. Motorschalttafel vorwiegend aus Isolierstoff.

zeichnet. Bemerkenswert ist, daß bei den Schaltern mit Momentauslösung das Ausschalten zwangläufig in allen 3 Phasen gleichzeitig erfolgt. Eine derartige zentrale Schaltfeder wird bedeutend stärker als 3 Einzelfedern sein. Infolgedessen sind Federbrüche, Durchrosten und dergleichen nicht so leicht zu befürchten. Kleine Federn werden durch Rost, Säure oder Überanstrengung leicht zerstört. Abb. 18 zeigt einen nach diesen Gesichtspunkten aufgebauten Hebelschalter, Abb. 19 eine Motorschalttafel.

Bei dem Anlasser Abb. 20 ist besonders bemerkenswert, die doppelte Isolation der Widerstandsdrähte. Sie sitzen auf Isolierkörpern, die wiederum in Vertiefungen von Isolierplatten stecken.

Zusammengesetzte Installationen aus Apparaten mit Isolierabdeckhauben, die entsprechend durchgebildet sind, gestatten die Zusammenfassung unmittelbar auf der Wand ohne besondere Leitungskästen und Zwischenrohre. Solche Apparate müssen auch rein äußerlich zusammenpassen. Weiße Porzellansicherungen womöglich mit ovalem Sockel und ein Hebelschalter mit schwarzer Haube passen schlecht zusammen,

Digitized by Google

dazu kommt dann vielfach ein Sterndreieckschalter mit Blechschutzkasten. Alle Verbindungen können von Apparat zu Apparat gelegt werden und werden dann durch entsprechende Ausbildung der Abdeckhauben der Berührung vollständig entzogen. Ein solches Bild zeigt Abb. 21 und 22.

Einmal ist eine 4polige Sicherung mit einem Hebelschalter zu einem Apparat zusammengefaßt, das andere Mal sind diese beiden Apparate lediglich aneinandergeschoben und so ein kleines leicht anbringbares gut übersichtliches Gebilde geschaffen. Irgend welche unkontrollierbare Verbindungen, wie man sie vielfach bei der Montage solcher Apparate auf gemeinsamer Grundplatte findet, kommen hier vollständig in Wegfall. Siehe auch Abb. 23.

Ein sachgemäßer Aufbau der Apparate ist so in der Lage, die Gefahren weitgehend zu vermindern. Es ist aber niemand imstande, auf

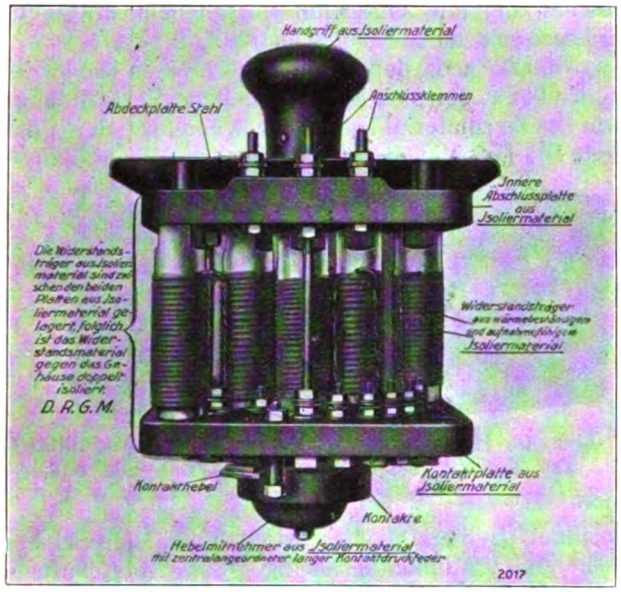


Abb. 20. Anlasser weitgehend aus Isolierstoff aufgebaut.

diese Weise volle Gewähr zu bieten. Es muß nach weiteren Maßnahmen gesucht werden. Die bekanntesten Mittel zur Abwehr der Berührungsspannung bei metallabgedeckten Apparaten, Leitungsrohren usw. „Erdung" und „Nullung" verlieren immer mehr an Kredit. Die Folge ist, daß man Erdung und Nullung nur als Schutzmaßnahmen zweiten Grades ansehen kann, die Nullung vielleicht überhaupt verschwindet. Hier tritt als neues Schutzmittel das „RWE-(Heinisch-Riedl)-Schutzsystem" gegen unzulässige Berührungsspannung ein. Unter D. R. P. 277 370 ist dem RWE-(Heinisch-Riedl) eine neue Einrichtung geschützt. Das Wesen dieser Schutzmaßnahme besteht darin, zwischen der metallischen Abdeckung und der Erde eine Spannungsspule einzuschalten, die beim Auftreten einer bestimmten Berührungsspannung die ganze Anlage abschaltet. Die Spannungsspule wird einerseits mit der Abdeckung, andererseits mit einer Hilfserde verbunden. Die Hilfserde ist mit geringen Kosten auszuführen. Es genügt zum Beispiel ein Gasrohr von etwa 1·5 bis 2 m Länge in die Erde zu treiben. Die Spulen werden so ausgeführt, daß sie bei den vorgeschriebenen Spannungen von 20 V für Räume, in denen sich Vieh aufhält und 40 V für Räume, in denen sich nur Men-

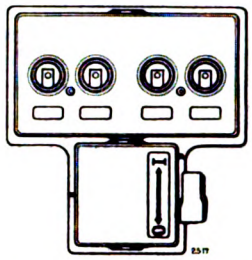


Abb. 21. Schalter und Sicherung zusammengebaut.

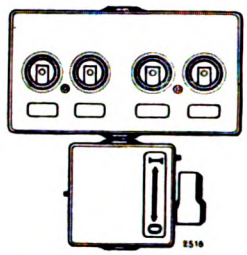


Abb. 22. Schalter und Sicherung auf der Wand aneinandergeschoben. Ergibt ebenfalls ein geschlossenes Bild.

schen aufhalten, bei einem Erdungswiderstand von 200 Ohm ansprechen. Aber auch, wenn die Erdung noch wesentlich schlechter ist, zum Beispiel 400 Ohm, so wird die Abschaltspannung nur um wenige Volt steigen.

Dieses außerordentlich interessante Schutzmittel soll der Gegenstand eines besonderen Aufsatzes sein. Es ist geeignet, in wirksamer Weise die Isolation zu ergänzen. Beim Übertritt der Spannung auf irgendein Konstruktionselement wird die Anlage abgeschaltet. Das Schutzmittel ist unabhängig von den Verhältnissen im Netz. Sobald in der zu schützenden Anlage die Spannung auftritt, setzt die Schutzwirkung ein. Durch die dem System eigenartige besondere Prüftaste kann man sich jederzeit ohne irgendwelchen Aufwand von dem Zustand der Apparate und der Hilfserde überzeugen. Diese Prüftaste ist so leicht zugänglich angebracht, daß sie meistens von den Besitzern elektrischer Anlagen zum Ausschalten dem ge-

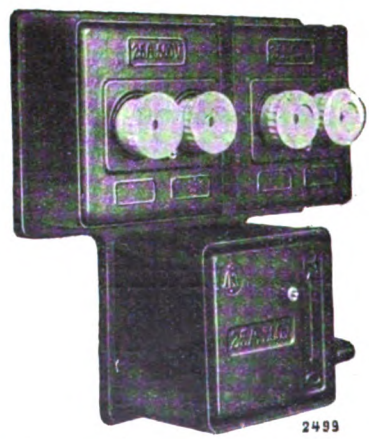


Abb. 23. Verteilungstafel aus einheitlichen Elementen zusammengesetzt.

wöhnlichen Ausschalteelement vorgezogen wird. In dieser Prüfung des Isolationszustandes der Anlage liegt ein großer Vorteil des RWE-(Heinisch-

Digitized by Google

Riedl)-Systems. Der Installateur wird hierdurch zu gewissenhafter Arbeit gezwungen. Dieser Vorzug ist besonders deutlich erkennbar, wenn man bedenkt, daß es an einer planmäßigen Überwachung der elektrischen Anlagen überall fehlt. Auf der anderen Seite muß man aber auch eingestehen, daß die Überwachung und Durchprüfung elektrischer Anlagen ohne ein solches Schutzgerät außerordentlich kostspielig sein würde. Demgegenüber wirkt die Schutzeinrichtung des RWE als dauernd anwesender „Stummer Kontrollbeamte". Die Kosten sind an der Wirkung gemessen außerordentlich gering.

In der zweckmäßigen Verknüpfung von Isolation und RWE (Heinisch-Riedl) Schutz ist wohl die Entwicklung zu suchen.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Das East-River Werk in New York. Die rasche Zunahme des Strombedarfes hat die New York Edison Comp. schon im Jahre 1924 veranlaßt, ein neues Kraftwerk zu planen, das mit Rücksicht auf den Schwerpunkt des Stromverbrauches und die Möglichkeit einer Kupplung mit ihrem 25 Per. Netz in New York am East-River zwischen der 13. und 14. Straße angelegt wurde und in drei Zeitabschnitten ausgebaut werden soll. Da der Bauplatz von der 14. Straße der Länge nach durchschnitten wird, mußte auch die ganze Anlage in zwei Teile zertrennt werden. Dies wurde so durchgeführt, daß man zwischen die 14. und 15. Straße das Kesselhaus, das Maschinenhaus und das Schalthaus legte, und zwischen der 13. und 14. Straße das Mühlenhaus, die Kohlenvorratshöfe und die Kohlenförderanlagen unterbrachte. Die in Hochseeschiffen am East-River ankommende Kohle wird mittels eines Kippkübelaufzuges der 320 t in der Stunde leistet auf einen Kohlenturm gebracht und gelangt über einen Vorbrecher zu den Rohkohlenbunkern der Mahlanlage. Von da läuft sie über dampfbeheizte Trockner den Mühlen zu, von denen jede eine Leistungsfähigkeit von 14 t/h hat. Der aus den Mühlen austretende Staub wird von Brennstoffpumpen in einen Hauptverteiler gefördert, von wo er entweder direkt oder über eine Wage den Kesselbunkern zufließt. Im Mühlenhaus ist auch noch eine Eigenbedarfsturbine aufgestellt, welche die Mühlenventilatoren mit Strom versorgt und deren Abdampf zum Beheizen der Trockner verwendet wird. Für den endgiltigen Ausbau des Werkes auf eine Leistung von 1 Mill. kW sind 44 Kessel vorgesehen, von denen vorläufig aber nur 10 aufgestellt werden. Dies sind Schrägrohrkessel mit vertikalen Wasserkammern und einer quergestellten Obertrommel. Die Heizfläche beträgt 1370 m²; es wird Dampf von 26 atü und 370° C erzeugt. Der Feuerraum ist vollkommen von wassergekühlten Wänden umgeben und direkt bestrahltes Chamottematerial vermieden. Die zur Wandkühlung verwendeten 4 zölligen Rohre stehen vertikal und sind über geschmiedete Wasserkammern in den Wasserkreislauf des Kessels eingebunden. Die Längsrippen zweier benachbarter Rohre übergreifen einander nicht mehr wie bei der älteren Konstruktion im Hell Gate Werk[1]). sondern lassen schmale Zwischenräume frei, wodurch das Auswechseln eines schadhaften Rohres wesentlich erleichtert wird. Auch die Brennerbühne ist auf der Feuerraumseite mit Kühlrohren versehen. Der Schlackenrost ist von normaler Konstruktion. Die einzigen Stellen, an denen Chamottematerial verwendet wurde, sind die Schutzwände der Trommeln. Der Überhitzer hat eine Heizfläche von 350 m² und besteht aus fünf horizontalen übereinander liegenden Schleifen. Auf den Kessel ist ein Taschenluftvorwärmer aufgebaut, der von den Rauchgasen in der Richtung von unten nach oben durchströmt wird und den die Verbrennungsluft mit 200° C verläßt. Nach dem Austritt aus dem Luftvorwärmer durchströmen die Rauchgase zwei hintereinander geschaltete mechanische Entstaubungsanlagen. Die äußeren Wände der Brennkammer werden von einer 10 cm starken Betonwand gebildet, deren Außenseite dicht verputzt und gestrichen ist. Der Raum zwischen den Kühlrohren, zwischen den Rippen dieser Rohre und der äußeren Betonwand, ist mit Kieselgur ausgefüllt. Der eigentliche Kessel wird normal eingemauert und außen mit einer geschweißten Blechschalung verkleidet. Jeder Kessel wird sowohl für sich allein als auch zusammen mit den anderen vollständig selbsttätig geregelt, kann aber auch jederzeit von Hand aus bedient werden. Derzeit sind zwei Turboeinheiten zu je 60 000 kW für 15 000 U/min aufgestellt, deren Generatoren Drehstrom mit 11 400 V und 25 Per/s erzeugen. Die Kühlung der Generatoren wird von zwei eigenen Gebläsen besorgt, die Doppelantrieb haben. Normal läuft der Elektromotor, in Störungsfällen schaltet sich selbsttätig die Turbine ein und übernimmt den Antrieb des Ventilators. Der liegende Luftrückkühler ist auf den Generator aufgebaut und besteht aus Rippenrohrbündeln. Für die Beleuchtung, die Kesselhausmotoren und die Schaltmotoren der Ventile wird Gleichstrom von zwei 500 kW, 250/125 V Turbinen, die parallel mit einer Akkumulatorenbatterie arbeiten, geliefert. Die Einzylinder-Hauptturbinen sind zur Kondensataufwärmung an drei Stellen angezapft. Die Kühlwasserpumpe für den Kondensator ist als Doppelpumpe ausgebildet und wird von einer Dampfturbine angetrieben, deren Drehzahl sich selbsttätig entsprechend der jeweils erforderlichen Kühlwassermenge einstellt. Zum Absaugen der Luft wird eine zweistufige Dampfstrahlluftpumpe verwendet, deren Abdämpfe in zwei vom Kondensat gekühlten Kondensatoren niedergeschlagen werden. Die Abförderung des Kondensates besorgen zwei turbinengetriebene Kondensatpumpen. Die Turbine für die Kühlwasserpumpe hat ihre eigene, von der Hauptturbine vollständig getrennte Kondensationsanlage. Das Kondensat der Hauptturbine wird nach dem Verlassen der Luftpumpenkühler in vier Stufen aufgewärmt. Die erste, zweite und vierte werden mit Anzapfdampf beheizt, die dritte mit Dampf aus dem Abdampfverteiler der Hilfsantriebe. Die Speisewasseraufwärmung regelt sich selbst, da jeder Vorwärmer als Kondensator wirkt und nur soviel Dampf verbraucht als die durchfließende Wassermenge niederschlagen kann. Ekonomiser sind nicht vorgesehn. In der Anlage befindet sich auch ein bemerkenswerter Frequenzumformer, der zur Kupplung des 25 Per. Netzes mit dem 60 Per. Netz einer anderen Gesellschaft dient. Er ist für eine Leistung von 40 000 kW gebaut und besteht aus einer 27 000 kW Synchronmaschine für 25 Per/s, die mit einer 40 000 kW Asynchronmaschine gekuppelt ist[1]). Ein 18 000 kVA Transformator verbindet den Rotor der letzteren mit dem 25 Per. Netz. Dieser Transformator ist beiderseitig im Dreieck geschaltet und hat hochspannungsseitig 5 Stufen, die zur Regulierung des Leistungsfaktors verwendet werden. Die gewünschte Transformatorenleistung wird durch entsprechend gewählte Drosselspulen begrenzt. Zum Verschieben der Phasenlagen in den beiden Maschinen dient eine hydraulische Vorrichtung, deren Ventile elektrisch gesteuert sind. Sie besteht in der Hauptsache aus einem hydraulischen Zylinder, dessen Kolben den Stator der Synchronmaschine um ein Polteilung verschieben kann. Dieser „Phasenschieber" wird verwendet um die Belastung zwischen den 25 und dem 60 Per.-System aufzuteilen. Die Schaltanlagen haben vertikale Phasentrennung. Die Verteilanlage ist so ausgelegt, daß immer zwei Kabel, die zur selben Unter-

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 440, 472; 1924, Das El.-Werk, S. 88; 1927, Heft 39, S. 826.

[1]) Vgl. Heft 4 d. J., S. 70.

Digitized by Google

station führen, gegeneinander ausgetauscht werden können. In jede Speiseleitung als auch in jede Generatorleitung sind Drosselspulen eingebaut. Auch die Sammelschienen sind entsprechend den Generatoren durch Drosseln in zwei Gruppen unterteilt. Mit Rücksicht auf die hohe Kraftwerksleistung wurden für 11 400 V nur Ölschalter mit Abschaltleistungen von 1 500 000 kVA und 500 000 kVA verwendet. Ölschalter und Trennschalter sind mechanisch so verriegelt, daß kein Trennschalter ausgeschaltet werden kann, wenn nicht der zugehörige Ölschalter auf „Aus" steht, daß der Ölschalter nur betätigt werden kann, wenn die Trennschalter entweder ganz offen oder ganz geschlossen sind und daß der Ölkessel nur dann heruntergelassen werden kann, wenn der zugehörige Trennschalter ausgeschaltet ist. Bemerkenswert ist auch, daß alle Hochspannung führenden Teile isoliert sind. Die elektrisch angetriebenen Hilfsmaschinen erhalten ihre Spannung von drei 4000 kVA Transformatoren, die primär an dem 11 400 V Netz liegen und sekundär zwei vollständig von einander getrennte Windungen besitzen, welche das 2300 V und das 440 V Hausnetz speisen. Einer dieser Transformatoren steht immer in Reserve. Alle Motoren sind für den Anlauf mit voller Spannung eingerichtet. Die Ölschalter für die 2300 V Anlage haben eine Abschaltleistung von über 100 000 kVA. Stip.

(Gen. El. Rev., Bd. 30, Nr. 5, 1927.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Fortschritte in der Staubfeuerung[1]). F. S. Collings. Obwohl die Zentralmühlenanlage viele Vorteile besitzt und ausgezeichnete Resultate geliefert hat, wird ihre Verwendung in kleineren Anlagen als zu teuer und zu kompliziert angesehen. Dies hat zur Entwicklung der Einzelmühlen geführt, bei denen die ungetrocknete Rohkohle direkt aus den Bunkern den Mühlen zuläuft und von da ohne Zwischenschaltung von Staubbehältern zu den Brennern gefördert wird. Das Einzelmühlensystem schaltet die Trockner nicht unbedingt aus, doch ist die Trocknung der Kohle nicht so wesentlich als man früher annahm. Gewisse Typen von Einzelmühlen vermahlen die nasse Kohle mit vollem Erfolg und, obwohl sie dabei verhältnismäßig mehr Kraft verbrauchen als beim Zerkleinern von trockener Kohle, übersteigt doch der Kraftaufwand bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 9 bis 15 vH nicht mahr als 1·5 vH des gesamten Eigenbedarfes der Anlage. Dieser kleine Mehrverbrauch wird zumindest vollkommen aufgewogen durch die Verluste infolge des Trockenprozesses, der einerseits die Anlagekosten erhöht, andererseits durch mitgerissene Staubteilchen und Tieftemperaturverkokung der Rohkohle zusätzliche Verluste verursacht. Durch das Vorwärmen der den Mühlen zuströmenden Primärluft werden die Verluste durch mitgerissenen Staub vollkommen vermieden und außerdem wird die Leistungsfähigkeit der Mühle infolge der in ihr stattfindenden Trocknung erhöht. Führt man die Luft an der Rückseite der Feuerung in die Kühlkanäle der Ausmauerung ein und läßt sie durch die hohlen Seitenwände zur Vorderwand streichen, um sie schließlich dort oder seitlich in den Feuerraum eintreten zu lassen, so wird dadurch die Länge der Flamme vergrößert, was wieder einen sehr hohen Feuerraum bedingt. Im Gegensatz dazu wird durch den Luftzusatz in unmittelbarer Nähe der Brenner oder in diesen selbst eine kurze Flamme erzielt. Bis vor kurzem schien es fraglich, ob die hohen Investitionskosten der Staubfeuerung die Wahl derselben für minderwertige Kohle rechtfertigen. Durch die in St. Louis im großen durchgeführten Versuche scheint diese Frage zugunsten der Einzelmühlen entschieden zu sein. Die Illinois-Kohle hat für die Verheizung die denkbar ungünstigsten Eigenschaften: Hoher Aschen-, Schwefel- und Eisengehalt gestalteten die Vermahlung dieses Brennstoffes sehr schwierig. Der hohe Feuchtigkeits- und Wasserstoffgehalt verursachte bei Rostfeuerungen zusätzliche Abgasverluste und die leichtschmelzbare Asche zerstörte bald die Ausmauerung. Infolge des niedrigen Schmelzpunktes gelangte die Asche in die ersten Rohrreihen des Kessels und verlegte diese. Bei der Staubfeuerung dagegen ist das Flugaschenproblem von größerer Bedeutung; die viel kleineren Aschenteilchen werden vom Gasstrom fast durch den ganzen Kessel mitgerissen, die Verschmutzung der Heizflächen ist daher weniger stark als bei der Rostfeuerung. Die Anhänger der Zentralmahlanlagen führen ins Treffen, daß die Anschaffungskosten auch nicht höher seien als bei den Einzelmühlen, wenn man die Anlagen, wo die Mühlen unmittelbar beim Kessel stehen, wegen der geringeren Betriebssicherheit nicht berücksichtigt. Aber auch gegen das Nichttrocknen der Kohle bei den Einzelmühlen wird eingewendet, daß diese Mühlen bedeutend ungünstiger arbeiten, wenn ein gewisser Feuchtigkeitsgehalt überbezw. unterschritten wird. Mit der Abnützung der Hämmer sinkt die Feinheit des erzeugten Staubes. Der Kraftverbrauch steigt wenn die Mühle nicht am günstigsten Belastungspunkte arbeitet. Im Gegensatz zu den Bestrebungen, den Feuerraum zu verkleinern, steht die Ansicht, daß ein großer Feuerraum die Anwendung der Strahlungsheizflächen begünstigt und es überdies ermöglicht, daß eine größere Aschenmenge im Feuerraum abgelagert werden kann. Gegen die Behauptung, daß die Einzelmühlen sowohl hinsichtlich Leistungsfähigkeit als auch Wirkungsgrad zufriedenstellende Resultate ergeben haben, wird eingewendet, daß, wenn man bei den durchgeführten Versuchen den Wärmegewinn im Ekonomiser berücksichtigt, die Einzelmühlenanlage nur ungefähr denselben Wirkungsgrad ergibt als eine Rostfeuerung. Zentralmühlenanlagen, die in demselben Werk neben Einzelmühlen gelaufen sind, haben während monatelanger Betriebszeit eine um 6 vH bessere Kohlenausnützung ergeben. Mehr als die Größe des Aschengehaltes der Kohle hat ihre Zerkleinerungsfähigkeit Einfluß auf die Vermahlung. Stark aschenhältige Kohlen haben sich unter Umständen leichter zerkleinern lassen als diejenigen mit geringem Aschengehalt. Jeder neuzeitliche Kessel muß wasser- oder dampfgekühlte Feuerungen besitzen, die rein gemauerte Brennkammer gehört der Vergangenheit an. Bei einer zentralen Mahlanlage kann man in den Zeiten der Spitzenlast die Mühlen abschalten und außerdem mit einem höheren CO_2-Gehalt fahren als bei den Einzelmühlen. Mit wasser- oder dampfgekühlten Feuerungen kann man ein Jahr lang ununterbrochen Betrieb machen, während dies bei Rostfeuerungen nur höchstens durch eineinhalb Monate möglich ist. Gegenwärtig sind einige neue Trocknerkonstruktionen aufgetaucht, die zu den besten Hoffnungen berechtigen. Die Einzelmühlen haben als Nachteile die starke Abhängigkeit des Kraftverbrauches von der Feuchtigkeit der Kohle. Die Zentralmahlanlagen wieder verwenden die unangenehmen Trockner. Mit den 1670 m² Kesseln des Cahokia-Werkes[1]) wurden ohne Verwendung von Ekonomisern Wirkungsgrade von 0·85 bei 25 kg/m² und 0·82 bei 30 kg/m² Heizfläche in der Stunde erzielt. Diese Wirkungsgrade sind nur um 1·5 vH geringer als die mit der Zentralmahlanlage erreichten. Alle Anzeichen deuten darauf hin, daß es bei einiger Verbesserung der Feuerraumkonstruktion möglich sein wird, den Unterschied in den Wirkungsgraden ganz zum Verschwinden zu bringen. Die Leistungen wurden in diesem Falle nur dadurch begrenzt, daß die verwendeten Mühlen zu klein waren. Es ist keine Ursache zu der Annahme vorhanden, daß die Einzelmühlenanlage eine geringere Leistungsfähigkeit habe als die zentrale, wenn man von einer schon etwas veralteten Installation absieht. Im allgemeinen kann man jedenfalls behaupten, daß die Verwendung der Einzelmühlen ständig zunimmt und daß, bevor man sich wirklich zu einer zentralen Anlage entschließt, noch einmal genau die Anlage- und die Betriebskosten beider Systeme miteinander vergleichen soll. Stip.

(Power, Bd. 65, Nr. 13, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 235; 1927, Heft 6, S. 107; Heft 39, S. 826.

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Die spezifischen Gewichte hydroelektrischer Anlagen, die Gewichte pro PS, bezw. pro kVA, werden an Hand Schweizer Kraftwerke von Prof. Dr. W. Wyssling, Zürich, in der Schweizerischen Bauzeitung, Bd. 89, Nr. 4, 1927, wie folgt angegeben:

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 107; Das Elektrizitätswerk 1925, S. 240.

Digitized by Google

Kraftwerk	Baujahr	Turbinenfirma	Bauart	N PS	n U/min	H m	Q m³/s	kg/PS	Elektr. Firma	Phasenzahl	kVA	V	Per/s	n U/min	kg/kVA
Niederdruckanlagen															
Matte	1891	Bell	Jonval	150	41	1·5—3·4	12·5—5·5	177·5	NFO	—	98	140	—	375	70
Ruppoldingen	1896	Bell	Jonval	300	28·5	1·9—3·6	19·7-10·4	105	BBC	2	250	5000	40	28·5	107
Chèvres	1896	EWC	Diagonal	800—1200	80	4·3—8·5	20·2-15·3	31·6	CJEM	2	1000	2750/5500	45	80	73
Rheinfelden	1893	EWC	Jonval	840	55	3·2	28·5	110	AEG	3	720	6800	50	55	100
Chèvres	1899	EWC	Fourn	850—1200	120	4·3—8·5	21·5-15·3	39·2	CJEM	2	1000	5000	46	120	40
Schaffhausen	1900	EWC	Francis	350	60	3·5—4·5	10·0—7·8	116/40·7	MFO	3	300	2100	50	167	—
Beznau	1902	Bell	Francis	900—1200	66·7	3·2—3·7	28·0-32·5	53·6	BBC	3	1000	8000	50	66·7	47
Schaffhausen	1908	Bell	Francis	520—450	75	3·7—5·5	14·2—8·1	35·5	MFO	3	575	2100	50	75	57·2
Augst	1912	EWC	Francis	2200—3000	107	6·0—7·4	35·0-40·0	66·6	BBC	3	3000	6800	50	107	22·7
Eglisau	1920	EWC u. Bell	Francis	4080—6000	83·4	8·25—10·97	47·6-52·5	28	MFO	3	5150	7600—8500	50	83·4	24·3
Matte	1922	Bell	Schrauben	298/340	171/214	3·45	7·9—9·0	44·2	BBC	3	250/275	6000	40/50	171/214	40·7
Chèvres	1922	Charm	Konus	2150	130·4	7·5	28·0	17·1	BBC/1899	2	1000	6000	50	130·4	44
Wynau	1923	Vevey	Propeller	1100—2700	107	2·5—5·2	42·0-45·0	30	BBC	3	2200	9500	50	107	25·4
Ruppoldingen	1925	Charm	Propeller	1000	94	4·1	21·6	25·2	BBC	3	680	7700—8400	50	94	39·6
Glattfelden	1925	EWC	Propeller	365	500	7·2	4·75	42	BBC	3	400	500	50	500	14·2
Hochdruckanlagen															
Waldhalde	1895	EWC	Girard	400	360	62—74	0·62	27·6	BBC	2	350	5300	42	360	42·9
Combe-Garot	1897	Piccard	Girard	400	310	88	0·55	22·5	CJEM	—	270	1800	—	310	40·7
Obermatt	1905	Bell	Pelton	2500	300	300	0·78	8·1	MFO	3	1850	6000	50	300	21·5
Oelberg	1910	Rieter	Francis	2000—2500	187·5	17·7—20·2	11·2-12·0	16	Alioth	3	1700	8600	50	187·5	26
Albula	1910	EWC	Francis	3000—3300	600	143 - 153	2·1-2·27	8·35	MFO	3	2450	7000	50	600	10·6
Siebnen	1924	EWC	Francis	14750-17500	500	176—197	7·4-7·85	4·7	MFO	3	16500	8800	50	500	6·9
Lungernsee	1924	Bell	Francis	12000	500	156	7·0	7·0	BBC	3	12000	8000—8400	50	500	6·1
Barberine	1925	Bell	Pelton	15600	333	720	2·0	3·3	BBC	1	10000	15000	$16^2/_3$	333	22·2

Über Erosionsversuche berichtet Dr. E. Honegger. Erosionen kommen bei Dampfturbinen in Frage, sie werden durch das Kondenswasser hervorgerufen. Zur Untersuchung der Erosion wurden die zu prüfenden Materialien in Form zylindrischer oder prismatischer Stäbchen radial in den Umfang eines Rades geschraubt, das durch einen Elektromotor angetrieben wurde. Bei der größten erreichbaren Drehzahl betrug die Umfangsgeschwindigkeit 225 m/s. Ein feiner zur Radachse paralleler Wasserstrahl durchquert die Bahn der Probestäbe. Die so auf das Material wirkende Wassermasse ist sehr viel größer, als bei der Dampfturbine, so daß die Erosion sehr rasch erfolgt. Es wurden, um den Einfluß der Tropfengröße zu untersuchen, ein Strahl von 1·5 mm Durchmesser und daneben auch neun Strahlen von 0·5 mm Stärke in solcher Verteilung verwendet, daß die Stäbe auch auf 1·5 mm Länge der ausfressenden Wirkung des Wassers ausgesetzt waren. Das Wasser trat mit 4 at, demnach mit 28 m/s aus den Düsen aus. Die Versuche ergaben, daß die Erosion vom Material abhängt, daß sie mit zunehmender Geschwindigkeit rasch zunimmt. Materialien, die bei 120 m/s noch nicht angefressen waren, wiesen bei 200 und 225 m/s tiefe Löcher auf. Die Gewichtsverminderung nimmt zuerst rasch zu, um dann wieder allmählich auf kleinere Werte zu fallen. Bei 125, 150, 175, 200 und 225 m/s stellte sich der spezifische Gewichtsverlust der untersuchten Materialien (Rapid-Drehstahl, weicher rostsicherer Cr-Stahl, hochlegierter Ni- und Cr-Ni-Stahl) der Reihe nach auf 0·0—0·02, 0·01—0·12, 0·08—0·3, 0·22—0·5 und 0·5—0·87 × 10^{-6} g. Eine Härtung der Stähle erwies sich als günstig. Ni-Stahl ist dem Cr-Stahl überlegen, letzterer hat um 60 vH höhere Gewichtsverluste. Gezogenes Material verhält sich günstiger als gewalztes. Nach 1, 2 und 4 Stunden stellt sich der spezifische Erosionsverlust bei gewöhnlichem Grauguß auf 0·520, 0·308, 0·296, bei Perlitguß auf 0·005, 0·097 und 0·148 × 10^{-6} g. Der Einfluß der Tropfengröße ist sehr erheblich. (Siehe Tabelle auf S. 896.) Durch elektrolytische Verchromung wird die Erosion wesentlich herabgedrückt, so bei 5 vH Ni-Stahl bei 200 m/s und 1·5 mm Düsendurchmesser nach $2^1/_2$ Stunden von ursprünglich 0·0099 auf 0·0064 bezw. 0·0008 nach 15 min bezw. 2 Stunden Verchromungsdauer. Solange die Oberfläche des Materials blank ist, erfolgt die Erosion sehr langsam, mit beginnender Aufrauhung aber sehr rasch bis zu einer gewissen Anfressungstiefe, bei welcher das anhaftende Wasser dämpfend wirkt. Die Abhängigkeit von der Geschwindigkeit v kann etwa durch

$$\text{Spezifischer Erosionsverlust} = K(v-125)^3$$

ausgedrückt werden. Ein Zusammenhang zwischen Erosion und Brinellhärte ist nur bei Materialien mit gleichem Aufbau zu beobachten.

Digitized by Google

Material	Geschwindigkeit m/s	Versuchsdauer h	Spezifischer Erosionsverlust bei 1 Düse	Spezifischer Erosionsverlust bei 9 Düsen
Rostsicherer Cr-Stahl, gezog.	200	0 5	0·298	0·031
5 vH Ni-Stahl	200	9	0·207	—
5 vH Ni-Stahl, gewalzt	200	18	—	0·027
5 vH Ni-Stahl, gewalzt	150	18	0 103	0·006

β.

(BBC-Mitteilungen, 14. Jahrg, Heft 4, 1927.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Über die Wahl der Trägerfrequenzen für die Tonfrequenztelegraphie. Von F. Lüschen und K. Küpfmüller. Durch die bei der Mehrfachtonfrequenztelegraphie notwendigen Wellensiebe oder Frequenzfilter werden die Telegraphierzeichen abgeflacht. Es ist eine gewisse Zeit erforderlich, bis der Einschwingvorgang und am Ende des Zeichens der Ausschwingvorgang abgelaufen ist. Die Dauer dieser Ausgleichsvorgänge ist von der Größe der in den Kondensatoren und Spulen aufgespeicherten Energie im Vergleich zu der in Wärme umgesetzten Energie abhängig. Zur einfacheren Betrachtung dieser Zusammenhänge kann man diese Ausgleichsvorgänge auch als Folge der Begrenzung des Spektrums durch das Wellensieb ansehen. Die von einem Telegraphensender ausgesandten Zeichen umfassen im allgemeinen Teilschwingungen, deren Frequenzen über einen großen Bereich verteilt sind. Bei der Gleichstromtelegraphie hat man die größten Amplituden in der Nähe der Frequenz Null, während man bei der Wechselstromtelegraphie die größten Amplituden in der Umgebung der Trägerfrequenz vorfindet. Durch die eingebauten Wellensiebe wird nun ein großer Teil dieser Teilschwingungen durchgelassen werden, welche im Durchlässigkeitsbereich des Siebes, also zwischen den beiden Grenzfrequenzen ω_2 und ω_1 liegen. Die Breite des Durchlässigkeitsbereiches wird mit $w = \omega_2 - \omega_1$ bezeichnet. Für die Dauer τ des Einschwingvorganges wird $\tau = c/w$ angegeben, wobei c eine Konstante ist, deren Größe durch Versuche zu 4·8 bis 5·5 gefunden wurde. Der theoretisch an einem idealen Wellensieb ermittelte Wert dieser Konstante ist $c = 5{\cdot}5$. Bezeichnet man mit R_1 und R_2 die Größe der Sender und Verbrauchswiderstände und mit Va und Ve die Spannungen am Anfang und Ende des Wellensiebes, so ergibt sich die Dämpfung nach Breisig zu

$$b = ln \frac{Va}{2\,Ve} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}.$$

Als praktische Grenzfrequenzen bezeichnet man die Frequenzen, bei denen diese Dämpfung um $b = 0{\cdot}5$ größer ist als die Minimaldämpfung. Telegraphiert man über ein solches Wellensieb mit immer wachsender Geschwindigkeit, so kommt man schließlich an eine Grenze von der ab die Telegraphiezeichen unlesbar werden. Diese Grenze wird durch das Verhältnis der Einschwingzeit τ zur Punktdauer t_0 und durch die Empfindlichkeit der Relais bestimmt. Je höher die Empfindlichkeit der Relais ist, desto größer kann das Verhältnis τ/t_0 sein. Versuche haben ergeben, daß für den Wheatstone-Telegraphen das Verhältnis τ/t_0 maximal 1·85 (bei $\tau = 30$ ms entsprechend einer Geschwindigkeit von 416 Zeichen/min), beim Siemens-Schnelltelegraphen 1·5 ($\tau = 30$ ms, 600 Zeichen/min), und beim Siemens-Tastenschnelltelegraph 1·55 ($\tau = 30$ ms, 444 Zeichen/min) sein darf, damit noch ein einwandfreier Empfang möglich ist. Derartige Höchstleistungen können aber im normalen Betriebe nicht zugelassen werden, da die hierbei erforderliche hohe Relaisempfindlichkeit leicht Anlaß zu Betriebsstörungen durch Fremdströme gibt. Zur Erzielung einer genügenden Betriebssicherheit soll in der Praxis die Einschwingzeit nicht größer sein, als die Punktdauer, das heißt $\tau = t_0$. Es werden dann einige Gleichungen für die Punktfrequenz $f_p = 1/2\,t_0$ oder $\omega_p = \pi/t_0$ angegeben, welche für obige Bedingung in $\omega_p = \pi/\tau$ übergeht. Durch Einsetzen des früheren Wertes für τ erhält man dann $\omega_p = \frac{\pi}{c} \cdot w$. Das Verhältnis von Punktfrequenz ω_p zur Breite w des übertragenen Frequenzbandes ergibt sich als eine Konstante $k = \omega_p/w$, worin k zwischen 0·57 und 0·65 liegt. Es ist dann notwendig, für die einzelnen Telegraphiersysteme die Punktfrequenzen zu kennen, um dafür erforderliche Durchlässigkeitsbereiche der Filter zu bestimmen. Diese Punktfrequenzen liegen bei den in der Praxis gebräuchlichen Telegraphiersystemen zwischen 15 und 60 Hertz, was Durchlässigkeitsbreiten von 26 bis 105 Hertz entspricht. Bei der Wahl der Trägerfrequenzen muß man nun noch die Phasenverzerrung in den Leitungen und das Auftreten von Kombinationsschwingungen infolge nicht linearer Eigenschaften der Übertragungssysteme, speziell der Verstärker berücksichtigen. Aus diesen Gründen soll man den Durchlässigkeitsbereich der Wellensiebe um etwa 40 vH größer machen als sich aus obigen Gleichungen ergibt. Für die Größe der einzelnen Trägerfrequenzen wird angegeben, daß sie alle ungerade Vielfache einer einzigen Zahl sein sollen. Für den wirtschaftlich günstigsten Abstand d der einzelnen Trägerfrequenzen wird angegeben $d = 1{\cdot}85\ w$. Die Trägerfrequenzen sollen mit Rücksicht auf die für die Übertragung benutzten Pupinkabel und mit Rücksicht auf Störungen der im selben Kabel verlaufenden Telephonleitungen zwischen 300 und 1800 Hertz liegen. Die Phasenverzerrung in Pupinleitungen hat zur Folge, daß die Einschwingzeit größer wird und zwar um den Unterschied der Laufzeiten der Frequenzen im Durchlässigkeitsbereich. Durch diese Phasenverzerrung wird die Reichweite 1 des betreffenden Tonfrequenzkanales verkleinert. Als Reichweitengrenze wird angegeben, daß der Zuwachs der Einschwingzeit nicht größer als 10 vH sein soll. Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 4, Heft 4, 1927.)

Patentbericht.

Relais.

Das Relais nach einer Erfindung von Bernhard Weiner in Prag soll den Nachteil der Unzuverlässigkeit der Kontakte auf ein Mindestmaß reduzieren, indem es für beliebig viele voneinander unabhängige Stromwege, die das Relais zu betätigen hat, nur einen einzigen Kontakt vorsieht. Ein geschlossener Eisenkern trägt zwei gegeneinander gewickelte an Gleichstromquellen angeschlossene, gleichförmig gewickelte Spulen, deren Zahl den zu schließenden Stromkreisen entspricht und die je über die Wicklung eines Elektromagneten führen. Die induktiven Widerstände der Spulen sind so groß, daß nahezu die gesamte Spannung abgedrosselt wird und daher die mit den Spulen verbundenen Elektromagnete nicht ansprechen. Wird aber eine der Gleichstromspulen von einem so starken Strom durchflossen, daß der Eisenkern magnetisch gesättigt ist, so verschwindet der induktive Widerstand und die Elektromagnete können ansprechen. Das Öffnen des Relais erfolgt durch Einschalten der zweiten Gleichstromquelle.

(Ö. P. Nr. 106393.)

Man hat zur Vermeidung von Funkenbildung und zur Schonung der Kontakte bereits vorgeschlagen, ein Relais so durchzubilden, daß die starken Ströme nicht an den die Bewegung des Relais einleitenden Steuerkontakten — den Vorsteuerkontakten — unterbrochen zu werden brauchen. Die Schaltung wurde so eingerichtet, daß die Vorsteuerkontakte nach beendeter Schaltbewegung des Relais durch mit dem Relaisanker verbundene Hauptsteuerkontakte stromlos werden. Nach der Erfindung der Firma Piepmeyer & Co. in Kassel-Wilhelmshöhe wird bei einem derartigen Relais zwecks Vereinfachung der Durchbildung die Sperrung des Ankers in einer Endlage und auch die Auslösung der Sperrvorrichtung bei Betätigung des Relais durch die gleiche Magnetspule bewirkt, die auch die Bewegung des Ankers herbeiführt. Weiter ist der Anker in dieser einen Magnetspule bewegbar, und der Erregerstrom der Spule wird durch die Hauptsteuerkontakte während der Bewegung des Ankers dann ausgeschaltet, wenn dieser ungefähr in der Mittellage ist, so daß er

Digitized by Google

seine Bewegung infolge seiner Trägheit bis zur Erreichung der Endstellung fortsetzen kann. Zweckmäßig wird die Sperrvorrichtung durch Ausschalten des Erregungsstromes an den Hauptsteuerkontakten einschaltbar gemacht, die vorzugsweise verstellbar und doppelseitig angeordnet sind. (Ö. P. Nr. 105734.)

Es sind Relais bekannt, bei denen elektrische Anziehungs- oder hieraus sich ergebende Reibungskräfte durch einen galvanischen Strom hervorgerufen werden,

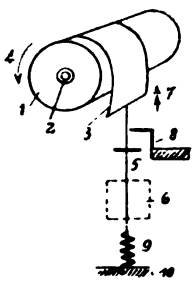


Abb. 1.

der durch zwei einander unmittelbar berührende feste Körper und deren Berührungsfläche hindurchfließt (Johnsen und Rahbeck).[1]) Gemäß einer Erfindung der Firma Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. in Berlin werden Mittel vorgesehen, welche dafür sorgen, daß mit Vermehrung der Zugkraft infolge Vergrößerung des galvanischen Stromes oder der Spannung an der Berührungsfläche gleichzeitig der Abstand der einander berührenden Körper mechanisch verringert wird, so daß hierdurch eine zusätzliche Vergrößerung der Anziehungs- bezw. resultierenden Reibungskräfte hervorgerufen wird. Eine Walze 1 (Abb. 1) aus einem Halbleiter mit einer metallischen Achse 2 dreht sich ständig in der Richtung des Pfeiles 4 und wird von einem dünnen metallischen Band 3 berührt. An einer mechanischen Verbindung 5 ist bei bekannten Einrichtungen gewöhnlich ein Gewicht 6 angehängt. Wird zwischen 2 und 3 eine Spannung angelegt, während die Walze rotiert, so wird das Band 3 in der Richtung des Doppelpfeiles 7 mitgenommen, und zwar so weit, wie es das Gewicht 6 oder ein Anschlag 8 erlaubt. Bei einer solchen Verwendung wird regelmäßig der Zug an 5 unverändert bleiben und nur abhängig sein von der Größe des Gewichtes 6. Es sind auch an Stelle von Gewichten bereits Federn verwendet worden, aber immer nur, um eine äußere konstante Kraft auszubalancieren. Im Gegensatz hiezu wird bei der Erfindung gerade eine inkonstante Gegenkraft benötigt, die unter Fortlassung des Gewichtes durch eine Spiralfeder 9 geliefert wird, die an dem festen Punkt 10 befestigt ist. Die Zugkraft an 5 nimmt entsprechend der Spannung der Feder 9 zu, infolgedessen auch der radiale Druck des Bandes 3 auf die Walze 1 und damit wieder die Anziehungskraft. (D. R. P. Nr. 442274.)

Gegenstand einer Erfindung der Firma C. Lorenz Akt.-Ges. in Berlin-Tempelhof ist ein Relais, insbesondere für Wechselstrom, bei dem ein oder mehrere Federkontakte Verwendung finden. Die bisher bekannten Relais dieser Art haben den Nachteil großen Stromverbrauchs, der insbesondere dadurch bedingt ist, daß bei Kontaktschluß die Federkraft des einen Kontaktes überwunden werden muß oder daß der Anker als Hebel-

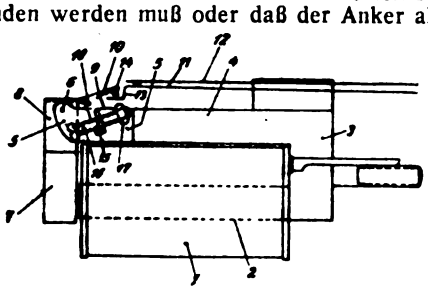


Abb. 2.

arm des den Kontakt schließenden Ansatzes ausgebildet ist. Derartige Anordnungen haben den weiteren Nachteil, daß die Kontakt machenden Teile in zusammengebautem Zustande nicht ohne weiteres zugänglich sind, so daß man das betriebssichere Arbeiten der Kontakte während des Betriebes nicht verfolgen kann. Diese Nachteile werden durch das neue Relais dadurch vermieden, daß einerseits unter Verwendung eines an sich bekannten Prinzips der durch den Anker 7 (Abb. 2) bewegte, zwischen der Spule 1 und dem Gegenkontakt 2 liegende Kontakt 11 im gleichen Sinne wie die Anzugskraft des Ankers wirkt, andererseits aber aus dem Kontaktfedernsatz nur der durch den Anker 7 bewegte, zwischen der Spule 1 und dem Gegenkontakt 12 angeordnete Kontakt 11 an der von der Spule abgekehrten Seite in einer die leichte Zugänglichkeit gewährleistenden Weise übergriffen wird. Die Anordnung bietet überdies den Vorteil, daß die Ankeranzugsbewegung durch die Federkraft des Kontaktes oder der Kontakte unterstützt wird.

(D. R. P. Nr. 429550.)

Die meisten Relais beruhen auf der Anziehung eines Ankers durch den Magneten, nur bei den polarisierten Relais wird Anziehung und Abstoßung des Ankers ausgenützt. Die Verwendung abstoßender Kräfte hat gegenüber der Verwendung anziehender Kräfte den Vorteil, daß die größte Kraft in der Anfangslage des Ankers ausgeübt wird, wodurch eine Steigerung der Empfindlichkeit erreicht wird. Bewegt sich ein polarisierter Anker zwischen den ungleichnamigen Polen eines Magneten, so ergibt sich aus dem Gesetz, daß Anziehung und Abstoßung annähernd mit dem Quadrate der Entfernung abnehmen, daß sowohl am Anfang als auch am Ende der Bewegung ein Maximum der Kraft erreicht wird, während sich der geringste Kraftwert auf der Mitte der Bewegungsbahn befindet. Dies ist besonders vorteilhaft, da im Anfang die Trägheit und Reibung der Ruhe im Ankergelenk zu überwinden ist, am Ende der Bewegung aber ein möglichst großer Kontaktdruck erzielt werden soll, in der Mitte der Bewegung dagegen nur ein

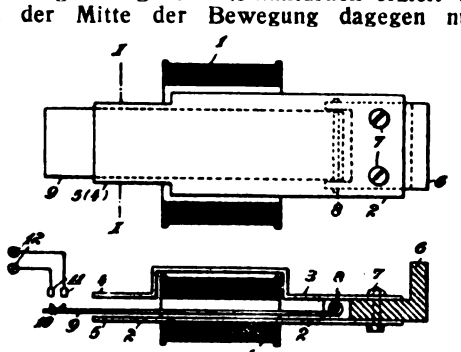


Abb. 3.

Minimum an Kraftbedarf vorhanden ist. Gemäß einer Erfindung der Firma Siemens & Halske A.-G. in Berlin wird dieser Vorteil, der bisher nur in polarisierten Relais mit zwei getrennten magnetomotorischen Kräften, nämlich der des Ankers und des Magneten, zur Geltung kam, auch bei Relais mit nur einer magnetomotorischen Kraft erzielt. Es werden also die beiden aufeinander wirkenden Teile, Anker und Magnet, von derselben Magnetisierungsspule erregt, und zwar wird dies dadurch ermöglicht, daß die Magnetisierungsspule 1 (Abb. 3) zugleich sowohl den Anker 9 als auch einen Teil 2 des Magneten 2, 3 umfaßt. Außer der erhöhten Empfindlichkeit wird durch diese Anordnung eine wesentliche Verkleinerung gegenüber dem Relais mit polarisiertem Magneten erreicht, wobei auch die Vermeidung des teuren und nicht absolut konstanten permanenten Magneten von Vorteil ist.

(D. R. P. Nr. 428585.)

Literaturberichte.

2005 **Kraft- und Wärmewirtschaft in der Industrie.** I. Band, von Dr. Ing. Ernst Reutlinger unter Mitwirkung von Oberbaurat Ing. M. Gerbel; gleichzeitig dritte Auflage von Urban-Reutlinger, Ermittlung der billigsten Betriebskraft für Fabriken. 264 Seiten mit 109 Abb. und 53 Zahlentafeln. Verlag von Julius Springer, Berlin und Wien 1927. Preis geb. Mk. 16·50.

Die Verfasser haben sich die Aufgabe gestellt, die Gesichtspunkte, nach denen eine neuzeitliche Wärmekraftanlage einer Fabrik entworfen werden soll, klarzulegen. Zu diesem Zweck werden die einzelnen Be-

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 498; 1923, S. 755; 1924, S. 559.

Digitized by Google

triebsmittel hinsichtlich Wärmeverbrauch und Betriebssicherheit einer eingehenden Beurteilung unterzogen. Nach dem Grundsatz „Wirtschaftlichste Betriebskosten" weist das Buch auch auf die neuesten Fortschritte auf dem Gebiet der Wärmekrafterzeugung hin. An Hand der zahlreichen Tabellen und Kurven kann sich jeder Betriebsleiter ein ungefähres Bild über die für seinen Betrieb in Betracht kommenden Maschinen und Einrichtungen machen. Sehr wertvoll sind unter anderem die Zahlentafeln über die Anlagekosten, sowie über die zur Raumheizung erforderlichen Wärmemengen.

Stipernitz.

3579 **Principes de L'Électro-Chimie.** (Grundlagen der Elekrochemie.) Von J. Ponsinet. Coll. Armand Colin Nr. 87, Paris 1927. 211 Seiten und 33 Abb. Preis brosch. 9 Frcs.

Der kleine Band stellt in sehr gedrängter Weise die Grundtatsachen des im Titel genannten Gebietes zusammen. Der Versuch, auf so beschränktem Raume auch noch die Anwendungen der elektrochemischen Erscheinungen in Analyse und Technologie zu schildern muß zur mehr oder minder willkürlichen Aufzählung von Beispielen zusammenschrumpfen. Demgegenüber erscheint das Kapitel über die Indikationen ungewöhnlich breit geraten. Die Auswahl der angeführten Literatur ist einseitig, es fehlen wichtige englische und deutsche Werke.

Tavs.

3572 **Tschechoslowakisches elektrotechnisches Jahrbuch 1927 (Elektrotechnická Ročenka ESČ 1927).** Herausgegeben vom Elektrotechnický Svaz československý, Prag III, Cihelná 2 (Schriftleitung V. Ptáček). 328 Seiten mit 120 Abb., 60 Tabellen, 6 Karten. Preis geb. 160·— čK.

Das Buch bringt ausführliche Nachrichten aus allen Gebieten der Elektrotechnik, soweit sie das Gebiet der ČSR betreffen. Nach einem Tätigkeitsbericht des Verbandes „Elektrotechnický Svaz československý" für das Jahr 1926 sind zehn neu aufgenommene Vorschriften und Normen veröffentlicht. Der allgemeine Teil enthält eine Liste von diplomatischen Vertretungen und öffentlichen Behörden, dann Diagramme, welche die Bewegung verschiedener Material- und Warenpreise und des tschechoslowakischen Außenhandels darstellen (Einfuhr elektrotechnischer Waren im Jahre 1926 210 Mill. čK, Ausfuhr 50 Mill. čK), dann Tabellen für die amtliche Eichung von Elektrizitätszählern, ein Verzeichnis von neuen elektrotechnischen Patenten und Texte neuer Gesetze und Verordnungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik. Der Teilnahme des Staates an der systematischen Elektrisierung des Landes sind drei Aufsätze gewidmet. Es folgen ausführliche Angaben über den Studiengang an den technischen Hoch- und Gewerbeschulen der ČSR. Den im laufenden Jahre in der wissenschaftlichen Welt gefeierten Jubiläen der Begründer der elektrotechnischen Wissenschaft wie Volta und Edison und des Altmeisters der Elektrotechnik Franz Křižik sind besondere Artikel gewidmet. Monographien über die großen elektrotechnischen Fabriken, wie Kolben, Škoda usw., geben eine Übersicht über den gegenwärtigen Stand der tschechoslowakischen Elektroindustrie.

Ein sehr umfangreicher Teil des Jahrbuches ist den Elektrizitätswerken gewidmet. Nach einem Berichte von Prof. V. List, dem als Organisator des Elektrotechnischen Vereines in der Tschechoslowakei ebenfalls ein besonderer Aufsatz gewidmet ist, über die Tätigkeit von 22 gemeinnützigen Elektrizitätswerken im Jahre 1925 folgt eine ausführliche Statistik von 417 selbständigen Elektrizitätswerken. Einige wichtige Daten seien hier herausgehoben: Bei den erstgenannten Werken betragen die gesamten Investitionen über 1 Milliarde čK, die Reingewinne 7·5 Mill. čK, die Länge der Hochspannungsleitungen 9400 km, die Krafterzeugung beträgt 282 Mill. kWh. Im Jahre 1925 betrug die gesamte Krafterzeugung in in der Tschechoslowakei 1300 Mill. kWh oder 96 kWh pro Einwohner, was einen jährlichen Zuwachs von 7 vH bedeutet, die Gesamtlänge der Hochspannungsleitungen betrug 13.500 km (jährlicher Zuwachs 18 vH). Die in Angriff genommene Elektrisierung der Bahnen ist in vier Artikeln beschrieben. Das Gebiet der Schwachstromtechnik behandelt die Fernkabel, die automatische Telephonzentrale in Prag und die Entwicklung der Radiophonie. Der Adreßteil des Jahrbuches zählt 4700 elektrisierte Gemeinden auf mit genauen Angaben von Einwohnerzahl, Bezirk, Stromsystem und Spannung, Strompreisen für Licht und Kraft, dann 1000 Adressen von Elektrisierungsgenossenschaften und 2500 Adressen von verschiedenen Industrie- und Handelsunternehmungen und Geschäften.

L. Němec.

Eingelaufene Bücher.

3247 DIN-Taschenbuch 10, Schrauben, Muttern und Zubehör. Herausgegeben vom Deutschen Normenausschuß. 328 Seiten, Beuth-Verlag, 1927. Preis Mk. 6·—[1]).

In gleicher Anordnung wie in den schon besprochenen Taschenbüchern über Grundnormung, Werkstoffnormung usw.[2]) enthält Band 10 die Normblätter folgender Gebiete: Technische Grundnormen, Rohe Schrauben und Muttern, verschiedene Schrauben und Holzschrauben, Schraubenschlüssel, Schraubensicherungen, Paßstifte, Scheiben, Spannschlösser, Verschraubungen, Verankerungen. Die Zusammenstellung ist von gleichem Werte für die Industrie wie die früher erschienenen Bände.

J.

Neue Druckschriften.

Siemens-Schuckert-Werke A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Druckschriften: Nr. 2962. Schnell- und Eilregler. 18 S. mit 16 Abb. (Wirkungsweise und Verwendungsmöglichkeiten des Schnellreglers, Beschreibung verschiedener Eilregler.) — Nr. 3402. Elektrische Tiefenmeßvorrichtung für Brunnen und Bohrlöcher. 4 S. mit 2 Abb.

Beschreibungen: Nr. 1216. Ölausschalter ohne und mit Schutzwiderstand für die Nennstromstufen 200 und 350 A. 8 S. mit 11 Abb. — Nr. 1231. Gekapselter Sterndreieckschalter mit Sprungschaltung. 4 S. mit 2 Abb.

Preislisten: S 3, II. Teil, Mai 1927. Dreipolige Ölausschalter ohne und mit Schutzwiderstand für 200 und 350 A und 3 bis 35 kV. (Siehe Beschreibung 1216.) — S 8, Juli 1927. Streifen- und Röhrensicherungen für Spannungen von 250 bis 35 000 V. — S 12, Mai 1927. Antriebe für Regel- und Anlaßapparate (Handantriebe, Einzel- und Gruppenantriebe für Hand- und Motorbetrieb). — S 13 a, Juli 1927. Stützer und Wanddurchführungen aus Repelit. — J 9 a, Juni 1927. Rohrdrähte. — W 1 b, Nachtrag II, Juli 1927. Elektrische Hochleistungshandbohrmaschinen für 10 und 15 mm Lochdurchmesser. — W 2 b, Juni 1927. Elektrische Handschleifmaschinen. — W 8 h, Juli 1927. Schaltkasten und Verteilungstafeln für Werkzeugmaschinenantriebe.

Briefe an die Schriftleitung.

Beitrag zur Ölschalterfrage. Von H. Kloninger. E. u. M. 1927, Heft 20, S. 397 ff.

In seinem Aufsatz stellt Herr Kloninger an sich bekannte Tatsachen nochmals in übersichtlicher Form zusammen, doch werden hierbei einige Folgerungen gemacht, die nicht unwidersprochen bleiben dürfen.

Auf Seite 399 wird zunächst mit Recht auf die Explosionsmöglichkeit eines Gemisches von Ölgasen und Luft hingewiesen. Wörtlich ist darin weiter zu lesen: „Solche Ölgase und Luftmischungen haben bei nachträglicher Entzündung, wie es scheint, schon zu Störungen geführt." Der Ausdruck: „wie es scheint", hätte ruhig wegfallen können, denn wodurch die Störungen noch anderswie auftreten könnten, verrät, uns Herr Kloninger nicht. Eine Druckerhöhung im Schalter auf 5 bis 6 at dürfte nicht ganz so harmlos sein, wie sie hingestellt wird. Daß die Explosions-Wirkungen wesentlich verheerender werden, wenn das Gemisch unter Vorkompression gebracht wird, ist selbstverständlich und

[1]) Auslieferungsstelle für Österreich, Ungarn und Jugoslawien: Carl Jahoda, Wien, III., Radetzkystraße 11.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, TWN, S. 400; 1926, TWN, S. 179; 1927, Heft 34, S. 698.

Digitized by Google

eine bekannte Tatsache. Man sollte daher nicht durch scheinbar sehr einfache Schlußfolgerungen zu dem Ergebnis kommen, daß eine Vorkompression im Ölschalter nicht auftreten könne. Gerade letztere Erscheinung dürfte die Hauptursache für folgenschwere Schalter-Explosionen sein. Der Vorgang ist bei üblichen Luftkissen-Ölschaltern kurz folgender:

Bei einer schweren Abschaltung mag durch den Ölkolben sämtliche Luft im Schalter verdrängt werden, damit ist auch die Bildung eines explosiblen Gemisches im Schalter nicht möglich. Dies wird auch von vielen anderen Seiten behauptet und hiermit ist meistens die ganze Logik zu Ende. Der Ölkolben bleibt jedoch nicht gegen den Deckel gepreßt, sondern fällt wieder zurück und schafft dadurch wieder Raum zwischen Ölspiegel und Schalterdeckel, der sich mit irgend etwas wieder füllen muß. Da Abschaltgase aus dem Ölschalter und aus den Auspuff-Öffnungen und Luft in erheblicher Menge zur Verfügung stehen, wird dies Gemisch in den Schalter zum Teil zurückgesaugt und so ein explosibles Gemisch gebildet. Der in dem Raum befindliche Ruß schlägt sich durch die elektrostasche Wirkung an den Durchführungen nieder, es treten Gleitfunken auf und schließlich kommt es, wenn das Gemisch eine explosible Zusammensetzung bekommen hat, zur Explosion. Dieser Vorgang deckt sich vollkommen mit den praktischen Erfahrungen, nach denen die Explosion oft erst längere Zeit (bis zu einer Minute und mehr) nach dem Abschaltvorgang stattgefunden hat. Stehlichtbogen können gar nicht zur Erklärung herangezogen werden, denn ein Stehlichtbogen bringt den Schalter unter allen Umständen in kürzerer Zeit zur Detonation.

Ich gebe gerne zu, daß nicht jeder Abschaltvorgang, wie die Betriebsbeobachtungen lehren, wie er eben beschrieben wurde, verläuft. Nehmen wir an, ein Schalter hat zum Beispiel abgeschaltet und ist in Betrieb, während sich noch ein explosibles Gemisch zwischen Ölspiegel und Deckel befindet. Findet nun abermals ein kräftiger Abschaltvorgang statt, so wird das Gemisch durch den Ölkolben komprimiert und nun sind ebenfalls alle Voraussetzungen für eine den Ölschalter vollständig zerstörende Explosion erfüllt. Die Zündung des Gas-Luftgemisches kann durch Erwärmung infolge Kompression, durch Reibung, elektrische Vorgänge, durch glühende Metallspritzer, erfolgen. Auf derartige Vorgänge sind die Explosionen, die Herr Kloninger auf Seite 402 erwähnt, zurückzuführen, wo der Schalter die erste Ausschaltung vertrug und bei der zweiten Schaltung explodierte. Es ist also nicht nötig, mit „wahrscheinlichen Erklärungen" und gewissen Kontaktformen zu operieren; warum scheut man sich denn, das Kind beim rechten Namen und das Gas als stets vorkommender Explosionsstoff zu nennen?

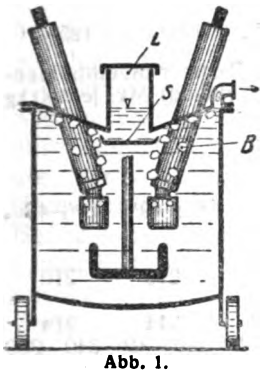


Abb. 1.

In dieser Erkenntnis ist die Lösung des Problems doch so einfach wie nur möglich: man braucht nur Luft und Ölgase im Schalter zu trennen, wie dies beim Höchstleistungsschalter der Emag geschieht. In diesem Schalter ruht der Deckel direkt auf dem Ölspiegel, wodurch auch der schlagartige Druck des emporgeschleuderten Ölkolbens in Fortfall kommt. Da derartige Schalter in großer Anzahl unter den schwersten Bedingungen im Betriebe sind, ohne bisher versagt zu haben, kann man wohl annehmen, daß dieser Weg zumindestens nicht falsch ist. Angesichts dieser Tatsache nehmen sich die Worte des Herrn Kloninger auf Seite 401: „es ist deshalb ein Unsinn, luftkissenlose Ölschalter für nennenswerte Abschaltleistungen bauen zu wollen" recht merkwürdig aus. Wir wollen nicht nur luftkissenlose und überdruckfreie Ölschalter bauen, sondern wir tun dies mit den besten Erfolgen bereits seit vier Jahren. Irgend ein Überdruck in dem Schalter kann nicht auftreten, wenn der Schalter nach Abb. 1 konstruiert ist[1]). Die Druckwelle nimmt ihren Ausgang von den sechs Löschkammer-Öffnungen, da diese die Schaltgase ausströmen. Läßt nun der Gasabfangschirm *S* zwischen Deckel und Expansionsraum *L* einen Querschnitt frei, der ein Vielfaches der Summe der sechs Löschkammer-Öffnungen verträgt, so kann das verdrängte Öl schnellstens in den Raum *L* entweichen, ohne daß eine nennenswerte Druckerhöhung im Schalter auftritt. Die Schaltgase werden durch die in *L* hochgestiegenen Ölmengen durch die Auspuff-Öffnungen ins Freie gestoßen.

Die Gefahr einer Schalterzerstörung durch Explosion eines Ölgas-Luftgemisches ist beim Emag-Schalter nicht vorhanden, weil letzteres nicht entstehen kann. Die in allen Zeitschriften in den letzten Jahren so vielfach umstrittene „Ölschalterfrage" ist durch kleine Experimentchen mit einem Bruchteil der wirklichen Schaltleistungen nicht zulösen. Nur die Konstruktionen, die Explosionsstoff und Zündmittel vermeiden, sind an sich die Lösung der Ölschalterfrage. Die Unfälle der Praxis lehren alle vollkommen übereinstimmend: 1. Ölschalter-Explosionen durch explosibles Gemisch; 2. Zellen-Explosionen durch explosibles Gemisch; 3. Schalthaus-Explosionen durch explosibles Gemisch. Da die Vermeidung dieses Gefahrstoffes so außerordentlich einfach ist, ist es auch nicht nötig, ihn durch irgendwelche gezwungene, undeutliche Erklärungen wegzudisputieren.

Frankfurt a. Main, 20. Juli 1927. *P. Bendmann.*

Erwiderung:

Ich habe in dem Aufsatz gezeigt, daß die Bildung von explosiblen Gasluftmischungen im Schalter möglich ist. Daß Störungen am Schalter durch eine Zündung des Gasluftgemisches entstehen können, scheint mir ohne weiteres möglich und doch ist mir noch kein einziger Störungsfall bekannt, wo die Ursache deutlich auf diese Explosion zurückzuführen gewesen wäre. In allen mir bekannten Fällen waren andere näherliegende Ursachen, wie ungenügende mechanische Festigkeit des Schalters, zu geringe Kontaktgeschwindigkeit, zu kleiner Abschaltweg, Kontaktabhebung und Verschweißung usw. als Ursachen der Störung feststellbar. Dies ist der Grund, warum ich den Ausdruck „wie es scheint", verwendete.

Die Darstellung des Schaltvorganges und der Ölbewegung auf Seite 398 und 399 ist nicht nur eine Kette einfacher Schlußfolgerungen, sondern die Wiedergabe der wiederholt beobachteten wirklichen Vorgänge. Von verschiedener Seite wurden diese Vorgänge in Ölschaltern mit Glaszylindern beobachtet und mit der Zeitlupe aufgenommen. Es sind auf diese Weise Abschaltleistungen bis über 6000 kVA bewältigt worden, wobei die Bewegung des Ölkolbens und die Luftverdrängung immer deutlicher werden, je größer die abgeschaltete Leistung wird. Diese direkten Beobachtungen wurden auch indirekt bei den größten Betriebsleistungen durch Messung der entwickelten mechanischen und dynamischen Kräfte bestätigt, so daß an der Richtigkeit dieser Auffassung ernstlich kaum mehr zu zweifeln ist. Man ist heute von der früheren Auffassung weit entfernt, wonach die Gase in einzelnen Bläschen aufsteigen. Dies mag bei außerordentlich geringen Abschaltleistungen zutreffen, jedoch niemals, wenn es sich um einige 1000 kVA oder mehr handelt.

Herr Obering. Bendmann gibt an, daß der Ölkolben nicht gegen den Deckel gepreßt bleibt, sondern wieder zurückfällt. Dies kann nicht zutreffen, bevor die Gasblase hochgestiegen ist und den Ölkolben durchbrochen hat. Auch dann kann aber keine Luft eintreten, weil der innere Überdruck das Eintreten der Luft so lange verhindert, bis ein vollständiger Druckausgleich sich durch Auspuffen der Gase eingestellt hat. Erst dann kann durch Abkühlung und Kondensation der über dem Öl befindlichen Gase ein Unterdruck geschaffen

[1]) Vgl. E. König, Moderne Schalt- und Schutz-Apparate in Großkraftanlagen. E. u. M. 1926, S. 487, Abb. 7.

Digitized by Google

werden, welcher durch Einsaugen von Luft ausgeglichen wird. Die Verhältnisse sind aber dann für eine Zündung des Gasluftgemisches recht ungünstig und auch im Falle einer solchen Zündung würde, wegen völligem Mangel an Vorkompression, der entsprechende Überdruck höchstens 5 bis 6 at betragen, was ich für zweckmäßig gebaute Schalter als ungefährlich betrachte.

Auch bei einer zweiten Abschaltung ist bei dem Verhältnis der Auspufföffnungen zur Gesamtmenge des Gasluftgemisches über das Öl eine nennenswerte Vorkompression nicht möglich. Außerdem sind auch dann, bevor der Ölkolben hochgestiegen und die Gasluftmischung wieder herausgetrieben werden ist, die Verhältnisse für eine Zündung recht ungünstig.

Die Möglichkeit der Bildung eines Kriechweges am Isolator über das Ölniveau ist bei zweckmäßig konstruierten Hochspannungsölschaltern ausgeschlossen, weil der Metallflansch im Öl eintaucht und somit sich kein Kriechweg im Luftkissen bilden kann.

Im übrigen scheint es mir zwecklos über die Möglichkeit einer Explosion des Gasluftgemisches zu streiten, denn die statischen und dynamischen Beanspruchungen, die, wie ich es dargestellt habe, bei einer normalen Abschaltung entstehen können, sind bedeutend größer und doch für richtig konstruierte Schalter ungefährlich.

Herr Obering. Bendmann glaubt die Kritik, die ich an sogenannten luftkissenlosen Schaltern ausgeübt habe, auf seinen Schalter der Emag beziehen zu müssen. Meiner Auffassung nach kann man diesen Schalter nicht als luftkissenlos bezeichnen, da das unerläßliche Luftkissen sich in der Ausgleichmulde befindet und nur durch einen Abfangtrichter für die Gase vom eigentlichen Schalter getrennt ist. Ich bin nach wie vor der Ansicht, daß es ein Unsinn wäre, Ölschalter ohne Luftkissen bauen zu wollen, da diese dem bei der Abschaltung entstehenden Überdruck wegen der Unkomprimierbarkeit des Öles nicht standhalten würden. Es muß eine Ausweichmöglichkeit für das Öl geschaffen werden und da man begreiflicherweise bei der Abschaltung nach Möglichkeit kein Öl auswerfen will, so muß eben Luft komprimiert oder herausgedrückt werden. Ob nun das Luftkissen sich direkt über dem Öl befindet, durch einen Abfangtrichter davon abgetrennt ist, oder in seitlichen Lufttaschen angebracht wird, ist zunächst für die Beschränkung des Überdruckes gleichgültig, wenn die Drosselung der Ölbewegung klein gehalten wird. Will man dagegen verhindern, daß der druckwellenähnlich sich in das Öl fortpflanzende Explosionsstoß den nicht elastischen Deckel ungünstig beansprucht, so wird man das Luftkissen am zweckmäßigsten zwischen Ölobefläche und Deckel anordnen.

Ich habe schon gesagt, daß die Drosselung der Ölbewegung durch den Abfangtrichter klein gehalten werden soll, wenn der Überdruck nicht gefährlich werden sollte. Wird der Lichtbogen tatsächlich in der Löschkammer gelöscht, so werden die Ausgleichquerschnitte verhältnismäßig klein sein können. Die Erfahrung zeigt jedoch, daß die Löschung des Lichtbogens nicht immer programmäßig in der Löschkammer verläuft und daß der Lichtbogen oft aus der Kammer herausgezogen wird. Die Gasproduktion wird in diesem Falle wegen der längeren Lichtbogendauer viel größer und es ist dann fraglich, ob die Ausgleichsöffnungen genügend sind, bezw. ob bei genügend großen Öffnungen der Trichter das Aufsteigen der Gase in die Ausgleichsmulde und die Bildung eines Gasluftgemisches dort wirklich vermeidet.

Herr Obering. Bendmann weist darauf hin, daß eine große Anzahl solcher Schalter unter schwersten Bedingungen in Betrieb sind und noch nicht versagt haben. Das gleiche kann man jedoch von vielen Schaltern sagen, die nach fachmännischer Auffassung infolge starker Zunahme der Kurzschlußleistung des Netzes heute bestimmt ungenügend sind. Wollte man nach der Störungsstatistik dieser Schalter urteilen, so würde man dieselben sehr oft als außerordentlich gut bezeichnen, währenddem jeder Fachmann weiß, daß sie systematisch durchgeführten Abschaltversuchen niemals standhalten würden und daß sie auch regelmäßig versagen, wenn sie einen wirklich gefährlichen Kurzschluß abschalten sollten. Im Gegensatz zu Arbeitsmaschinen, die regelmäßig voll beansprucht werden, sind eben bei Ölschaltern Betriebsberichte allein für die Zweckmäßigkeit der Konstruktion nicht maßgebend. Nur systematische, sorgfältig durchgeführte und oszillographisch aufgenommene Versuche können über die wirkliche Leistungsfähigkeit eines Schalters Aufschluß geben.

Zum Schluß möchte ich den Eindruck nicht aufkommen lassen, als ob ich Zellenexplosionen und Schalthausexplosionen durch Zündung von explosivem Gasluftgemisch für unwahrscheinlich oder ungefährlich halte. Im Gegenteil habe ich auf die Gefährlichkeit derselben in meinem Aufsatz hingewiesen und auch auf die Möglichkeit der Behebung durch zweckmäßigen Ölschaltereinbau aufmerksam gemacht. Es besteht jedoch ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Zellen und Gebäuden, die man selbstverständlich nicht druckfest bauen kann und Ölschalter, bei denen die notwendige Druckfestigkeit von 5 bis 6 at ohne weiteres erreicht werden kann.

Baden (Schweiz), 30. Juli 1927.

H. C. Kloninger.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	10. X. 1927	12. X. 1927	14. X. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	125¾	125¾	125¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	48–49	48½–49½	48½–49½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	87—92	87—92	88—93

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 14. Oktober 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	5	0	62	15	0
Wire bars	62	15	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	55	15	0	55	16	3
Standard { 3 Monate .	55	15	0	55	16	3
Zinn:						
Engl. ingots	265	0	0	265	10	0
Standard { Kassa . .	265	0	0	265	10	0
Standard { 3 Monate .	262	0	0	262	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .	22	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	27	10	0	27	3	9
Remelted	27	12	6	—	—	—
English Swansea . .	28	0	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 36.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 30. Oktober 1927 | Heft 44

INHALT: *Das 50periodige Bahn-System mit Krupp-Motoren. Von F. Punga und L. Schön, Darmstadt. S. 901. / Die zusätzlichen Eisenverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren. Von Ing. S. E. Eriksson, ASEA, Västerås, Schweden. (Schluß). S. 904. RUNDSCHAU: Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 914. / Elektrische Meßkunde. S. 915. / Leitungen und Leitungsbau. S. 916. / Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 917. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 917. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 917. PATENTBERICHT. S. 918. LITERATURBERICHTE. S. 919. VEREINSNACHRICHTEN. S. 919. WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 920.*

Das 50periodige Bahn-System mit Krupp-Motoren.

Von F. Punga und L. Schön, Darmstadt.

Die Firma Krupp hat mit der Firma Garbe Lahmeyer & Co. ein neues System elektrischer Zugförderung entwickelt, über das hier nach einem von den Verfassern vor dem elektrotechnischen Verein in Berlin am 2. März 1926 gehaltenen Vortrage berichtet worden ist.[1]) Im Folgenden sollen einige Erweiterungen sowie Versuche beschrieben werden, die später noch gemacht worden sind.

Das System reiht sich dem bisher bekannten System der elektrischen Zugförderung ebenbürtig zur Seite und dürfte berufen sein, in vielen Fällen die vorhandenen Systeme zu verdrängen. Der Hauptvorteil des Systems besteht darin, daß der Bezug von Strom aus vorhandenen Kraftwerken ermöglicht wird, während bei dem in Mitteleuropa verbreiteten $16^2/_3$ Per/s-System eine neue Periodenzahl mit allen ihren Nachteilen vorgesehen ist.

Das neue System steht also in Bezug auf die Forderung der einheitlichen Periodenzahl in naher Verbindung mit dem von Kandó in Ungarn vorgeschlagenen Bahnsystem, bei welchem ebenfalls 50 periodischer Netzstrom direkt zur Bahnversorgung benutzt wird.[2]) In der Ausführung ist das neue System freilich vollständig verschieden, denn es gestattet die Benutzung von Motoren, welche direkt vom Netz 50 periodischen Einphasenstrom beziehen und trotzdem sämtliche Eigenschaften eines Drehstrom-Motors entwickeln.

Über den verwendeten Motor sei hier nur in teilweiser Wiederholung des bereits früher Ausgeführten das Folgende angegeben:

Der Stator erhält zunächst eine normale Einphasenwicklung, die $^2/_3$ des Umfanges bedeckt. Der Rotor ist ebenfalls ein ganz normaler Rotor, wie er für Drehstrom-Motoren gebräuchlich ist, besitzt also gleichmässig verteilte halb geschlossene Nuten und eine Drehstromwicklung. Das neue in dem Motor wird durch den Zwischenrotor dargestellt, welcher sich um die Welle des Rotors bewegen kann und im Allgemeinen synchron läuft und unabhängig von der Tourenzahl des Hauptrotors ist. Der Zwischenrotor erhält eine Kurzschlußwicklung und eine Erregerwicklung. Beide lassen sich in eine einzige normale Drehstromwicklung kombinieren, von der 2 Phasen zur Erregung herangezogen werden, die 3. Phase aber kurzgeschlossen wird. Der Kraftlinienfluß verläuft nun in dem Zwischenrotor in der Hauptsache radial. Der Zwischenrotor kann also mit verhältnismäßig kleiner radialer Höhe ausgeführt werden. Eine Höhe von 6 bis 8 cm genügt für die allergrößten Motoren. Die Schwierigkeit, die zu überwinden war, bestand darin, den magnetischen Widerstand in der peripheren Richtung möglichst groß zu machen und trotzdem die Konstruktion sicher gegen die Zentrifugalkräfte zu machen. Dies wurde dadurch erreicht, daß auf achsial angeordnete Träger Bleche aufgeschoben wurden, die an einigen Stellen der Länge durch Schrumpfringe zusammengepreßt wurden. Die Benutzung von Schrumpfringen führt dazu, daß der Stator zweiteilig gemacht werden muß und daß somit nur die durch 4 teilbaren Polzahlen für diesen Motor benutzt werden dürfen. Um aber gegebenenfalls auch solche Polzahlen, die nicht durch 4 teilbar sind, ausführen zu können, sind inzwischen noch andere Konstruktionen entwickelt worden, über die später einmal berichtet wird. Auf Grund von mehrjährigen Versuchen kann jetzt die Behauptung aufgestellt werden, daß der Zwischenrotor, welcher ja das einzige Neue gegenüber den bekannten Konstruktionen darstellt, als durchaus betriebssicher angesehen werden kann und daß somit irgendwelche Zweifel über die Anwendbarkeit der neuen Motoren auf alle möglichen Arten der Zugförderung ausgeschlossen sind.

Im Folgenden sollen nun Versuche beschrieben werden, die mit der in Ansicht bereits auf Seite 780 (Heft 42 v. J. 1926) dargestellten 600 PS

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 778 ff.
[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 41 ff.; 1925, S. 114 ff.

Digitized by Google

Abraum-Lokomotive ausgeführt wurden. Abb. 1 zeigt einen Schnitt dieser mit 2 kompensierten Einphasenmotoren ausgerüsteten Lokomotive. Ihre Geschwindigkeit betrug ursprünglich 11 km/h. In Anbetracht der großen Überlastungsfähigkeit

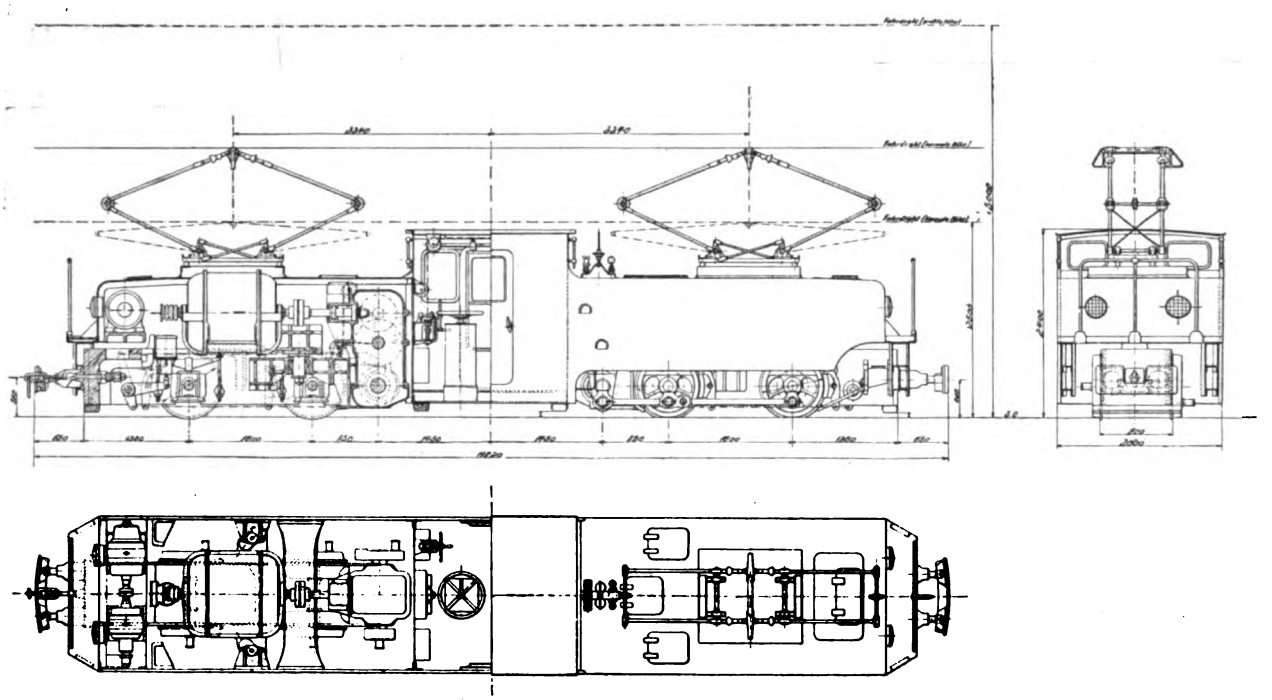


Abb. 1. Elektrische Abraumlokomotive.

der Motoren wurden später die Getriebe für 16 km/h geändert. Jeder der im Drehgestellrahmen vollkommen abgefederten Motoren treibt über ein Getriebe mit Blindwelle die beiden Treibachsen

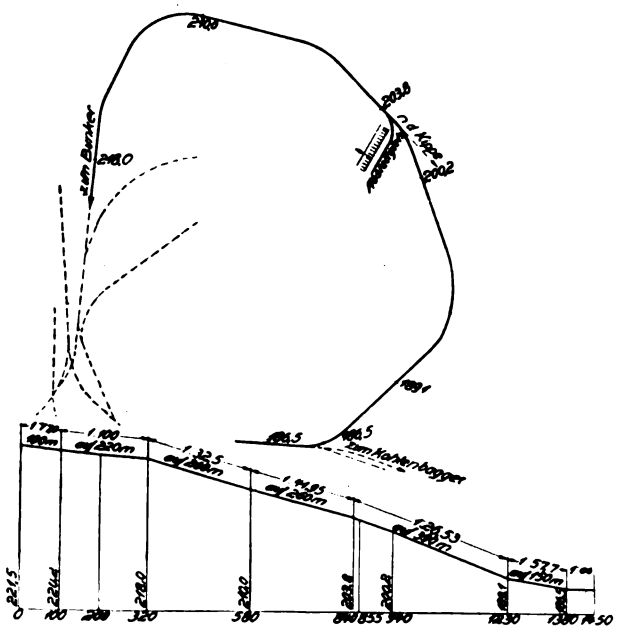


Abb. 2. Probestrecke der Braunkohlengrube Hirschfelde.

eines Drehgestelles an. Die Motoren liegen ziemlich hoch und sind dem im Abraumbetrieben unvermeidlichen Schmutz nur wenig ausgesetzt. Sie sind gut zugänglich und können leicht ausgewechselt werden. Infolge der Verwendung von Kegelrädern fällt die Motorwelle in die Richtung der Lokomotivlängsachse. Durch diese Anordnung wird die Motorleistung bezw. Größe nahezu unabhängig von der Spurweite gemacht. Das ebenso wie die Motoren im Drehgestellrahmen gelagerte Getriebe ist nach neuzeitlichen Gesichtspunkten entworfen und hat bei hohem Wirkungsgrad nahezu unbegrenzte Lebensdauer.

Dank dem Entgegenkommen der Aktiengesellschaft Sächsische Werke war es möglich, die Versuchslokomotive auf der Kohlenbahn des Braunkohlenbergwerks Hirschfelde der genannten Gesellschaft in Probebetrieb zu nehmen. Die zur Verfügung gestellte Probestrecke von 1·2 km Länge war äusserst schwierig. Besonders schlimm war eine 30 m Kurve in der Steigung 1 : 26·5 (Abb. 2). Die Gleichstromlokomotiven befahren diese Steigung bei 420 A Stromaufnahme und 800 V Fahrdrahtspannung mit etwa 8 km/h Geschwindigkeit bei einem Zuggewicht einschließlich Lokomotive von 164 t. Der Probebetrieb wurde derart vorgenommen, daß der vom Bagger kommende Kohlenzug in die Spitzkehre einfuhr, mit der Wechselstromlokomotive gekuppelt und von beiden Lokomotiven zusammen mit 16 km/h die Steilrampe hinaufgedrückt wurde. Bei km 1·2 von der Spitzkehre aus gerechnet, mußte die Wechselstromlokomotive abgekuppelt werden, da hier die Zuleitung aufhörte (es kam nämlich unmittelbar hinter dieser Stelle ein Abraumgleis, das nicht mit dem Wechselstromfahrdraht gekreuzt werden konnte). Nun wartete die Wechselstromlokomotive auf den nächsten Leerzug und bremste diesen unter Stromrückgewinnung bergab. Die Druckluftbremse wurde dabei nicht benutzt und die Gleichstromlokomotive war natürlich ausge-

Digitized by Google

schaltet. Bei der Bergfahrt nahm die Gleichstromlokomotive etwa 250 A bei 1000 V Fahrdrahtspannung auf, während der Stromverbrauch der Wechselstromlokomotive bis zu 300 A bei 1800 V betrug. Entsprechend ihrer Charakteristik übernahm die Wechselstromlokomotive alle sich aus dem Profil ergebenden Leistungsschwankungen auf. Mit Ausnahme einiger Stellen, wo wegen der schlechten Gleisanlage langsam gefahren werden mußte, betrug die Geschwindigkeit 16 km/h. An der vorhin erwähnten 30 m-Kurve bei 38 vH Steigung mußte die Gleichstromlokomotive eine etwas größere Leistung abgeben, weil der Speiseleitungs-Automat höhere Wechselstrom-Belastungen als 300 A nicht zuließ. Der Leistungsverbrauch an dieser Stelle betrug bei 16 km/h etwa 850 PS, eine Leistung, die die Lokomotive an sich noch hätte kurzzeitig abgeben können. In der Steigerung von 38 vH war die Wechselstromlokomotive imstande, den ganzen Zug im Gewicht von 212 t allein in Bewegung zu setzen. Die größte Leistung pro Schicht war 23 Kohlenzüge bergauf und 22 Leerzüge bergab.

Das Ergebnis des Probebetriebes war sehr befriedigend. Es sind zwar einige Störungen vorgekommen, die aber mit dem System nichts zu tun haben, sondern auf Ausführungsfehler zurückzuführen sind. Wenn man bedenkt, daß es sich sowohl bei mechanischen wie bei dem elektrischen Teil um eine völlig neue Ausführung handelt, so ist das Ergebnis vorzüglich zu nennen.

Auf dem Probefahrgeleise der Krupp'schen Fabrik wurden eingehende Zugkraftmessungen durchgeführt. Da das zur Verfügung stehende Dynamometer einen Meßbereich von nur 10 000 kg hatte, mußten die Messungen mit nur einem Motor durchgeführt werden. Kontrollmessungen mit dem zweiten Motor hatten das gleiche Ergebnis. Die Schleudergrenze eines Drehgestells im Gewichte von 24 t ergab sich zu 7·5 bis 8 t bei sauberen trockenen Schienen. Bei gesandeten Schienen konnten Zugkräfte bis zu 9·6 t ausgeübt werden, ohne das ein Schleudern eintrat. Diese Werte liegen über denen, die sich mit Gleichstromlokomotiven gleicher Leistung beim Anfahren erzielen lassen. Dies hat 2 Gründe: Die als Anlasser verwendeten Wasserwiderstände ermöglichen ein stoßfreies Steigern der Zugkraft bis zur Reibungsgrenze. Infolgedessen kann diese auch wirklich erreicht werden. Bei Anlassern mit ausgesprochenen Stufen, wie sie bei Gleichstromlokomotiven erforderlich sind, läßt sich der Strom, der der Reibungsgrenze der Zugkraft entspricht, im allgemeinen nicht einstellen, weil die Widerstandsabstufung zu grob ist. Beim Weiterschalten über eine Stufe, die noch unter der Reibgrenze liegt, wird letztere überschritten und die Räder schleudern, bevor die maximale Zugkraft zur Auswirkung gekommen ist. Bei allen Lokomotiven tritt eine Verschiebung der Achsdrücke ein, wenn am Zughaken eine Kraft wirkt. Einzelne Achsen werden entlastet, dafür steigt bei anderen der Achsdruck. Beim Stangenantrieb, wie er bei der beschriebenen Versuchslokomotive verwendet wurde, kommt diese Verschiebung nach Aussen nicht zur Wirkung. Hat man dagegen Einzelantrieb, wie er bei Gleichstromlokomotiven die Regel ist, so begrenzt die am geringsten belastete Achse die maximale Zugkraft. Das Adhäsionsgewicht läßt sich daher bei derartigen Maschinen nur bis etwa 80 vH ausnutzen.

Wie vorher schon erwähnt, läßt sich durch die voreilende Komponente des Motorstromes eine Spannungserhöhung erzielen. Dies ist natürlich nur dann ausnützbar, wenn die Induktivität der Zuleitung nicht zu klein ist. Wir haben deshalb in die Speiseleitung der Versuchsstrecke eine Drosselspule von 0·01 H eingebaut, die den Kurzschlußstrom der geerdeten Fahrleitung auf etwa 500 A bei 1500 V Transformatorspannung herabsetzt. Trotz dieses sehr geringen Wertes für den Kurzschlußstrom war es möglich, die gleiche maximale Zugkraft auszuüben, wie ohne Drossel.

Bei geringeren Belastungen stieg die Motorspannung erheblich über die des Transformators, zum Beispiel ergab sich bei 3·2 t Zugkraft eines Drehgestells und einem $\cos\varphi$ von 0·85 voreilend eine Motorspannung von 1800 V. Wie man sieht, kann die Fahrleitung in erheblichem Maße kurzschlußsicher gebaut werden. Die Folgen dieser Tatsache sind sehr weitgehend. Man hat gegen den unmittelbaren Anschluß von Bahnanlagen an Kraftwerke, die der allgemeinen Landesversorgung dienen, stets eingewendet, daß die im Bahnbetrieb unvermeidlichen Störungen durch Kurzschlüsse den einwandfreien Betrieb der Kraftwerke in Frage stellen. Der voreilende Strom des neuen kompensierten Einphasenmotors ermöglicht aber eine derart lose Kupplung, sowohl des ganzen Bahnnetzes mit dem Kraftwerk, als auch der einzelnen Bezirke des Bahnnetzes miteinander, daß von Störungen in der Bahnanlage stets nur der betreffende Streckenabschnitt betroffen wird. Irgendwelche Schaltapparate sind zur Erzielung dieses Schutzes nicht erforderlich. Ein weiterer großer Vorteil der Kurzschlußsicherheit der Fahrleitung ist darin begründet, daß die Überstromschalter auf den Fahrzeugen nur für den geringen Kurzschlußstroen der Fahrleitung bemessen zu werden brauchen. Bisher mußten diese Schalter imstande sein, den Kurzschlußstrom der Zentrale oder Umformerstation abzuschalten. Bei größeren Bahnanlagen führte diese Forderung zu gewaltigen Abmessungen der Höchststromschalter.

Gewichte. Ein eingehendes Studium mit dem neuen Motor hat gezeigt, daß es möglich ist, die bisher bekannt gewordenen Gewichte von Lokomotiven mit zwei oder mehr Kollektormotoren bei gleicher Leistung zu unterbieten. Eine sofort ins Auge springende Ersparnis erhält man schon durch den 50periodigen Transformator, der ja wesentlich billiger und leichter ist, wie ein Transformator für $16^2/_3$ Per/s. Die Hauptersparnis liegt aber in den Kosten für die Zuführung und für die Unterstation. Das vorhandene Hochspan-

Digitized by Google

nungsnetz läßt sich nach unserer Überzeugung sofort für das Bahnsystem heranziehen, wenigstens überall da, wo schon große elektrische Leistungen für die Industrie gebraucht werden. Als Unterstation verbleiben die billigen 50periodigen statischen Transformatoren, deren Kosten etwa 7 mal geringer sind, wie die der Unterstation beim Gleichstrom-System.[3])

Schlußfolgerung. Wir sind überzeugt, daß das neue System die gleiche Betriebssicherheit besitzt wie das Gleichstrom-System, die Kosten aber in den Anschaffungskosten und in den Betriebskosten sich wesentlich billiger stellen. Außerordentlich günstig stellt sich das System bei langen, schwach benutzten Strecken, wie sie in Kolonien häufig sind. Es ist bekannt, welch bedeutende Rolle hierbei die Kosten für die Unterstation und der jährliche Wirkungsgrad dieser Unterstation spielt. In solchen Fällen dürfte sich eine Reduktion des gesamten Anlagekapitals um 30 bis 40 vH ergeben.

Besonders günstig stellen sich auch Bahnstrecken von gebirgigen Gegenden, weil sich dann der Einfluß der Nutzbremsung auswirken kann.

[3]) Siehe ETZ 1925, Seite 933.

Die zusätzlichen Eisenverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren.

Zweiter Teil.

Experimentelle Untersuchungen der zusätzlichen Eisenverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren.

Von Ing. S. E. Eriksson, ASEA, Västerås, Schweden.

(Schluß aus Heft 43, Seite 881.)

G) Untersuchung der Reluktanzverluste in Drehstrom-Asynchron-Motoren.

1. Berechnung der Zahnspannung und Vergleich mit gemessenen Werten.

Es ist nicht möglich, eine einfache direkte Messung des Effektivwertes der Reluktanzzahnspannung vorzunehmen, weil immer gleichzeitig eine Spannung von der Grundwelle induziert wird. (Siehe Abb. 36). Das einfachste Verfahren, um die Statorzahnspannung zu bestimmen, dürfte das sein, daß man bei dem Drehstrommotor mit normaler Statorerregung, die in einer Schleife um einen beliebigen Statorzahn gewickelten Spule induzierte Spannung mißt, und zwar sowohl bei Leerlauf als Motor mit kurzgeschlossener Rotor-

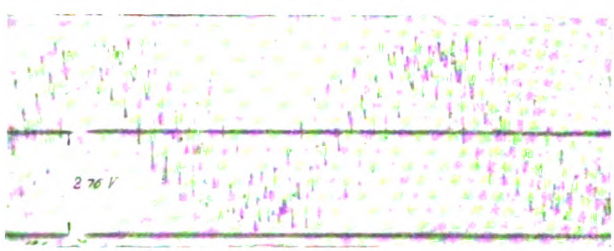


Abb. 36. Statorzahnspannung bei Leerlauf.

wicklung als auch bei Magnetisierung im Stillstand mit offener Rotorwicklung. Bei der letzteren Messung empfiehlt es sich, den Rotor langsam herumzudrehen, um einen Mittelwert zu erhalten. Die bei derselben Luftspaltinduktion gemessenen Werte subtrahiert man quadratisch voneinander. Der so erhaltene Wert ist die Reluktanzzahnspannung. Um die Rotorzahnspannung zu bestimmen, ist die Messung mit Rotormagnetisierung und stromloser Statorwicklung auszuführen.

Wird der Stator mit Gleichstrom erregt und der Rotor bei offener Wicklung mit einem Hilfsmotor herumgedreht, so muß der Effektivwert der Statorzahnspannung durch Messen der induzierten Spannung in jedem Statorzahn innerhalb einer halben Polteilung bestimmt werden. Diese Methode ist indessen weit beschwerlicher.

Abb. 37 zeigt eine Messung der Statorzahnspannung gemäß der erstgenannten Methode in dem in Abschnitt *H* durchgerechneten normalen 25 pferdigen Drehstrommotor.

Vergleichweise wird die Spannung auch berechnet.

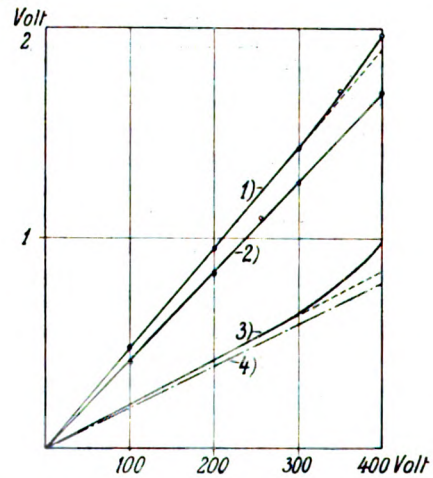


Abb. 37. Vergleich der berechneten und gemessenen Reluktanzzahnspannung.
(1) Gemessene Zahnspannung bei Leerlauf,
(2) Gemessene Zahnspannung bei Stillstand,
(3) Reluktanzzahnspannung berechnet aus Kurven (1) und (2),
(4) Reluktanzzahnspannung berechnet aus Gl. (27).

Die in der Zahnmeßschleife induzierte Spannung pro Windung ist:

$$e_{zr1} = \frac{1}{\sqrt{2}} B_{r2}\, v\, .\, L' \sqrt{\frac{4\,\sigma_{r2}}{3\,\tau_{z2}}} \,.\, 10^{-8} \,.\quad .\quad (27).$$

Mit den in Abschnitt *H* hergeleiteten Werten wird bei normaler Luftspaltinduktion (380 V)

Digitized by Google

$$e_{zr1} = \frac{1}{\sqrt{2}} . 3170 . 1800 . 14 \sqrt{\frac{4}{3} . \frac{0{\cdot}12}{1{\cdot}5}} . 10^{-8} = 0{\cdot}185.$$

Mit 4 Windungen in der Meßschleife: 0·74 V.

Wenn keine Rücksicht auf die Einwirkung der Sättigung genommen wird, mißt man die Spannung 0·80 V (gestrichelte Kurven in Abb. 37) in Wirklichkeit ist die Zahnspannung 0·92 V.

Da diese Berechnungen immer etwas ungenau werden dadurch, daß der Wert des Luftspalts und der Schlitzbreite mit keinem höheren Grad von Genauigkeit erhalten werden kann, muß die Übereinstimmung zwischen der Theorie und den Messungen als gut betrachtet werden.

In Abb. 37 steigt die gemessene Reluktanzspannung mehr als linear mit der Statorspannung, welches im übrigen in den meisten Fällen zu beobachten ist. Dieses beruht anscheinend darauf, daß die effektive Schlitzbreite bei höherer Sättigung bedeutend größer als die geometrische ist.

Einige Messungen der Einwirkung der Sättigung auf die Schlitzharmonischen wurden auf folgende Weise ausgeführt. Ein normaler Drehstrommotor wurde mit Gleichstrom durch zwei seriegeschalteten Statorphasen erregt. Oszillogramme der Feldform wurden aufgenommen, siehe Abb. 38.

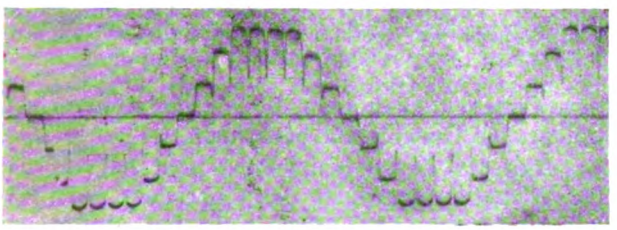


Abb. 38. Untersuchung der Einwirkung der Sättigung auf die Schlitzharmonischen.

Der Wert von B_r kann mit sehr großer Genauigkeit nach den in Teil I angegebenen Methoden bis zu zweifacher Magnetisierung berechnet werden und ist somit der Luftspaltinduktion proportional. Dagegen wird die Breite des Schlitzfeldes bei höherer Sättigung etwas größer als berechnet.

Die Verluste bei dieser Magnetisierung wurden gemessen und berechnet in den beiden im Abschnitt *D* genannten glatten Rotoren. In dem preßspanisolierten Rotor können die Wirbelstromverluste bis auf ein paar Prozent berechnet werden, während man die Hystereseverluste etwas zu niedrig berechnet, zirka 10 vH.[8]) In dem normal isolierten Rotor sind die Wirbelstromverluste der Grundwelle zirka 2·5 bis 3 mal größer, wenn man die Reluktanzverluste als unabhängig von der Beschaffenheit der Blechisolation betrachtet.

[8]) Da in diese 10 vH die Hystereseverluste der Schlitzharmonischen eingehen und diese gemäß den ausgeführten Experimenten mit Maschinen mit ganz geschlossenen Nuten zirka die Hälfte ausmachen, können die Hystereseverluste der Grundwelle gemäß den angegebenen Gleichungen bis auf zirka 5 vH berechnet werden.

2. Untersuchung der Reluktanzverluste bei Leerlauf.

Da es sich als schwierig erwies, eine zufriedenstellende Trennung der Leerlaufeisenverluste eines Asynchronmotors bei Prüfung als Drehstrommotor mit Effektmessung nach der Zweiwattmetermethode auszuführen, wurden anstatt dessen eine Anzahl Messungen bei Prüfung als leerlaufender Synchrongenerator mit Läufererregung vorgenommen. Die Treppenverluste des Leerlaufstromes werden dabei im Stator anstatt wie normal im Rotor erzeugt. Die Verluste wurden mit geeichtem Hilfsmotor gemessen.

In erster Linie wird eine genaue Berechnung der Eisenverluste in einer preßspanisolierten Maschine durchgeführt. Die Versuchsmaschine ist der unter *H* angegebene Motor mit 36 Stator- und 48 Rotornuten.

Außer den dort angegebenen Daten und Rechengrößen teilen wir noch folgende mit:

$$d_1 = 0{\cdot}139 \quad d_2 = 0{\cdot}108$$
$$\sigma_{r1} = 0{\cdot}175 \quad \sigma_{r2} = 0{\cdot}124$$
$$B_g \cong 1{\cdot}1\, B_g'$$
$$B_{r1} = 0{\cdot}63\, B_g \quad B_{r2} = 0{\cdot}49\, B_g$$
$$\eta_W = 2{\cdot}63$$
$$\eta_H = 0{\cdot}52$$

Die Eisenverluste werden bei $\frac{\Delta'}{\Delta} . B_g' = 7000$ berechnet [$B_g' = 3330$].

Die normalen Eisenverluste in den Statorzähnen und im Statorrücken.

Zahnkranzverluste, Gleichungen 13, 14 Wirbelstromverluste:

$$W_{nz} = \pi^2 \frac{6}{6} \left[0{\cdot}5 . 3{\cdot}33 . \frac{2}{0{\cdot}96} . 0{\cdot}105 \right]^2 580 = 7{\cdot}5.$$

Hystereseverluste:

$$H_{nz} = \frac{0{\cdot}26 \left[1 + \frac{2000}{3330\, 2{\cdot}1 . \frac{2}{0{\cdot}96}} \right]}{\frac{\pi^2}{10} . \frac{6}{6}} \frac{1}{50 . 0{\cdot}05^2} =$$
$$= 2{\cdot}4 . 7{\cdot}5 = 18.$$

Mit Rücksicht auf Kaltbearbeitung beim Stanzen $H_{nz} = 20$.

Rückenverluste [Gl. (15), (16)]:

Wirbelstromverluste:

$$W_{nr} = \left(\frac{\pi}{2} \frac{6}{6} 2{\cdot}63 \right) \frac{100}{36} [1{\cdot}8 . 3{\cdot}33 . 0{\cdot}105]^2 505 = 23.$$

Hystereseverluste:

$$H_{nr} = W_{nr} \frac{0{\cdot}26 \left(1 + 0{\cdot}52 \frac{2000}{3330 . 2{\cdot}1 . \frac{18}{21{\cdot}8}} \right)}{\frac{\pi^2}{10} . \frac{6}{6}}$$
$$\frac{1}{50 . 0{\cdot}05^2} = 2{\cdot}49 . 23 = 57{\cdot}5.$$

Digitized by Google

Reluktanzverluste.

Oberflächenverluste [Gl. (17), Abb. 11, 12].

$$\frac{\sigma_{r1}}{\tau_{z1}} = 0{\cdot}0875 \quad \frac{\sigma_{r1}}{\tau_{z2}'} = 0{\cdot}121$$

$$\frac{\sigma_{r2}}{\tau_{z2}} = 0{\cdot}0825 \quad \frac{\sigma_{r2}}{\tau_{z1}'} = 0{\cdot}065$$

$$(\Sigma_{r0}')_1 = 0{\cdot}755 \quad (\Sigma_{r\xi})_1 = 0{\cdot}285$$

$$(\Sigma_{r0}')_2 = 0{\cdot}765 \quad (\Sigma_{r\xi})_2 = 0{\cdot}275$$

Wirbelstromverluste:

$$(W_{r0})_1 = \left(\frac{1}{\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\frac{1}{1{\cdot}5}[1{\cdot}8.0{\cdot}49.1{\cdot}1. .3{\cdot}33.0{\cdot}105]^2\,\frac{3}{1{\cdot}88}.(0{\cdot}765.0{\cdot}285)478 = 4,$$

$$(W_{r0})_2 = \left(\frac{1}{\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\frac{1}{2}[1{\cdot}8.0{\cdot}63.1{\cdot}1. .3{\cdot}33.0{\cdot}103]^2\,\frac{3}{1{\cdot}63}.(0{\cdot}755.0{\cdot}275)498 = 5{\cdot}5.$$

Zahnkranzverluste [Gl. (18) mit $f(\beta) = 1$].

Wirbelstromverluste:

$$(W_{rz})_1 = \frac{1}{3}\cdot\frac{6}{6}\left[\frac{1{\cdot}8.0{\cdot}49\,1{\cdot}1.3{\cdot}33.0{\cdot}105}{0{\cdot}96}\right]^2. .0{\cdot}0825.1.580 = 2,$$

$$(W_{rz})_2 = \frac{1}{3}\cdot\frac{6}{6}\left[\frac{1{\cdot}8.0{\cdot}63.1{\cdot}1.3{\cdot}33.0{\cdot}103}{0{\cdot}78}\right]^2. .0{\cdot}0875.1.650 = 5{\cdot}6.$$

Treppenverluste:

Bei $J_2 = 15$ A ist $\overline{B}_{t2} = 1500$ und $\overline{B}_{t2}' = 1350$.

Oberflächenverluste [Gl. (19), (20), Abb. 13, 14]. Siehe *H*.

Wirbelstromverluste:

$$(W_{t0})_1 = \frac{1}{4\pi}\,\frac{6}{6}\,\frac{1}{1{\cdot}5}[1\,8.1{\cdot}5.0{\cdot}105]^2.2{\cdot}01.4{\cdot}78 = 4{\cdot}1.$$

Hystereseverluste:

$$(H_{t0})_1 = (W_{t0})_1\,\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\cdot\left[1+\frac{2000.4}{1350.\frac{0{\cdot}105}{0{\cdot}05}.0{\cdot}84}\right]\frac{1}{1200.0{\cdot}05^2} = 0{\cdot}735\,(W_{t0})_1 = 3.$$

Zahnkranzverluste:

Diese werden von den im *H* ausgeführten Kurzschlußproben geschätzt.

Wirbelstromverluste: $(W_{tz})_1 = 1{\cdot}7$.

Hystereseverluste: $(H_{tz})_1 = 1{\cdot}5$.

Rückenverluste: Werden vernachlässigt.

Zusammenstellung der berechneten Leerlaufverluste.

		Normale Eisenverluste		Reluktanzverluste		Treppenverluste	
		Wirbelstromverluste	Hysteresev.	Wirbelstromverluste	Hysteresev.	Wirbelstromverluste	Hysteresev.
Zahnkronen	Stator			4		4·1	3
	Rotor			5·5			
Zahnstege	Stator	7·5	20	2		1·7	1·5
	Rotor			5·6			
Rücken	Stator	23	57·5				
	Rotor						
Summe . .		30·5	77·5	17·1		5·8	4·5
		108·0		17·1		10·3	

Abb. 39 zeigt einen Vergleich zwischen den berechneten und gemessenen Verlusten. Da man die Reluktanzhystereseverluste vernachlässigt, dürften die berechneten Hystereseverluste unbedeutend kleiner sein als die gemessenen. Der Unterschied macht indessen nicht mehr als 7 vH

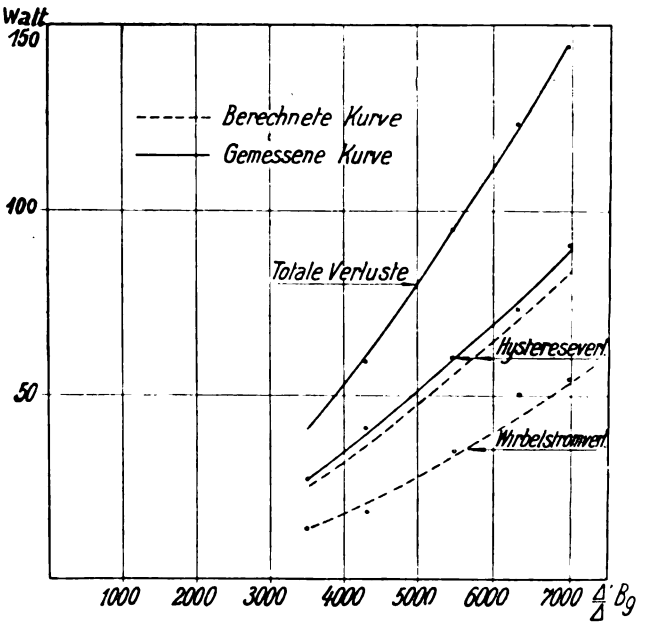


Abb. 39. Vergleich der gemessenen und berechneten Eisenverluste bei Leerlauf als rotorerregter Synchrongenerator.

aus. Dagegen kann man die Wirbelstromverluste mit großer Genauigkeit berechnen.

Aus der Zusammenstellung geht hervor, daß die Wirbelstromverluste der Oberfelder bei Leerlauf in einem extra stark isolierten Motor von

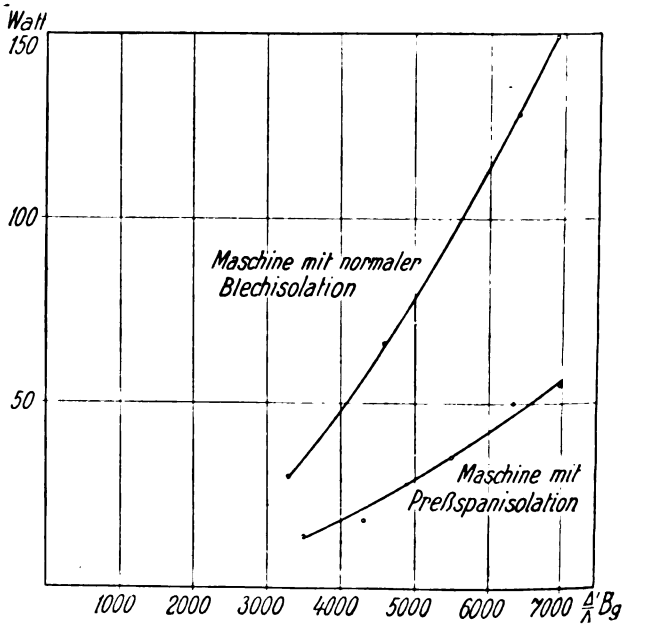


Abb. 40. Vergleich der Leerlaufwirbelstromverluste in Maschinen mit extrastarker und normaler Blechisolation.

derselben Größe sind als die der Grundwelle. In einer normalen Maschine werden indessen die Verluste der Oberfelder bei Leerlauf unbedeuten-

Digitized by Google

der auf Grund der starken Erhöhung der Wirbelstromverluste der Grundwelle durch mangelhafte Blechisolation.

Abb. 40 zeigt schließlich einen Vergleich zwischen Wirbelstromverlusten in einer Maschine mit extra starker Blechisolation und einer Maschine mit normaler Isolation, die im Abschnitt *H* untersuchte Maschine von 25 PS Leistung.

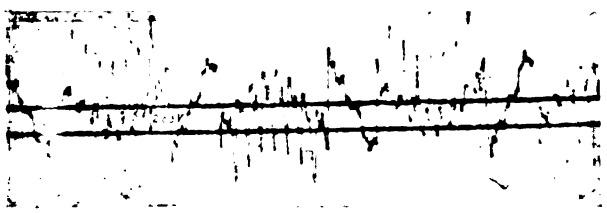


Abb. 41. Statorzahnspannung bei Kurzschlußprobe mit Rotorerregung.

Da nach dem voraus Gezeigten die Verluste der Oberfelder sich nicht durch mangelhafte Blechisolation erhöhen, haben sich die Wirbelstromverluste der Grundwelle durch die Überbrückung der Blechisolation zirka 3-fach erhöht.

H) Untersuchung der Treppenverluste.

Die für eine prinzipielle Untersuchung der Treppenverluste zweifellos geeignetste Probe ist eine Kurzschlußprobe als Synchrongenerator, der Einfachheit halber mit Läufererregung ausgeführt. Siehe Teil I. Nachdem die Kupferverluste in der kurzgeschlossenen Statorwicklung und dem Kurzschlußkabel von dem von dem Hilfsmotor abgegebenen Effekt subtrahiert sind, sind die verbleibenden Verluste für kleine und mittelgroße Drehstrommotoren ausschließlich Treppenverluste. Mehrere Verfasser haben gesagt, daß die zusätzlichen Verluste in massiven Eisenteilen und in der Wicklung normal verschwindend klein sind.[9])

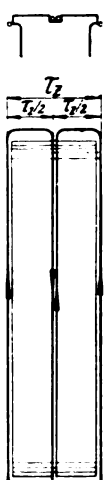


Abb. 41 *a*. Zahnkronenmeßschleife.

Die Zahnpulsationsverluste kann man aus dem Effektivwert der in der Zahnmeßschleife induzierten Spannung berechnen. Der Effektivwert der Zahnspannung kann indessen bei Rotorerregung einfach nur im Stator aufgemessen werden, weil aus leicht verständlichen Gründen die Rotorzahnspannung von Zahn zu Zahn innerhalb jeder halben Polteilung variiert. Wenn man die Rotorzahnspannung für einen Kurzschlußstrom $\widetilde{I}_1$ im Stator zu messen wünscht, ist der Stator mit dem äquivalenten Gleichstrom $\widetilde{I}_1 \sqrt{\frac{3}{2}}$ zu erregen und die Messung mit kurzgeschlossenem Rotor auszuführen. Abb. 41 zeigt ein Oszillogramm der Statorzahnspannung in der untersuchten 25 PS-Maschine.

[9]) W. Rogowsky und V. Vieweg: Zusätzliche Verluste in kleinen Drehstrommotoren. Archiv für Elektrotechnik, Bd. XIV, S. 574.

Es ist außerdem nicht ganz gleichgültig, auf welchem Zahn die Treppenspannung gemessen wird. Ein Zahn, belegen zwischen zwei Phasen, hat auf Grund des sättigenden Einwirkens des Nutenstreufeldes größeren magnetischen Widerstand, und die Treppenspannung wird deshalb etwas kleiner. In sämtlichen Fällen ist daher die Treppenspannung für einen innerhalb einer Phase liegenden Zahn gemessen.

Eingehende Untersuchungen der Treppenverluste bei Kurzschlußprobe mit Läuferregung wurden an einer Maschine mit extra starker Blechisolation ausgeführt. In demselben 36-nutigen Stator sind Rotoren mit 34, 42 und 48 halbgeschlossenen Nuten geprüft, sowie ein 48-nutiger Rotor mit ganzgeschlossenen Nuten. Die Rotoren sind dieselben wie die bei der Probe *E* verwendeten.

Die Eisenverluste wurden auf gewöhnliche Weise in Hysterese- und Wirbelstromverluste bei konstantem Kurzschlußstrom getrennt, da aber die Kupferverluste von der Umdrehungszahl unabhängig sind, bietet es große Schwierigkeiten, mit einem höheren Grad von Genauigkeit die bei niedriger Umdrehungszahl im Verhältnis zu den Kupferverlusten unbedeutenden Treppenverluste zu bestimmen. Irgend ein Skineffekt hat sich deshalb experimentell nicht nachweisen lassen, es kann aber angenommen werden, daß der Skineffekt auch in diesem Fall in Übereinstimmung mit den Proben unter Abteilung E., die mit der Periodenzahl mehr als linear steigenden Verluste um 30 vH vermindert. Siehe zum Beispiel Abb. 42.

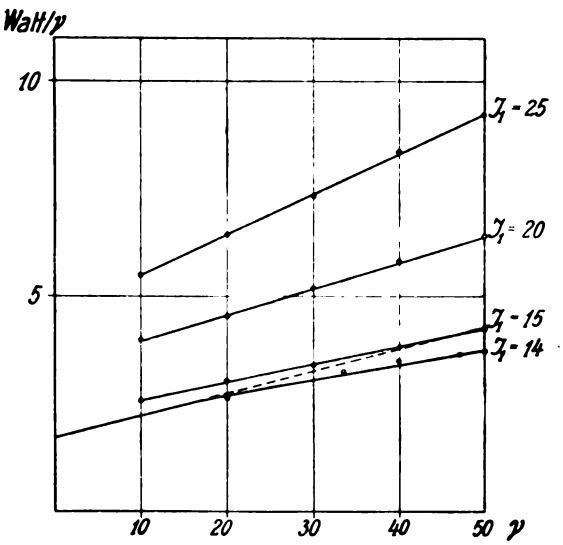


Abb. 42. Separation der Kurzschlußverluste (Maschine $Q_1 = 36$, $Q_2 = 48$). Gestrichelte Kurve: Verluste ohne Skineffekt.

Bei Berechnung der Verluste wurde angenommen, daß kein Skineffekt eingetreten ist. Die Berechnungsresultate wurden dann mit den unter derselben Annahme extrapolierten Wirbelstrom-strom- und Hystereseverlusten verglichen.

Die Treppenverluste wurden in sämtlichen Fällen bei einem Kurzschlußstrom = 14 Amp. berechnet.

Digitized by Google

Abmessungen.

		$Q_1 = 48$		$Q_1 = 42$		$Q_1 = 36$	
D	$= 23$						
L'	$= 14{\cdot}8$						
L_1	$= 7{\cdot}0$	L_2	$= 7{\cdot}2$	L_2	$= 6{\cdot}8$	L_2	$= 7{\cdot}2$
δ	$= 0{\cdot}06$						
Δ_1'	$= 0{\cdot}105$	Δ_2'	$= 0{\cdot}103$	Δ_2'	$= 0{\cdot}109$	Δ_2'	$= 0{\cdot}103$
Δ	$= 0{\cdot}05$						
O_1	$= 505$	O_2	$= 515$	O_2	$= 487$	O_2	$= 515$
τ	$= 18$						
τ_{z1}	$= 2$	τ_{z2}	$= 1{\cdot}5$	τ_{z2}	$= 1{\cdot}72$	τ_{z2}	$= 2{\cdot}12$
b_{z1}	$= 0{\cdot}96$	b_{z2}	$= 0{\cdot}91$	b_{z2}	$= 1{\cdot}10$	b_{z2}	$= 1{\cdot}48$
b_{s1}	$= 0{\cdot}25$	b_{s2}	$= 0{\cdot}18$	b_{s2}	$= 0{\cdot}18$	b_{s2}	$= 0{\cdot}18$
h_1	$= 2{\cdot}4$	h_2	$= 2{\cdot}4$	h_2	$= 2{\cdot}4$	h_2	$= 2{\cdot}4$
b_1	$= 1{\cdot}13$	b_2	$= 0{\cdot}55$	b_2	$= 0{\cdot}55$	b_2	$= 0{\cdot}55$
τ_1''	$= 21{\cdot}8$	τ_2''	$= 14{\cdot}1$	τ_2''	$= 14{\cdot}1$	τ_2''	$= 14{\cdot}1$
τ_{z1}''	$= 2{\cdot}42$	τ_{z2}''	$= 1{\cdot}18$	τ_{z2}''	$= 1{\cdot}35$	τ_{z2}''	$= 1{\cdot}66$
b_{z1}''	$= 0{\cdot}96$	b_{z2}''	$= 0{\cdot}63$	b_{z2}''	$= 0{\cdot}80$	b_{z2}''	$= 1{\cdot}41$
b_1''	$= 1{\cdot}43$	b_2''	$= 0{\cdot}55$	b_2''	$= 0{\cdot}55$	b_2''	$= 0{\cdot}55$
b_{zm1}	$= 0{\cdot}96$	b_{zm2}	$= 0{\cdot}78$	b_{zm2}	$= 0{\cdot}96$	b_{zm2}	$= 1{\cdot}33$
H_1	$= 3{\cdot}1$	H_2	$= 2{\cdot}7$	H_2	$= 2{\cdot}7$	H_2	$= 2{\cdot}7$
V_{z1}	$= 580$	V_{z2}	$= 650$	V_{z2}	$= 660$	V_{z2}	$= 780$

Besonders eingeführte Abmessungen und Rechengrößen.

y_1'	$= 0{\cdot}42$	y_2'	$= 0{\cdot}34$	y_2'	$= 0{\cdot}34$	y_2'	$= 0{\cdot}34$
y_1''	$= 0{\cdot}67$	y_2''	$= 0{\cdot}68$	y_2''	$= 0\,68$	y_2''	$= 0{\cdot}68$
δ_t	$= 0{\cdot}07$ (korrigiert für die Preßspanisolation)						
τ_{z1}'	$= 1{\cdot}90$	τ_{z2}'	$= 1{\cdot}44$	τ_{z2}'	$= 1{\cdot}66$	τ_{z2}'	$= 2{\cdot}06$
O_1'	$= 478$	O_2'	$= 498$	O_2'	$= 473$	O_2'	$= 505$
σ_{t1}	$= 0{\cdot}335$	σ_{t2}	$= 0{\cdot}245$	σ_{t2}	$= 0{\cdot}245$	σ_{t2}	$= 0{\cdot}245$

Nutenzahl, Wicklungsdaten und ähnliche Zahlen.

p	$= 2$						
Q_1	$= 36$	Q_2	$= 48$	Q_2	$= 42$	Q_2	$= 34$
q_{01}	$= 18$	q_{02}	$= 24$	q_{02}	$= 21$	q_{02}	$= 17$
q_1	$= 3$	q_2	$= 4$	q_2	$= 3{\cdot}5$	q_2	$= 2{\cdot}83$
q_{01}'	$= 19{\cdot}0$	q_{02}'	$= 25{\cdot}0$	q_{02}'	$= 21{\cdot}75$	q_{01}'	$= 17{\cdot}5$
q_1'	$= 3{\cdot}16$	q_2'	$= 4{\cdot}16$	q_2'	$= 3{\cdot}62$	q_2'	$= 2{\cdot}92$
n_{s1}	$= 15$	n_{s2}	$= 5$	n_{s2}	$= 20$	n_{s2}	$= 5$
a_1	$= 1$	a_2	$= 1$	a_2	$= 1$	a_2	$= 1$
f_1	$= 0{\cdot}96$	f_2	$= 0{\cdot}96$	f_2	$= 0{\cdot}96$	f_2	$= 0{\cdot}90$

Geschwindigkeiten, Periodenzahlen sowie einige elektromagnetische Daten

v_s	$= 1800$						
ν_{z1}	$= 900$	ν_{z2}	$= 1200$	ν_{z2}	$= 1050$	ν_{z2}	$= 850$
λ	$= 6$						
μ_ξ	$= 500$						
ξ_1	$= 1{\cdot}88$	ξ_2	$= 1{\cdot}63$	ξ_1	$= 1{\cdot}76$	ξ_1	$= 1{\cdot}58$
				ξ_2	$= 1{\cdot}63$	ξ_2	$= 1{\cdot}63$
σ_H	$= 0{\cdot}26$						
σ_H'	$= 0{\cdot}50$						
Bc	$= 2000$						
$\overline{B}_{t1}$	$= 5100$	$\overline{B}_{t2}$	$= 3980$	$\overline{B}_{t2}$	$= 4550$	$\overline{B}_{t2}$	$= 5600$
$\overline{B}_{t1}'$	$= 4600$	$\overline{B}_{t2}'$	$= 3590$	$\overline{B}_{t2}'$	$= 4100$	$\overline{B}_{t2}'$	$= 5050$
$\overline{I}_1$	$= 14$	$\overline{I}_1$	$= 40$	$\overline{I}_1$	$= 11{\cdot}45$	$\overline{I}_1$	$= 60$

Rotor mit $Q_2 = 48$.

Oberflächenverluste [Gl. (19), (20), Abb. 13, 14.

$\frac{\sigma_{t2}}{\tau_{z2}}$	$= 0{\cdot}163$	$\frac{\tau_{z1}'}{\tau_{z2}}$	$= 1{\cdot}265$	$\frac{b_{z1}}{\tau_{z1}'}$	$= 0{\cdot}505$
$\frac{\sigma_{t1}}{\tau_{z1}}$	$= 0{\cdot}168$	$\frac{\tau_{z2}'}{\tau_{z1}}$	$= 0{\cdot}72$	$\frac{b_{z2}}{\tau_{z2}'}$	$= 0{\cdot}63$
$(\Sigma t)_2$	$= 1{\cdot}50$				
$(t_1)_2$	$= 0{\cdot}91$	ψ_1	$= 0{\cdot}38$	$t_1\,\psi_1$	$= 0{\cdot}346$
$(t_2)_2$	$= 0{\cdot}35$	ψ_2	$= 0{\cdot}24$	$t_2\,\psi_2$	$= 0{\cdot}084$
$(t_3)_2$	$= 0{\cdot}15$	ψ_3	$= 0{\cdot}38$	$t_3\,\psi_3$	$= 0{\cdot}057$
$(t_4)_2$	$= 0{\cdot}05$	ψ_4	$= 0{\cdot}30$	$t_4\,\psi_4$	$= 0{\cdot}015$
$\left(\sum_5^\infty t_n\right)_2$	$= 0{\cdot}03$	$\sum_5^\infty \psi$	$= 0{\cdot}30$	$\sum_5^\infty t_n\,\psi_n$	$= 0{\cdot}009$
					$0{\cdot}511$

$(\Sigma t')_2 = 1{\cdot}50 + 0{\cdot}51 = 2{\cdot}01.$

$(\Sigma t)_1$	$= 1{\cdot}45$				
$(t_1)_1$	$= 0{\cdot}90$	ψ_1	$= 0{\cdot}48$	$t_1\,\psi_1$	$= 0{\cdot}432$
$(t_2)_1$	$= 0{\cdot}34$	ψ_2	$= 0{\cdot}17$	$t_2\,\psi_2$	$= 0\,057$
$(t_3)_1$	$= 0{\cdot}13$	ψ_3	$= 0{\cdot}41$	$t_3\,\psi_3$	$= 0{\cdot}053$
$(t_4)_1$	$= 0{\cdot}04$	ψ_4	$= 0{\cdot}39$	$t_4\,\psi_4$	$= 0{\cdot}016$
$\left(\sum_5^\infty t_n\right)_1$	$= 0{\cdot}02$	$\sum_5^\infty \psi$	$= 0{\cdot}30$	$\sum_5^\infty t_n\,\psi_n$	$= 0{\cdot}006$
					$0{\cdot}56$

$(\Sigma t')_1 = 1{\cdot}45 + 0{\cdot}56 = 2{\cdot}01.$

Wirbelstromverluste:

$$(W_{t0})_1 = \left(\frac{1}{4\pi}\,\frac{6}{6}\right)\frac{1}{1{\cdot}5}\,[1{\cdot}8\,.\,3{\cdot}98\,.\,0{\cdot}105]^2\,2{\cdot}01\,.\,478 = 29,$$

$$(W_{t0})_2 = \left(\frac{1}{4\pi}\,.\,\frac{6}{6}\right)\frac{1}{2}\,[1{\cdot}8\,.\,5{\cdot}1\,.\,0{\cdot}103]^2\,.\,2{\cdot}01\,.\,498 = 35{\cdot}5.$$

Hystereseverluste:

$$(H_{t0})_1 = (W_{t0})_1\,\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\,.\,\frac{6}{6}}\left[1 + \frac{2000\,.\,4}{3590\,.\,\frac{0{\cdot}105}{0{\cdot}05}\,.\,0{\cdot}84}\right]\frac{1}{1200\,.\,0{\cdot}05^2} =$$

$$= 0{\cdot}382\,(W_{t0})_1 = 11{\cdot}1,$$

$$(H_{t0})_2 = (W_{t0})_2\,\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\,.\,\frac{6}{6}}\left[1 + \frac{2000\,.\,4}{4600\,.\,\frac{0{\cdot}103}{0{\cdot}05}\,.\,0{\cdot}83}\right]\frac{1}{900\,.\,0{\cdot}05^2} =$$

$$= 0{\cdot}455\,(W_{t0})_2 = 16{\cdot}2.$$

Zahnkranzverluste [Gl. (22), (25), (26), Abb. 15, 16].

Für Vergleich wird erst die Treppenspannung berechnet, wonach die Zahnkranzverluste aus der gemessenen Spannung berechnet werden.

Die Treppenspannung pro Windung e_{zt2} ist

$$e_{zt2} = \overline{B}_{t1}'\,v\,.\,L'\sqrt{\frac{2}{3}\,.\,f_{t2}'}\,\frac{q_{01}}{q_{02}'}\,.\,10^{-8}\;.\;.\;.\;(28),$$

$$\frac{q_{01}'}{q_{02}} = 0{\cdot}79; \qquad f_{t1} = 0{\cdot}171;$$

$$\frac{q_{02}'}{q_{01}} = 1{\cdot}39 = \frac{1}{0{\cdot}72};\; f_{t2} = 0{\cdot}48;$$

$$f_{t1}' = 0{\cdot}171 - \frac{1}{3}\,.\,\frac{0{\cdot}245}{1{\cdot}5}\,0{\cdot}79^2 = 0{\cdot}137;$$

$$f_{t2}' = 0{\cdot}48 - \frac{1}{3}\,.\,\frac{0{\cdot}335\,.\,1{\cdot}39^2}{2} = 0{\cdot}37.$$

$$e_{zt1} = 3590\,.\,1800\,.\,14{\cdot}8\sqrt{\frac{2}{3}\,.\,0{\cdot}137}\,.\,\frac{1}{0{\cdot}79}\,.\,10^{-8} = 0{\cdot}363$$

(gemessen 0·275),

$$e_{zt2} = 4600\,.\,1800\,.\,14{\cdot}8\sqrt{\frac{2}{3}\,.\,0{\cdot}37\,.\,0{\cdot}72}\,.\,10^{-8} = 0{\cdot}44$$

(gemessen 0·455).

Wirbelstromverluste:

$$(W_{tz})_1 = \frac{6}{12}\,.\left[\frac{0{\cdot}275\,.\,0{\cdot}105}{0{\cdot}96\,.\,14{\cdot}8}\right]^2.\,580 = 12,$$

$$(W_{tz})_2 = \frac{6}{12}\,.\left[\frac{0{\cdot}455}{0{\cdot}78}\,.\,\frac{0{\cdot}103}{14{\cdot}8}\right]^2.\,650 = 53{\cdot}5.$$

Hystereseverluste:

$$B_1 = \frac{0\,275\,.\,10^8}{\sqrt{2}\,.\,\pi\,.\,1200\,.\,0{\cdot}96\,.\,14{\cdot}8} = 363,$$

$$B_2 = \frac{0{\cdot}455\,.\,10^8}{\sqrt{2}\,.\,\pi\,.\,900\,.\,0{\cdot}78\,.\,14{\cdot}8} = 980.$$

$$(H_{tz})_1 = (W_{tz})_1\,\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\,.\,\frac{6}{6}}\left[1 + \frac{2000}{363\,.\,\frac{0{\cdot}105}{0{\cdot}05}}\right]\frac{1}{1200\,.\,0{\cdot}05^2} =$$

$$= 0{\cdot}615\,(W_{tz})_1 = 7{\cdot}3,$$

Digitized by Google

$$(H_{tz})_2 = (W_{tz})_2 \frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1+\frac{2000}{980\,.\,\frac{0{\cdot}103}{0{\cdot}05}}\right]\frac{1}{900\,.\,0{\cdot}05^2} =$$
$$= 0{\cdot}45\,(W_{tz})_2 = 24.$$

Rückenverluste Gl. (23) mit $x_1 = 1$, $x_2 = 1$.

Wirbelstromverluste:

$$(W_{tr})_1 = \left(\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\frac{0{\cdot}91}{1{\cdot}5}[1{\cdot}8\,.\,3{\cdot}98\,.\,0{\cdot}105]^2\,.\,\frac{1}{4}\,.$$
$$\cdot\left[\frac{\sin 48^0 \sin 23{\cdot}8^0}{\frac{\pi}{3}\cdot\frac{\pi}{3}\,.\,0{\cdot}397}\right]^2 .505 = 1{\cdot}6,$$

$$(W_{tr})_2 = \left(\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\frac{0{\cdot}9}{2}[1{\cdot}8\,.\,5{\cdot}1\,.\,0{\cdot}103]^2\,\frac{1}{3}$$
$$\left[\frac{\sin 130\,.\sin 24}{\frac{\pi}{4}\cdot\frac{\pi}{4}\,.\,0{\cdot}535}\right]^2 515 = 4{\cdot}8.$$

* * *

Rotor mit $Q_2 = 42$.

Oberflächenverluste Gl. (19), (20), Abb. 13, 14.

$\frac{\sigma t_2}{\tau_{z_2}}$	$= 0{\cdot}142$	$\frac{\tau_{z_1}'}{\tau_{z_2}}$	$= 1{\cdot}105$	$\frac{b_{z_1}}{\tau_{z_1}'}$	$= 0{\cdot}505$
$\frac{\sigma t_1}{\tau_{z_1}}$	$= 0{\cdot}168$	$\frac{\tau_{z_2}'}{\tau_{z_1}}$	$= 0{\cdot}83$	$\frac{b_{z_2}}{\tau_{z_2}'}$	$= 0{\cdot}663$
$(\Sigma t)_2$	$= 1{\cdot}64$				
$(t_1)_2$	$= 0{\cdot}93$	ψ_1	$= 0{\cdot}65$	$t_1\psi_1$	$= 0{\cdot}611$
$(t_2)_2$	$= 0{\cdot}38$	ψ_2	$= 0{\cdot}44$	$t_2\psi_2$	$= 0{\cdot}167$
$(t_3)_2$	$= 0{\cdot}17$	ψ_3	$= 0{\cdot}33$	$t_3\psi_3$	$= 0{\cdot}056$
$(t_4)_2$	$= 0{\cdot}08$	ψ_4	$= 0{\cdot}42$	$t_4\psi_4$	$= 0{\cdot}034$
$\left(\sum_5^\infty t_n\right)_2$	$= 0{\cdot}05$	ψ_{∞}	$= 0{\cdot}30$	$\sum_5^\infty t_n\psi_n$	$= 0{\cdot}002$
					$0{\cdot}870$

$$(\Sigma t')_2 = 1{\cdot}64 + 0{\cdot}87 = 2{\cdot}51.$$

$(\Sigma t)_1$	$= 1{\cdot}45$				
$(t_1)_1$	$= 0{\cdot}9$	ψ_1	$= 0{\cdot}65$	$t_1\psi_1$	$= 0{\cdot}585$
$(t_2)_1$	$= 0{\cdot}34$	ψ_2	$= 0{\cdot}23$	$t_2\psi_2$	$= 0{\cdot}078$
$(t_3)_1$	$= 0{\cdot}13$	ψ_3	$= 0{\cdot}19$	$t_3\psi_3$	$= 0{\cdot}025$
$(t_4)_1$	$= 0{\cdot}04$	ψ_4	$= 0{\cdot}27$	$t_4\psi_4$	$= 0{\cdot}011$
$\left(\sum_5^\infty t_n\right)_1$	$= 0{\cdot}02$	ψ_{∞}	$= 0{\cdot}30$	$\sum_5^\infty t_n\psi_n$	$= 0{\cdot}006$
					$0{\cdot}705$

$$(\Sigma t')_1 = 1{\cdot}45 + 0{\cdot}71 = 2{\cdot}16.$$

Wirbelstromverluste:

$$(W_{t_0})_1 = \left(\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\frac{1}{1{\cdot}72}[1{\cdot}8{\cdot}4{\cdot}55{\cdot}0{\cdot}105]^2{\cdot}2{\cdot}51\,.\,478 = 41,$$

$$(W_{t_0})_2 = \left(\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\frac{1}{2}[1{\cdot}8\,.\,5{\cdot}1\,.\,0{\cdot}109]^2\,2{\cdot}16\,.\,473 = 40{\cdot}7.$$

Hystereseverluste:

$$(H_{t_0})_1 = (W_{t_0})_1\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1+\right.$$
$$\left.+\frac{2000\,.\,4}{4100\,.\,\frac{0{\cdot}105}{0{\cdot}05}\,.\,0{\cdot}86}\right]\frac{1}{1050\,.\,0{\cdot}05^2} = 0{\cdot}4\,(W_{t_0}')_1 = 16{\cdot}4,$$

$$(H_{t_0})_2 = (W_{t_0})_2\,.\,\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1+\right.$$
$$\left.+\frac{2000\,.\,4}{4600\,.\,\frac{0{\cdot}109}{0{\cdot}05}\,.\,0{\cdot}83}\right]\frac{1}{900}\,0{\cdot}05^2 = 0{\cdot}44\,(W_{t_0})_2 = 17{\cdot}9.$$

Zahnkranzverluste [Gl. (22), (25), (26), (28), Abb. 15, 16].

$$\frac{q_{01}'}{q_{02}} = 0{\cdot}903 \qquad f_{t_1} = 0{\cdot}143$$

$$\frac{q_{02}'}{q_{01}} = 1{\cdot}21 = \frac{1}{0{\cdot}826} \qquad f_{t_2} = 0{\cdot}300$$

$$f_{t_1} = 0{\cdot}143 - \frac{1}{3}\cdot\frac{0{\cdot}245}{1{\cdot}72}\,.\,0{\cdot}903^2 = 0{\cdot}104$$

$$f_{t_2}' = 0{\cdot}300 - \frac{1}{3}\cdot\frac{0{\cdot}335}{2}\,1{\cdot}21^2 = 0{\cdot}218$$

$$e_{zt_1} = 4100\,.\,1800\,.\,14{\cdot}8\sqrt{\frac{2}{3}}\,.\,0{\cdot}104\,.\,\frac{1}{0{\cdot}903}\,.\,10^{-8} = 0{\cdot}318$$
(gemessen 0·205),

$$e_{zt_2} = 4600\,.\,1800\,.\,14{\cdot}8\sqrt{\frac{2}{3}}\,.\,0{\cdot}218\,.\,0{\cdot}826\,.\,10^{-8} = 0{\cdot}385$$
(gemessen 0·374).

Wirbelstromverluste:

$$(W_{tz})_1 = \frac{6}{12}\cdot\left[\frac{0{\cdot}205}{0{\cdot}96}\cdot\frac{0{\cdot}105}{14{\cdot}8}\right]^2 .580 = 6{\cdot}6,$$

$$(W_{tz})_2 = \frac{6}{12}\left[\frac{0{\cdot}374}{0{\cdot}96}\cdot\frac{0{\cdot}109}{14{\cdot}8}\right]^2 .660 = 27.$$

Hystereseverluste:

$$B_1 = \frac{0{\cdot}205\,.\,10^8}{\sqrt{2}\,.\,\pi\,.\,1050\,.\,0{\cdot}96\,.\,14{\cdot}8} = 310,$$

$$B_2 = \frac{0{\cdot}374\,.\,10^8}{\sqrt{2}\,.\,\pi\,.\,900\,.\,0{\cdot}96\,.\,14{\cdot}8} = 660,$$

$$(H_{tz})_1 = (W_{tz})_1\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1+\frac{2000}{310\,.\,\frac{0{\cdot}105}{0{\cdot}05}}\right]\frac{1}{1050\,.\,0{\cdot}05^2} =$$
$$= 0{\cdot}79\,(W_{tz})_1 = 5{\cdot}2,$$

$$(H_{tz})_2 = (W_{tz})_2\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1+\frac{2000}{660\,.\,\frac{0{\cdot}109}{0{\cdot}05}}\right]\frac{1}{900\,.\,0{\cdot}05^2} =$$
$$= 0{\cdot}54\,(W_{tz})_2 = 14{\cdot}6.$$

Rückenverluste Gl. (23) mit $x_1 = 1$, $x_2 = 1$.

Wirbelstromverluste:

$$(W_{tr})_1 = \left[\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right]\frac{0{\cdot}93}{1{\cdot}72}[1{\cdot}8\,.\,4{\cdot}55\,.\,0{\cdot}105]^2\,.$$
$$\cdot\,\frac{1}{4}\left[\frac{\sin 200^0}{\frac{\pi}{6}}\,\frac{\sin 11{\cdot}9^0}{\frac{\pi}{6}\,.\,0{\cdot}397}\right]^2 .505 = 1,$$

$$(W_{tr})_2 = \left[\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right]\frac{0{\cdot}9}{2}[1{\cdot}8\,.\,5{\cdot}1\,.\,0{\cdot}109]^2\,.$$
$$\cdot\,\frac{1}{6}\left[\frac{\sin 149^0}{\frac{\pi}{7}}\cdot\frac{\sin 15{\cdot}3}{\frac{\pi}{7}\,.\,0{\cdot}592}\right]^2 .487 = 2{\cdot}7.$$

Rotor $Q_2 = 34$.

Oberflächenverluste Gl. (19), (20), Abb. 13, 14.

$\frac{\sigma t_2}{\tau_{z_2}}$	$= 0{\cdot}115$	$\frac{\tau_{z_1}'}{\tau_{z_2}}$	$= 0{\cdot}895$	$\frac{b_{z_1}}{\tau_{z_1}'}$	$= 0{\cdot}505$
$\frac{\sigma t_1}{\tau_{z_1}}$	$= 0{\cdot}168$	$\frac{\tau_{z_2}'}{\tau_{z_1}}$	$= 1{\cdot}03$	$\frac{b_{z_2}}{\tau_{z_2}'}$	$= 0{\cdot}72$
$(\Sigma t)_2$	$= 1{\cdot}84$				
$(t_1)_2$	$= 0{\cdot}96$	ψ_1	$= 0{\cdot}85$	$t_1\psi_1$	$= 0{\cdot}816$
$(t_2)_2$	$= 0{\cdot}42$	ψ_2	$= 0{\cdot}45$	$t_2\psi_2$	$= 0{\cdot}189$
$(t_3)_2$	$= 0{\cdot}22$	ψ_3	$= 0{\cdot}33$	$t_3\psi_3$	$= 0{\cdot}073$
$(t_4)_2$	$= 0{\cdot}12$	ψ_4	$= 0{\cdot}26$	$t_4\psi_4$	$= 0{\cdot}031$
$\left(\sum_5^\infty t_n\right)_2$	$= 0{\cdot}12$	ψ_5	$= 0{\cdot}30$	$t_5\psi_5$	$= 0{\cdot}036$
					$1{\cdot}145$

$$(\Sigma t')_2 = 1{\cdot}84 + 1{\cdot}15 = 2{\cdot}99.$$

$(\Sigma t)_1$	$= 1{\cdot}45$				
$(t_1)_1$	$= 0{\cdot}9$	ψ_1	$= 0{\cdot}55$	$t_1\psi_1$	$= 0{\cdot}495$
$(t_2)_1$	$= 0{\cdot}34$	ψ_2	$= 0\,42$	$t_2\psi_2$	$= 0{\cdot}143$
$(t_3)_1$	$= 0{\cdot}13$	ψ_3	$= 0{\cdot}34$	$t_3\psi_3$	$= 0{\cdot}044$
$(t_4)_1$	$= 0{\cdot}04$	ψ_4	$= 0{\cdot}30$	$t_4\psi_4$	$= 0{\cdot}012$
$\left(\sum_5^\infty t_n\right)_1$	$= 0{\cdot}02$	ψ_{∞}	$= 0{\cdot}30$	$\sum_5^\infty t_n\psi_n$	$= 0{\cdot}006$
					$0{\cdot}700$

$$(\Sigma t')_1 = 1{\cdot}45 + 0{\cdot}70 = 2{\cdot}15.$$

Wirbelstromverluste:

$$(W_{t_0})_1 = \left(\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\frac{1}{2{\cdot}12}[1{\cdot}8{\cdot}5{\cdot}6{\cdot}0{\cdot}105]^2\,.\,2{\cdot}99\,.\,478 = 60,$$

$$(W_{t_0})_2 = \left(\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\frac{1}{2}[1{\cdot}8\,.\,5{\cdot}1\,.\,0{\cdot}103]^2\,2{\cdot}15\,.\,505 = 38{\cdot}5.$$

Digitized by Google

Hystereseverluste:

$$(H_{t_1}) = (W_{t_1})\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1+\frac{2000\,.\,4}{5050\,.\,\frac{0{\cdot}105}{0{\cdot}05}\,.\,0{\cdot}885}\right]\frac{1}{850\,.\,0{\cdot}05^2} = 0{\cdot}44\,.\,60 = 26{\cdot}4,$$

$$(H_{t_2}) = (W_{t_2})\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1+\frac{2000\,.\,4}{4600\,.\,\frac{0{\cdot}103}{0{\cdot}05}\,.\,0{\cdot}83}\right]\frac{1}{900\,.\,0{\cdot}05^2} = 0{\cdot}454\,.\,38{\cdot}5 = 17{\cdot}5.$$

Zahnkranzverluste [Gl. (22), (25), (26), (28), Abb. 15, 16].

$$\frac{q_{e_1}'}{q_{e_2}} = 1{\cdot}12 = \frac{1}{0{\cdot}893} \qquad f_{t_1} = 0{\cdot}205$$

$$\frac{q_{e_2}'}{q_{e_1}} = 0{\cdot}97 \qquad f_{t_2} = 0{\cdot}105$$

$$f_{t_1}' = 0{\cdot}205 - \frac{1}{3}\cdot\frac{0{\cdot}245}{2{\cdot}12_1}\,.\,1{\cdot}12^2 = 0{\cdot}157$$

$$f_{t_2}' = 0{\cdot}105 - \frac{1}{3}\cdot\frac{0{\cdot}335}{2}\,0{\cdot}97^2 = 0{\cdot}0425$$

$$e_{zl_1} = 5050\,.\,1800\,.\,14{\cdot}8\sqrt{\frac{2}{3}}\,.\,0{\cdot}157\,.\,0{\cdot}893\,.\,10^{-8} = 0{\cdot}39$$

(gemessen 0·305),

$$e_{zt_2} = 4600\,.\,1800\,.\,14{\cdot}8\sqrt{\frac{2}{3}}\,.\,0{\cdot}0425\,.\,\frac{1}{0{\cdot}97}\,.\,10^{-8} = 0{\cdot}212$$

(gemessen 0·217).

Wirbelstromverluste:

$$(W_{tz})_1 = \frac{6}{12}\left[\frac{0{\cdot}305}{0{\cdot}96}\cdot\frac{0{\cdot}105}{14{\cdot}8}\right]^2 580 = 14{\cdot}8,$$

$$(W_{tz})_2 = \frac{6}{12}\left[\frac{0{\cdot}217}{1{\cdot}33}\cdot\frac{0{\cdot}103}{14{\cdot}8}\right]^2 .\,780 = 5.$$

Hystereseverluste:

$$B_1 = \frac{0{\cdot}305\,.\,10^8}{\sqrt{2}\,.\,\pi\,.\,850\,.\,0{\cdot}96\,.\,14{\cdot}8} = 565,$$

$$B_2 = \frac{0{\cdot}217\,.\,10^8}{\sqrt{2}\,.\,\pi\,.\,900\,.\,1{\cdot}33\,.\,14{\cdot}8} = 275.$$

$$(H_{tz})_1 = (W_{tz})_1\cdot\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1+\frac{2000}{565\,.\,\frac{0{\cdot}105}{0{\cdot}05}}\right]\frac{1}{850\,.\,0{\cdot}05^2} =$$

$$= 0{\cdot}64\,(W_{tz})_1 = 9{\cdot}5,$$

$$(H_{tz})_2 = (W_{tz})_2\cdot\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1+\frac{2000}{275\,.\,\frac{0{\cdot}103}{0{\cdot}05}}\right]\frac{1}{900\,.\,0{\cdot}05^2} =$$

$$= 1{\cdot}02\,(W_{tz})_2 = 5{\cdot}1.$$

Die Rückenverluste können vernachlässigt werden

Zusammenstellung der berechneten Treppenverluste.

		Rotor $Q_2 = 48$		Rotor $Q_2 = 42$		Rotor $Q_2 = 34$	
		Wirbelstromverluste	Hysteresеverluste	Wirbelstromverluste	Hysteresеverluste	Wirbelstromverluste	Hysteresеverluste
Zahnkronen	Stator	29	11·1	41	16·4	60	26·4
	Rotor	35·5	16·2	40·7	17·9	38·5	17·5
Zahnstege	Stator	12	7·3	6·6	5·2	14·8	9·5
	Rotor	53·5	24	27	14·6	5	5·1
Rücken	Stator	1·6		1		—	
	Rotor	4·8		2·7		—	
Summe . .		136·4	58·6	119·0	54·1	118·3	58·5
Gemessen .		130	85	115	85	95	80

Abb. 43 a und b zeigen die gemessenen Zahnspannungskurven. Eigentümlicherweise erhält man für Maschinen mit 48-nutigen Rotoren schon bei Kurzschluß gekrümmte Magnetisierungskurven. Außerdem bemerkt man, daß die Zahnspannung in dem 48-nutigen Rotor mit ganz geschlossenen Nuten nicht kleiner ist als in dem entsprechenden Rotor mit halbgeschlossenen Nuten,

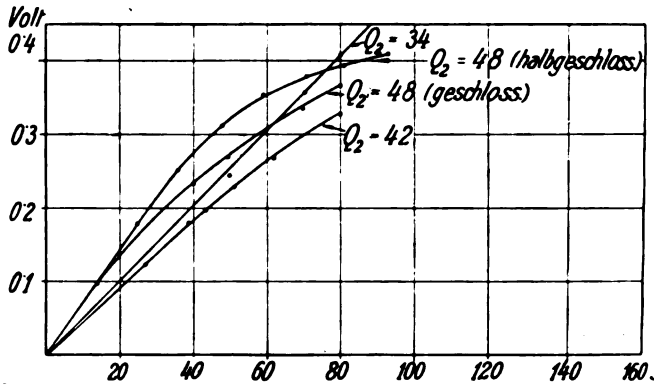


Abb. 43 *a*. Statorzahnspannung bei Kurzschlußprobe.

welches ja der Fall war bei den Prüfungen in dem 72-pol. Stator. Da außerdem die Statorzahnspannung nicht nennenswert durch Anwendung von ganz geschlossenen Rotornuten verringert wird — welches eigentlich zu erwarten gewesen wäre, weil die Rotortreppen bevor die Rotorzahnbrücken gesättigt sind, schräger sind als wenn normale halbgeschlossene Nuten verwendet werden — ist es klar, daß die Kurzschlußverluste praktisch genommen dieselbe Größe haben, gleichgültig ob der Rotor mit ganz- oder halbgeschlossenen Nuten ausgeführt wird. Aus den obenstehenden Berechnungen geht hervor, daß keine kleineren Treppenverluste erhalten werden können durch spezielle Wahl der Rotornutenzahl. Dieses wird auch durch die Meßresultate laut Abb. 44 bestätigt. Die Maschinen, welche mit 34- und 42-nutigen Rotoren ausgeführt wurden haben allerdings

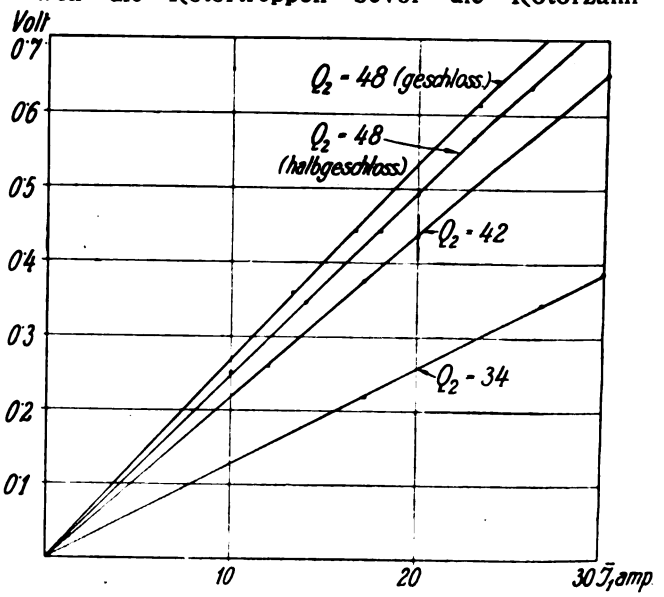


Abb. 43 *b*. Rotorzahnspannung bei Kurzschlußprobe.

Digitized by Google

etwas kleinere Treppenverluste, zeigen aber starkes magnetisches Geräusch.

Im übrigen zeigt die Zusammenstellung, in welchem Masse sich die Verlustverteilung innerhalb jeder Maschine bei verschiedener Wahl der Nutenzahl ändert.

Eine genaue Durchrechnung der Verluste für einen normalen Drehstrommotor wird schließlich

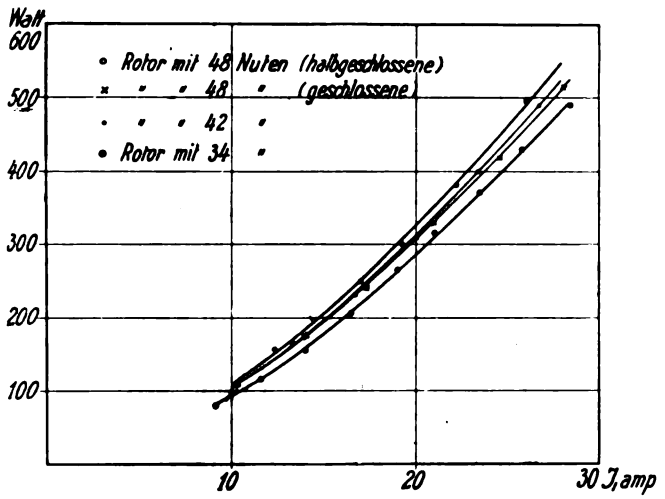


Abb. 44. Treppenverluste bei Kurzschlußprobe, Maschinen mit extrastarker Blechisolation.

hier unten vorgenommen. Außerdem wird die Einwirkung der Sättigung auf die Treppenverluste klargelegt.

Drehstrommotor 25 PS — 380 V — 35/72 A — 1440 U/min. (Verlustkoeffizienten nicht mit Sicherheit bekannt.)

Abmessungen.

D	= 23		
l'	= 14		
L	= 13		
δ	= 0·06		
d_1	= 0·1295	d_2	= 0·096
Δ'	= 0·054		
Δ	= 0·050		
O	= 937		
τ	= 18		
τ_{z_1}	= 2	τ_{z_2}	= 1·5
b_{z_1}	= 0·96	b_{z_2}	= 0·91
b_{s_1}	= 0·23	b_{s_2}	= 0·15
h_1	= 2·4	h_2	= 2·4
b_1	= 1·13	b_2	= 0·55
τ_1''	= 21·8	τ_2''	= 14·1
τ_{z_1}''	= 2·42	τ_{z_2}''	= 1·18
b_{z_1}''	= 0·96	b_{z_2}''	= 0·63
b_1''	= 1·43	b_2''	= 0·55
b_{zm_1}	= 0·96	b_{zm_2}	= 0·78
H_1	= 3·1	H_2	= 2·7
V_{z_1}	= 1035	V_{z_2}	= 1115

Besonders eingeführte Abmessungen und Rechengrößen.

y_1'	= 0·44	y_2'	= 0·33
y_1''	= 0·67	y_2''	= 0·68
η_{w_1}	= 2·63		
η_{B_1}	= 0·52		
δ'	= 0·065		
δ_t	= 0·072*); bei Kurzschlußprobe δ_t = 0·06		
τ_{z_1}'	= 1·90	τ_{z_2}'	= 1·45
O_1'	= 890	O_2'	= 890
σ_{r_1}	= 0·172	σ_{r_2}	= 0·12
σ_{t_1}	= 0·308	σ_{t_2}	= 0·204

*) Für die Wahl von δ_t = 0·072 siehe die folgenden Untersuchungen über die Einwirkung der Sättigung.

Polzahl, Nutenzahl, Wicklungsdaten und ähnliche Zahlen.

p	= 2		
Q_1	= 36	Q_2	= 48
q_{01}	= 18	q_{02}	= 24
q_1	= 3	q_2	= 4
q_{01}'	= 19	q_{02}'	= 24·8
q_1'	= 3·16	q_2'	= 4·14
n_{s_1}	= 15	n_{s_2}	= 5
a_1	= 1	a_2	= 2
f_1	= 0·96	f_2	= 0·958

Geschwindigkeiten, Periodenzahlen sowie einige elektromagnetische Daten

v_s	= 1800		
v	= 1730		
ν_s	= 50		
ν	= 48		
ν_{z_1}	= 865	ν_{z_2}	= 1150
λ	= 6		
μ_z	= 500		
ξ_1	= 1·88	ξ_2	= 1·63
σ_H	= 0·26		
σ_H'	= 0·50		
B_c	= 2000		
B_g'	= 7100		
B_g	= 7700		
B_{r_1}	= 4520	B_{r_2}	= 3170
B_{t_1}	= 12 400	B_{t_2}	= 8500
B_{t_1}'	= 11 200	B_{t_2}'	= 7700
$(B_{t_1})_k$	= 14 900	$(B_{t_2})_k$	= 11 600
$(B_{t_1}')_k$	= 13 400	$(B_{t_2}')_k$	= 10 450
$\widetilde{I_1}$	= 35	$\widetilde{I_2}$	= 72
$\widetilde{I_{1k}}$	= 35	$\widetilde{I_{2k}}$	= 100
$\widetilde{I_{01}}$	= 9		

Die normalen Eisenverluste in den Statorzähnen und im Statorrücken.

Zahnkranzverluste [Gl. (13), (14)].

Wirbelstromverluste:

$$W_{nz} = \pi^2 \cdot \frac{6}{6}\left[0{\cdot}5 \cdot 7{\cdot}1 \cdot \frac{2}{0{\cdot}96} \cdot 0{\cdot}054\right]^2 \cdot 1035 = 16{\cdot}2.$$

Mit Rücksicht auf ungenügende Blechisolation

$$W_{nz} = 48.$$

Hystereseverluste:

$$\eta_{nz} = W_{nz} \cdot \frac{0{\cdot}26}{\frac{\pi^2}{10} \cdot \frac{6}{6}}\left[1 + \frac{2000}{7100 \cdot 1{\cdot}08 \cdot \frac{2}{0{\cdot}96}}\right]\frac{1}{50 \cdot 0{\cdot}05^2} =$$

$$= 2{\cdot}37\, W_{nz} = 38.$$

Mit Rücksicht auf Kaltbearbeitung beim Stanzen

$$H_{nz} = 42.$$

Rückenverluste [Gl. (15), (16)].

Wirbelstromverluste:

$$W_{nr} = \left[\frac{\pi}{2} \cdot \frac{6}{6} \cdot 2{\cdot}63\right]\frac{100}{36}[1{\cdot}18 \cdot 7{\cdot}1 \cdot 0{\cdot}054]^2 \cdot 937 = 51.$$

Mit Rücksicht auf ungenügende Blechisolation

$$W_{nr} = 153.$$

Hystereseverluste:

$$H_{nr} = W_{nr} \cdot \frac{0{\cdot}26}{\frac{\pi^2}{10} \cdot \frac{6}{6}}\left[1 + \frac{0{\cdot}52 \cdot 2000}{7100 \cdot 1{\cdot}08 \cdot \frac{1{\cdot}8}{21{\cdot}8}}\right]\frac{1}{50 \cdot 0{\cdot}05^2} =$$

$$= 2{\cdot}46\, W_{nr} = 126.$$

Die zusätzlichen Reluktanzverluste in den Zähnen.

Oberflächenverluste Gl. (17), Abb. 11, 12.

$\frac{\sigma_{r_1}}{\tau_{z_1}}$	= 0·086	$\frac{\sigma_{r_1}}{\tau_{z_2}'}$	= 0·119
$\frac{\sigma_{r_2}}{\tau_{z_2}}$	= 0·080	$\frac{\sigma_{r_2}}{\tau_{z_1}'}$	= 0·063
$(\Sigma_{r_0}')_1$	= 0·755	$\left(\frac{\Sigma_{r\xi}}{\Sigma_{r_0}}\right)_1$	= 0·285

Digitized by Google

$$(\Sigma r_0')_2 = 0{\cdot}765 \quad \left(\frac{\Sigma r_\xi}{\Sigma r_0}\right)_2 = 0{\cdot}275$$

Wirbelstromverluste:

$$(W_{r_0})_1 = \left(\frac{1}{\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\frac{1}{1{\cdot}5}\,[1{\cdot}73\,.\,3{\cdot}17\,.\,0{\cdot}054]^2\,890\,.$$
$$.\,0{\cdot}765\left(\frac{3}{1{\cdot}88}\,.\,0{\cdot}275\right) = 5{\cdot}4,$$

$$(W_{r_0})_2 = \left(\frac{1}{\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\cdot\frac{1}{2}\,[1{\cdot}73\,.\,4{\cdot}52\,.\,0{\cdot}054]^2\,890\,.$$
$$.\,0{\cdot}755\left(\frac{3}{1{\cdot}63}\,.\,0{\cdot}285\right) = 10.$$

Zahnkranzverluste Gl. (18) mit $f(\beta) = 1$.

Wirbelstromverluste:

$$(W_{rz})_1 = \frac{1}{3}\cdot\frac{6}{6}\left[1{\cdot}73\,.\,3{\cdot}17\,.\,\frac{0{\cdot}054}{0{\cdot}96}\right]^2.\,0{\cdot}080\,.\,1035 = 2{\cdot}6,$$

$$(W_{rz})_2 = \frac{1}{3}\cdot\frac{6}{6}\left[1{\cdot}73\,.\,4{\cdot}52\,.\,\frac{0{\cdot}054}{0{\cdot}78}\right]^2.\,0{\cdot}086\,.\,1115 = 9{\cdot}3.$$

Treppenverluste bei der Kurzschlußprobe (ohne Skineffekt).

Oberflächenverluste [Gl. (19), (20), Abb. 13, 14].

$\frac{\sigma_{t_2}}{\tau_{z_2}}$	$=0{\cdot}136$	$\frac{\tau_{z_1}'}{\tau_{z_2}}$	$=1{\cdot}26$	$\frac{b_{z_1}}{\tau_{z_1}'}$	$=0{\cdot}505$
$\frac{\sigma_{t_1}}{\tau_{z_1}}$	$=0{\cdot}154$	$\frac{\tau_{z_2}'}{\tau_{z_1}}$	$=0{\cdot}725$	$\frac{b_{z_2}}{\tau_{z_2}'}$	$=0{\cdot}63$
$(\Sigma t)_2$	$=1{\cdot}65$				
t_1	$=0{\cdot}94$	ψ_1	$=0{\cdot}38$	$t_1\,\psi_1$	$=0{\cdot}357$
t_2	$=0{\cdot}39$	ψ_2	$=0{\cdot}24$	$t_2\,\psi_2$	$=0{\cdot}094$
t_3	$=0{\cdot}19$	ψ_3	$=0{\cdot}38$	$t_3\,\psi_3$	$=0{\cdot}072$
t_4	$=0{\cdot}08$	ψ_4	$=0{\cdot}30$	$t_4\,\psi_4$	$=0{\cdot}024$
$\sum_5^\infty t_n$	$=0{\cdot}05$	ψ_5^∞	$=0{\cdot}30$	$\sum_5^\infty t_n\,\psi_n$	$=0{\cdot}015$
					$0{\cdot}562$

$$(\Sigma t')_2 = 1{\cdot}65 + 0{\cdot}56 = 2{\cdot}21.$$

$(\Sigma t)_1$	$=1{\cdot}53$				
$(t_1)_1$	$=0{\cdot}92$	ψ_1	$=0{\cdot}48$	$t_1\,\psi_1$	$=0{\cdot}442$
t_2	$=0{\cdot}36$	ψ_2	$=0{\cdot}17$	$t_2\,\psi_2$	$=0{\cdot}061$
t_3	$=0{\cdot}15$	ψ_3	$=0{\cdot}41$	$t_3\,\psi_3$	$=0{\cdot}062$
t_4	$=0{\cdot}05$	ψ_4	$=0{\cdot}39$	$t_4\,\psi_4$	$=0{\cdot}019$
$\sum_5^\infty t_n$	$=0{\cdot}03$	ψ_5^∞	$=0{\cdot}30$	$\sum_5^\infty t_n\,\psi_n$	$=0{\cdot}009$
					$0{\cdot}593$

$$(\Sigma t')_1 = 1{\cdot}53 + 0{\cdot}59 = 2{\cdot}12.$$

Wirbelstromverluste:

$$(W_{t_0})_1 = \left[\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right]\frac{1}{1{\cdot}5}\,[1{\cdot}8\,.\,11{\cdot}6\,.\,0{\cdot}054]^2\,.\,2{\cdot}21\,.\,890 = 134.$$

$$(W_{t_0})_2 = \left[\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right]\frac{1}{2}\,[1{\cdot}8\,.\,14{\cdot}9\,.\,0{\cdot}054]^2\,.\,2{\cdot}12\,.\,890 = 157.$$

Hystereseverluste:

$$(H_{t_0})_1 = (W_{t_0})_1\,\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1 + \frac{2000\,.\,4}{10450\,.\,1{\cdot}08\,.\,0{\cdot}86}\right]\frac{1}{1200\,.\,0{\cdot}05^2} =$$
$$= 0{\cdot}306\,.\,134 = 41,$$

$$(H_{t_0})_2 = (W_{t_0})_2\,\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1 + \frac{2000\,.\,4}{13400\,.\,1{\cdot}08\,.\,0{\cdot}85}\right]\frac{1}{900\,.\,0{\cdot}05^2} =$$
$$= 0{\cdot}372\,.\,157 = 58{\cdot}5.$$

Zahnkranzverluste [Gl. (22), (25), (26), (28), Abb. 13, 14].

$$\frac{q_{10}'}{q_{20}} = 0{\cdot}79 \qquad f_{t_1} = 0{\cdot}171$$

$$\frac{q_{20}'}{q_{10}} = 1{\cdot}38 - \frac{1}{0{\cdot}725} \qquad f_{t_2} = 0{\cdot}47$$

$$f_{t_1}' = 0{\cdot}171 - \frac{1}{3}\cdot\frac{0{\cdot}204}{1{\cdot}5}\,.\,(0{\cdot}79)^2 = 0{\cdot}143$$

$$f_{t_2}' = 0{\cdot}47 - \frac{1}{3}\cdot\frac{0{\cdot}308}{2}\,.\,(1{\cdot}38)^2 = 0{\cdot}373$$

$$e_{zt_1} = 10\,450\,.\,1800\,.\,14\sqrt{\frac{2}{3}}\,.\,0{\cdot}171\,.\,\frac{1}{0{\cdot}79}\,.\,10^{-8} = 1{\cdot}11$$

(gemessen 0·675),

$$e_{zt_2} = 13\,400\,.\,1800\,.\,14\sqrt{\frac{2}{3}}\,.\,0{\cdot}47\,.\,0{\cdot}725\,.\,10^{-8} = 1{\cdot}37$$

(gemessen 1·2).

Wirbelstromverluste:

$$(W_{tz})_1 = \frac{6}{12}\cdot\left[\frac{0{\cdot}675}{0{\cdot}96}\cdot\frac{0{\cdot}054}{14}\right]^2.\,1035 = 38,$$

$$(W_{tz})_2 = \frac{6}{12}\left[\frac{1{\cdot}2\,.\,0{\cdot}054}{0{\cdot}78\quad 14}\right]^2.\,1115 = 196.$$

Hystereseverluste:

$$B_1 = \frac{0{\cdot}675\,.\,10^8}{\sqrt{2}\,\pi\,.\,1200\,.\,0{\cdot}96\,.\,14} = 935,$$

$$B_2 = \frac{1{\cdot}2}{\sqrt{2}\,.\,\pi\,.\,900\,.\,0{\cdot}78\,.\,14} = 2750.$$

$$(H_{tz})_1 = (W_{tz})_1\,\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1 + \frac{2000}{935\,.\,1{\cdot}08}\right]\frac{1}{1200\,.\,0{\cdot}05^2} =$$
$$= 0{\cdot}5\,(W_{tz})_1 = 19,$$

$$(H_{tz})_2 = (W_{tz})_2\,\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1 + \frac{2000}{2750\,.\,1{\cdot}08}\right]\frac{1}{900\,.\,0{\cdot}05^2} =$$
$$= 0{\cdot}38\,(W_{tz})_2 = 75.$$

Rückenverluste Gl. (23) mit $x_1 = 1$, $x_2 = 1$.

Wirbelstromverluste:

$$(W_{tr})_1 = \left(\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right)\frac{0{\cdot}94}{1{\cdot}5}\,[1{\cdot}8\,.\,11{\cdot}6\,.\,0{\cdot}054]^2$$
$$\frac{1}{4}\left[\frac{\sin 48^0\sin 23{\cdot}8^0}{\frac{\pi}{3}\,.\,\frac{\pi}{3}\,0{\cdot}397}\right]^2.\,937 = 7.$$

$$(W_{tr})_2 = \left(\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{6}{6}\right).\,\frac{0{\cdot}92}{2}\,[1{\cdot}8\,.\,14{\cdot}9\,.\,0{\cdot}054]^2\,.$$
$$.\,\frac{1}{3}\left[\frac{\sin 130^0\sin 24^0}{\frac{\pi}{4}\,.\,\frac{\pi}{4}\,.\,0{\cdot}535}\right]^2 937 = 21$$

Für die Treppenverluste bei Kurzschluß erhält man somit bei Vernachlässigung des Skineffektes 553 Watt Wirbelstromverluste und 194 Watt Hystereseverluste, während 475 und 425 respektive (Siehe Abb. 45) gemessen wurden.

Treppenverluste bei Nennlast.

Oberflächenverluste [Gl. (19), (20), Abb 13, 14].

Wirbelstromverluste:

$$(W_{t_0})_1 = \left[\frac{8{\cdot}5}{11{\cdot}6}\cdot\frac{1{\cdot}73}{1\,8}\right]^2.\,134 = 67.$$

$$(W_{t_0})_2 = \left[\frac{12{\cdot}4}{14{\cdot}9}\cdot\frac{1{\cdot}73}{1{\cdot}8}\right]^2.\,157 = 100.$$

Hystereseverluste:

$$(H_{t_0})_1 = (W_{t_0})_1\,\frac{0\,5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1 +\right.$$
$$\left. + \frac{4\,.\,2000}{7700\,.\,1{\cdot}08\,.\,0{\cdot}86}\right]\cdot\frac{1}{1150\,.\,0{\cdot}05^2} = 0{\cdot}374\,.\,67 = 25,$$

$$(H_{t_0})_2 = (W_{t_0})_2\,\frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10}\cdot\frac{6}{6}}\left[1 +\right.$$
$$\left. + \frac{4\,.\,2000}{11200\,.\,1{\cdot}08\,.\,0{\cdot}85}\right]\frac{1}{865\,.\,0{\cdot}05^2} = 0{\cdot}415\,.\,100 = 41{\cdot}5.$$

Zahnkranzverluste.

Wirbelstromverluste:

$$(W_{tz})_1 = \left[\frac{7700}{10450}\cdot\frac{1{\cdot}73}{1{\cdot}80}\right]^2.\,38 = 19,$$

Digitized by Google

$$(W_{tz})_3 = \left[\frac{11200}{13400} \cdot \frac{1{\cdot}73}{1{\cdot}80}\right]^2 . 196 = 126.$$

Hystereseverluste:

$$B_1 = 935 . \frac{7700}{10450} = 685,$$

$$B_3 = 2750 \frac{11200}{13400} = 2290.$$

$$(H_{tz})_1 = (W_{tz})_1 \frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10} \cdot \frac{6}{6}} \left[1 + \frac{2000}{685\ 1{\cdot}08}\right] \frac{1}{1150 . 0{\cdot}05^2} =$$

$$= 0{\cdot}65 . 19 = 12{\cdot}4,$$

$$(H_{tz})_3 = (W_{tz})_3 \frac{0{\cdot}5}{\frac{\pi^2}{10} \cdot \frac{6}{6}} \left[1 + \frac{2000}{2290\ 1{\cdot}08}\right] \frac{1}{865 . 0{\cdot}05^2} =$$

$$= 0{\cdot}425 . 126 = 53{\cdot}5.$$

Rückenverluste:

$$(W_{tr})_1 = \left[\frac{8{\cdot}5}{11{\cdot}6} \cdot \frac{1{\cdot}73}{1{\cdot}80}\right]^2 . 7 = 3{\cdot}5,$$

$$(W_{tr})_3 = \left[\frac{12{\cdot}4}{14{\cdot}9} \cdot \frac{1{\cdot}73}{1{\cdot}80}\right]^2 . 21 = 13.$$

		Normale Eisenverluste		Reluktanzverluste		Treppenverluste	
		Wirbelstromverluste	Hysteresеverluste	Wirbelstromverluste	Hysteresеverluste	Wirbelstromverluste	Hysteresеverluste
Zahnkfonen	Stator			5·4		67	25
	Rotor			10		100	41·5
Zahnstege	Stator	48	42	2·6		19	12·4
	Rotor			9·3		126	53·5
Rücken	Stator	153	126			3·5	
	Rotor					13	
Summe . .		201	168	27		329	132
dito in vH der Nutzleistung .		1·1	0·91	0·15		1·79	0·72
Summe in vH d. Nutzleistung .		2·16				2·51	

Die Treppenverluste sind also von derselben Größe wie die Leerlaufverluste.

Bei normaler Leerlaufprobe wurden 230 Watt Hystereseverluste und 230 Watt Wirbelstromverluste gemessen. Bei 380 Volt ist $I_0 = 9$ und machen die Treppenverluste zusammen ungefähr 31 Watt

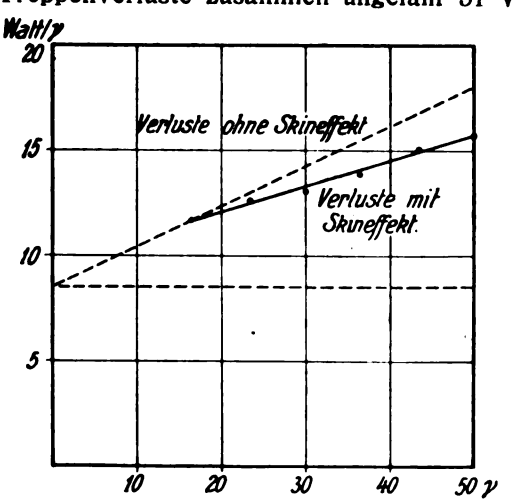


Abb. 45. Separation der Kurzschlußverluste bei $\widetilde{J_1} = 35$ A.

aus (16 Watt Wirbelstromverluste und 15 Watt Hystereseverluste), während die Reluktanzverluste bei Leerlaufstourenzahl zirka 29 Watt (Wirbelstromverluste) sind. Dabei wurden die Reluktanzhystereseverluste vernachlässigt. Total sind also die berechneten Verluste bei Leerlauf 246 Watt Wirbelstromverluste und 191 Watt Hystereseverluste, wovon die der höheren Harmonischen 60 Watt ausmachen. An Hand einer Separationsprobe laut Teil I wurden die Verluste der höheren Harmonischen bei Leerlauf auf 85 Watt geschätzt. Die Übereinstimmung muß als verhältnismäßig gut betrachtet werden.

Die Abb. 45 zeigt die Trennung der Kurzschlußverluste bei $\widetilde{J_1} = 35$. Hierbei ist angenommen, daß der Skineffekt die mit ν mehr als linear variierenden Verluste um zirka 35 vH herabsetzt.

Die Abb. 46 zeigt eine Kurve über die Treppenverluste bei Kurzschlußprobe als Funktion des Primärstromes. Die Verluste variieren nicht ganz quadratisch mit dem Statorstrom, welches hauptsächlich dadurch verursacht wird, daß die Hystereseverluste aus einem linearen und einem quadratischen Teil zusammengesetzt sind. Bei normalem Statorstrom 35 Amp. wird bei Kurzschluß 780 Watt (berechnet 610) gemessen. Bei normaler Vollast

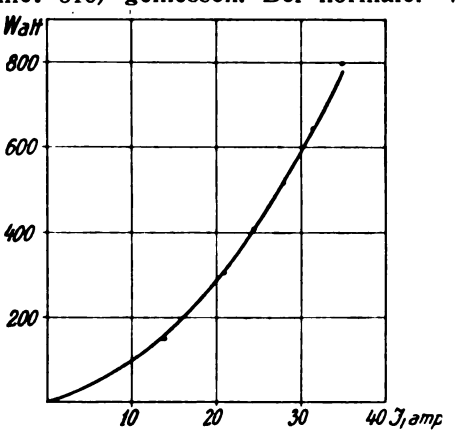


Abb. 46. Treppenverluste bei Kurzschlußprobe, Maschine mit normaler Isolation.

werden die totalen Treppenverluste zu zirka 460 Watt berechnet. Hieraus geht deutlich hervor, daß die Treppenverluste, durch eine Kurzschlußprobe mit nur Rotormagnetisierung gemessen, nicht unbedeutend größer sind als die bei Nennlast vorhandenen Treppenverluste.

Dieses beruht auf folgende Ursachen:

1. Bei einer Kurzschlußprobe sind die Amperewindungszahlen in dem Stator und Rotor praktisch genommen die gleichen, während die Amperewindungszahl des Rotors bei Vollast zirka 80 vH des Stators ist.

2. Die Kurzschlußprobe ist bei synchroner Tourenzahl ausgeführt, während die normalen Verluste bei Schlüpfungsdrehzahl berechnet sind. Der Unterschied zwischen den Verlusten bei den beiden Umdrehungszahlen ist jedoch unbedeutend.

3. Bei der Kurzschlußprobe ist der Skineffekt stark ausgeprägt, während bei normalem Belastungszustand die zusätzlichen Hystereseschleifen einen so niedrigen μ-Wert geben, daß kein Skineffekt anzunehmen ist.

4. Bei Vorhandensein eines Hauptfeldes wird der magnetische Widerstand der Oberwellen er-

Digitized by Google

höht, wodurch die Größe der Oberwellen abnimmt.

Da sich zeigt, daß die Treppenverluste durch den Skineffekt bei der Kurzschlußprobe ungefähr im selben Verhältnis wie durch die Sättigung bei Belastung herabgesetzt werden, sind die Treppenverluste bei Nennlast kleiner als die Kurzschlußverluste bei normalem Statorstrom, hauptsächlich auf Grund kleinerer AW-Zahl in dem Rotor. Nur dadurch, daß die Kurzschlußprobe von beiden Seiten ausgeführt wird, in Übereinstimmung mit dem in Teil I gemachten Vorschlag, ist

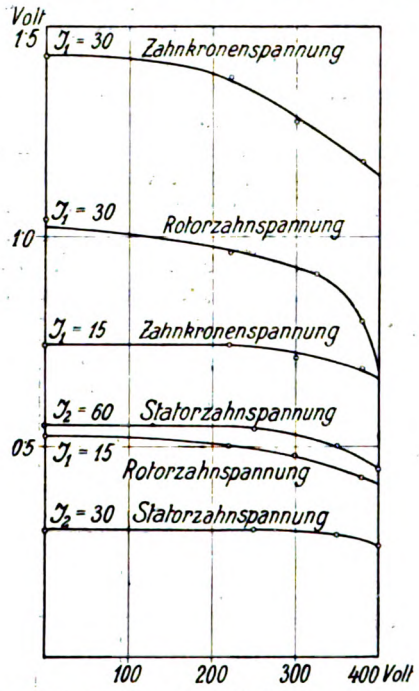


Abb. 47. Einwirkung der Sättigung auf die Meßschleifenspannungen.

es möglich ein zufriedenstellendes Resultat zu erhalten.

Die Abb. 47 zeigt eine Zusammenstellung der Resultate, welche bei den Untersuchungen über die Einwirkung der Sättigung, erhalten wurden. Die Stator- und Rotorzahnspannungen wurden bei Belastung mit konstantem Rotor respektive Statorstrom bei verschiedenen Luftspaltinduktionen gemessen. Nachdem die von den Grundwellen und Schlitzharmonischen induzierten Spannungen bei der der Belastungsprobe entsprechenden Luftspaltinduktion[10]) und Tourenzahl gemessen sind, werden diese quadratisch von der bei Belastung induzierten Spannung subtrahiert. Die übrig bleibende Treppenzahnspannung bei 1500 Touren ist in Abb. 47 als Funktion der Statorspannung bei Leerlauf aufgezeichnet.

In einem Rotorzahn wurde außerdem die Zahnkronenspannung mit einer Meßschleife gemäß Abb. 41 a gemessen. Diese wird nur durch die Fel-

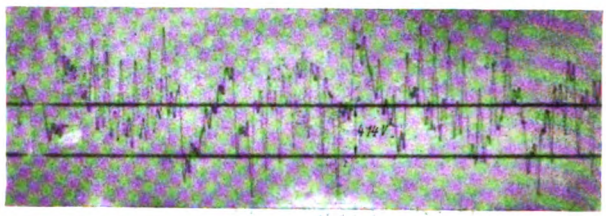


Abb. 48. Statorzahnspannung bei Belastung.

der, welche sich durch die Rotoroberfläche schließen und nicht durch die Felder, welche durch die Zähne und den Rücken gehen, induziert. Die von den Treppenharmonischen induzierte Treppenzahnkronenspannung wird in gleicher Weise wie die obengenannte Zahnspannung bestimmt.

Durch die Sättigung werden sämtliche Spannungen mit zirka 20 vH bei Vollaststrom und

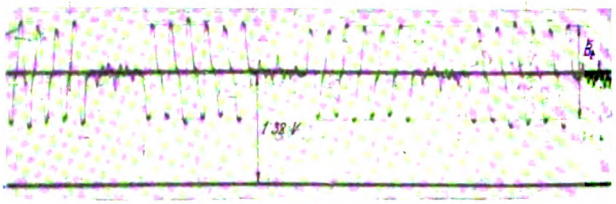


Abb. 49. Zahnkronenspannung des Rotors bei Kurzschlußprobe mit Statorerregung.

normaler Spannung herabgesetzt. Bei der Berechnung der Treppenverluste bei Vollast wurde darum mit $\delta_t = 0{\cdot}072 = 1{\cdot}2 \,.\, 0{\cdot}060$ gerechnet.

Schließlich zeigen die Abb. 48 und 49 Oszillogramme der Statorzahnspannung bei Belastung sowie die Rotorzahnkronenspannung bei Kurzschluß. Aus dem letztgenannten kann mit großer Genauigkeit $\overline{B}_t$ direkt gemessen werden.

[10]) Die Luftspaltinduktion wurde mittels einer über $^2/_3$ der Polteilung verteilten Wicklung kontrolliert.

Rundschau.

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Kritische Betrachtungen zu den verschiedenen Transformatoren-Schutzsystemen. Von F. Ahrberg und W. Gaarz. Das wohl am meisten verbreitete Schutzsystem für Transformatoren ist der Differentialschutz nach Merz-Price der im wesentlichen auf einem Vergleich der Ströme vor und hinter den zu schützenden Apparaten beruht. Nur zum Schutz von Leitungen und Kabeln konnte er sich wegen der hohen Kosten und dem störenden Einfluß der langen Hilfsleitungen in der Praxis nicht durchsetzen. Bei diesem System werden die Wandler ober- und unterspannungsseitig in Reihe geschaltet, während die Relais parallel dazu liegen. Doch findet man noch manchmal die alte Schaltung, bei welcher die Wandler gegengeschaltet sind und die Relais in Reihe dazu liegen. Diese Schaltung hat jedoch den Nachteil, daß sie teure Spezialwandler verlangt. Neben dieser Ausführung, die mit direkter elektrischer Verkettung der Ströme arbeitet, gibt es auch noch solche mit Zwischenwandlern, also magnetischer Verkettung, oder mit Balancerelais. Doch haben alle diese Ausführungen gegen die Erstgenannten den Nachteil eines höheren Energieverbrauches und einer schwierigeren Abgleichung. Eine abgeänderte Schaltung des Merz-Price-Schutzes wird von der Metropolitan Vickers Electrical Co. angewendet. Dabei wird noch ein eigenes empfindliches Gestellschlußrelais

Digitized by Google

und Abschmelzsicherung gegen Überströme und Einschaltstöße angewendet. Das empfindliche Gestellschutzrelais kann jedoch nur in besonderen Fällen zur Wirkung gelangen. Die Abschmelzsicherungen haben den Nachteil, daß sie nicht selektiv arbeiten und überdies durch ihr Durchbrennen die Wandler infolge Öffnen des Sekundärkreises gefährdet werden. Vorteilhafter erscheint hier die Verwendung von separaten Überstromzeitrelais. Da der Differentialschutz bekanntlich auf Einschaltstöße anspricht, müssen die Relais mit Zeitverzögerung ausgeführt werden oder es muß ein besonderes Zeitrelais vorgesehen werden. Die Anordnung von Kurzschlußschaltern oder Stoßsicherungen, welche die Relais im Augenblick des Einschaltens überbrücken, bringt nur neue Gefahrenquellen in das Schutzsystem. Völlig unabhängig von Einschaltstößen wird der Differentialschutz nur bei Anwendung von wattmetrischen Relais. Zum Abgleichen der Primär- und Sekundärströme verwendet man gerne Zwischenwandler, die jedoch bei Verwendung von Triebwandlern kleiner Leistung den Nachteil haben, daß sie den Schutz unempfindlich machen.

Von anderen Ausführungen von Transformatorenschutzschaltungen ist zu erwähnen der Selfbalancing-Schutz nach Beard. (Ferranti Ltd. Hollinwood, Societé Industrielle pour la Fabrication de Mésure, Paris.) Er beruht darauf, daß über die Leitungen vom Anfang und Ende jeder Spule des Transformators ein gemeinsamer Eisenkern mit einer Sekundärwicklung geschoben wird. Sind die beiden Ströme gleich, so heben sich die magnetischen Wirkungen auf, und das angeschlossene Relais, das dreiphasig ausgeführt wird, bleibt stromlos. Der Schutz, der natürlich auf beiden Seiten des Transformators angeordnet werden muß, ist ziemlich empfindlich und spricht auf Phasen- und Gestellschlüsse, nicht aber auf Windungsschlüsse und Eisenbrand an. Ein Nachteil des Schutzes ist der, daß sowohl Anfang wie Ende einer jeden Spule des Transformators zugänglich sein muß und die Wandler sehr teuer werden, da ja die beiden Primärstäbe jedes Wandlers auf die volle Sternspannung gegeneinander isoliert sein müssen. Bei sehr hohen Spannungen wird die Ausführung solcher Wandler jedenfalls unmöglich.

Eine weitere Schutzschaltung ist die mit aufgeschnittener Dreieckwicklung. Da sie jedoch nur bei Transformatoren mit einer Dreieckwicklung verwendbar ist und überdies wie der vorige Schutz Spezialausführungen der Leistungstransformatoren verlangt, hat sie nie größere Bedeutung erlangt. Eine Schutzschaltung, die auf anderen Prinzipien beruht als alle vorhergehenden ist der Transformatorenschutz mit Stützdrossel nach R. Bauch[1]). Hier wird die Tatsache benützt, daß sich bei inneren Defekten eines Transformators der Nullpunkt des Systemes verlagert. Trotz seiner großen Einfachheit vermag der Schutz Transformatoren mit Sternwicklungen wirksam zu schützen. Hiebei wird ein Spannungswandler zwischen den Nullpunkt des Leistungstransformators und den einer Dreiphasendrossel geschaltet und die bei Defekten auftretende Differenzspannung einem verzögerten Spannungsrelais zugeführt.

In der sehr übersichtlichen Zusammenstellung der Transformatorenschutzarten, deren Vor- und Nachteile geschildert werden, fehlt leider der allerdings auf rein nicht elektrischen Erscheinungen beruhende Buchholtz-Schutz[2]). H. E.

(Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. 5, H. 3, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Neuerungen bei Wechselstrom-Meßinstrumenten. K. Edgcumbe und F. E. J. Ockenden berichten unter anderem über Untersuchungen an Dreheisen-Instrumenten und die daraus für die Vervollkommnung solcher folgenden Ergebnisse. Das Konstruktionsprinzip des Dreheisen-Instrumentes ist in hervorragender Weise für Präzisions-Instrumente geeignet, und zwar gleich gut oder sogar besser als das elektrodynamische.

Das Triebwerk der untersuchten Dreheisen-Instrumente besteht aus einer kreisförmigen dünnen Eisenscheibe, von welcher ein kleines Sehnensegment abgeschnitten ist; sie ist exzentrisch zu einer schmalen ovalen Spule so gelagert, daß bei ihrer Drehung die Größe des in den engen Luftraum der Spule eintauchenden Scheibenteiles sich möglichst stark ändert (Abb. 1). Zwischen Ruhelage und Vollausschlag war bei $L = 0{\cdot}06$ H, $I = 0{\cdot}05$ A eine Änderung der Selbstinduktanz der Spule von 30 vH erzielbar. Letztere Änderung kann analog früheren von Drysdale und Jolly bei elektrostatischen Instrumenten ausgeführten Untersuchungen als ein Maß des Drehmomentes bei verschiedenen AW der Spule gelten; an einer Reihe von Dreheisen-Insrumenten verschiedener Herkunft wurden für diese Größe Werte von 0·73 bis 12·65 vH, also durchwegs viel geringere, mittels einer Andersen-Brücke gefunden. Da der auf das Dreheisen entfallende Teil der Kraftlinienwege der Spule relativ klein ist, genügt es, die Dicke des Dreheisens klein zu halten; der Versuch, durch Verdickung des Dreheisens den magnetischen Widerstand zu verkleinern, ergab keinen Enderfolg wegen des zu raschen Wachsens des Dreheisengewichtes; jedoch ließen sich durch Abflachung der Ecken des Dreheisens 25 vH Zuwachs an Drehmoment erzielen. Als günstigste Fluxdichte in der Achse der Spule zeigten sich zirka 2000 Gauß; dieser Wert entspricht dem mittleren Punkte des fast geradlinigen Teiles der Magnetisierungskurve des Dreheisenbleches; solange bei Wechselstrom oder kommutiertem Wechsel-

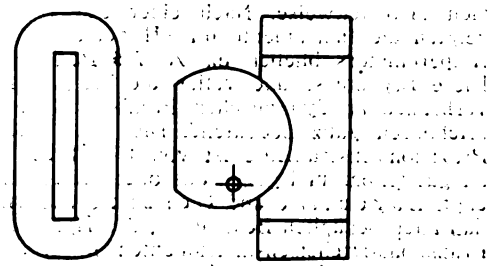


Abb. 1.

strom die Stromstärke ein Überschreiten des Spitzenwertes von 8000 Gauß nicht herbeiführte, ergaben sich ganz unwesentliche Abweichungen in den Angaben bei verschiedenen Stromkurven gleichen Effektwertes. Behufs Untersuchung des Einflusses der magnetischen Hysterese wurde der Verzögerungswinkel δ zwischen magnetischer Fluxdichte B im Dreheisen und der magnetisierenden Felddichte H gemessen; die hiezu verwendete Methode ist nicht angegeben. Bei $B = 2030$ Gauß und Vollausschlag zeigte sich ein Wert $\delta = 33'$, also tang $\delta = 0{\cdot}0096$. Zur Kontrolle wurde δ aus der Magnetisierungskurve des Dreheisenmateriales berechnet: es ist tang δ gleich dem Verhältnis des Energieverbrauches durch Hysterese zu der im Feld aufgespeicherten Energie; ersterer betrug bei einer zentralen Fluxdichte $B = 2120$ Gauß, einem Dreheisengewicht von 0·6 g, 8·7 Erg Verlust pro 1 g und 1 Zykel 5·2 Erg; letztere ergab sich aus $L = 0{\cdot}0206$ H und $I = 0{\cdot}05$ A als $LI^2 = 515$ Erg; daraus folgt ein tang $\delta = 5{\cdot}2/515 = 0{\cdot}01$ und $\delta = 34'$: zwischen Messung und Berechnung besteht also gute Übereinstimmung. Die Untersuchung zeigte ferner Proportionalität zwischen Hystereseverlust und $B^{1{\cdot}7}$, solange B proportional dem I verläuft und umgekehrt, ist also tang δ proportional $B^{1{\cdot}7-2} = B^{-0{\cdot}3}$, das heißt mit wachsendem B nimmt δ ab. Aus dem gemessenen Hysteresewinkel δ folgt ein ganz unwesentlicher Fehler der Angabe bei Vollausschlag. Wie übrigens schon bekannt, beeinflußt die Hysterese die Angaben des Dreheiseninstrumentes bei Wechselstrom nur ganz unmerklich; bei Gleichstrom liegen die Verhältnisse anders; bei Instrumenten für letztere Stromart muß zwischen günstigster mittlerer Felddichte und Hysteresefehler ein Kompromiß geschlossen werden;

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 844; 1927, Heft 5, S. 94.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 933.

Digitized by Google

letzterer Fehler läßt sich in diesem Falle nur durch sorgfältigste Auswahl und Wärmebehandlung des Dreheisenmaterials praktisch beseitigen.

Zur Erforschung der Einwirkung von Wirbelströmen auf die Angaben der Instrumente diente die folgende Methode: Die Feldspule des Instrumentes wurde mit der Primärspule einer regelbaren gegenseitigen Induktion in Reihe geschaltet, ebenso eine um das Dreheisen gewickelte sehr leichte Prüfspule mit der Sekundärspule derselben, und zwar Prüf- und Sekundärspule in Gegenschaltung, so daß mit weiterer Hilfe einer Widerstandsabgleichung ein in den Sekundärkreis eingeschaltetes empfindliches Telephon auf Tonlosigkeit eingestellt werden konnte. Die Annäherung einer kleinen 1 mm dicken Kupferplatte auf 10 mm Abstand vom Dreheisen ergab sodann bei 650 Per/s 1 vH Fehler der Ablesung, die Annäherung auf 1 mm erzeugte Fehler bis zu 14 vH, bei 50 Per/s betrug im zweiten Falle der Fehler 1·5 vH. Ein anderes Instrument, bei welchem ein fixes Zusatzeisen mittels einer dünnen Messingschichte (Hartlot?) befestigt war, hatte bei 650 Per/s 3 vH Fehler, nach Ersatz der Messingschichte durch eine unmetallische Verbindung sank der letztere auf 0·5 vH. Als Ergebnis der Wirbelstromuntersuchung folgt, daß die Beseitigung der Wirbelströme bei Präzisions-Dreheisen-Instrumenten weit wichtiger ist als die Vermeidung der Hystereseverluste. An zwei solchen Instrumenten, und zwar einem Voltmeter für 150 V Wechselstrom und einem Amperemeter für 10 A Wechselstrom, wurde weiters Folgendes gemessen: Widerstands-Temperaturkoeffizient der Spule = 0·03 vH, der Federn = = 0·04 vH pro 1 C; der Temperatureinfluß kompensiert sich also teilweise. Nach einer Stunde Vollbelastung zeigten die Instrumente 0·1 vH Fehler. Die Fehler des Amperemeters blieben bis zu 700 Per/s unter 0·1 vH. Diese Ergebnisse übertreffen die bei gleichem Energieverbrauch an dynamischen Präzisions-Instrumenten erreichbaren ganz bedeutend. Die Skala der Dreheisen-Präzisions-Instrumente ist von 10 vH des Vollschlages an gut teilbar und gegen das obere Ende zu etwas verengt. Edgcumbe und Ockenden teilen ferner mit, daß auch bezüglich Beseitigung des Hysteresefehlers bei Präzisions-Dreheisen-Instrumenten für Gleichstrom bereits wesentliche Fortschritte vorliegen, so daß auch solche Instrumente einwandfrei hergestellt werden können.

Die Autoren geben der Ansicht Ausdruck, die bisherige Vernachlässigung der Vervollkommnung von Dreheisen-Instrumenten beruhe auch zum Teile auf der leichten Möglichkeit einer exakt-theoretischen Behandlung des dynamischen Meßprinzipes; die Verwirklichung der berechneten theoretischen Bedingungen begegne aber großen praktischen Schwierigkeiten. Das praktisch viel leichter durchführbare Dreheisenprinzip ist dagegen exakt-theoretischen Berechnungen nicht leicht zugänglich. A. Kei.

(Journal Inst. El. Eng., Bd. 65, Nr. 366, Juni 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Erwärmungsversuche an verlegten Kabeln. In der Belastungstabelle des VDE, die in mehr oder weniger unveränderter Form von verschiedenen Ländern übernommen wurde, heißt es als Antwort auf die Frage, welche Belastungen noch zugänglich sind, wenn mehr als ein Kabel im gleichen Graben verlegt sind: „Bei Verlegung von Kabeln in Luft oder bei Anordnung in Kanälen und dergleichen, Anhäufung von Kabeln im Erdboden oder ähnlichen ungünstigen Verhältnissen empfiehlt es sich, die Belastung auf $^3/_4$ der in der Tabelle angegebenen Werte zu ermäßigen." Weiters „Die Tabelle gilt solange nicht mehr als 2 Kabel im gleichen Graben nebeneinanderliegen." Schon der reinen Überlegung nach ist es klar, daß eine solche Angabe die wirklichen Verhältnisse nur ganz roh wiedergeben kann. Im übrigen liegt auch eine Reihe von Berechnungen und Beobachtungen vor, welche diese Überlegung erhärtet.[1])

[1]) Vgl. Teichmüller, Erwärmung von elektrischen Leitungen, 1905, S. 103 ff.

Der projektierende Ingenieur, aber auch der auf größte Ausnützung seiner Investitionen bedachte Betriebsleiter ist daher nicht selten genötigt, sich mit dieser Frage eingehend zu beschäftigen. In solchen Kreisen dürften daher die Versuche besonderem Interesse begegnen, welche Delacour und Roussel über die Erwärmung von Kabeln des Verteilungsnetzes der Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité ausführten. Die Versuche bezogen sich auf viermal 100 mm² Kabel in verlegtem Zustande und sind insoferne besonders interessant, als in der Stromkurve, nach welcher die untersuchten Kabel belastet wurden, die verschiedenen Arten von Betrieben nachgeahmt wurden. Eine Serie von Versuchen arbeitete mit einer Zeitabhängigkeit der Stromkurve, welche durch Untersuchung einer typischen „Beleuchtungsbelastung" gefunden wurde, während eine zweite Serie eine „Kraftbelastung" nachahmen soll; außerdem wurden noch die bei Erwärmungsversuchen üblichen Belastungen mit konstanten Strom untersucht. Für die „Kraftbelastung" wurde der Unterschied untersucht, der sich durch Einschalten einer „Wochenkurve" an Stelle einer täglichen Kurve ergibt. Es zeigt sich wie aus dem Gesagten verständlich sein wird, daß diese Belastungen durch Wochen gehalten werden mußten, bevor sich stationäre Temperaturverhältnisse einstellten. Bezüglich der Verlegungsart wurden als typisch für das untersuchte Verteilungsnetz die Verlegung in Erde in 1·3 bis 1·6 m tiefen Graben, Kabel nebeneinander oder in zwei Reihen übereinander geschichtet, ferner die Verlegung in Luft, Kabel übereinander untersucht. Das Ergebnis der Versuche, das in graphischer Form niedergelegt wurde, wäre noch interessanter gewesen, wenn Daten mitgemessen bezw. mitangegeben gewesen wären, welche eine theoretische Behandlung der Versuche möglich gemacht hätten, wie zum Beispiel genaue Beschreibung der Kabel mit Angabe der spezifischen Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Materialien, Wärmeleitfähigkeit des Bodens usw. Dadurch wären die gefundenen Ergebnisse über den Rahmen der speziellen vorgelegenen Aufgabe hinaus von großem allgemeinen Interesse geworden. Immerhin bieten auch die Ergebnisse, wie sie jetzt vorliegen, wichtige und interessante Einsichten. Die Messung der in den Kabeln sich bildenden Temperaturen erfolgte durch Thermoelemente. (Ref. hält dies für einen Fehler, weil durch den Einbau des Thermoelementes der Aufbau des Kabels gestört wird, man also nicht sicher ist, die gleiche Temperatur wie im ungestörten Kabel zu haben.)

Bei den Versuchen an in die Erde verlegten Kabeln standen 17 Kabel zur Verfügung, bei den übrigen Messungen 9 Kabel. Es zeigt sich, daß es selbstverständlich nicht gleichgültig ist, ob zum Beispiel die in Erde verlegten Kabel nebeneinander in den Graben gelegt werden oder in zwei Reihen übereinander. Die größere kühlende Fläche im ersten Falle gibt den günstigeren Belastungsfall. Die sich bei einer bestimmten konstanten Strombelastung ergebenden Erwärmungen wurden auf andere Belastungsfälle mit Hilfe des Satzes umgerechnet, daß die Temperaturerhöhungen den Quadraten der Belastungsstromstärken proportional sind. Dadurch ergibt sich ein Zusammenhang zwischen Belastungsstromstärke, Zahl der belasteten Kabel und höchster Übertemperatur, der es gestattet, in jedem vorkommenden Belastungsfalle des genannten Pariser Netzes die Zahl der zur Übertragung notwendigen Kabel zu ermitteln. Ein Vergleich zwischen Erdverlegung und Aufhängung der Kabel in Luft zeigt, daß die Erdverlegung im speziellen vorliegenden Falle nur bei weniger als 6 Kabeln günstiger war; darüber hinaus erwärmen sich die in Luft verlegten Kabel weniger hoch als die in Erde verlegten. Durch die Kabel wurde die umgebende Erde bis auf 2 m Entfernung und mehr erwärmt, während die in nächster Nähe der Kabel befindliche Luft bei der Verlegung der Kabel in Luft nur verhältnismäßig unwesentlich erwärmt wurde. Es wurde versucht, einen Zusammenhang, zwischen den Versuchen bei konstanter Strombelastung und bei „Beleuchtungsbelastung" oder „Strombelastung" herzustellen, indem als Äquivalent für

Digitized by Google

den variablen Strom sein Effektivwert eingesetzt wurde. Für die vorliegenden speziellen Verhältnisse war dies nicht angängig; die auf Grund des Effektivwertes errechneten Temperaturen im Kupferleiter des Kabels würden zu klein ausfallen. Dr. Konst.

(Revue Gén. de l'Electr., Bd. 21, Heft 24, 1927.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

SSW-Tauchmotorgruppen. Zur Förderung von Erdöl verwendet man vielfach die bekannten Tauchmotoren, die in die Bohrlöcher eingelassen werden. Ein hochtouriger Motor großer Baulänge und äußerst geringen Durchmessers ist direkt mit einer Kreiselpumpe gleichfalls schmaler Bauart gekuppelt. Interessant sind nun einige nähere konstruktive Einzelheiten, die, wie K. Waimann berichtet, die SSW an diesen Aggregaten ausführen. Der Motor befindet sich am unteren Ende des sondenartig ausgebildeten Gehäuses unterhalb der Pumpe. Hiedurch ist eine Abdichtung des Motors nur auf einer Seite nötig. Während des Betriebes genügt hiefür eine einfache Stopfbüchsenkonstruktion, die jedoch wegen der hohen Drehzahl des Motors nicht eine derartige Pressung aufweisen kann, daß diese Abdichtungsart auch für den Stillstand der Maschine ausreichend wäre. Die Lösung ist nun so getroffen, daß ein Tellerventil während des Stillstandes geschlossen ist und den Motor abdichtet. Im Hinblick auf die hohe Drehzahl der Maschine ist es aber natürlich wegen des zu erwartenden starken Verschleisses nicht möglich, das Ventil auch während des Betriebes geschlossen zu halten. Unterhalb des Motors sind nun Fliehkraftpendel angeordnet, die mittels Nocken den Läufer mitsamt seiner Spurlagerung anheben, so daß bei Inbetriebsetzung das Ventil geöffnet wird und nur die Stopfbüchsendichtung aufrecht bleibt. Eine Stahlzapfenkupplung einfachster Bauart zwischen Motor und Pumpe sichert die erforderliche achsiale Verschiebung des Motors bei unverrückter Einstellung des Pumpenlaufrades. Das durch die Stopfbüchse unvermeidlicherweise durchsickernde Fördergut sammelt sich im untersten Teil der Sonde. Eine kleine daselbst befindliche Sumpfpumpe schafft das angesammelte Öl ins Freie. Es wäre nun nachteilig, diese kleine Pumpe ständig in Betrieb zu halten. Zu diesem Zweck ist eine selbsttätige Kupplung zwischen Motor und Sumpfpumpe vorgesehen. Die beiden Hälften, die konzentrisch angeordnet sind und deren innere eine Verzahnung aussen, deren äußere dagegen eine solche innen aufweist, bewegen sich mit einem geringen Luftspalt an einander vorbei. Steigt nun das Sickergut bis zur Höhe der Kupplung, so wirkt die Flüssigkeitsreibung als Einrückung und die Sumpfpumpe wird vom Motor mitgenommen. Die Steigleitung, welche die wasserdichten Stromzuführungskabel enthält, besteht aus einzelnen Rohrschüssen mit abgepaßten Leitungsstücken. Die Verbindung der letzteren erfolgt jeweils durch Stecker und Steckdose, deren Gehäuse gleichzeitig zur Abdichtung und Verbindung der Rohrschüsse, in die sie eingeschraubt werden, dienen. Die beiden Teile werden durch eine Überwurfmuffe zusammengehalten. —hw—

(Siemens-Zeitschrift, 7. Jahrgang, Heft 7, 1927.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die erste dieselelektrische Lokomotive der Bundesbahnen. Seit kurzem verkehrt eine dieselelektrische Lokomotive auf der Strecke Arnoldstein-Kötschach (Gailtalbahn), wo sie im Personen- und Güterzugsdienst Zugsgewichte bis 160 t auf Steigungen bis 12 vT fördert. Die Leistung der Dieselmaschine beträgt 200 PS, maximal 250 PS, des Generators 176 kW, die der beiden Triebmotoren 152 kW bei 600 V bezw. 190 kW bei 750 V. Die Lokomotive besitzt drei Achsen, von welchen die beiden äußeren angetrieben sind. Das Dienstgewicht beträgt 37·1 t. Die Steuerung erfolgt durch Ward-Leonardschaltung. Die durchgeführten Probefahrten waren durchaus befriedigend, auch hinsichtlich des geringen Brennstoffverbrauches, der auf der genannten Strecke mit nur 5·7 g Rohöl pro tkm festgestellt wurde. Der mechanische Teil und die Dieselmaschine wurden von der Grazer Waggonfabrik als Hauptlieferer hergestellt, in Zusammenarbeit mit der AEG-Union E.-G., welcher der Entwurf und die Lieferung der elektrischen Einrichtungen zufiel. Eine eingehende Beschreibung der Lokomotive wird später erfolgen.

Die Seilschwebebahn auf den Pfänder. Die kürzlich dem Betrieb übergebene Bahn, die auf eine Höhe bei Bregenz am Bodensee führt, ist wie die Raxbahn[1]) und die Zugspitzbahn nach dem System Bleichert-Zuegg gebaut. Sie hat eine Länge von 2070 m und eine Steigung von 610 m. Die 48 mm starken Tragseile ruhen auf vier Stützen, die Zugseile sind 22 mm, die Hilfsseile 19 mm stark. Der Antrieb der je 24 Personen fassenden Wagen geschieht von der Bergstation aus. Dort wird der vom Vorarlberger Landeskraftwerk gelieferte Drehstrom von 380 V und 50 Per/s auf 220 V Gleichstrom umgeformt. Als Reserve sind ein Dieselmotor und eine Sammlerbatterie vorgesehen. Im Übrigen stimmen die maschinellen und sonstigen Einrichtungen dieser Bahn mit jenen der beiden früher genannten im Wesentlichen überein. Die elektrischen Teile des Antriebes wurden von den ÖSSW geliefert. J.

(Die Wasserwirtschaft, 20. Jahrg.. Heft 9—10, 1927.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Grundlegendes zu Untersuchungen an Mikrophonen. Von G. Schubert. In der vorliegenden Arbeit werden verschiedene Mikrophone untersucht und ihr Verhalten im unbesprochenen und besprochenen Zustande beschrieben. Die Erscheinungen, die beim unbesprochenen, aber vom Speisestrom durchflossenen Mikrophon beobachtet werden, werden in der vorliegenden Arbeit als das Gleichstromverhalten und die am besprochenen Mikrophon beobachteten Erscheinungen als das Wechselstromverhalten des Mikrophons bezeichnet.

1. Das Gleichstromverhalten eines Mikrophones. Wird das Mikrophon an eine konstante Spannung gelegt, so ist sein Widerstand im ersten Augenblick klein, steigt jedoch innerhalb weniger Sekunden rasch an, um dann wieder langsam abzufallen und sich einem konstanten Endwert zu nähern. Grundbedingung bei derartigen Untersuchungen ist, daß jegliche Erschütterung vom Mikrophon ferngehalten wird. Die Zeitdauer dieses sogenannten Einschaltevorganges wird um so kleiner, je größer die Speisestromstärke ist. Im allgemeinen ist festgestellt worden, daß diese Zeit bei normalen Mikrophonen und normaler Speisestromstärke wenige Minuten beträgt. Als Grund für diese Einschaltvorgänge wird eine, durch Erwärmung bei Stromdurchgang stattfindende „Formierung" der inneren Kontakte angegeben. Eine jederzeit reproduzierbare Widerstandsmessung kann also an einem Mikrophon erst nach Ablauf dieser Einschaltvorgänge vorgenommen werden. Weiter haben die Untersuchungen ergeben, daß der Widerstand eines Mikrophones nach Ablauf der Einschaltevorgänge ziemlich stark von der Größe der Speisestromstärke abhängig ist, und zwar nimmt der Widerstand, wenn man mit der Stromstärke 0 beginnt, zuerst ziemlich stark zu um dann mit weiter steigender Stromstärke zuerst schnell und dann langsamer wieder abzufallen. Wird nach Erreichung eines bestimmten Stromwertes die Stromstärke wieder verkleinert, so bleibt dieser kleine Endwert des Widerstandes bestehen und springt erst nach einer kleinen Erschütterung in den bei zunehmender Stromstärke für den bestimmten Punkt gemessenen höheren Widerstandswert um. (Diese Erscheinung ist vom Ber. bereits vor einigen Jahren beobachtet worden.) Hält man an Stelle der Spannung die durch das Mikrophon fließende Speisestromstärke konstant, so treten ganz analoge Einschaltevorgänge in bezug auf die Änderung des inneren

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 362.

Digitized by Google

Mikrophonwiderstandes, wie vorher bei konstanter Spannung beschrieben, auf. Interessant hierbei ist jedoch, daß sich diese Einschaltevorgänge in Perioden von etwa 5 min Zeitlänge wiederholen. Diese periodischen Veränderungen des Mikrophon-Widerstandes, welche vom Verfasser als „Mikrophonschwingungen" bezeichnet werden, sind bei allen Mikrophonen beobachtet worden. Ihre Schwingungsamplituden sind um so größer, je größer die Speisestromstärke ist. Ein Besprechen des Mikrophones stört diese Schwingungen nicht, sondern verändert nur qualitativ die Kurvenform. Besonders regelmäßig und mit großen Amplituden verlaufen diese Schwingungen bei Z. B.-Mikrophonen, während O. B.-Mikrophone und speziell die amerikanischen Solidback-Mikrophone ziemlich unregelmäßige Schwingungen mit verhältnismäßig kleinen Amplituden aufweisen. Für Z. B.-Mikrophone ergibt sich, daß unter Voraussetzung gleicher Speisestromstärken, mit zu- oder abnehmender Füllung (von Normalfüllung gerechnet) die Schwingungsamplitude kleiner und die Periode unregelmäßiger wird. Es wurde gefunden, daß diese Mikrophonschwingungen bei Z. B.-Mikrophonen erst bei einer Speisestromstärke von über 30 mA und bei O. B.-Mikrophonen bei über 50 mA auftreten, während bei kleineren Stromstärken nur einige ganz unregelmäßige Widerstandsänderungen wahrgenommen wurden. Es sei hier noch erwähnt, daß bei neuen Mikrophonen diese Schwingungen nicht auftreten, sondern meist erst nach einem etwa zehnstündigen Betrieb bei normaler Speisestromstärke in Erscheinung treten. Bedingung für das Auftreten dieser Schwingungen ist eine veränderliche Speisespannung, wie sie in der normalen Z. B.-Schaltung durch die eingeschalteten Speisedrosseln verursacht wird. Bei konstanter Speisespannung treten keine Schwingungen auf.

2. Das Wechselstromverhalten eines Mikrophones. Wird ein Mikrophon durch Schallwellen erregt, so schwankt sein Widerstand R im Rhythmus der Schallwellen um einen Betrag r, der von der Empfindlichkeit des Mikrophones und von der Schallintensität abhängt. Das Verhältnis r/R wird vom Verfasser als die „Aussteuerung" bezeichnet. Zu den Untersuchungen über das Wechselstromverhalten wurde die Franksche Maschine in bekannter Anordnung benutzt. Hierbei wurde festgestellt, daß die von den Schallwellen verursachten Widerstandsschwankungen sich den vorher beschriebenen Mikrophonschwingungen überlagern und daß die Aussteuerung des Mikrophones am besten in den Maximalpunkten der Mikrophonschwingung ist. Die Aussteuerung wird im Maximum für ein Mix & Genest-Mikrophon zu etwa 3·6 vH angegeben. Ebenfalls wurde beobachtet, daß während des Einschaltevorganges die Aussteuerung viel geringer ist. Mit zunehmendem Widerstande R wird unter Voraussetzung gleicher Speisestromstärke die Aussteuerung größer. Untersuchungen mit verschieden starken Schallintensitäten haben gezeigt, daß es bei Z. B.-Mikrophonen keine Reizschwelle gibt, dagegen wurde bei O. B.-Mikrophonen eine solche festgestellt. Des weiteren wird noch die Aussteuerung des Mikrophones in Abhängigkeit von der Speisestromstärke und der Einfluß verschiedener Füllungen besprochen und einige Angaben über die Prüfung von Mikrophonen gemacht. Es wird vorgeschlagen, für jede Mikrophontype durch Messungen mit der Frankschen Maschine Widerstände festzulegen und die Serienprüfung dann durch einfachen Vergleich der Ruhewiderstände vorzunehmen. (Hiezu möge bemerkt werden, daß diese Art der Prüfung in der Praxis sehr unzuverlässig ist und daß die vom Ber. an anderer Stelle[1]) entwickelte Prüfmethode durch Bestimmung des Kurzschlußstromes eine bedeutend größere Garantie für die Brauchbarkeit des geprüften Mikrophones ergibt. D. Ber.) Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 4, Heft 3, 1927.)

[1]) Zeitschr. f. Schwachstrom- und Hochfrequenztechnik, Bd. 1, Heft 1 und 2.

Patentbericht.

Elektrochemische Gleichrichter.

Elektrolytische Gleichrichter.

Es sind elektrolytische Gleichrichter mit einem Ventilmetall, zum Beispiel in Form einer Elektrode aus Tantal und einem sauren Elektrolyten, wie verdünnte Schwefelsäure, bekannt. Derartige Gleichrichter sind bisher nicht praktisch verwendet worden, in erster Linie deshalb, weil sie das Bestreben zu starkem Schwanken des Ladeverhältnisses zeigen. Eine Erfindung der Firma Fansteel Products Company Inc. in Sheridan Road (V. St. A.) vermeidet diesen Nachteil dadurch, daß der saure Elektrolyt, wie verdünnte Schwefelsäure, eine geringe Menge einer metallischen Verunreinigung aufweist, vorzugsweise Eisen in Form von Ferrosulfat, das dem Elektrolyten am besten in der Menge von etwa 1 g Ferrosulfatkristalle auf 100 cm³ des Elektrolyten zugesetzt wird. Durch diesen Eisenzusatz wird außerdem auch das Ladeverhältnis des Gleichrichters stark gesteigert (etwa um 50 vH) und seine Erwärmung hintangehalten. Bei dem neuen Gleichrichter wirkt eine Anode aus Blei mit einer Kathode aus Tantal in verdünnter Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1·25 zusammen. Dem bei dieser Anordnung leicht eintretenden Bestreben zu plötzlichen Änderungen des Ladungsverhältnisses des Gleichrichters wird durch den Zusatz einer metallischen Verunreinigung zum Elektrolyten kräftig entgegengewirkt. Sehr gute Ergebnisse werden zum Beispiel durch einen Zusatz von 0·0005 bis 0·001 vH Eisen erzielt. Statt Eisen kann auch Kupfer oder Silber benutzt werden. (D. R. P. Nr. 443026.)

Elektrolytgleichrichter, bei welchen für die Elektroden Eisen-Aluminium verwendet wird und als Elektrolyt feste Salze dienen, die erst im geschmolzenen Zustande Gleichrichterwirkung haben, sind im Prinzip zwar bekannt, in der Praxis jedoch noch nicht angewendet worden. Eine Erfindung von Franz Knoll in Gauting bei München besteht in einer Einrichtung, die eine gleichmäßige Erwärmung des Elektrolyten gestattet und vor allem ein gefahrloses Bedienen der auszuwechselnden Teile im kalten Zustand verbürgt. Die Heizvorrichtung ist erfindungsgemäß derart ausgebildet, daß sie sämtliche Elektroden umfaßt und von ihnen trennbar ist, indem die elektrolytische Zelle als Ganzes aus der Heizeinrichtung entfernt werden kann. Die Heizwiderstände sind unterteilt und werden von der über den Gleichrichter gespeisten Batterie geheizt. Durch eine Relaisanordnung wird der Heizung während des Betriebes eine geringere Energie zugeführt als in der Anheizperiode. (D. R. P. Nr. 441629.)

Bei Zersetzungszellen, bei denen die eine Elektrode aus Aluminium und die andere aus einem beliebigen indifferenten Stoff, etwa Eisen, besteht, hat man Gefäße aus Eisen benutzt und diese mit dem Elektrolyten gefüllt, wobei die Aluminiumanode isoliert durch den Boden des Gefäßes eingeführt wird. Dies hat den Nachteil, daß der untere Teil der Anode sehr bald von einer Schlammschicht umgeben wird und dann die Halbwelle nicht mehr völlig absperrt. Dieser Nachteil wird durch eine Erfindung von Reinhold Mäser in Dresden beseitigt, nach der die konisch ausgebildete Aluminiumanode isoliert durch den Boden des Gefäßes geführt ist und auf einem Isolierstück so hoch angebracht ist, daß der sich am Boden ablagernde Schlamm nicht an die Anode heranreicht. (D. R. P. Nr. 440012.)

Oxyd-Gleichrichter.

Es gibt trockene Gleichrichterzellen, bei welchen der Gleichrichtereffekt von der Eigenschaft gewisser Körper abhängt, die in der elektrochemischen Reihe verhältnismäßig weit auseinander liegen und als Elektroden in der Gleichrichterzelle dienen, Oberflächenschichten zu bilden, die den Strom im wesentlichen nur in einer Richtung leiten. Gemäß einer Erfindung der Firma P. R. Mallory & Co. Inc. in New York besteht die elektronegative Elektrode der Zelle aus einem Material, welches vorzugsweise ein Metalloxyd enthält, zum Bei-

Digitized by Google

spiel Manganoxyd, Eisenoxyd, Bleiperoxyd und verschiedene Vanadiumoxyde. Ein geeignetes Material für die elektropositive Elektrode bildet ein Metall der Chromgruppe, besonders wenn das Metall vorher mit einem Oxydüberzug versehen ist, zum Beispiel Chrom, Uran, Molybdän oder Wolfram. Um den Oxydüberzug herzustellen, bringt man die Metallelektrode als Anode in einen Gleichstromkreis von etwa 150 V Spannung, während die Elektrode in eine gesättigte Lösung von Ammonium-Borat eingetaucht ist. Der beste Gleichrichtereffekt wird mit Vanadium-Pentoxyd zusammen mit Wolfram erzielt. Wenn auf eine Wolframelektrode eine Schicht von Vanadium-Pentoxyd in pulverförmigem Zustande aufgebracht wird und wenn dann die Masse hinreichend stark erhitzt wird, um das Vanadium-Pentoxyd zu schmelzen, so daß es über die Oberfläche der Wolframelektrode fließt, dann reagiert die Vanadiumverbindung, da sie von oxydischer Beschaffenheit ist, mit dem Wolfram und bildet eine Oberflächenschicht von Wolframoxyd, welches das eigentliche gleichrichtende Element der Kombination ist. (Ö. P. Nr. 105971.)

Nach einer weiteren Erfindung derselben Firma wird die elektropositive Elektrode unter Verwendung eines Metalles der Antimongruppe hergestellt, zum Beispiel Wismut, Antimon, Niob und Tantal. Diese Elektrode wird in innige Oberflächenberührung mit einem pulverförmigen, trockenen, eine Oberflächenschicht bildenden elektronegativen Material gebracht, das vorzugsweise aus einem Metalloxyd besteht. Um eine möglichst wirksame Gleichrichtung zu erzielen, wird die Oberfläche der Metallelektrode vor dem Zusammenbau der Zellenelemente oxydiert. Als metallisches Oxyd können wieder Manganoxyde, Eisenoxyde, Vanadiumoxyde und Bleiperoxyd verwendet werden. Die wirksamste Kombination ist diejenige von Tantal und Bleiperoxyd. Befriedigende Resultate werden erzielt, wenn man die Metalloxyde in pulverförmigem Zustande in Mischung mit einer chemisch indifferenten Bindemittellösung als dünne Schicht auf die Elektrodenoberfläche aufträgt und das Gemisch erhitzt, bis die nicht leitenden Bestandteile des Bindemittels herausgebrannt sind und die Teilchen des Metalloxydes mit der Elektrodenoberfläche zusammensintern. (Ö. P. Nr. 106408.)

Literaturberichte.

2159 **Isolationsmessung und Fehlerortsbestimmung in elektrischen Starkstromanlagen.** Von Dr. Karl Wilhelm Kögler. Vierte, geänderte Auflage des von Dipl. Ing. Stern begründeten, gleichnamigen Werkes. Bibliothek der gesamten Technik, Band 348. Leipzig 1926. Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung. 132 Seiten mit 100 Abb. Preis Mk. 4·65.

Nach längerer Zeit ist eine neue Auflage des bekannten Werkes von dem bisherigen Mitarbeiter an Stelle des durch Arbeitsüberbürdung verhinderten Dipl. Ing. Stern herausgegeben worden. Die Einteilung und der Aufbau blieben im wesentlichen dieselben, nur wurde der heutige Stand der Technik entsprechend berücksichtigt. Der Inhalt zerfällt in die Prüfung der gesunden und in die Fehlerortsbestimmung der kranken Leitung. Der erste Abschnitt ist unterteilt in die Isolationsmessung an stromlosen Leitungsteilen, in die Beschreibung der Instrumente für das Verfahren des direkten Ausschlages, in die Isolationsmessung an den in Betrieb befindlichen Leitungen, in die Überwachung des Isolationszustandes in Wechselstromnetzen und in die Durchschlagsprüfung. Der zweite Abschnitt behandelt die Fehlerorsbestimmung bei Erdschluß mit sehr hohem Fehlerwiderstand, bei geerdetem Kurzschluß, bei Unterbrechung mehrerer Leiter und die Messung verbundener Fehler in Kabeln, sowie die hiezu verwendeten Instrumente. Die Fehlerortsbestimmung an Freileitungen ist inzwischen durch das wirksame Verfahren von Dr. Ing. Arnold und Bennet[1]) erweitert worden. Zum Schluß ist die Fehlerortsbestimmung an elektrischen Maschinen behandelt. Der neuen Auflage ist derselbe Erfolg wie der bisherigen zu wünschen.

Ing. V. Horwatitsch.

[1]) Vgl. ETZ 1926, S. 665.

3555 **Transformateurs de Puissance, Bobines d'Induction.** (Transformatoren, Induktionsspulen.) Berechnung, Konstruktion und industrielle Verwendung. Von Marcel Mathieu. 305 Seiten mit 84 Textabb. und 31 Lichtbildern. Verlag Librairie Scientifique Albert Blanchard, Paris 1927. Preis geb. Francs 18·—.

Der Verfasser sagt im Vorwort, daß er im Interesse der praktischen Verwendbarkeit des Buches Gewicht auf die Darstellung des gegenwärtigen industriellen Transformatorenbaues und auf die Genauigkeit der Angaben gelegt habe. Mit Ausnahme der grundlegenden Theorie, die vorausgesetzt wird, werden alle einschlägigen Fragen ausführlich besprochen. Theoretische Ableitungen sind hiebei vermieden; die wesentlichen neueren Erfahrungen und Resultate werden in leichtfaßlicher Form unmittelbar angegeben. Bemerkenswert ist die 43 Seiten umfassende Sammlung von Formeln für Selbst- und Gegeninduktionskoeffizienten. Wer weniger Vertiefung als vielmehr einen Überblick über den gegenwärtigen Stand des Baues von Transformatoren und Induktionsspulen sucht, wird das Buch mit Nutzen verwenden.

Industrie-Compaß 1927/28. Compaß-Verlag, Wien 1927. Kürzlich erschien — wieder in drei Bänden — die Ausgabe 1927/28 des bekannten „Industrie-Compaß". Wie in den früheren Jahrgängen werden auch in der neuen Ausgabe die Firmen nach Branchen-Gruppen geordnet und mit möglichster Ausführlichkeit beschrieben. Die Erzeugerfirmen sind von den Händlerfirmen getrennt und obwohl bei den Firmenbeschreibungen möglichste Kürze beachtet wird, ist die Beschreibung immerhin so ausführlich, daß von jeder Firma eine Vorstellung über deren Größe und Bedeutung zu gewinnen ist. Industrie und Großhandel erscheinen im Werke vollständig, Gewerbe und Detailhandel nur zum Teil. Das Bezugsquellen-Verzeichnis ist sachlich richtig durchgearbeitet und besonders erwähnenswert. Jedem Bande ist ein einleitender Index vorangestellt, der es ermöglicht, die Daten über eine Firma sofort zu finden. Wir verweisen auf das über die vorjährige Ausgabe[1]) Gesagte und müssen auch dem Jahrgang 1927/28 das Merkmal eines guten Nachschlagwerkes zuerkennen. Kdl.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 228.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 9. November d. J., um 1/2 7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Direktor Ing. Adolf Kvetensky (Linz) über: **„Die Entwicklung der österreichischen Sammelleitung".** (Mit Lichtbildern und Film.)

Inhaltsangabe: Energie-Verschwendung: elektrische Verbundwirtschaft; Deckung des Pflichtbedarfes und Auffüllung der Belastungstäler; Wirkung der Stromtarife; die österreichische Energiewirtschaft; die Entwicklung der Nordost-Gruppe, insbesonders Steiermark-Oberösterreich; der Ausbau der Wasserkräfte in Oberösterreich, Enns, Traun, Mühl; der Ennsfluß im Film.

Mittwoch, den 23. November d. J., um 1/2 7 Uhr abends, im Hörsaal III des Elektrotechnischen Institutes der Technischen Hochschule, Wien, IV., Gußhausstraße 25, Vortrag des Herrn Direktor Dr. Emanuel Rosenberg (Weiz) über: **„Selbstregelnde Dynamo für Gleichstromlichtbogenschweißung".** (Mit Lichtbildern und Experimenten).

Donnerstag, den 1. Dezember d. J., um 1/2 7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschen-

Digitized by Google

bachgasse 9, Vortrag des Herrn Hofrat Prof. Ing. Carl Hochenegg (Wien) über: **„Die Schnellbahn Hütteldorf-Hacking — Heiligenstadt — Leopoldau".** (Mit Lichtbildern.)

Mittwoch, den 7. Dezember d. J., um 1/2 7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dipl. Ing. E. König (Frankfurt am Main) über: **„Das Experiment im Dienste des Forschrittes".** (Mit Lichtbildern und Film).

Österr. Verein Deutscher Ingenieure (ÖVDI).

Vortrag von Ing. Martin Maerz, Wien: **„Geschichtliche Entwicklung der Kabeltechnik"**, Herstellung von Starkstromkabeln und Hohlseilen für Höchstspannungs-Freileitungen, sowie deren Bau (mit Lichtbildern und Filmen). Der Vortrag findet am Montag, den 7. November d. J., um 3/4 6 Uhr abends im Österr. Museum für Kunst und Industrie, Wien, I., Wollzeile 41, statt. — Die Mitglieder des EV sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Ausbau und Finanzierung des Deutschen Fernsprechwesens bespricht Dr. F. Runkel in Nr. 30 der „VDI-Nachrichten". Die Zahl der Hauptanschlüsse ist von über 200 000 i. J. 1900 auf fast 1·6 Mill. i. J. 1925 gestiegen, die durchschnittliche Zunahme beträgt bei Weglassung der Jahre 1914 bis 1917 rund 9 vH, für 1925 11·3 vH. Bis Ende 1932 wird eine weitere Zunahme auf 2·8 Mill. erwartet. Daß das Verhältnis der Sprechstellen in Deutschland (4 auf 100 Einw.) gegen Schweden und Norwegen (über 6), Dänemark (über 8) und die V. St. A. (fast 14) noch klein ist, wenn auch größer als in England (noch nicht 3) und Frankreich (noch nicht 2), ist bekannt. Mit der Zahl der Teilnehmer wachsen auch die Ansprüche an die technischen Einrichtungen, insbesondere auch hinsichtlich der Verbindungsleitungen der Vermittlungsstellen (oberirdische Leitungen und Fernkabel) und deren Hilfseinrichtungen (Verstärkerämter, Spulenbrunnen, besondere Fernämter usw.). Mit dem Ausbau des Fernkabelnetzes ist auch eine Entwicklung des Schnellverkehrs (Abwicklung des Fernverkehrs ohne den sogenannten Vorbereitungsverkehr wie im Ortsverkehr) und der Selbstanschlüsse im Fernverkehr zu erwarten. Aus dem Bauprogramm für das deutsche Fernkabelnetz (teils schon fertiggestellt) sind die Linien Berlin — Hamburg, Stettin — Stralsund — Lübeck, Frankfurt—Dortmund, Frankfurt—Hannover, Bremen—Münster — Dortmund, München — Ulm, Appenweier — Kehl (Anschluß an Frankreich), Nürnberg — Passau, Berlin—Dresden—Tschechoslowakische Grenze, Plauen—Dresden, Hannover—Dortmund (zweites Kabel), München — Innsbruck, Magdeburg — Halle, Dresden — Liegnitz, Frankfurt — Sylt, Elbing — Königsberg und Stuttgart — Schaffhausen, sowie ein Seekabel von Warnemünde nach Gjedser und ein weiteres Seekabel nach Schweden zu erwähnen. Da Deutschland infolge seiner geographischen Lage im Mittelpunkt des europäischen Fernsprechverkehres liegt, muß auch sein Binnennetz auf diesen Verkehr eingestellt werden und die Finanzierung dieser großen Anlagen ist somit von erheblicher Bedeutung. Es handelt sich bei der Entwicklung des Fernsprechverkehrs um dauernde Auslagen, die sich ausreichend verzinsen, so daß man, wie in der Finanzwirtschaft üblich, diese Auslagen in der Regel durch Anleihen decken wird. Diesen Weg hat die Deutsche Postverwaltung früher, und seitdem sie im Jahre 1924 finanziell selbständig wurde, nach einer vorübergehenden Verwendung von laufenden Einnahmen für Investitionen, seit 1926 wieder eingeschlagen. Von der Anleihe im Frühjahr 1926 im Betrage von 150 Mill. Mk. wurden 28 vH für Fern- und Seekabel, 9 vH für andere Kabel und 63 vH für die Erweiterung der unterirdischen Ortsnetze verwendet. Auf die Dauer hält es aber die Postverwaltung nicht für möglich, alle Investitionen aus Anleihen zu decken, weil bei einer Steigerung des Anleihebedarfs in jedem Jahre um 9 vH bei einem Anfangsbedarf von 100 Mill. Mk. im 20. Jahre bereits einschließlich der Zinsen und der Tilgungskosten je nach dem Zinsfuße zwischen 250 und 450 Mill. Mk. erforderlich wären. Man beabsichtigt daher nur die Kosten neuer Orts- und Fernkabel durch Anleihen zu decken, die übrigen Aufwendungen aber aus den laufenden Einnahmen, wobei „Einrichtungsgebühren" und bei besonders teuren Anlagen die Beschaffung des Kapitals durch die in Betracht kommenden Teilnehmer vorgesehen sind. —ll—.

Die Welterzeugung an Elektrostahl hat nach einem Bericht in Nr. 34 der „VDI-Nachrichten" im Jahre 1925 etwa 1·1 Mill. t betragen und damit den bisherigen Höchstwert im Jahre 1918 (1·149 Mill. t) fast erreicht. Während vor dem Kriege für die Erzeugung (169 747 t i. J. 1913) nur die V. St. A. (mit 18 vH), Deutschland (52 vH), Frankreich (13 vH) und Österreich-Ungarn (16 vH) in Frage kamen, sind derzeit an der Erzeugung folgende Staaten in erster Linie beteiligt: Die V. St. A. (55 vH), Italien (15 vH), Deutschland (11 vH), Frankreich (7 vH), England (6 vH) und Schweden (4 vH). Gegenüber dem Rekordjahr 1918 weisen für 1925 nur Deutschland (125 000 gegen 240 000 t), England (64 100 gegen 115 000 t) und Kanada (10 000 gegen 119 000 t) bedeutende Rückgänge auf. Für Österreich-Ungarn fehlen aus der Nachkriegszeit genaue Zahlen.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	17. X. 1927	19. X. 1927	21. X. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126 3/4	126 1/2	126 1/2

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	48 1/2-49 1/2	48-49	47-48
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	90—95	89—92	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 21. Oktober 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	62	10	0	62	15	0
Wire bars	62	15	0	--	—	—
Standard Kassa	55	10	0	55	11	3
Standard 3 Monate	55	10	0	55	11	3
Zinn:						
Engl. ingots	265	0	0	265	10	0
Standard Kassa	265	10	0	266	0	0
Standard 3 Monate	262	5	0	262	7	6
Blei:						
Engl. pig common	21	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	26	18	9	26	13	9
Remelted	27	5	0	—	—	—
English Swansea	27	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export, Pf. 175.
Platin: Pf. 13 11 sh 9 d, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 6. November 1927 | Heft 45

INHALT: *Beitrag zur Messung der Energie im Anodenstromkreis von Quecksilberdampfgleichrichtern. Von Dipl. Ing. Wilhelm Beetz, Zählerlaboratorium der SSW, Nürnberg. S. 921. / Benennung der Wechselstromgrößen. S. 923. / Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) im Jahre 1926. S. 927.*

RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 929. / Verbrennungskraftmaschinen. S. 930. Maschinenelemente. S. 931. / Elektrische Maschinen, Transformatoren S. 931. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 932. / Leitungen und Leitungsbau. S. 933.

PATENTBERICHT. S. 934.

CHRONIK. S. 936.

LITERATURBERICHTE. S. 936.

VEREINSNACHRICHTEN. S. 939.

WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 939.

Beitrag zur Messung der Energie im Anodenstromkreis von Quecksilberdampfgleichrichtern.

Von Dipl. Ing. Wilhelm **Beetz**, Zählerlaboratorium der SSW, Nürnberg.

Vielfach wird bei Gleichrichtern die Messung der Leistung und Arbeit auf der Primärseite des Haupttransformators vermieden in Anbetracht der dazu meistens erforderlichen kostspieligen Hochspannungsmeßwandler. Man greift dann häufig zur Messung im Anodenkreis, weil andererseits die Messung auf der Gleichstromseite den Wirkungsgrad des Gefässes unberücksichtigt läßt.

Die Strommessung im Anodenkreis sollte stets mit einem dynamometrischen oder Hitzdrahtinstrument vorgenommen werden, weil diese den für die Erwärmung der Leitungen und der Transformatorwicklung maßgebenden Effektivwert des Anodenstromes messen, der sich aus einer Gleichstromkomponente mit überlagerten Wechselstromwellen zusammensetzt. Ein Drehspulinstrument mit Dauermagnet würde dagegen die nicht interessierende Gleichstromkomponente, das heißt den Mittelwert messen. Für überschlägige Messungen kann auch ein Weicheiseninstrument verwendet werden.

Bei der Messung der Leistung ist zu beachten, daß die Spannung praktisch sinusförmig verläuft und die Leistungszeiger nur von Sinuswellen solchen Grades beeinflußt werden, die in der Strom u n d in der Spannungskurve enthalten sind, das ist in diesem Falle die Grundwelle, die mit der Netzfrequenz schwingt. (Die Gleichstromkomponente kann als eine Welie mit der Frequenz 0 aufgefaßt werden). Diese von einem Wattmeter angezeigte Leistung ist die wirkliche vom Transformator sekundär abgegebene Leistung. Da die erwähnten Stromzeiger den Effektivwert der gesamten Stromkurve messen, der höher liegt als der der Grundwelle, erhalten wir im Anodenkreis einen effektiven Leistungsfaktor

$$\cos \varphi = \frac{\text{Watt}}{\text{Volt-Ampere}},$$

der kleiner als 1 ist, trotzdem Strom und Phasenspannung in Phase sind, also $\cos \varphi = 1$ ist.

Nachdem es sich hier um Drehstrom mit Nullleiter handelt, sollte man streng genommen die Messung mit drei Leistungszeigern vornehmen. Versuche haben aber gezeigt, daß die Belastung auch bei dreiphasigen Gleichrichtern so symmetrisch auf die Phasen verteilt ist, daß die Messung mit zwei Leistungszeigern in Aronschaltung mit durchaus hinreichender Genauigkeit die gleichen Werte liefert. Zur Messung der Arbeit ist es nicht notwendig, dynamometrische Zähler zu verwenden; vielmehr ergeben auch Induktionszähler Werte, die mit den durch Leistungszeiger und Stoppuhr ermittelten sehr gut übereinstimmen. Es ist also die Messung mit normalen Drehstromzählern mit zwei Systemen zuläßig. Auch in diesen Zählern entsteht durch die Oberwellen und das Gleichstromglied des Stromes kein Drehmoment mit der sinusförmigen Spannung. Diese Komponenten können sich nur in einer Erhöhung der Stromdämpfung äussern, die aber unbedeutend ist.

Was nun die Messung auf der Sekundärseite von Stromwandlern betrifft, so ist diese bereits hier eingehend behandelt worden.[1]) Es soll im folgenden nur noch auf einen wichtigen Punkt hingewiesen werden, der zeigt, daß bei der Verwendung von Stromwandlern in der Tat große Vorsicht am Platze ist.

Der Stromwandler überträgt bekanntlich die Gleichstromkomponente des Primärstromes nicht auf die Sekundärseite, während er die Wechselstromglieder getreu wiedergibt (wenn man von der geringen Abhängigkeit seiner Fehler von der Frequenz absieht). Nehmen wir nun zunächst an, der Wandler habe für die Wechselstromglieder seine normalen Stromfehler und Fehlwinkel wie bei sinusförmigem Primärstrom, so werden Stromzeiger, die auf dem dynamometrischen-, Weicheisen-, oder Hitzdrahtprinzip beruhen, auf der Sekundärseite bei einem Übersetzungsverhältnis

[1]) Vgl. Jungmichl, E. u. M. 1927, Heft 21.

Digitized by Google

1 : 1 weniger anzeigen als auf der Primärseite. Auf das Verhältnis des angezeigten Sekundärstromes zum Primärstrom, welches eine Funktion des Formfaktors ist, wurde in der vorgenannten Arbeit näher eingegangen. Unter Berücksichtigung dieses Verhältnisses kann die Strommessung auch auf der Sekundärseite vorgenommen werden. Ein Ferraris-Stromzeiger zeigt dagegen sekundär und primär den gleichen Wert an und zwar denselben, den die anderen Stromzeiger sekundär anzeigen, weil er auf der Primärseite nicht von dem Gleichstromglied beeinflußt wird. Man sollte aber Ferraris-Stromzeiger nicht verwenden, weil bei ihnen durch den Einfluß der verschiedenen Frequenzen der Oberwellen die Messung ungenau wird.

Leistungszeiger und Zähler messen unter der gemachten Voraussetzung die Leistung bezw. Arbeit auf der Sekundärseite richtig, das heißt wie auf der Primärseite, weil sie auf dieser von dem im Strom allein enthaltenen Gleichstromglied nicht beeinflußt werden. Tatsächlich hat nun aber der Stromwandler nicht seine normalen Fehler, denn die Gleichstromkomponente des Primärstromes, die durch keine sekundären Gegen-AW kompensiert wird, bewirkt eine sehr hohe Vormagnetisierung des Eisens. Der Wandler arbeitet mit hoher Sättigung und muß einen sehr starken Magnetisierungs-Wechselstrom aufnehmen zwecks Erzeugung des erforderlichen Wechselflusses, der für gleiche Bürde, also gleiche EMK dieselbe Größe hat wie bei normalem Wechselstrombetrieb. In Abb. 1 bedeutet Φ den Höchstwert des Wechselflusses, J_m den des bei normalem Betrieb um die Nullinie schwingenden Magnetisierungsstromes und $\overline{J_m}$ den Höchstwert des Magnetisierungs-Wechselstromes bei Vormagnetisierung mit dem Gleichstrom J_{gl} für den gleichen Wechselfluß Φ. Von der sekundären Streureaktanz X_2 hängt nun in hohem Maße der Einfluß des Wandlers auf die Messung ab. Dies erkennen wir sofort aus dem Stromwandler-Diagramm,[2]) Abb. 2, in welchem $J_2 R_2$ den Ohmschen Spannungsabfall, $J_2 X_2$ den induktiven für einen Wandler mit geringer Streureaktanz X_2 bedeutet. Durch Anfügen der sekundären Klemmenspannung K_2, die bei induktionsfreier Bürde in Phase mit J_2 liegt, erhalten wir die EMK E_2. Arbeitet der Wandler normal, so nimmt er zur Erzeugung von E_2 entsprechend der Magnetisierungskurve des Eisens den Magnetisierungsstrom J_m auf in Phase mit dem Fluß Φ und senkrecht E_2 und den Wirkstrom J_w zur Dekkung der Eisenverluste. Beide ergeben den Leerlaufstrom J_0. Wir erhalten einen kleinen positiven Fehlwinkel δ, den der Vektor J_1 auf der Abscisse abschneidet und einen kleinen auf der Ordinate abzulesenden Stromfehler ΔJ, der gewöhnlich positiv ist, weil die Wandler durch geeignete Wahl der sekundären Windungszahl so abgeglichen sind, daß sie bei einer bestimmten Bürde den Stromfehler $\Delta J = 0$ haben, wie dies in der Abb. angedeutet ist.

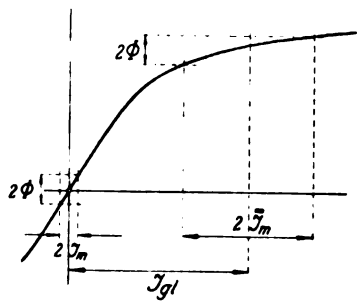


Abb. 1. Magnetisierungs-Wechselstrom bei Vormagnetisierung mit Gleichstrom.

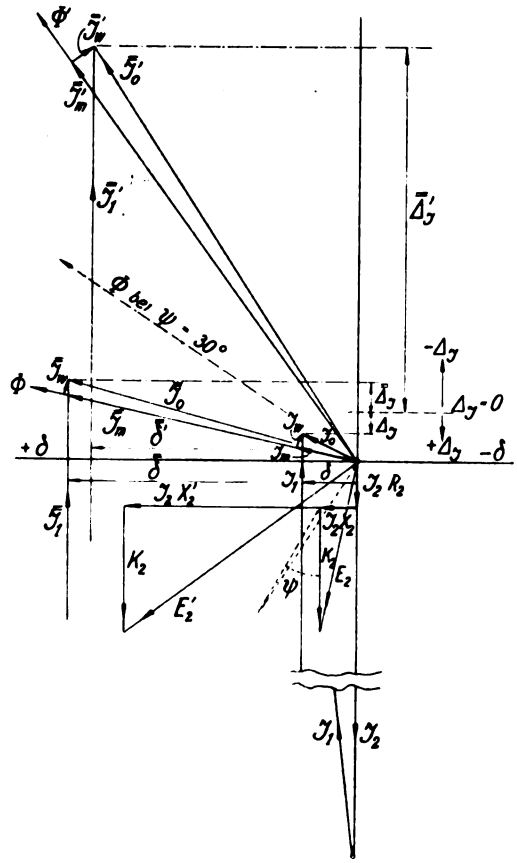


Abb. 2. Stromwandler-Diagramm für verschiedene sekundäre Streuung.

Wird nun das Eisen durch den Gleichstrom magnetisiert, so nimmt der Wandler den ungleich größeren Magnetisierungsstrom $\overline{J_m}$ auf. $\overline{J_w}$ wird sich wenig gegen J_w ändern, denn die Verluste sind durch die Größe des Wechselflusses bedingt. Wir erhalten daher einen sehr großen Fehlwinkel $\overline{\delta}$, während der Stromfehler $\overline{\Delta J}$ negativ wird und nicht wesentlich zunimmt. Der Fehlwinkel spielt aber für unsere Messung gar keine Rolle. Bei der Strommessung kommt er überhaupt nicht in Frage und bei der Leistungsmessung ist er deshalb bedeutungslos, weil der $\cos\varphi$ im Anodenkreis etwa $= 1$ ist, der durch den Fehlwinkel verursachte Meßfehler aber proportional $\operatorname{tg}\varphi$ ist, bei $\cos\varphi = 1$ also $= 0$ ist.

[2]) Siehe Möllinger, „Wirkungsweise der Motorzähler und Meßwandler" und Keinath, „Die Technik der elektrischen Meßinstrumente".

Digitized by Google

Nehmen wir dagegen einen Wandler mit großer Streuung X'_2, so sehen wir aus dem Diagramm, daß der Stromfehler sehr groß wird, einerseits wegen der Vergrößerung von E_2 auf E'_2 und somit von Φ und $\overline{J_0}$ auf Φ' und $\overline{J_0}'$, andererseits vor allem wegen der geänderten Phasenlage von $\overline{J_0}'$. Dieser große Stromfehler $\overline{\Delta J}'$ geht direkt in die Messung von Strom und Leistung ein, während die Verkleinerung von $\overline{\delta}$ auf $\overline{\delta}'$ wertlos ist. In der Tat haben Messungen ergeben, daß größere Stromwandler, insbesondere solche der Klasse *E* nur einen Minusfehler von einigen vH gegenüber Messung unmittelbar im Anodenkreis ergeben, während kleine luftisolierte Wandler, wie sie für Betriebsüberwachung in kleineren Anlagen verwendet werden, Fehler von — 20 vH und darüber ergeben können infolge ihrer großen Streuung. Man erkennt aus dem Diagramm weiter, daß zur Erreichung eines kleinen Stromfehlers auf Kosten des belanglosen Fehlwinkels eine große und induktionslose Bürde günstig ist, daß es also zweckmäßig ist, K_2 etwa durch absichtlich lang gewählte Leitung zwischen Wandler und Meßgerät groß und möglichst in Phase mit J_2 zu machen. Eine induktive Bürde hat, wie punktiert für einen Winkel $\psi = 30^0$ angedeutet ist, wieder einen großen Stromfehler zur Folge. Man sieht aus alledem, daß die Verwendung von Stromwandlern im Anodenkreis Vorsicht in der Wahl der Wandler und der Bürde erfordert und für genaue Messung besser vermieden wird.

Eine Beseitigung dieser Schwierigkeiten könnte dadurch erreicht werden, daß man die für solche Fälle bestimmten Stromwandler mit einer Tertiärwicklung versieht, die vom Gleichrichter-Gleichstrom (oder einem Teil desselben) in entmagnetisierendem Sinne durchflossen wird. Beim dreiphasigen Gleichrichter zum Beispiel ist der Mittelwert des „Gleichstromes", der ja auch ein Wellenstrom ist, wenn er nicht geglättet ist 0·83 des Höchstwertes, der Mittelwert des Anodenstromes 0·28 hievon. Würde man also die Windungszahl der Tertiärwicklung zu $\frac{0{\cdot}28}{0{\cdot}83} = 0{\cdot}338$ der Windungszahl der Primärwicklung wählen, so würde die Gleichstrommagnetisierung bei jeder Belastung aufgehoben werden und der Wandler hätte normale Eigenschaften.

Benennung der Wechselstromgrößen.

In Heft 34 gibt Herr A. Linker, Hannover, eine physikalisch-mathematische Erläuterung der Wechselstromgrößen und empfiehlt im Anschluß daran die von ihm vorgeschlagenen Benennungen zur allgemeinen Verwendung.

Der AEF Entwurf V, ETZ 1920, H. 33 schlägt die in der Literatur und Praxis seitdem ziemlich eingebürgerten Benennungen vor: In einem Stromkreis gemessen *I* der effektive Strom, *E* die effektive Spannung zwischen zwei Punkten, *N* die zwischen diesen Punkten verbrauchte (mittlere) Leistung.

Daraus *a*: die wirksame, das heißt energietragende Komponente mit dem Vorsatz Wirk-, also Wirkstrom, Wirkspannung, ferner Wirkwiderstand, Wirkleitwert (I_w, E_w, R_w, G_w).

b: die für *N* unwesentliche Komponente mit dem Vorsatz Blind-, also Blindstrom, Blindspannung, ebenso Blindwiderstand, Blindleitwert, Blindleistung (I_b, E_b, R_b, G_b, N_b).

c: die scheinbaren Größen mit dem Vorsatz Schein-, als solche kommen natürlich nur in Betracht Scheinleistung, Scheinwiderstand, Scheinleitwert (N_s, R_s, G_s).

Man kann den Erläuterungen zu diesem Entwurf nur zustimmen, daß die Benennungen klar, kurz und sprachlich gut sind.

Ihnen gegenüber empfiehlt Herr Linker:

a) Den Vorsatz Leistungs-, also Leistungsstrom, -spannung, -widerstand, -leitwert. (E_l, I_l, R_l, G_l).

b) Den Vorsatz Feld-, also Feldstrom, -spannung, -widerstand, -leitwert, -leistung. (I_f, E_f, S_f, G_f, N_f).

c) Den Vorsatz Wechselstrom-, also Wechselstromleistung, -widerstand, -leitwert.

Der Vorsatz Feld- trifft den physikalischen Zusammenhang unter *b* vielleicht besser als das Wort Blind-, welches die Leistungsverhältnisse nur von dem äußeren praktischen Standpunkte aus wertet. Aber gerade diese Kennzeichnung der sogenannten Feldleistung für die praktischen Verhältnisse durch das Wort Blind, ist praktisch und didaktisch sehr wertvoll. Die Worte Feldspannungs, -widerstand und -leitwert lassen dagegen Verwechslungen mit magnetischen Größen zu.

Der Vorsatz Wechselstrom unter *c* erscheint ungeeignet, wegen seiner Länge und Unbestimmtheit, denn schließlich sind doch alle hier behandelten Größen Wechselstromgrößen. Wechselstromleistung ist sprachlich nichts als Leistung des Wechselstromes, das heißt $EI \cos\varphi$. Man müßte schon Leistung und Wechselstromleistung des Wechselstromes unterscheiden!

Schließlich sind Leistungsstrom usw. unter *a* sprachlich unschöne und unter Umständen irreführende Wortbildungen.

Überhaupt ist die Verwendung des Wortes Leistung wohl der schwächste Punkt der Ausführungen des Herrn Linker.

Physikalisch ist Leistung[1]) die in der Zeiteinheit geleistete Arbeit.

Das Produkt Spannung mal Strom ist eine Leistung nur unter der selbstverständlichen Voraussetzung, daß beide zur gleichen Zeit betrachtet werden. Man hat also bei Wechselstrom entspre-

[1]) Ausführlicher ist hierüber berichtet in E. u. M, 1925, S. 927 ff.

Digitized by Google

chend den gleichzeitigen Momentanwerten von Spannung und Strom beständig wechselnde Zeitwerte der Leistung und versteht unter Leistung eben den Mittelwert dieser Zeitwerte, gebildet über eine halbe Periode des Wechselstromes oder ein Vielfaches von ihr.

Aus den Effektivwerten, die zeitlich unbestimmte Mittelwerte sind, eine Leistung zu bilden, ist physikalisch jedenfalls ganz unzulässig, wenn sie auch im rechnerischen Ausdruck für die mittlere Leistung vorkommen. Schein- und Blindleistung sind weiter nichts als rechnerische Phantasiegrößen, die lediglich so gebildet sind, wie Leistungen.

Die Feldleistung EI_b ist ja gar nicht im obigen Sinne die mittlere Leistung der hin und her pendelnden Feldenergie (gemessen über eine Viertelperiode), sondern die Amplitude dieses Leistungsverlaufes!

Man setzt also in der Gleichung

$$N_s = \sqrt{N^2 + N_b^2} \text{ oder } N_w = \sqrt{N^2 + N_f^2}$$

eine mittlere Leistung mit der Amplitude eines Leistungsverlaufes zusammen! Diese angebliche Leistungsgleichung ist nur eine Stromgleichung, die durch den Faktor E erweitert ist:

$$IE = \sqrt{I_w^2 E^2 + I_b^2 E^2}.$$

So erscheint das Wort Leistung in den genannten Ausführungen je nachdem als „mechanisch oder thermisch ausnützbare Leistung" oder als der vorher gekennzeichnete, physikalisch leere Begriff.

Der *AEF* Entwurf kennzeichnet durch Schein- bezw. Blind- sofort die betreffenden Größen als unwirklich oder scheinbar.

Durch diesen Unterschied zwischen wirklicher Leistung und nur rechnerisch gleichgebildetem Ausdruck sind auch die verschiedenen Einheiten Watt und Voltampere durchaus berechtigt.

Folgerichtig sollte man auch Schein- und Blindwiderstand, da sie nur rechnerische Bedeutung haben nicht in Ohm sondern in Volt/Amp. ausdrücken.

Blind- und Wirkstrom sind Komponenten des vektoriell dargestellten Gesamtstromes, mit in gleicher Weise zu bestimmenden Stromwärmen, deshalb ist für alle die Einheit Ampere anzuwenden. Die Leistung läßt sich in diesem Sinne nicht vektoriell darstellen, die Blindleistung ergibt bei Messung mit dem Leistungsmesser den Ausschlag null, also darf sie nicht in Watt ausgedrückt werden.

Herr Prof. Dr. Emde[2]) geht wohl von dem Standpunkt aus, daß lediglich die Dimensionen maßgebend sind, nicht die physikalische Bedeutung: „man bürde also den Einheiten nicht zu viel auf."

Für die Praxis ist aber gerade die Einheit mit ausgeprägtem physikalischen Inhalt sehr wertvoll.

Nun hat der AEF aus praktischen Gründen in seinem Entwurf XXIX[3]) eine neue Bezeichnung, „die Richtleistung" zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit und des Verkaufswertes aller Wechselstromapparate vorgeschlagen, da das Wort Scheinleistung in diesem Zusammenhang den Eindruck von etwas Trügerischem erwecken könnte. Nach der Richtleistung richtet sich die Größenbemessung dieser Apparate (auch Leitungen). Dieser neue Vorschlag ist sehr zu begrüßen, nur sollte man bei Berechnungen von Wechselstromverhältnissen den Ausdruck Scheinleistung beibehalten. Denn wenn man in einem Stromkreis bei induktiver Belastung 200 V und 5 A abliest, so ist und bleibt in diesem Fall das Produkt 1000 VA eine Scheinleistung, etwas Scheinbares.

Hier würde Richtleistung nach der AEF Erläuterung auf die verschiedenartige Richtung der Strom- und Spannungsvektoren hinweisen, die ja gerade nicht berücksichtigt ist!

Liest man aber auf dem Leistungsschild eines Generators 1000 V, 100 A, so weiß man, die Richtleistung ist 100 kVA, sie ist maßgebend für das aufgewandte Material.

Im Anschluß an die vorstehenden Betrachtungen wäre noch daran zu erinnern, daß nach dem AEF-Entwurf, DIN 1304, die Spannung mit U zu bezeichnen ist. Aus den AEF-Vorschlägen ergibt sich dementsprechend folgende Zusammenstellung.

Gemessen:

Effektivwert der Spannung	U	
„ des Stromes	I	
(Mittelwert der) Leistung	N	W
Echtwiderstand	R_e	Ω

rechnerisch:

Wirkspannung	U_w	
„ strom	I_w	
„ widerstand	R_w	$\frac{V}{A}$
„ leitwert	G_w	$\frac{A}{V}$
Blindleistung	N_b	VA
„ spannung	U_b	
„ strom	I_b	
„ widerstand	R_b	$\frac{V}{A}$
„ leitwert	G_b	$\frac{A}{V}$
Scheinleistung	N_s	VA
„ widerstand	R_s	$\frac{V}{A}$
„ leitwert	G_s	$\frac{A}{V}$

Zur Bezeichnung der „Modellgröße" der Wechselstromapparate:

Richtleistung	VA
„ widerstand	$\frac{V}{A}$
„ leitwert	$\frac{V}{A}$

[2]) ETZ 1924, S. 1053.

[3]) ETZ 1927, S. 519.

Digitized by Google

Die Ausdrücke Richtstrom, -spannung sind überflüssig, da ja durch REM die Namen Nennstrom, -spannung usw. festliegen.

Mittweida i. S., 6. September 1927.

A. von Königslöw.

Zu dem Aufsatz von Herrn Dr.-Ing. A. Linker, in dem sich der Verfasser der dankenswerten Mühe unterzieht, nach einfachen Gesichtspunkten neue Namen für die verschiedenen Wechselstromgrößen zusammenzustellen, sei hier der Hinweis gestattet, daß der Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen für die gleichen Begriffe schon vor Jahren in seinem Entwurf V[4]) nicht minder klare Namen vorgeschlagen hat, und daß diese wegen ihrer Einfachheit, Anschaulichkeit und Eindeutigkeit seitdem in der Praxis die verdiente weite Verbreitung gefunden haben. Zum Vergleich genügt es, die Leitsätze des Herrn Dr.-Ing. Linker in der Fassung nach dem AEF anzugeben:

1. Die von einer Wechselspannung *U* und einem Wechselstrom *I* unmittelbar abgeleiteten Größen erhalten das Vorsatzwort „Schein-",

2. die mit einem wirklichen Leistungsverbrauch verknüpften Größen einschließlich die Leistung selbst das Vorsatzwort „Wirk-",

3. die keinen Leistungsverbrauch verursachenden, mit elektrischen oder magnetischen Feldern verknüpften Größen das Vorsatzwort „Blind-".

Mir scheint, daß die AEF-Bezeichnungen auch hinsichtlich Kürze den von Herrn Dr.-Ing. Linker vorgeschlagenen Namen unbedingt überlegen sind.

Gegen die neuen Namen wie „magnetische Feldspannung" und ähnliche lassen sich übrigens sprachliche Einwände geltend machen. Sie entsprechen der Zusammensetzung nach völlig der bekannten „reitenden Artilleriekaserne", da natürlich wohl nicht die Spannung, sondern das Feld als magnetisch bezeichnet werden soll. Demnach müßte es etwa heißen: „Magnetfeldspannung" oder „Spannung infolge des magnetischen Feldes". Natürlich wäre das letztere zu lang.

Frankfurt a. M., 23. September 1927.

Dipl.-Ing. W. Zschaage.

Erwiderung.

Zu den Zuschriften der Herren v. Königslöw und Zschaage möchte ich allgemein bemerken, daß auch der AEF die von ihm vorgeschlagenen Benennungen der Wechselstromgrößen noch nicht als endgültig betrachtet hat, sonst würde er nicht den neuen Entwurf mit der abgeänderten Bezeichnung „Richtleistung" anstatt der früheren „Scheinleistung" veröffentlicht haben. Weiter ist über die durchaus ungeeignete Vorsatzsilbe „Schein" schon in der Sitzung eingehend verhandelt worden[5]). Es genügt wohl hier, wenn ich nur kurz auf die Ausführungen des Herrn Prof. Dr. Rüdenberg hinweise, worin er unter anderem sagt: „Ich halte es daher nicht für berechtigt, denjenigen Begriff, der für die elektrische Seite vorwiegend von Bedeutung ist, mit dem Wörtchen „Schein" zu stempeln, das für den Unbefangenen den Eindruck erweckt, als ob es sich um nichts Wirkliches handelt."

Weil nun die Benennungen des Entwurfes V des AEF gerade weder klar noch eindeutig und am wenigsten „anschaulich" sind, habe ich solche vorgeschlagen, die diese Eigenschaften besitzen und den besonderen Vorzug, daß sie einen physikalischen Sinn haben und logisch im System aufgebaut sind, was didaktisch sehr wertvoll ist. Ist denn die Bezeichnung „Wirkstrom" etwa klar oder sprachlich gut? Dann müßte ja der „Blindstrom" und „Scheinstrom = Wechselstrom" keine oder nur scheinbare Wirkungen ausüben!

In der Zusammensetzung „magnetische bezw. elektrische Feldspannung" gehören die unterscheidenden Eigenschaftswörter nicht zu dem Wort Feld, sondern zum ganzen Ausdruck „Feldspannung". Ich habe sie auch im Text eigentlich nur zur Erläuterung gebraucht, während ich in der Tabelle die Bezeichnungen „induktive bezw. kapazitive Feldspannung" als normal zu verwendende sprachlich bessere Formen angab.

Insbesondere wende ich mich nun zu den Ausführungen des Herrn v. Königslöw: Wenn der Vorsatz „Feld" den physikalischen Zusammenhang der damit gemeinten Größen besser trifft, als das Wort „Blind", dann ist ja sein Wert für die Wissenschaft, Didaktik und Praxis erwiesen. Eine Wertung nur vom äußeren praktischen Standpunkte aus, die dazu noch nicht begründet und deshalb zweifelhaft ist, genügt nicht.

Bezüglich des Vorsatzes „Wechselstrom" sind die Einwände durchaus nicht stichhaltig. Wenn auch alle hier behandelten Größen Wechselstromgrößen sind, so haben in meinem System nur bestimmte, klar umrissene, eindeutige Größen den obigen Vorsatz einschließlich der beiden Grundworte „Wechselspannung" und „Wechselstromstärke". Selbstverständlich muß man „Leistung" und „Wechselstromleistung" eines Wechselstromes unterscheiden, ohne daß es nötig ist, der Leistung $N = E \cdot I \cdot \cos\varphi$ etwa noch das Wort „Wirk" vorzusetzen, ebenso wie der AEF auch Leistung und Scheinleistung des Wechselstromes unterschieden hat.

Nun komme ich zu dem „schwächsten" Punkt, nämlich der Verwendung des Wortes „Leistung", und möchte noch die Ausführungen des Herrn v. Königslöw darüber in einem besonders wichtigen Punkt ergänzen. Er unterscheidet zwischen dem „Mittelwert" $N = E \cdot I \cdot \cos\varphi$, der beständig wechselnden Zeitwerte $E_t \cdot I_t = N_{wt}$ und den Höchstwerten (Amplituden) $N_f = E \cdot I \cdot \sin\varphi$ des Leistungsverlaufes der hin- und herpendelnden Feldenergie, vergißt aber dabei, daß der Wert $E \cdot I \cdot \cos\varphi$ ebenfalls der Höchstwert der im Widerstande R auf- und abwogenden Leistung N bezogen auf die Symmetrielinie der Sinusschwin-

[4]) ETZ 1920, S. 660; vgl. a. E. u. M. 1920, S. 499.

[5]) ETZ 1921, S. 985.

Digitized by Google

gung ist. Ich habe diesen Zusammenhang ausführlich in meinem demnächst erscheinenden Buch: „Grundlagen der Wechselstromtheorie“[6]) behandelt und in Abb. 68 ein darauf bezügliches Liniendiagramm der verschiedenen Leistungsarten dargestellt. Ich kann mich daher hier ganz kurz fassen.

Läßt man eine Spannung

$$E_t = E_{max} \cdot \sin \omega t \text{ Volt}$$

auf einen Stromkreis mit Widerstand R Ohm und der Induktivität $\mathfrak{S}$ Henry einwirken, dann tritt ein Strom

$$i_t = I_{max} \cdot \sin(\omega t - \varphi) \text{ Ampere}$$

auf, worin $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\omega \cdot \mathfrak{S}}{R}$ ist. Dann ergibt sich dafür die zeitlich veränderliche Wechselstromleistung:

$$N_{wt} = E_{max} \cdot I_{max} \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$
$$= E \cdot I \cdot [\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)] \text{ Watt.}$$

Davon wird in dem Widerstande R verbraucht:

$$N_t = i_t^2 \cdot R = I_{max}^2 \cdot R \cdot \sin^2(\omega t - \varphi)$$
$$= E \cdot I \cdot \cos \varphi - E \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \cos 2(\omega t - \varphi) \text{ Watt.}$$

Die Zeitwerte dieser Leistung sind danach zusammengesetzt aus 2 Teilen, dem konstanten Betrag $E \cdot I \cdot \cos \varphi$ und dem um diesen Betrag als Symmetrielinie mit der doppelten Frequenz pendelnden Wert der reinen Schwingung $E \cdot I \cdot \cos 2(\omega t - \varphi)$, dessen Höchstwert ebenfalls $E \cdot I \cdot \cos \varphi$ ist.

Vermindert man nun die Wechselstromleisturg N_{wt} um den Verbrauch N_t, so erhält man als Differenz

$$N_{st} = N_{wt} - N_t = E \cdot I \cdot [\cos \varphi \cdot \cos 2(\omega t - \varphi) -$$
$$- \cos(2\omega t - \varphi)]$$
$$= E \cdot I \cdot \sin \varphi \cdot \sin 2(\omega t - \varphi) \text{ Watt.}$$

Aus dem gleichartigen Aufbau der Gleichungen für die drei Leistungsformen ergibt sich zwingend als Maß die gleiche Einheit Watt.

Bilden wir nun die Gleichung der schwingenden Wechselstromleistung

$$N_{wt} = E \cdot I \cdot \cos \varphi - E \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \cos 2(\omega t - \varphi)$$
$$+ E \cdot I \cdot \sin \varphi \cdot \sin 2(\omega t - \varphi),$$

die eine Wellenschwingung darstellt, dann besitzt sie, bezogen auf den konstanten Betrag $E \cdot I \cdot \cos \varphi$ als Symmetrielinie, die beiden reinen Schwingungen mit den Höchstwerten $N = E \cdot I \cdot \cos \varphi$ und $N_f = E \cdot I \cdot \sin \varphi$, wobei die N_f-Kurve um 90° der N-Kurve voreilt.

Der Höchstwert der reinen N_{wt}-Schwingung ist dann:

$$N_w = \sqrt{(E \cdot I \cdot \cos \varphi)^2 + (E \cdot I \cdot \sin \varphi)^2} =$$
$$= E \cdot I = \sqrt{N^2 + N_f^2} \text{ Watt.}$$

Damit ist erwiesen, daß es nicht unzulässig ist, aus den gemessenen Werten E und I Leistungen zu bilden. Weiter zeigt die Gleichung, daß nur gleichartige und demgemäß auch in der gleichen Einheit (Watt) zu messende Größen, nämlich Höchstwerte von Schwingungen in ihr vereinigt sind. Sie ist deshalb nicht nur eine „angebliche“ sondern wirkliche Leistungsgleichung, von der umgekehrt durch Division mit E nicht nur die Stromgleichung

$$I = \sqrt{I_l^2 + I_f^2},$$

sondern durch Division mit I auch die Spannungsgleichung:

$$E = \sqrt{E_l^2 + E_f^2}$$

abgeleitet werden kann.

Größen aber, die man berechnen, zeichnerisch darstellen und sogar messen kann (sind doch die sogenannten Blindleistungszähler wichtige Instrumente der Elektrizitätswerke), sind doch wohl weder „rechnerische Phantasiegrößen“ noch „physikalisch leere Begriffe“, denn sie treten gerade bei Wechselstrom-Hochspannungsanlagen als „physikalisch zerstörende Begriffe“ bisweilen unangenehm in die Erscheinung. Sie werden zu leeren Begriffen meistens erst in der Praxis, sobald sie es versäumt, sich eben um die wissenschaftlich einwandfreien Begriffe der Theorie zu bekümmern.

Da ich nun gezeigt habe, daß die von mir benannten Größen nicht unwirklich, blind oder scheinbar sind, während sie der Entwurf des AEF als solche zu kennzeichnen versucht, ergibt sich gerade durch ihren ausgeprägten physikalischen Inhalt ihr großer Wert für die Praxis, sobald man diese als „angewandte Theorie“ auffaßt.

Die weiteren Ausführungen des Herrn v. Königslöw über die Maßeinheit der verschiedenen Leistungen, für die nach obigen Darlegungen als alleinige nur das Watt in Frage kommen kann, und insbesondere über die Verwendung zweier Benennungen für die Wechselstromleistung $N_w = E \cdot I$ nebeneinander, enthalten selbst schon manche Widersprüche in sich. Denn, wenn man einen Vorschlag (Richtleistung) als zweckmäßig begrüßt, soll man nicht gleichzeitig die alte Benennung (Scheinleistung) als für manche Zwecke passender beibehalten wollen.

Was schließlich die Verwendung des Buchstabens U für die Spannung anbetrifft, so möchte ich an dieser Stelle darauf hinweisen, daß es nicht zweckmäßig gewesen ist, für Größen gleichen Charakters und gleicher Maßeinheit, nämlich EMK, Spannung und Potentialdifferenz verschiedene Formelzeichen E und U einzuführen, anstatt dafür nur E zu verwenden, wie es die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) tut.

Hannover, den 8. Oktober 1927.

A. Linker.

[6]) Verlag Georg Stilke, Berlin NW 7.

Digitized by Google

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) im Jahre 1926.[1])

An der Anstalt ist ein neues Kältelaboratorium im Bau, bestehend aus einem zweistöckigen Laboratoriumsgebaude von 13 × 10 m² Grundfläche, einem anstoßenden Maschinenhaus von 13 × 16 m² und einer Werkstatt. Die maschinelle Einrichtung wird bestehen aus einer Anlage zur Gewinnung von 20 l flüssigem Stickstoff oder 5 l flüssigem Sauerstoff pro Stunde und einer Wasserstoffverflüssigungseinrichtung für 10 l flüssigen H pro Stunde. Die Heliumsverflüssigungsanlage wird unverändert übernommen. Das neue Kältelaboratorium soll auch auswärtigen Physikern die Möglichkeit geben, dort Untersuchungen in tiefsten Temperaturen anzustellen. Durch Trennung von Neon-Helium-Gemisch, das von der Gesellschaft Linde gegen Rückgabe des reinen Neons zur Verfügung gestellt wird, konnte der Vorrat an Helium auf 900 l gesteigert werden. Als Leihgabe hat die Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft eine Siemenssche Kapselpumpe für 2·4 m³ Saugleistung pro Stunde beigestellt, wodurch es gelang, den Dampfdruck des flüssigen He bis auf 2 mm herabzusetzen und so eine Temperatur von etwa 1·3° abs. zu erreichen.

Aus den bisherigen Messungen des Widerstandes von Metallen großer Reinheit oder von Einkristallen bei tiefsten Temperaturen ergab sich, daß weder große Reinheit noch gleichförmiger Kristallzustand den Eintritt von Supraleitfähigkeit ermöglichen. Es tritt im Gegenteil bei Kadmium Supraleitfähigkeit durch kleine Beimengungen von Blei auf. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden also nicht alle Metalle supraleitend, sondern nur eine bestimmte Gruppe von Metallen.

Die Thermokraft von Differential-Thermoelementen aus Kupfer-Zinn-Kupfer und Kupfer-Blei-Kupfer ist zwischen 4·2° und 1·3° abs. verschwindend klein. Thermoelemente aus Cu-Konstantan und Manganin-Cu hatten noch gut meßbare Änderungen der Thermokraft in diesem Bereiche. An Ein- und an Vielkristallen[2]) wurden bei tiefer Temperatur zahlreiche Widerstandsmessungen gemacht, zum Beispiel an Au, Al, Mg, W, Rh und Cu. Die Metallproben waren durch hohen Reinheitsgrad bemerkenswert, der durch kleine Werte des Widerstandsverhältnisses ϱ_T/ϱ_0 bei $-252{\cdot}8^\circ$ C charakterisiert wird. Dabei ergab sich, daß das in natürlichen Kristallen am Lake Superior sich findende Cu einen so vollkommenen Reiheitsgrad besitzt, wie er im Laboratorium noch nicht erreicht wurde. Die Wärmeleitung gut leitender Kristalle in tiefer Temperatur wird viel mehr durch den Reinheitsgrad und den Grad der Verfestigung, als durch die Korngröße bedingt. Der spezifische Wärmewiderstand ist bei einer gegebenen Temperatur eine lineare Funktion des spezifischen elektrischen Widerstandes ϱ derart, daß in dem nicht realisierbaren Zustand verschwindenden elektrischen Widerstandes noch ein restlicher Wärmewiderstand vorhanden sein würde.

Zur Ermittlung der Permeabilität ferromagnetischer Stoffe bei Hochfrequenz wurde der Widerstand von Drähten direkt mittels der Wheatstoneschen Brücke unter Benutzung von Detektor und Gleichstrominstrument im Brückenzweig gemessen. Bei der Bestimmung der Hysteresis aus den Lissajousschen Figuren im Braunschen Rohr gelingt es, die durch Hysteresis verursachte Verzerrung der Kurven für sich zu ermitteln, indem man die Grundschwingung durch eine Siebkette unterdrückt. Es ergaben sich neue Ansätze für die Grundgleichungen ferromagnetischer Stoffe.

In Fortsetzung der grundlegenden Untersuchungen über Gasentladungen, welche seit einer Reihe von Jahren an der PTR angestellt werden, wurde die Energieverteilung zwischen Anode und Kathode bei der Glimmentladung gemessen. Es ergab sich, daß beim normalen Kathodenfall die durch Kationenstoß unmittelbar auf die Kathode übertragene Energie nur einen geringen Bruchteil der dem gesamten Kathodenfall entsprechenden ausmacht und daß der größte Teil dieser Energie primär an das Gas im Fallraum als Wärme abgegeben wird. Die Zahl der Kationen bei anomalem Kathodenfall und kleinstmöglichem Elektrodenabstand, die an der Kathode erforderlich sind, um im Mittel ein Elektron abzulösen, nimmt mit steigendem Kathodenfall rasch ab. Bei 2280 V an Eisen, 1430 V an Al und 1000 V an Mg ist gerade noch ein Kation nötig, um ein Elektron abzulösen. Für die Kathodenzerstäubung von Ag in Wasserstoff konnte folgendes einfache Gesetz aufgestellt werden:

$$Q = \frac{C\,V}{d\,.\,p}.$$

Hierin bedeutet Q die in der Amperestunde zerstäubende Silbermenge, C eine Konstante, V den Kathodenfall, d den Elektrodenabstand und p den Wasserstoffdruck. Das Wesen der normalen Kathodenzerstäubung ist eine Diffusion des durch den Aufprall der Kationen der Entladung auf die Kathode erzeugten Metallgases. Weitere Untersuchungen werden sich auf die Abhängigkeit der Konstanten C vom Material der Kathode und der Gasart erstrecken. Es wurde ferner geprüft, in welchem Maße der normale Kathodenfall an edleren Metallen durch ihre Verunreinigungen mit unedleren verringert wird. Der Zusatz von Tausendstel Gewichtsprozenten Alkali oder Erdalkali zu Hg setzt den normalen Kathodenfall an diesem bereits merklich herab. Ein bei der anomalen Glimmentladung auftretender, neu gefundener Effekt besteht darin, daß bei Annäherung der Anode an die Kathode die Spannung zwischen beiden vor ihrem durch große Elektrodennähe bedingten Anstieg stark abfällt. Die von der Kathode ausgehenden schnellen Primärelektronen bilden bei genügender Nähe der Anode in der auf dieser befindlichen adsorbierten Gas- und Wasserdampfhaut mehr Ionen als im freien Gas. Je mehr die Anode entgast wird, umso schwächer wird der Effekt, umsomehr also die Entladung erschwert. Dieser Effekt bildet auch eine Erklärung zu den von Janitzki beobachteten Erscheinungen des Pseudohochvakuums, wonach durch Entgasen der Anode die Stromstärke einer Röntgenröhre weitgehend verringert wird. Der Gradient der positiven Säule der Glimmentladung wurde als unabhängig von der Stromstärke gefunden, dagegen abhängig vom Rohrdurchmesser r und der freien Weglänge l der Gasmoleküle nach der folgenden Formel:

$$\text{grad} = C\,.\,r^{-\frac{1}{3}}\,l^{-\frac{2}{3}}.$$

In reinem Neon ist der Gradient von der freien Weglänge, also auch vom Druck, unabhängig. Obige Formel ist ein Spezialfall der allgemeinen Formel

$$\text{grad} = C\,.\,r^{-m}\,l^{-(m-1)},$$

die sich auch theoretisch mit Hilfe der von Ragmar Holm entwickelten Ähnlichkeitsgesetze ableiten läßt.

Bei einem Glimmlichtgleichrichter, bestehend aus einer großen zylindrischen Eisenelektrode und einer kleinen in ihrer Mitte befindlichen Elektrode aus gleichem Material in einem Glasgefäß, das mit reinem Helium von 10 mm Druck gefüllt ist, wurde bei Dauereinschaltung ein starkes Ansteigen der Zündspannung beobachtet. Eine Erklärung hiefür konnte bisher nicht gefunden werden. Zwei neue Typen von Gleichrichtern wurden untersucht, und zwar der Bakelitegleichrichter der Fansteel Co. und der Elkon-

[1]) Aus dem „Tätigkeitsbericht der PTR", Z. f. Instrumentenkunde, 1927, Heft 5, 6, 7.

[2]) Vgl. dem Bericht v. J. 1925 in E. u. M. 1926, S. 269.

Digitized by Google

Gleichrichter. Der Bakelit-Gleichrichter ist ein Elektrolytgleichrichter bestehend aus einer Tantal- und einer Bleielektrode in 25 prozentiger Schwefelsäure, der 0·8 vH $FeSO_4 . 7 H_2O$ zugesetzt ist. Der Zusatz von Ferrosulfat verhindert die Zerstörung des Tantal durch den sich an ihm entwickelnden Wasserstoff. Der Wirkungsgrad eines solchen Gleichrichters für 6 V und 2·5 A Gleichstrom betrug einschließlich Transformatorenverluste 30 vH. Der Elkon-Gleichrichter besitzt als gleichrichtendes Ventil eine gepreßte Scheibe aus einer Mischung von Kupfersulfür und Zinksulfid, gegen die auf der einen Seite eine Kupferscheibe, auf der anderen eine Magnesiumscheibe unter kräftigem Druck gepreßt wird. Seine statische Charakteristik gleicht völlig der eines Kristalldetektors.

Warburg und Rump untersuchten die Ammoniakbildung aus den Elementen im Siemensrohr. Die Ammoniakbildung erfolgt hauptsächlich an der Oberfläche, die Ozonbildung im Inneren des Entladungsraumes. Die Ammoniakbildung pro Coulomb ist sehr klein, da die Zahl der Elektronenstöße auf die Oberfläche klein ist gegen jene im Innern. Das Optimum für die Ammoniakbildung lag zwischen 65 und 71 vH Stickstoff des Stickstoff-Wasserstoffgemisches.

Die Prüfarbeit der PTR hielt sich ungefähr im Rahmen des Vorjahres. In der Liste der geprüften Gegenstände erscheinen zum ersten Male Quarzresonatoren sowie Röntgenstrahlenschutzstoffe und Röntgenmaschinen. Die Anstalt prüfte ferner Dosismesser aller Art, mit denen auch andere Prüfstellen zum Beispiel in Göttingen, Bonn, Freiburg, Stuttgart, Erlangen und Hamburg ausgerüstet wurden, um die PTR zu entlasten. Die Zahl der geprüften Kapazitäten erreichte im Berichtsjahre die Zahl von 1139, die der Verlustwinkel von Kondensatoren 286. Neue elektrische Prüfämter wurden in Kaiserslautern und in Königsberg errichtet. Die neue Prüfordnung für elektrische Meßgeräte ist erschienen (Verlag Springer).

Auf Grund internationaler Vereinbarung sollen Leitungsnormen für Aluminium geschaffen werden, worüber im April 1926 in New York zwischen Vertretern Deutschlands, Englands und Amerikas Besprechungen stattfanden. Darnach sollen die nationalen Laboratorien dieser Länder und Frankreichs vorbereitende Arbeiten für die Normalisierung ausführen. Die PTR hat auf Wunsch des Ausschusses für Al-Leitungsnormen 83 Proben hartgezogenen Al neuester Fabrikation, die von drei Firmen stammten, auf spezifischen Widerstand untersucht. Das Al hatte im Mittel einen spezifischen Widerstand von 0·0286 bei 20 C.

Eine weitere wissenschaftliche Arbeit behandelt die Magnetostriktion, das heißt die Längenänderung von Stäben aus ferromagnetischem Material durch ein Magnetfeld. Die Messung erfolgte nach der zuerst von Whiddington angegebenen Methode der Bestimmung der Änderung einer Kapazität im Überlagerungsverfahren zweier Hochfrequenzkreise. Als Stäbe dienten Eisennickellegierungen von 30 cm Länge und 6 mm Durchmesser. An die Enden eines solchen Stabes wurden Messingrohre angeschraubt, von denen das eine fest mit einem Gestelle, das andere mit einer Kondensatorplatte verbunden ist. Gegenüber der Platte befand sich eine zweite mit dem Gestell verbundene. Über den Stab werden Spulen zur Magnetisierung geschoben. Der Einfluß der Stromwärme wird durch Wasserkühlung aufgehoben, das Erdfeld ist durch eine besondere Spule kompensiert. Am Kondensator liegt ein Schwingungskreis von 700 000 Per/s, der mit einem zweiten überlagert ist, so daß ein Differenzton von etwa 1000 Per/s resultiert. Dieser Ton gibt mit einem Niederfrequenzkreis Schwebungen, sobald eine Änderung der Kapazität eintritt. Mittels Verstärker und Lautsprecher wird auf das Verschwinden des Schwebungstones durch Variieren einer parallel geschalteten, bekannten Kapazität eingestellt. Die Methode gestattet eine Genauigkeit der Längenmessung von 0·01 μ. Bei einem Felde von 300 Gauß ergab sich als größter Wert der Längenänderung $\Delta l/l = 20 . 10^{-6}$, was einer absoluten Änderung von 4 μ entspricht. Fe-Ni-Legierungen mit einem Ni-Gehalt von 40 bis 60 vH zeigten Dilatationseffekte, während reines Ni Kontraktion zeigt.

Während für einfache Meßanordnungen zur Bestimmung von Kapazitäten transportable Meßbrücken erhältlich sind (Seibt, Telefunken, Lorenz), fehlte bisher ein entsprechender Laboratoriumsapparat für Messung von Induktivitäten. Eine solche Type, deren Erzeugung die Firma Seibt, Berlin-Schöneberg, übernahm, wurde durch Anwendung der Maxwellschen Brückenschaltung zur Vergleichung von Kapazitäten und Induktivitäten konstruiert. Die Abgleichung geschieht mittels Drehkondensator und parallel bezw. der Spule in Serie geschalteten Widerstand. Der Apparat arbeitet mit Telephon und Summerreger. Induktivitäten von 10^4 bis 10^9 cm (0·00001 H bis 0·1 H) können mit der Genauigkeit von einigen vH raschest gemessen werden. Zur genauen Bestimmung des Wirkwiderstandes von Induktivitätsnormalen bei Frequenzen von 1000 bis 5000 Hertz kam die früher schon bei Hochfrequenz erprobte Resonanzbrückenanordnung in Verwendung. Damit ließen sich die Verlustwinkel von Spulen mit Hilfe von Normal-Luftkondensatoren auf 0·00005 genau messen.

Aus vergleichenden Untersuchungen verschiedener Methoden zur absoluten Dosismessung (Druckluftkammern verschiedener Art) ergab sich eine gegenseitige Übereinstimmung von 1 bis 2 vH. Mit dieser Genauigkeit ist also die Dosiseinheit 1 Röntgen derzeit im Laboratorium realisierbar. Auf die röntgenspektrometrischen Arbeiten der Anstalt soll hier nicht weiter eingegangen werden. Erwähnt sei nur, daß zur Ausmessung der Linien ein besonderes Mikrophotometer konstruiert wurde, dessen laufende Fabrikation die Firma Carl Leiss, Berlin, aufnehmen wird.

Zur Prüfung von Spannungswandlern stand bisher ein Widerstandsspannungsteiler von 2·5 Megohm, der bis 80 kV belasbar war, in Anwendung. Er nahm bei dieser Spannung 2·6 kW auf, die Wärme wurde durch den Luftstrom eines kräftigen Ventilators abgeführt. Es erschien notwendig, für höhere Spannungen bis 130 kV ein anderes Verfahren einzuschlagen, wofür sich die kapazitive Spannungsteilung als geeignet erwies. Dem bis 150 kV gebauten Hochspannungsluftkondensator nach Petersen von 50 $\mu\mu$F Kapazität wurde eine große Kapazität im Wert von etwa 2·5 μF, bestehend aus Glimmerkondensatoren, in Reihe geschaltet. In einer Brückenschaltung wurde die Spannungsteilung auf ein Übersetzungsverhältnis von 50 000 zu 1 abgeglichen. Der Winkelfehler des zu prüfenden Spannungswandlers wird durch Variieren einer bekannten Kapazität kompensiert und abgelesen. Der Phasenfehler des Kapazitätsteilers ist sehr gering und nur bedingt durch den dielektrischen Verlust der Glimmerkondensatoren. Mit dieser Anordnung sind mehrere 110 kV Spannungswandler gemessen worden. Siemens & Halske baut auf Veranlassung der PTR Normalspannungswandler bis 110 kV, welche in der Anstalt geeicht werden.

Höchste Anforderungen an Genauigkeit der Messung und präzise Ausführung der Apparatur stellt die von der PTR schon vor längerer Zeit in Angriff genommene Neubestimmung der Lichtgeschwindigkeit, beruhend darauf, daß eine Kapazität einmal im elektrostatischen Maß aus den Abmessungen berechnet und zweitens im elektromagnetischen Maß gemessen wird. Der hiezu bestimmte Schutzringkondensator besteht aus Phosphorbronze und hat einen äußeren Durchmesser von 300 mm, einen inneren von 200 mm, die Breite des Spaltes beträgt 0·3 mm. Der Abstand der Platten des Kondensators wird durch drei Quarzzylinder mit planparallel geschliffenen Endflächen auf 15 mm eingestellt. Die Herstellung des Kondensators ist bereits ziemlich weit gediehen, die Platten werden auf Ebenheit geprüft, der Innendurchmesser des Schutzringes und die Höhe der Quarzzylinder wurden gemessen. Die elektrische Messung wird teils absolut, teils relativ durch Vergleichsmessung mehrerer Kondensatoren erfolgen. Hiefür wurde eine neue, abgeschützte Brücke entwickelt,

Digitized by Google

die mit einer Wechselspannung von 300 V und einer Frequenz von 1000 Hertz, mit einem Dreiröhrenverstärker und Telephon als Nullinstrument, ausgerüstet wird.

Von Schering wurde eine einfache Brücke für die dielektrische Verlustmessung bei 800 Hertz zusammengestellt. Hiemit können Isolierstoffe der Fernmeldetechnik rasch und mit genügender Genauigkeit auf Verlustfaktoren geprüft werden. Derartige Prüfungen wird in Hinkunft das Prüfamt Nürnberg ausführen. Schering hat auch eine neue Brücke für Pupinspulen angegeben. Sie gibt direkt den Wert des Verlustfaktors $tg\,\delta = \frac{R}{\omega L}$ und der Selbstinduktion L.

Der Glimmlichtoszillograph wurde in eine für technische Zwecke verwendbare Form gebracht.

Zur Bewertung von Lagern und ihrer Schmierung eignet sich die Messung der Kapazität des durch das geschmierte Lager gebildeten Kondensators. Die Dielektrizitätszahl des Öles ist von der Temperatur praktisch unabhängig und wird auch durch Verunreinigungen, Feuchtigkeit und Säurezahl nicht beeinflußt. Es läßt sich durch einfache Kapazitätsmessung mit Summer und Telephon bei Gleitlagern das mittlere Spiel und die Schichtdicke bestimmen. Auch die Kapazität von Kugellagern ließ sich gut messen, es besteht auch hier ein isolierender Ölfilm, die Änderung der Kapazität mit Drehzahl und Belastung war gering. Da die Theorie zur Berechnung der Kapazität einer Kugel gegen eine Ebene hier infolge Kleinheit des Abstandes im Verhältnis zum Kugelradius versagt, wurde durch Versuche in großem Maßstab (Aluminiumkugel von 19 cm Radius) die Kapazität der Kugel gegen verschieden große Kreisausschnitte der Ebene bei verschiedenen Abständen gemessen. Aus den so gewonnenen Formeln konnte die Ölfilmdicke des Kugellagers mit 7 μ berechnet werden. Die Kapazitätsänderung bei Verlagerung konnte berechnet werden, sie ist auch bei großer Verlagerung sehr klein. Bei starker Gewichtsbelastung ging die Kapazität stark hinauf. Durch eine Verdünnung des Ölfilmes allein läßt sich dieser Zuwachs an Kapazität nicht erklären, es ist vielmehr anzunehmen, daß die unteren Kugeln sich elastisch in die Schale drücken und abplatten, ohne den Ölfilm zu durchbrechen. Durch eine einfache Versuchsanordnung konnte die Ausbildung der tragenden Ölschichte demonstriert werden. Die Vergleichsversuche an Motoren, die mit Gleitlagern und solchen die mit Kugellagern ausgerüstet sind, wurden bei Leerlauf und bei Belastung durchgeführt und abgeschlossen. Die Untersuchungen an Asynchronmotoren zur Bestimmung der Zusatzverluste aus den Pulsationsverlusten wurden fortgesetzt.

Von den Arbeiten des magnetischen Laboratoriums wäre zu erwähnen, daß Abweichungen zwischen den Messungen der Verlustziffer einmal mit dem Differentialapparat von S. & H., das andere Mal mit dem Epsteinapparat bis zu 3 vH beobachtet wurden. Der Unterschied in den Resultaten liegt nicht an dem Versagen der einen oder anderen Methode, sondern an der ungenügenden Definition des Begriffes Verlustziffer. Es wird notwendig sein, in den Normalien des VDE genaue Angaben über die Konstruktion der zu verwendenden Epsteinapparate zu machen; offenbar spielt die Verschiedenartigkeit der Streuung der Apparattypen eine wichtige Rolle. Vor übertriebenen Anforderungen an die Meßgenauigkeit muß gewarnt werden. Die Verschiedenheit der an derselben Probe erhaltenen Werte rührt häufig von der verschiedenen Konstruktion der bei den einzelnen Firmen benutzten Epstein-Rahmen her. Die Untersuchungen zur Messung der Anfangspermeabilität von Drahtproben und von Epstein-Bündeln, sowie der wahren Remanenz von Epstein-Proben und fertigen Hufeisenmagneten und der Koerzitivkraft sind abgeschlossen. Eine Arbeit über die Gültigkeit der Maxwellschen Gleichungen für ferromagnetische Körper wurde in Angriff genommen. Sie erfordert eine gleichzeitige magnetometrische und ballistische Messung. Im Zuge der Arbeiten über ferromagnetische Legierungen wurde ein kleiner leistungsfähiger Hochfrequenz-Laboratoriumsofen für Vakuumschmelzungen fertiggestellt. Dieser 5 kW Ofen wird mit dem auf 6000 V hinauftransformierten Wechselstrom der Zentrale, der eine Kondensatorbatterie auflädet und sich mit einer Frequenz von etwa 100 000 Hertz über die Ofenspule und eine rotierende Funkenstrecke zirka 800 mal in der Sekunde entladet, betrieben. Es gelingt damit Reguli bis zu wenigen Grammen herunter herzustellen. Der Eisenschmelzpunkt ist in 5 bis 10 min erreicht. Die in den alten Ofen hergestellten Proben wurden im Vakuumofen neuerdings wiederholt, außerdem wurden 150 neue binäre und ternäre Legierungen hergestellt. Die Messungen erstrecken sich auf Form der Schleife, Anfangspermeabilität, Anstieg der Permeabilitätskurve bei kleinen Feldern, Koerzitivkraft, Umwandlungspunkte, ferner auf Leitfähigkeit, chemische und metallographische Untersuchunng nach verschiedenen thermischen und mechanischen Vorbehandlungen.

Der Bericht enthält eine Zusammenstellung der Veröffentlichungen amtlicher und privater Natur, die zusammen die Höhe von 154 Publikationen im Berichtsjahre erreichen.

Über Arbeiten auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik und der Lichttechnik wird an anderer Stelle berichtet.

Conrad.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Zur Beurteilung der Güte einer Dampfturbine. Über die Frage, wie die Güte einer Dampfturbine für sich und im Rahmen einer Dampfanlage zu beurteilen ist, äußert sich Broggi. Die beiden einzigen Zahlen, die über die Güte einer Turbine Auskunft geben können sind der thermodynamische und der thermische Wirkungsgrad. Jede Turbine hat mehrere unvermeidliche Verlustquellen, wovon die wichtigsten im Schaufelwirkungsgrad zum Ausdruck kommen. Der A.-G. Brown Boveri & Co. ist es in den letzten Jahren gelungen, besonders für Reaktionsschaufeln eine Form zu finden, die einen Wirkungsgrad von mindestens 93 bis 95 vH hat. Nach Messungen von Prof. Dr. Stodola ergab sich ein innerer Wirkungsgrad, ermittelt aus innerer Leistung und bezogen auf den Zustand vor und nach dem Überdruckteil, bei einer Parsonschen Kennzahl (Summe der Quadrate der Umfangsgeschwindigkeiten aller Schaufelreihen dividiert durch das adiabatische Gefälle) zwischen 3000 und 4000 von fast 88 vH, was auf Schaufelspiel 0 extrapoliert einem Wirkungsgrad von 94 vH entspricht. Brown-Boveri rüstet daher ihre Turbinen in der Hauptsache mit dieser hochwertigen Reaktionsbeschaufelung aus. Nur die Möglichkeit die Aktionsbeschaufelung teilweise zu beaufschlagen hat die Firma veranlaßt, den normalen Ein- und Mehrzylindermaschinen ein Aktionsrad vorzuschalten, um die wirtschaftliche Mengenregelung anwenden zu können. Bei einer Austrittsgeschwindigkeit des Dampfes aus der letzten Schaufelreihe von rund 150 m/sec hat der Austrittsverlust noch die zulässige Größenordnung von rund 1 vH. Da aus Festigkeitsgründen die Länge der Schaufeln und damit aber auch der Austrittsquerschnitt begrenzt ist, so gibt es für jede Drehzahl eine gewisse Grenzleistung, über die man nicht hinausgehen kann, weil sonst der Austrittsverlust zu groß werden würde. Die Summe aller Verluste beträgt bei einer modernen Großturbine, Bauart BBC etwa 12 vH, so daß der thermodynamische Wirkungsgrad η^t 86 bis 88 vH erreicht. Bei einem Eintrittszustand des Dampfes von 30 ata und 400° und bei einem Vakuum von 96 vH ist das verfügbare Wärmegefälle $h_0 = 274$ WE. Damit ergibt sich der Dampf-

Digitized by Google

verbrauch zu $\frac{860}{0{\cdot}86 \,.\, 274} = 3{\cdot}66$ kg/kWh. Über die Wirtschaftlichkeit einer Anlage gibt aber nicht der thermodynamische sondern der thermische Wirkungsgrad η_t Aufschluß. Dieser errechnet sich mit Hilfe des Wärmeinhaltes des eintretenden Dampfes i_0 und der Temperatur des abfließenden Kondensates t_c zu

$$\eta_t = \eta_t \,.\, \left(\frac{h_0}{i_0 - t_c}\right)$$

oder in dem gewählten Beispiel zu

$$\eta_t = 0{\cdot}86 \,.\, \frac{274}{770 - 25} = 31{\cdot}6 \text{ vH}$$

wenn $i_0 = 774$ WE und $t_c = 25^0$ C ist. Um also an der Kupplung der Turbine eine kWh = 860 WE leisten zu können, müssen der Turbine $\frac{860}{0{\cdot}316} = 2720$ WE zugeführt werden. Diese Zahl ist der Wärmeverbrauch der Turbine. Man muß sie mit dem elektrischen Wirkungsgrad, dem Kesselwirkungsgrad und einem Koeffizienten, der den Energieverbrauch der Hilfsbetriebe (Kondensation und Kesselanlage) berücksichtigt, multiplizieren um den Gesamtwirkungsgrad der Anlage zu erhalten. In einer neuzeitlichen Anlage kann man einen Wirkungsgrad von 24·7 vH erreichen. Um also ein kWh nutzbar an der Schalttafel abgeben zu können, müssen im vorigen Falle $\frac{860}{0{\cdot}247} = 3480$ WE in Form von Brennstoff zugeführt werden. Der thermische Wirkungsgrad der Turbine ist nach der obigen Formel einerseits von einem guten thermodynamischen Wirkungsgrad η_t abhängig, anderseits von einem großen Gefälle h_0 und einer hohen Kondensattemperatur t_c. Durch die Wahl hoher Dampfdrücke und hoher Dampftemperaturen ist man bestrebt h_0 zu vergrößern. Es kann aber bei kleineren Einheiten der Fall eintreten, daß das, was man an h_0 gewinnt, wieder an η_t verlorengeht, weil bei zu hohen Drücken und kleinen Dampfmengen der Turbinenwirkungsgrad sinkt, abgesehen von den höheren Kapitalkosten für die Hochdruckkessel. Eine Vergrößerung von t_c erreicht man durch Vorwärmung des Kondensates mittels Anzapfdampf. Bei einer zweistufigen Anzapfung ergibt sich für die vorliegenden Verhältnisse ein thermischer Wirkungsgrad der Turbinenanlage von 34 vH anstatt 31·6 vH wie früher festgestellt ohne Anzapfung. Die tatsächliche Wärmeenergie beträgt damit rund 7 vH. Es wären somit an der Turbinenkupplung nur 2535 WE aufzuwenden anstatt wie früher 2720. Ein weiterer Vorteil ergibt sich bei Verwendung der Rohwasserdestillation nach System Brown-Boveri. Es entsteht nicht nur kein Wärmeverlust gegenüber dem Betrieb mit Vorwärmung ohne Destillation, sondern sogar ein Wärmegewinn, weil weniger Energie im Kondensator verlorengeht, dadurch daß die angezapften Dampfmengen größer sind. Um aber alle diese Vorteile ganz zu erreichen, muß die Turbine schon von vornherein für Vorwärmung gebaut werden, weil die Dampfmengen, welche durch den Niederdruckteil strömen, geringer werden und kleinere Austrittsverluste ergeben, also den thermodynamischen Wirkungsgrad verbessern. Stip.

(BBC-Mitteilungen, Baden, Juli 1927.)

Über die Wirkungsweise, Verbesserung und Auswahl der Kühltürme von Dampfkraftwerken. Von A. Fourault. Die größten bisher gebauten Kühltürme sind für eine Leistung von rund 7000 m³/h. Diese Grenzleistung wird dadurch bedingt, daß eine durch den Kühlturm streichende Luftmenge sich immer mehr und mehr mit Feuchtigkeit anreichert und die volle Sättigung nach einer bestimmten durchlaufenen Strecke erreicht hat. Die Länge dieser Strecke ist maßgebend für die mit einem Turm erzielbare Höchstleistung. In jüngster Zeit hat man durch den Einbau von Luftkanälen, welche die frische Luft erst tief im Inneren des Kühlturmes mit dem Wasser in Berührung bringen und durch Verstärkung der Kamineinwirkung die Grenzleistung auf 12 000 m³/h zu erhöhen versucht. Die in einem Kühlturm abzuführende Wärmemenge Q ergibt sich aus der Kühlwassermenge W, den Kühlwasseraus- und Eintrittstemperaturen t_a, t_e und dem Gewicht des zu kondensierenden Dampfes D aus der Gleichung

$$Q = W(t_e - t_a) = 550 \,.\, D,$$

wobei angenommen ist, daß dem kondensierenden Dampf 550 WE/kg entzogen werden. Der ideale Kühlturm müßte das zu kühlende Wasser bis auf die Temperatur des feuchten Thermometers T abzukühlen imstande sein. Diese Temperaturwerte schwanken in Paris und Umgebung zwischen 8° C im Winter und 22° C im Sommer. Die Leistung eines Kühlturms hängt aber außerdem vom Luftdruck, von der Windstärke und noch von anderen Umständen ab. Wesentlich für die Bauart eines Turmes sind: Die Maße des Kamins, die Austeilung des Gradierwerkes, der Platzbedarf, die Lage und der Querschnitt der Luftkanäle, die Luftbewegung innerhalb des Gradierwerkes, die Abführung der gesättigten Luft usw. Trägt man die tiefsten in einem bestimmten Kühlturm erreichten Temperaturen in Abhängigkeit von T (feuchtes Thermometer) auf, so erhält man angenähert eine Hyperbel, die durch die Gleichung

$$(t_a + b)^2 - (T + b)^2 = a^2$$

dargestellt erscheint. Diese Gleichung, in der a und b Konstante bedeuten, läßt sich schließlich in die Form

$$t_a = f[T, q, (t_e - t_a)]$$

bringen, worin q die spezifische Beanspruchung

$$\frac{\text{Wassermenge}}{\text{benetzte Fläche}}$$

bedeutet. Der Verfasser untersucht dann noch bei einem Dampfkraftwerk bestimmter Leistung die wirtschaftliche Größe des Temperaturunterschiedes $t_e - t_a$ und kommt zum Schluß, daß dieser Unterschied allgemein zwischen 8° und 12° C liegen soll. Stip.

(Revue Générale de l'Electricité, Bd. 21, Nr. 26, 1927.)

Verbrennungskraftmaschinen.

Kompressorlose Viertakt-Dieselmotoren mit Strahlzerstäubung. Von R. Mayer. Die von den Linke-Hofmann-Werken gebauten Motoren werden derzeit als Normalläufer (schwere Bauart mit Leistungen von 50 bis 1200 PSe bei 167 bis 250 U/min) und als Mittelläufer gebaut. Der Strahleinspritzung[1]) (mit geschlossener Düse) wurde wegen der sichereren Beherrschung der Verbrennungsvorgänge gegenüber dem Vorkammerverfahren der Vorzug gegeben. Die Normalläufer haben A-Ständer, die oben gegeneinander durch die U-Eisen der Bedienungsgalerie und den gußeisernen Trog der Steuerwelle abgestützt sind. Das Triebwerk wird wie beim Kastengestell eingekapselt, für die Wellenlager ist Ringschmierung vorgesehen. Eine Einrichtung zum Vermindern des Verdichtungsdruckes gestattet, die Motoren mit Preßgas von 10 bis 20 at anzulassen, das aus den Zylindern abgezapft wird. Die Mittelläufer werden mit Kastengestell und tiefliegender Steuerwelle gebaut, von der auch die Brennstoffpumpe angetrieben wird. Von Ende 1924 bis jetzt wurden Motoren von rund 26 000 PSe mit 25 bis 150 PSe Zylinderleistung abgeliefert oder bestellt, von den Ergebnissen der Abnahmeversuche sind nachstehende bemerkenswert: Ein Sechszylinder-600 PSe-Motor mit 420 mm Zylinderdurchmesser und 570 mm Hub, 214 U/min hatte beim Betrieb mit Gasöl von 10 114 Kcal/kg unt. Heizwert bei 1/2, 3/4 und 1/1 Belastung einen Brennstoffverbrauch (auf 10 000 Kcal Heizwert bezogen) von 184·2, 169·7 und 164·5 g/PSeh entsprechend einem thermodynamischen Wirkungsgrad, bezogen auf die Nutzleistung, von 34·3, 37·2 und 38·3 vH. Vier- und Dreizylindermotoren von 330 mm Zylinderdurchmesser, 440 mm Hub, 200 U/min und 175 bezw. 120 PS Leistung hatten den geringsten Brennstoffverbrauch von 164 bzw. 174 g/PSeh bei 3/4-Last (mit Rücksicht auf den niedrigen Wert des Verhältnisses $H : D$, nämlich 1·33). Sehr ausge-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 900.

Digitized by Google

dehnte Versuche wurden mit einem Dreizylindermotor von 420 mm Zylinderdurchmesser, 570 mm Hub und 250 bis 260 U/min durchgeführt. Bei Verwendung von Gasöl mit 9520 Kcal/kg unt. Heizwert (alle Zahlen sind auf 10 000 Kcal umgerechnet) war der günstigste Brennstoffverbrauch bei $^3/_4$-Last 170 g/PSeh, bei Betrieb mit Steinkohlenteeröl von 8980 Kcal/kg unt. Heizwert, ebenfalls bei $^3/_4$-Last, etwas niedriger. Durch Vergrößerung des Verhältnisses $H : D$ (siehe oben) erhofft man ein langsameres Ansteigen des Brennstoffverbrauches von $^3/_4$- bis $^1/_1$-Last zu erzielen als bisher. Argentinisches Dicköl mit hohem Asphaltgehalt (rund 12 vH), hoher Zähflüssigkeit (9·7 Englergrade bei 60° C) und 9710 Kcal/kg unt. Heizwert ergab anfänglich mit normalen Düsen keine Schwierigkeiten und gute Verbrennung, nach einigen Stunden aber setzte sich an den Düsen Koks an, der schlechtere Verbrennung zur Folge hat. Deshalb werden bei diesem Brennstoff gekühlte Düsen verwendet. Versuche mit diesem Brennstoff, die an Vier- und Sechszylindermotoren von 350 bezw. 520 PS bei 214 U/min durchgeführt wurden, ergaben als günstigsten Brennstoffverbrauch bei $^3/_4$-Last 180 bis 184 g/PSeh, nach Verbesserungen an der Brennstoffpumpe und den Einspritzventilen 171 g/PSeh. J.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 31, 1927.)

Maschinenelemente.

Krupp-Reibradgetriebe. Von Garrard. Bei dem auch zur Übertragung größerer Kräfte geeigneten Getriebe umschließt der geschlossene zylindrische Ring *d* (Abb. 1) die drei nebeneinanderliegenden Rollen *a*, *b*, *c* mit einer Spannung, die aber nicht zur Übertragung eines nennenswerten Drehmomentes ausreicht. Der erforderliche Anpreßdruck entsteht erst beim Anlauf des Getriebes. Wird die Rolle *a* in der Pfeilrichtung gedreht, so drehen sich auch *b* und *d* in den eingezeichneten Richtungen. Der Ring *d* versucht, die Umkehrrolle *c* zu drehen, die wieder auf *b* treibend wirkt. Da aber *c* dieser Drehung einen Widerstand entgegensetzt, so wirkt der Berührungspunkt *E* von *d* und *c* zunächst als Festpunkt und der Ring wird von der Rolle *a* bei *F* etwas in die Höhe gehoben. Dadurch bewegt sich der

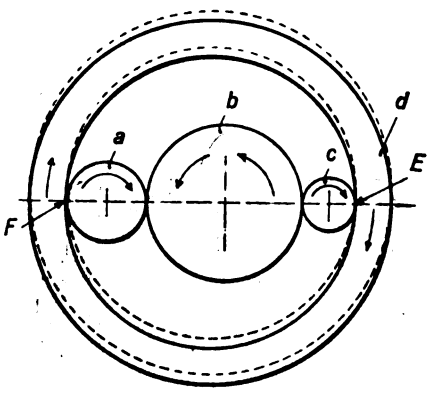


Abb. 1.

Mittelpunkt von *d* aus der Linie *EF* heraus und die Berührungspunkte von *d* mit *a* und *c* fallen in eine Sehne des Ringes, die selbstverständlich kleiner als der Durchmesser ist und dadurch vergrößert sich der Anpreßdruck der Rollen selbsttätig so lange, bis die Rollen *b* und *c* ohne Gleitverlust mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit wie *a* umlaufen. Die erhöhte Spannung im Ring wirkt auf die Lager nicht zurück, an der treibenden und getriebenen Rolle fällt ein Reibungsverlust, der die bisher üblichen Reibungsgetriebe unwirtschaftlich macht, weg. Nur an den Lagern der Umkehrrolle treten den Umfangskräften entsprechende Drücke auf. Jede der drei gehärteten und geschliffenen Stahlrollen *a*, *b*, *c* kann als treibende oder getriebene verwendet werden. Das Getriebe arbeitet sehr ruhig und ebenso wirtschaftlich und genau wie ein Zahnradgetriebe. Der Wirkungsgrad kann bei gleichmäßiger voller Belastung mit 0·98 angenommen werden. In einer Stufe kann die Übersetzung bei normalen Getrieben bis 15 : 1 betragen, durch die Verbindung von zwei einfachen Getrieben läßt sich eine Übersetzung von 100 : 1 erreichen. Die Getriebe laufen in vollständig geschlossenen Gehäusen und haben sehr geringen Raumbedarf. Die Umlaufszahlen an der treibenden Welle gehen bei den gebauten und entworfenen Getrieben bis 3500 je min, die übertragenen Leistungen bis etwa 250 PS. —k.

(Kruppsche Monatshefte, 8. Jahrg., Aug./Sept. 1927.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Kinematische Hilfsmittel für Vorausbestimmung der elektrischen Charakteristiken von Synchronmaschinen. Vl. Karapetoff hat zwei neue mechanische Hilfsmittel ersonnen, die das Verhalten von Synchronmaschinen bei verschiedenen Spannungs- und Belastungsverhältnissen, Leistungsfaktoren etc. zu bestimmen gestatten. Der eine dieser Apparate ist das Potierion und ist für Volltrommelmaschinen anzuwenden. Für Maschinen mit ausgeprägten Polen dient das Blondelion. Beide Hilfsmittel bestehen aus einer Anzahl von Stäben, die Skalen tragen und unter einander beziehungsweise mit einer Art Transporteur, dem Protraktor, der eine Skala für direkte Ablesung des Leistungsfaktors trägt, durch Drehpunkte oder durch längs Geraden verschiebbare Bolzen verbunden sind. Die Apparate werden über die Leerlaufcharakteristik der Maschine gelegt und geben nach entsprechender Einstellung alle interessierenden Größen bekannt. Auch Spannungsabfälle auf vorgeschalteten Reaktanzen sind bestimmbar. Die Apparate sind aus den betreffenden Diagrammen entwickelt unter Berücksichtigung aller Komponenten mit Ausnahme des ohmschen Spannungsabfalles. Zur Berücksichtigung der variabeln Ankerstreureaktanz bei Maschinen mit ausgeprägten Polen, die nach Untersuchungen Karapetoffs bekanntlich aus einem konstanten und einem mit doppelter Frequenz variierenden Teil[1]) besteht, ist noch ein modifiziertes Blondelion entwickelt worden, das durch eine einfache Veränderung dieser Eigenschaft Rücksicht trägt. B. G.

(Bulletin of the Engineering Experiment Station, College of Engineering, Cornell University, Nr. 6, Juli 1926).

Ein 10 kW-Hochfrequenz-Generator. M. C. Spencer beschreibt eine Versuchsausführung eines Hochfrequenzgenerators für 20 000 Per/s bei der Crocker-Wheeler El. Mfg. Co. in Ampere, N. J. Ihrer Wirkungsweise nach gehört diese Maschine in die Klasse von Hochfrequenzgeneratoren mit veränderlichem magnetischen Widerstand. Der aus dünnen Stahlblechen geschichtete Rotor mit einem äußeren Durchmesser von 350 mm hat an seinem Umfang 180 fast halbkreisförmige Ausnehmungen. Eine genau gleichartige Nutung weist der Ständerkörper auf, der einen äußeren Durchmesser von 450 mm bei einer axialen Länge von 40 mm besitzt und sich in einem Gehäuse von 520 mm Durchmesser und 160 mm Breite befindet. Der Luftspalt beträgt zirka 0·6 mm. An zehn gleichmäßig ausgeteilten Stellen der Ständerbohrung befinden sich tiefere Ausschnitte auf einem Raum von je 7 Nuten, die somit entfallen, um für die in Serie geschalteten zehn Ständerwicklungen, bestehend aus je sechs hochkant gewickelten Flachkupferleitern, Platz zu schaffen. Diese mit Gleichstrom gespeiste einzige Wicklung der Maschine führt somit infolge des periodischen Wechsels des magnetischen Widerstandes dadurch, daß jeweils Zähne mit Zähnen bezw. Zähne mit Zahnlücken koinzidieren, einen überlagerten Hochfrequenzstrom, und zwar entsprechend den 180 Polpaaren bei einer Drehzahl von 6670 U/min von 20 000 Per/s. In bekannter Weise auf der Gleichstromseite angeordnete Schutzdrosselspulen zwingen den Hochfrequenzstrom, seinen Weg über den Ver-

[1]) Journal of AIEE, 1926, Seite 665 f. Vgl. a. Siegel, E. u. M. 1927, S. 3 ff.

Digitized by Google

brauchen zu nehmen, dem wiederum ein Kondensator vorgeschaltet ist, der zur Verhinderung des Eindringens von Gleichstrom in den Verbraucherkreis und gleichzeitig zur Kompensation der Maschinenreaktanz dient. Wie Rechnung und Versuch beweisen, spielen für den Wirkungsgrad nur die Kern- und hier vorwiegend die durch den Belastungsstrom hervorgerufenen Zusatzverluste eine überragende Rolle. Der Ständer ist daher auch mit Wasserkühlung versehen. Untersuchungen mit veränderlichem Ohmschen Belastungswiderstand zeigen, daß die Maschine in weiten Grenzen von 12 bis 120 Ohm bei größtenteils konstantem Wirkungsgrad eine unveränderliche Leistung von 10 kW abzugeben imstande ist, wenn die Gleichstromerregung entsprechend variiert wird. Bei unveränderlichem Belastungwiderstand haben Klemmenspannung, Wirkungsgrad und abgegebene Leistung ein scharf ausgeprägtes Optimum bei einer bestimmten Erregung, da bei darüber hinaus wachsender Erregung die infolge der Sättigung erhöhte Streuung die Klemmenspannung wesentlich herabsetzt. —hw—

(Journal A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 7, 1927.)

Die wirtschaftliche Regelung von Drehstrommotoren durch Drehstrom-Gleichstrom-Kaskaden. Von Dr. Ing. H. Zabransky[1]). Von den zur Drehzahlregelung von Drehstrommotoren geeigneten Methoden, die der Verfasser an Hand der Patente kurz bespricht, behandelt das Buch ausführlich die Drehstrom-Gleichstrom-Kaskaden. Im rein technischen Teil werden Arbeitsweise, Schaltung und Berechnung der Krämerkaskade und der Scherbiuskaskade eingehend behandelt. Von besonderem Interesse ist der wirtschaftliche Teil. An Hand von fünf Beispielen der Drehzahlregelung eines Asynchronmotors von 160, 400, 1000, 2000 und 3200 kW für verschiedene Regelbereiche (bis herab auf $n_u = 0{\cdot}3\, n_s$, n_u = tiefste Drehzahl, n_s = synchrone Drehzahl) vergleicht der Verfasser die Wirkungsgradkurven für Widerstandsregelung, Krämerkaskade, Scherbiuskaskade und Einankerumformer mit regelbarem Gleichstrommotor. Es zeigt sich hiebei, daß bei Regelung auf konstante Leistung, die Krämerkaskade für große Einheiten 400—3200 kW für Regelung herab bis auf $n_u = 0{\cdot}38\, n_s$, für kleinere 160—400 bis $n_u = 0{\cdot}48\, n_s$ günstigere Wirkungsgrade hat als alle anderen Regelmethoden. Nur für noch tiefere Drehzahlen als die angeführten ist der Einankerumformer mit Gleichstrommotor im Wirkungsgrade besser. Bei Regelung auf konstantes Drehmoment liegt die Grenze für die Krämerkaskade bei $0{\cdot}40—0{\cdot}45\, n_s$. Für kleinere Werte von n_u wird wieder der Einankerumformer wirtschaftlicher. Kann aus Raummangel keine Krämerkaskade verwendet werden, so kann, solange $n_u >$ als $0{\cdot}6 — 0{\cdot}64\, n_s$ ist, die Scherbiuskaskade verwendet werden. Für ganz kleine Regelbereiche $n_u = 0{\cdot}87 — 0{\cdot}92\, n_s$ hat die Widerstandsregelung bessere Wirkungsgrade als Einankerumformer und Scherbiuskaskade und wird nur von der Krämerkaskade übertroffen. — Bei Antrieben für Ventilatoren und Pumpen sinkt die Leistung annähernd mit der dritten und das Drehmoment annähernd mit der zweiten Potenz der Drehzahl. Die Krämerkaskade ist hiebei dem Einankerumformer überlegen solange $n_u > 0{\cdot}4\, n_s$. Die Scherbiuskaskade ist ihm überlegen für $n_u > 0{\cdot}7 — 0{\cdot}55\, n_s$ (160—3200 kW) hat aber auf jeden Fall schlechtere Wirkungsgrade als die Krämerkaskade. Die Widerstandsregelung kann bei ganz kleinen $n_u = 0{\cdot}88 — 0{\cdot}92\, n_s$ und bei sehr großen $n_u < 0{\cdot}3\, n_s$ in Frage kommen. (Inwieweit die Wirtschaftlichkeit eines Regelantriebes noch durch die Anschaffungskosten bezw. deren Amortisation beeinflußt werden, ist in der Arbeit nicht untersucht. Die angeführten Vergleiche beziehen sich nur auf den Wirkungsgrad. Der Ber.) *f. f.*

[1]) Nach dem gleichnamigen Buch. Verlag Julius Springer, Berlin, 1927, 112 Seiten in 8°. Preis M 9·—.

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Ein neues Erdschluß-Anzeigerelais. Eine vollkommene Erdschluß-Anzeigevorrichtung muß außer der Tatsache des eingetretenen Erdschlusses auch die vom Erdschluß betroffene Phase sowie bei verzweigten Leitungen die vom Erdschluß betroffene Teilstrecke erkennen lassen. Der letzten Forderung kann nur mit verhältnismäßig verwickelten Schaltungen entsprochen werden. In vielen Fällen genügt es aber, wenn man lediglich die ersten beiden Eigenschaften des idealen Relais verwirklicht.

Die prinzipielle Schaltung eines Erdschluß-Anzeigerelais dieser Art ist in Abb. 2 dargestellt. Zur Erkennung der erdgeschlossenen Phase werden, wie üblich, die

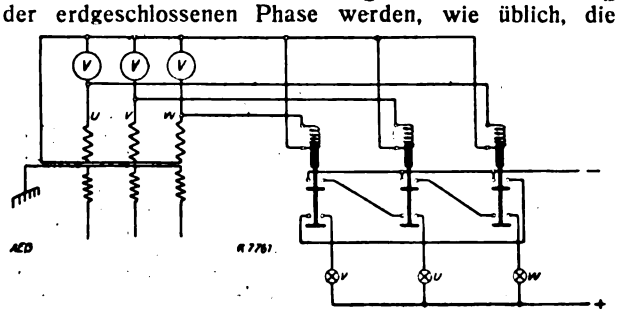


Abb. 2.

Spannungen der drei Phasen gegen Erde herangezogen. Am nächsten liegt es, drei Spannungsrelais zu benutzen, die ansprechen, wenn ihre Betätigungsspannung einen bestimmten Betrag unterschreitet, so daß das ansprechende Relais die kranke Phase kennzeichnet. Diese Vorrichtung

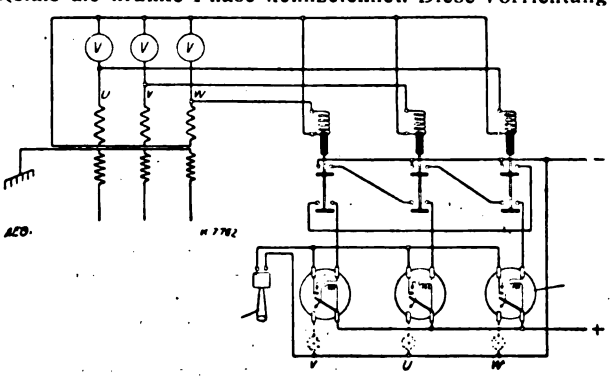


Abb 3.

würde aber zwei Nachteile haben. Einmal würden ein oder mehrere Relais auch bei Kurzschluß fälschlicherweise ansprechen, zweitens ist es erwünscht, Relais zu verwenden, die bei Überschreiten einer bestimmten

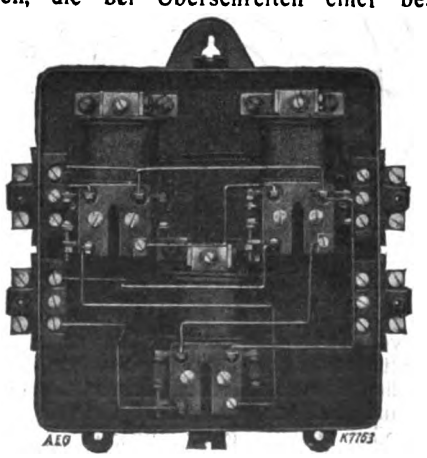


Abb. 4.

Spannung ansprechen, da solche Relais sich einfacher und betriebssicherer bauen lassen. Diese Nachteile werden in dem neuen Relais dadurch vermieden, daß drei Relais an die Spannung gegen Erde gelegt werden, die ansprechen, wenn die Spannung an ihrer Wicklung einen bestimmten, einstellbaren Prozentsatz überschreitet und die je zwei in Zickzack geschaltete Kontakte besitzen; beim Auftreten eines Erdschlusses steigen nämlich die zwei Spannungen der beiden gesunden Phasen gegen

Digitized by Google

Erde auf den Wert der verketteten Spannung und zeigen somit an, daß die dritte Phase krank ist. Schließen nun zwei Relais ihre Kontakte, so ist der Stromkreis für die Meldelampe der dritten Phase (Abb. 2) bezw. die Betätigungsspule des zur dritten Phase gehörigen Signalrelais (Abb. 3) geschlossen, und dieses Signalrelais[1]) spricht an, das heißt es geht in eine Anzeigestellung und schließt seinerseits den Stromkreis für das Ertönen eines akustischen Signals. Damit das Relais bei betriebsmäßigen Spannungssteigerungen nicht anspricht, muß die Ansprechspannung der Relais so hoch eingestellt werden, daß bei betriebsmäßig möglichen Steigerungen ein Ansprechen sicher vermieden wird. Hierfür genügt erfahrungsgemäß eine Einstellung auf den 1·25fachen Wert der Phasenspannung, während die Spannung im Erdschluß auf den 1·73fachen Wert der Phasenspannung ansteigt. Abb. 4 läßt den inneren Aufbau des Erdschluß-Anzeigerelais erkennen. Dr. H. Piloty, Berlin.

Leitungen und Leitungsbau.

Zur Festigkeitsberechnung von Freileitungen. Ing. Dr. Nather. Es wird gegen einige Inkonsequenzen in der Praxis der Leitungsdurchschlagsberechnung Stellung genommen; während nämlich einerseits das Eigengewicht der Leiter bis auf drei Stellen genau berücksichtigt wird, wird auf der anderen Seite dem erheblichen Unterschiede im elastischen Verhalten zwischen Seilen und Volldrähten vielfach gar keine Rechnung getragen. Schon in einem früheren Artikel desselben Verfassers war auf diesen Umstand hingewiesen worden[2]); ein Wandel auf diesem Gebiet erscheint seither bereits angebahnt, und zwar in dem neuen, vom Elektrotechnischen Verein in Wien verfaßten Entwurf von Vorschriften für Freileitungen[3]). Die im vorliegenden Aufsatz verwendeten Festwerte und die im genannten Entwurf vorgeschlagenen Ziffern zeigen eine weitgehende Übereinstimmung. An Hand von zwei Zahlenbeispielen wird gezeigt, welche Unterschiede in den Endwerten sich ergeben, wenn beachtet wird, daß der Elastitätsmodul E der Cu-Seile von dem für Cu-Drähte geltenden Mittelwert (13000 kg/mm²) mehr oder weniger abweicht. Es ist anzunehmen, daß für sehr starke Querschnitte (um 150 mm²) zum Teil recht niedrige Werte (in der Größenordnung $E = 9000$ kg/mm² bei Cu) in Frage kommen; den mittleren Querschnitten, von ungefähr 70 mm², dürfte ein $E = 10000$ kg/mm² recht nahekommen, während den schwächeren Querschnitten, etwa 35 mm² und darunter, höhere Werte, etwa 11000 kg/mm² bis 12000 kg/mm², entsprechen dürften.

Die Ermittlung wird durchgeführt im Sinne des von Singer[4]) angegebenen graphischen Verfahrens, das den Durchhangstafeln der österreichischen Telegraphenverwaltung zugrundegelegt ist. Die Kupfertafeln der genannten Verwaltung sind für den runden Mittelwert $E = 10000$ kg/mm² (bei Seilen) gerechnet, von welchem Wert, nach Literaturangaben, auch im hochentwickelten nordischen Freileitungsbau Gebrauch gemacht wird. In den Zahlentafeln des vorliegenden Artikels ist der Vergleich durchgeführt zwischen den Werten $E = 13000$ kg/mm², der noch anfangs 1927 im österreichischen Freileitungsbau fast allgemein (für Cu-Seile) gebräuchlich war und den Werten $E = 10000$ kg/mm² bezw. 11000 kg/mm², welche den meistverwendeten Cu-Seilsorten und — mit ausreichender Annäherung — auch den gewöhnlichen Freileitungsbronzeseilen entsprechen dürften. Mit Rücksicht auf letzteren Umstand, und weil das spezifische Gewicht 9 g/cm³ als guter Mittelwert für Kupfer- wie Bronzeseile gelten kann, bezw. 8·9 g/cm³ als ausreichendes Mittel für Kupfer- und Bronzedrähte, ist es zulässig, daß sämtliche Kupfertafeln der österreichischen Telegraphenverwaltung auch gleichzeitig für Bronze verwendet werden. Um diese Durchhangstafeln recht übersichtlich und die Ablesung recht sicher zu machen ist dabei auf die Temperaturskala des Singerdiagrammes verzichtet worden; statt dessen wird eine Anlegeskala (für mittlere Spannweiten cm-Skala) benützt, die sich leicht provisorisch mit Tusch auf durchsichtigem Celluloiddreieck anbringen läßt.

Schon von Singer wurden (a. a. O.) die Umrechnungsfaktoren gegeben, die man anzuwenden hat, wenn die Leiterfestwerte in Wirklichkeit von den der Tafel zugrundegelegten Festwerten abweichen. Hievon wird Gebrauch gemacht und es wird gezeigt, daß sich ein Teil der Umrechnungen ersparen läßt durch Verwendung eines entsprechend gewählten Transversalmaßstabes.

Von den zur Erläuterung durchgeführten Zahlenbeispielen bezieht sich eines auf schiefe Spannfelder an Abspannketten; hier ist die Ermittlung, das heißt der rechnerische Teil derselben, im Sinne des Guerndtschen Verfahrens durchgeführt worden[1]). Im Anschluß an die Herleitung von Guerndt wird entwickelt: die Zustandsgleichung

$$\frac{E}{2400}\left(\frac{a}{100}\right)^2\left\{\frac{\delta^2+C}{\sigma_m^2}-\frac{\delta_A^2-C_A}{\sigma_{mA}^2}\right\}= -\vartheta E(t-t_A)+\sigma_m-\sigma_{mA} \quad \ldots\ldots (I),$$

worin durch Index A der Ausgangszustand charakterisiert wird und im übrigen bedeutet:

E = **Elastizitätsmodul (kg/mm²),**

a = **wagrecht gemessener Abstand der Stützpunkte (m),**

δ = **Leitergewicht je m Länge und mm² Querschnitt ohne Zusatzlast (g/cm³),**

$$C=\frac{l_k G_k}{\left(\frac{l'}{100}\right)^2 q}\left(1{\cdot}2\,\delta+\frac{800\,G_k}{l'q}\right),$$

l_k = **Länge der Abspannkette in m,**

G_k = **Gewicht der Abspannkette in kg,**

l' = **schief gemessener Abstand der Stützpunkte in m** ($l'=\sqrt{a^2+h^2}$, **wenn** h = **Höhenunterschied der Stützpunkte in m),**

q = **Leiterquerschnitt (mm²),**

σ_m = **Seilbeanspruchung in Spannfeldmitte (kg/mm²) (gemessen in Richtung der Tangente an die Seillinie),**

ϑ = **Wärmedehnungszahl des Leiters,**

t = **Temperatur in °C,**

Wie im erwähnten früheren Artikel des Verfassers ausgeführt war, folgt mit $\sqrt{\delta^2+C}=v\,\delta$:

$$\frac{E}{2400}\left(\frac{v\,a}{100}\right)^2\left\{\frac{\delta^2}{\sigma_m^2}-\frac{\left(\frac{\sqrt{\delta_A^2+C_A}}{v}\right)^2}{\sigma_{mA}^2}\right\}= =\vartheta E(t-t_A)+(\sigma_m-\sigma_{mA})$$

oder, wenn gesetzt wird $\left(\frac{\sqrt{\delta_A^2+C_A}}{v}\right)=\delta_R$ **(Rechnungsscheindichte):**

$$\frac{E}{2400}\left(\frac{v\,a}{100}\right)^2\left\{\frac{\delta^2}{\sigma_m^2}-\frac{\delta_R^2}{\sigma_{mA}^2}\right\}=\vartheta E(t-t_A)+(\sigma_m-\sigma_{mA}).$$

Die Durchhänge für Seil (F_s) und Kette (F_k), und zwar in Richtung des freifallenden Lotes gemessen, sind:

$$F_s=\frac{(l'-2\,l_k)^2}{8000}\cdot\frac{\delta}{\sigma_m}\ ^2) \quad \ldots\ldots (I)',$$

$$F_k=\frac{l_k}{2}\cdot\left(\frac{G_k}{q}+\frac{l'\delta}{1000}\right)\cdot\frac{1}{\sigma_m} \quad \ldots (II)'$$

oder für den Ausgangszustand:

Seildurchhang

$$F_{sA}=\frac{(l'-2\,l_k)^2}{8000}\cdot\frac{\delta_A}{\sigma_{mA}} \quad \ldots\ldots (I)'',$$

[1]) Vgl. AEG-Mitteilungen 1926, Heft 9, Seite 344.

[2]) Vgl. Techn. Mitteil. der schweiz. Telegr. u. Teleph. Verwalt., Jahrg. III, Nr. 3, 1925.

[3]) E. u. M. 1927, Heft 12, S. 241, Zahlentafel 3.

[4]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 525.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 203.

[2]) Vgl. die analoge Durchhangsformel (für das ziehende und das gezogene Trum eines Seil- oder Riementriebes) im Taschenbuch der „Hütte", Aufl. 1902, S. 610.

Digitized by Google

Kettendurchhang

$$F_{kA} = \frac{l_k}{2}\left(\frac{G_{kA}}{q} + \frac{l' \delta_A}{1000}\right) \cdot \frac{1}{\sigma_{mA}} \quad \ldots \text{(II)}''.$$

In jedem Beispiel wird versucht, ein vollständiges Bild über die Widerstandsfähigkeit der Leitung zu geben; Beanspruchung bei Normaleis und Ermittlung der Eisreißlast reichen hiezu nicht in allen Fällen aus: zu beachten ist auch das Verhalten gegenüber mittelmäßig starken Eislasten; insbesondere gegenüber jener Eislast, durch welche eine Freileitung gerade bis zur Elastizitätsgrenze σ_E angestrengt wird ($\sigma_E = 24$ kg/mm² für Cu). Diesbezüglich werden die von den Schweizer Fachleuten für die dortigen Verhältnisse aufgestellten Berechnungsvorschriften (1·5 kg/m Elastizitätsgrenzlast für Volldrähte, 2 kg/m für Seile) als sehr beachtenswert hingestellt; zumal für Österreich, das in seinen Gebirgsklimaverhältnissen manche Übereinstimmung mit mittleren Schweizer Verhältnissen aufweisen dürfte. In diesem Sinne wird von einer der neuesten österreichischen Großfreileitungen, der 110 kV-Leitung „Gresten-Wien" (95 mm² Cu) folgendes Bild gegeben:

Gesamtstreckenlänge $L = 120$ km,
Spannfelderanzahl $z = 640$,

Mittlere Spannfeldlänge $a_m = \frac{L}{z} = 188$ m,

Größte Spannfeldlänge (welche noch mit dem kurrenten Seil [95 mm² Cu, $\sigma_{max} = 16$ kg/mm²] ausgerüstet ist) $a_{max} = 216$ m.

Damit folgt, wenn mit $E = 13\,000$ kg/mm² gerechnet wird, wie es zur Zeit der Projektierung dieser Leitung (1925) in Österreich noch allgemein üblich war: Rechnungsmäßige Bruchlast Q_B im Mittel = 4·75 kg/m. An den schwächsten Punkten der Leitung (wo a_{max} erreicht wird) ist noch eine Bruchlast $Q_B = 4^1/_2$ kg/m und eine Ealstizitätsgrenzlast $Q_E = 1{\cdot}7$ kg/m gewährleistet; anzumerken ist dabei, daß die ganze Leitungsstrecke nirgends durch Rauhreifgebiet führt; und daß die wirklichen Q_B und Q_E-Werte bei der Rechnung mit $E = 13\,000$ kg/mm² unterschätzt werden, besonders wenn wie hier das $E = 13\,000$ kg/mm² auch der Durchhangsrechnung zugrundegelegt ist. E.

(Technische Mitteilungen der schweizerischen Telegraphen- und Telephonverwaltung, Jahrg. V, Nr. 3, 1927.)

Patentbericht.

Mechanische Gleichrichter.

Pendelgleichrichter.

Gegenstand einer Erfindung der Firma Gyrorector G. m. b. H. in Berlin ist eine Vorrichtung, die den Zweck hat, irgendeinen primären Gleichstrom in Gleichstrom von einer anderen Spannung zu transformieren. Dieser Zweck wird durch eine elektromagnetisch erregte und sich selbst steuernde Pendelvorrichtung erreicht, welche, indem sie wechselnde Kontakte vermittelt, einerseits die Stromrichtung des umzuformenden Gleichstromes fortgesetzt umkehrt, so daß man diesen zur Erregung eines Wechselstromtransformators verwenden kann, anderseits aber auch korrespondierende und in einem bestimmten Rhythmus erfolgende Umkehrungen bei dem in der sekundären Wicklung des Transformators entstehenden Strom bewirkt, derart, daß der sekundäre Wechselstrom wieder in Gleichstrom umgewandelt wird. Derartige Pendelvorrichtungen sind bereits bekannt. Nach der Erfindung sind zwei sich gegenseitig steuernde und zueinander in einer bestimmten Wechselwirkung stehende Pendel vorgesehen. Es ist nämlich zu beachten, daß, wenn die Erregung eines Wechselstromtransformators durch wechselnde Kontakte zustandekommt, welche fortgesetzte Umkehrungen eines Gleichstroms bewirken, sowohl das Abreißen des einen als auch das Schließen des anderen Kontaktes gleichgerichtete Stromstöße in der sekundären Transformatorwicklung erzeugen, während andererseits wieder sekundäre Stromstöße, welche durch das Schließen und durch das Unterbrechen ein und desselben Kontaktes entstehen, entgegengerichtet sein müssen. Gemäß der Erfindung steuern nun die beiden Magnetpendel mit Hilfe von besonderen Kontaktgruppen einander wechselweise derart, daß das eine Pendel durch jede Schwingung, die es ausführt, immer einen Kontaktschluß herbeiführt, durch welchen der das andere Pendel in Bewegung setzende Elektromagnet umgepolt wird.

(D. R. P. Nr. 437070.)

Bei Pendelgleichrichtern bestand bisher die Schwierigkeit, der schwingenden Feder eine Schwingungszahl aufzuzwingen, die gleich der Periodenzahl des gleichzurichtenden Wechselstromes ist. Eine Erfindung von Ferdinand Kraus in Rodenkirchen b. Köln und W. Semer G. m. b. H. in Düren, Rhld., behebt diese Nachteile (Abb. 1). Vor den Polen des zweischenkeligen Wechselstrommagneten *a*, jedoch gegen dieselben versetzt, schwingt die Pendelfeder *a*, zunächst mit der Länge *g*, und zwar mit der Polwechselzahl, das heißt mit der doppelten Periodenzahl, da die Länge *g* entsprechend auf die Polwechselzahl abgestimmt ist. Infolge der Resonanz schaukelt sich die Feder sehr schnell auf. Sobald der Ausschlag eine gewisse Größe erreicht hat, hebt sich die Feder jedesmal, wenn sie nach links schwingt (Pfeilrichtung *x*) vom Ausschlag *e* ab. Jede halbe Schwingung nach links und zurück wird also mit der ganzen Federlänge *h* und *g* ausgeführt, während die Rechtsschwingung (Pfeilrichtung *y*) und zurück mit der verkürzten Länge *g* erfolgt. Das Längenverhältnis ist derart gewählt, daß die Gesamtschwingungszeit genau die doppelte Dauer der Schwingungszeit des verkürzten Pendels besitzt, also genau der Periodenzahl des Wechselstromes entspricht. Bei richtiger Einstellung der Anschlagschraube *n* und der Kontaktschrauben *e* und *f* geht das Pendel gleichzeitig mit der Periode des Wechselstromes durch die Nullage. An den Kontakten *c* und *d* erfolgt hierbei die übliche Umschaltung.

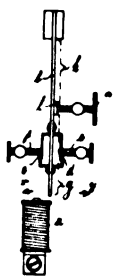


Abb. 1.

(D. R. P. Nr. 442348.)

Rotierende Gleichrichter.

Bei mechanischen Gleichrichtern für Hochspannung treten während des Kontaktvorganges oszillatorische Entladungen sehr hoher Schwingungszahl auf, welche die Betriebssicherheit der Anlage gefährden. Ein Kennzeichen für solche Vorgänge sind die langen Ablauffunken des Gleichrichters, die sich bei ungünstiger Phasenverschiebung bis zum Rundfeuer steigern können. Auch können diese Entladungen aus dem Sekundärkreis des Transformators durch Induktionswirkung in den Primärkreis dringen und zu sehr erheblichen Zerstörungen führen. Eine Erfindung der SSW beseitigt diese Übelstände (Abb. 2). Im sekundären Kreis sind außer den

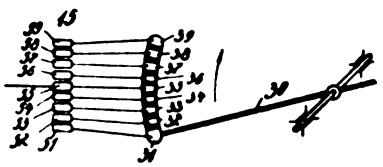


Abb. 2.

zwischen rotierenden Gleichrichtern 30 und Kontaktstücken 31 bis 39 vorhandenen Funkenstrecken noch besondere, die oszillatorischen Schwingungen dämpfende Funkenstrecken 15 (Löschfunkenstrecken) angeordnet. Die Löschfunkenstrecken 15 bestehen aus den Platten 51 bis 59, die ein schnelles aperiodisches Abklingen der gefährlichen Schwingungen bewirken. Wenn der Arm 30 sich den Kontakten nähert, so geht der Strom zunächst durch die einzelnen Funkenstrecken 55 bis 51 und das Kontaktstück 31 auf den Arm 30 über. Bei der Weiterbewegung des Armes 30 geht der Strom nacheinander

Digitized by Google

über die Kontaktstücke 32, 33, 34 und 35 über und eine Funkenstrecke wird nach der anderen ausgeschaltet. Beim Erreichen des Kontaktstückes 35 sei auch gerade der Scheitelwert der Spannung erreicht, die volle Spannung wird also ungedämpft übertragen. Beim Ablauf geht der Strom nacheinander über die Kontaktstücke 36, 37, 38 und 39 über, und die dazugehörigen Funkenstrecken 56, 57, 58 und 59 werden der Reihe nach eingeschaltet, so daß eine schnell anwachsende Dämpfung erreicht wird. Anstatt sowohl den Anlauf als auch den Ablauf zu dämpfen, kann man unter günstigen Bedingungen auch nur den Ablauf dämpfen. Man kann auch die einzelnen Leiter der Funkenstrecke selbst als unterteilten Kontakt ausbilden. (D. R. P. Nr. 438640.)

Die Erregerwicklung asynchron anzulassender synchroner Antriebsmotoren für rotierende Gleichrichter wird zweckmäßig von der Sekundärseite des Gleichrichters aus gespeist. Hierbei sind vielfach die Pulsationen des Erregerstromes vor Erreichung des Synchronismus langsam genug, um das Einspringen des Motors in den Sychronismus ohne weiteres während der Dauer einer halben Welle zu bewirken, so daß der Motor ohne Schwierigkeit anläuft. Indessen kommt es doch vor, daß die Pulsationen nicht langsam genug verlaufen, um das erwähnte Ergebnis herbeizuführen, was dann Veranlassung zu Störungen gibt. Diesem Übelstand hilft eine Erfindung von August Stigler und Wolfgang Brunner in Mailand dadurch ab, daß zwischen die Sekundärbürsten des Stromwenders und die Erregerwicklung des Synchronmotors ein gleichrichtender Apparat, zum Beispiel ein Pendelgleichrichter, geschaltet wird. Dadurch wird von Anfang an die volle Gleichrichtung für den Eregerstrom des Motors erzielt, und dieser läuft unter allen Umständen sicher an. Der Pendelgleichrichter hat nur den Erregerstrom zu liefern und erfordert daher nur kleine Abmessungen. Überdies kann er ziemlich gedrungen gebaut sein, da er, der Schlüpfertourenzahl entsprechend, nur langsam hin und her schwingt und ganz stehen bleibt, wenn der Motor die synchrone Tourenzahl erreicht hat.

(D. R. P. Nr. 427904.)

Es sind Hochspannungsgleichrichter für Dreiphasenstrom bekannt, bei welchen zwei in einer Ebene liegende Paare einander diametral gegenüberliegender und leitend verbundener umlaufender Stromgeber mit drei feststehenden Polkörpern zusammenwirken. Gegenüber diesen Gleichrichtern zeichnet sich die bauliche Ausgestaltung eines Hochspannnungsgleichrichters der Firma Koch & Sterzel Akt.-Ges. und Dr.-Ing. Kurt

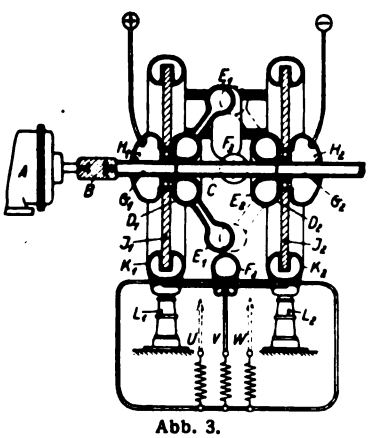


Abb. 3.

August Sterzel in Dresden dadurch aus, daß die zusammengehörigen umlaufenden Stromgeber, welche in bekannter Weise als rundliche Hohlkörper ausgebildet sind, durch metallene röhrenförmige Arme und metallene hohlringförmige Naben zu demnach ganz aus Metall bestehenden V-förmigen Gebilden gestaltet sind, deren Naben nächst den Lagern der Läuferachse liegen, welche zwischen diesen Naben aus isolierendem Stoff besteht (Abb. 3). Der Synchronmotor *A* treibt über die Isolierkupplung *B* die Isolierwelle *C* an. Auf dieser Welle sind um 90° versetzt die V-förmigen metallischen Läuferteile D_1, D_2 angebracht, welche in die kugel- oder nierenförmigen Kontaktkörperpaare E_1 bezw. E_2 auslaufen. Diese arbeiten mit den nierenförmigen Phasenpolkörpern (F_1), F_2, F_3 zusammen, die ihrerseits mit den Phasenpolen *U*, *V*, *W* des Transformators in Verbindung stehen. Die Welle *C* geht beiderseits in metallische Wellenstumpfe G_1, G_2 über, welche innerhalb der feststehenden Lagerteile H_1, H_2 mittels Kugel- oder Rollenlager umlaufen. Die feststehenden Lagerteile sind mittels der Isolierplatten J_1, J_2 auf ringförmigen Lagerteilen K_1, K_2 abgestützt. Diese Gestellteile werden von Isolatoren L_1, L_2 getragen und sind mit dem Sternpunkt des Dreiphasensystems leitend verbunden. Die Gleichstromabnahme erfolgt an den mit Metallhauben abgedeckten feststehenden Lagern H_1, H_2. (D. R. P. Nr. 439848.)

Eine Erfindung der Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H. beruht auf der Erkenntnis, daß die Gleichstromseite von Gleichrichteranlagen bei Überschreiten einer gewissen Gleichspannung Schwingungen ausstrahlt, die zum Beispiel den Radioempfang in der Umgebung unmöglich machen. Versuche ergaben, daß diese Erscheinung besonders stark bei mechanischen Hochspannungsgleichrichtern auftritt, in denen Funkenentladungen stattfinden, die mit oszillatorischen Wirkungen verbunden sind. Die Erfindung zeigt ein Mittel, durch das diese Störungen beseitigt werden. In bezw. parallel zum Gleichstromkreis sind Kapazitäten, Induktivitäten oder Widerstände zu dem Zweck eingeschaltet, eine derartige Verstimmung der Leitungsschwankungen herbeizuführen, daß diese keine störenden Einflüsse auf Schwingungssysteme der Umgebung auszuüben vermögen. Schwingungssysteme der Umgebung sind zum Beispiel Sendeanlagen für den telegraphischen Nachrichtendienst, Rundfunk usw., die im allgemeinen ihre Nachrichten mit bestimmten Wellenlängen aussenden. Werden nun durch die vorbezeichneten Mittel die bei den Gleichrichtern fast unvermeidlichen ausgestrahlten Schwingungen so verstimmt, daß sie nicht mehr in dem Wellenbereich der Sendeanlagen liegen, so wird dadurch die vorteilhafte Wirkung erzielt, daß der Funkverkehr in genügender Weise vor Störungen durch die in der Nähe befindlichen Gleichrichteranlagen geschützt ist.

(Ö. P. Nr. 106601.)

Die Versuche, sogenannte mechanische Gleichrichter zum Gleichrichten von ein- und mehrphasigen Wechselströmen beliebiger Stromstärke zu verwenden, bei denen die einzelnen Phasen während einer Halbperiode durch ein Schaltelement ausgeschaltet sind, haben zu keinem brauchbaren Resultat geführt, da man für die mechanische Bewegung der Schalter Synchronmotoren verwenden mußte, die aber die rechtzeitige Unterbrechung im Nullpunkt des Stromes nicht durchführen konnten. Nach einer Erfindung der Firma Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. in Berlin werden zwar auch mechanische Schalter verwendet, ihre Steuerung und Betätigung erfolgt jedoch durch ein Relais nach Johnson und Rahbeck[1]). Derartige Relais entwickeln sowohl als Ruhestrom- als auch als Arbeitsstromrelais sehr große mechanische Kräfte, ohne daß eine Verzögerung zwischen der mechanischen Wirkung und dem elektrischen Betätigungsstrom auftritt, da das Relais praktisch induktionsfrei ist. Um mit Hilfe dieses Relais den Stromschluß und die Stromunterbrechung zu bewirken, ist es erforderlich, rechtzeitig, das heißt kurz nach Durchgang des Stromes durch den Nullpunkt, das Relais zu erregen und nach einer Halbperiode rechtzeitig den Strom zum Relais zu unterbrechen, so daß der zugehörige Schalter die betreffende Phase unterbricht. Bei Gleichrichtung von Drehstrom ist der Zeitpunkt der An- und Abschaltung so zu wählen, daß die Spannungen der zu benutzenden Halbwellen zweier benachbarter Phasen im Augenblick der Umschaltung gleich sind. Bei diesen Anordnungen wird die bekannte

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 498; 1923, S. 755; 1924, S. 559 und Heft 43 d. J., S. 897.

Digitized by Google

Gleichrichterschaltung benutzt, die einen im Stern geschalteten Stromwandler vorsieht, in dessen zum Mittelpunkt des Sterns führende Leitung der Verbraucher des Gleichstromes geschaltet ist. Die Steuerung der Relais wird durch vorgeschaletete Ventilröhren bewirkt, derart, daß je eine Ventilröhre von einer Stromphase gespeist wird und der von der Röhre nur in einer Richtung durchgelassene Strom über das Relais geleitet wird. (D. R. P. Nr. 428765.)

Chronik.

Studienkommission für Hochdruckanlagen bei der Vereinigung der Elektrizitätswerke[1]). Bei der am Anfang dieses Jahres in Berlin abgehaltenen 1. Mitgliederversammlung der Studienkommission für Hochdruckanlagen wurde zunächst eine kurze Übersicht über die im Inland im Bau oder in Betrieb befindlichen Werke gegeben. Die neu errichteten Anlagen arbeiten alle mit einem Druck von 35 at und mit Temperaturen von 400 bis 450°. Die Anwendung höherer Drucke würde schon Zwischenüberhitzung erforderlich machen. Von den Vertretern führender Firmen wurden die für Höchstdruckdampf in Betracht kommenden Rohrleitungsverbindungen, Armaturen, deren Baustoffe und Beanspruchungen eingehend besprochen. Auch über die beim Betrieb der Höchstdrucksteilrohrkessel gemachten Erfahrungen wurde berichtet. Interessant sind die Mitteilungen über Beobachtungen und Erfahrungen an amerikanischen Anlagen. Man ist dort in Bezug auf die Dampftemperatur vorsichtiger und geht meist nicht über 350° an der Turbine, daher muß man schon bei 30 at Zwischenüberhitzung vornehmen. Eine Gruppe von Werken hat sich auf 42 at festgelegt, und zwar aus dem Grund, weil man nach amerikanischer Auffassung bis zu diesen Drucken genietete Trommeln verwenden kann. Die höchsten Drucke sind 84 und 98 at. Neuerdings geht man dazu über, die Zwischenüberhitzung mit Frischdampf vorzunehmen, weil dies wesentlich einfachere Rohrleitungen ergibt. Mit den Strahlungsüberhitzern scheint man gute Erfahrungen gemacht zu haben. Die Staubfeuerung setzt sich immer mehr durch, weil die großen Kesseleinheiten eine sehr gut regelbare Feuerung verlangen. Aus demselben Grund verwendet man häufig selbsttätige Regelung. Sehr wichtig ist bei Staubfeuerungen eine gute Abgasreinigung, da das Elektrizitätswerk sonst für seine Umgebung zur Plage wird. Die Feuerraumkühlung mittels Wasserrohren ist unbedingt erforderlich, wenn man auf mehr als 2000 Betriebsstunden kommen will. Sehr beliebt sind die Bayley-Wände, deren Konstruktionselement ein gußeiserner Klotz bildet, in den ein Schamottestein eingegossen ist. Diese Klötze werden über die Kühlrohre geschraubt. Die deutschen Höchstdruckanlagen kosten je kW Kraftwerksleistung nur um 5 bis 7 vH mehr als Mitteldruckanlagen. In der anschließenden Diskussion wurde die Frage der Belastung der Wasserspiegelfläche (Ausdampfziffer) bei Höchstdruckkesseln eingehend erörtert. Stipernitz.

Fachausschuß für Metallkunde im Österreichischen Verein Deutscher Ingenieure. In der unlängst stattgehabten Sitzung des vom ÖVDI gegründeten Fachausschusses für Metallkunde, legte einleitend der Obmann des Fachausschusses, Ziv.-Ing. O. Hönigsberg, die Aufgaben und Ziele des Ausschusses dar. Im Gegensatz zu den Fragen der Arbeits- und Wärmeökonomie hätten die noch wenig durchgearbeiteten Fragen der Materialökonomie ebenfalls Ersparungsmöglichkeiten und tragen damit zur Hebung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit bei. An der Erkenntnis der Bedeutung der Materialfragen fehle es nicht, doch sei die Materialkenntnis in die Betriebe selbst noch wenig gedrungen, wofür die Ursachen nach Ansicht des Vortragenden im Versagen der technischen Lehranstalten und im Fehlen der Fortbildungsmöglichkeit liegen. Damit sei schon eine Aufgabe für den Ausschuß gegeben. Die hauptsächlich in der Maschinenindustrie fehlenden Materialkenntnisse — nur die Automobilindustrie stehe auf der Höhe und bis zu einem gewissen Grade auch die Elektroindustrie — bedeuten für die materialbeziehenden Unternehmungen Schaden wegen der Gelegenheit zu Ausschuß, zu Verlust von Löhnen, zu Reparaturen unter Garantie usw. Es müsse mit der Anschauung gebrochen werden, daß man möglichst billig einkaufen solle und der Einkauf im Gegensatz zur heutigen Praxis einem Materialfachmann übertragen werden solle. Soweit aber nicht ein Betrieb über einen eigenen Materialfachmann, wie dem Leiter eines Laboratoriums oder einer Materialprüfungsanstalt verfügt, solle es den Betriebsingenieuren möglich gemacht werden, sich die nötigen Kenntnisse zu erwerben. Gerade in Österreich, das nicht über allzu viele Rohstoffe verfügt, müsse getrachtet werden, nur Qualitätsarbeit zu liefern und auch deshalb sind für uns Materialfragen von besonderer Bedeutung.

Anschließend gab Dr. Ing. Herold einen kurzen Überblick über die Prüfung der Leichtmetallegierungen. Er wies darauf hin, daß die Verwendbarkeit der Werkstoffe in der Regel noch immer nach dem statischen Zugversuch beurteilt werde, während in Wirklichkeit die Beanspruchung fast immer eine dynamische sei. Er besprach die Entwicklung der dynamischen Materialprüfungsmethoden und sodann die dynamischen Eigenschaften der Leichtmetalle auf Grund der bisher vorliegenden Versuche und verwies darauf, wie viel Arbeit gerade auf diesem Gebiete noch zu leisten sei und wie viel Erfolg sie erwarten lasse, wenn die Sache richtig angepackt werde.

Sodann sprach Ziv.-Ing. Hönigsberg über den gegenwärtigen Stand der Erzeugung und Verwendung der Leichtmetalle. Er erörterte die Eigenschaften und die Verwendung des Reinaluminiums in der chemischen, Brauerei- und Nahrungsmittelindustrie und insbesondere in Deutschland und Nordamerika im elektrischen Leitungsbau, behandelte den Aluminiumguß und dessen bereits sehr starkes Anwendungsgebiet, den Aluminiumspritzguß und dessen steigende Anwendung, die veredelten Legierungen nach Art des Duraluminiums, deren Anwendung infolge ihres hohen Preises noch wenig über den Luftschiff- und Flugzeugbau hinausgegangen ist, das Elektron und die günstige Bearbeitung der Leichtmetalle mit ganz hohen Schnittgeschwindigkeiten. Schließlich erwähnte er die Erzeugungs- und Handelsstatistik mit den sich daraus ergebenden Folgerungen und gab als Abschluß eine Übersicht über die Preise der verschiedenen Leichtmetalle als Rohmetall, Guß und Halbguß mit einem Vergleich ihrer Gewichtspreise und der mehr in Betracht kommenden Volumenpreise mit den entsprechenden Schwermetallerzeugnissen. J.

[1]) Herausgegeben von der Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V. Berlin, SW 48, Wilhelmstraße 37. Preis Mk. 15·—.

Literaturberichte.

3312 **Der Elektromotor.** *a*) Gleichstrommotoren. Von C. Aron. 126 Seiten mit 44 Textabbildungen und 113 Aufgaben nebst Lösungen. Band 18 *a* der Sammlung: Technische Fachbücher. Die Hauptgebiete der Technik in grundlegenden Einzeldarstellungen, herausgegeben von A. Meyer. C. W. Kreidel's Verlag, München. Preis geh. Mk. 2·25.

Ausschließlich auf der Kenntnis der Rechen-Grundoperationen aufbauend, entwickelt der Verfasser in anschaulicher Form Wesen und Bedeutung des Gleichstrommotors, wobei auch die wichtigsten Anwendungsgebiete desselben gestreift werden. Entsprechend dem Zweck des Büchleins, dem vollkommen neu an die Materie herantretenden Leser die grundsätzlichsten Kenntnisse über Elektromotoren im allgemeinen und den Gleichstrommotoren im besonderen zu vermitteln, sind praktische Betriebsfragen nur oberflächlich berührt. Es ist aber anerkennenswert, daß bei dem gering begrenzten Raum nebst dem reichlichen Lehrstoff eine Auf-

Digitized by Google

gabensammlung mit vollständig durchgeführten Lösungen zur Verarbeitung des Gebotenen Aufnahme gefunden hat. Ein trotz seiner Kürze gediegenes Sachverzeichnis erleichtert eine Verwendung als Hilfsbuch. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich das vorliegende Bändchen der heute bereits reichhaltigen volkstümlichen Literatur auf diesem Gebiete ebenbürtig zur Seite stellen kann. —hw—

3585 **Installations Électriques à haute et basse tension.** (Production, transport, distribution et utilisation de l'énergie électrique.) Von A. Mauduit. Zwei Bände, zusammen 1366 Seiten, 17 × 25 cm. Verlag Dunod, Paris; Preis für beide Bände geh. franz. Frcs. 150·—, geb. Frcs. 168·—, zuzüglich 40 vH Zuschlag.

Als Ergänzung seines Buches „Machines Électriques" bringt der Verfasser das vorliegende Werk, dessen Inhalt unter Ausschluß dessen, was in jenem Buche behandelt ist, (also mit Ausnahme der elektrischen Maschinen) in großer Ausführlichkeit alles behandelt, was mit der Theorie und Praxis elektrischer Starkstromanlagen im weitesten Sinne genommen zusammenhängt.

Das Buch zerfällt in zehn Abschnitte, in die sich der Inhalt etwa folgend gliedert. Die beiden ersten Kapitel geben neben einer umfassenden Erörterung der elektrostatischen und elektromagnetischen Grundgesetze eine Übersicht über die Berechnung der Kapazität und Induktivität verschiedener Leiteranordnungen und Kabel, über die Eigenschaften verschiedener Isolationsmaterialien, über die physiologischen Wirkungen des elektrischen Stromes, sowie die Einwirkungen elektrischer Starkstromleitungen auf benachbarte Schwachstromleitungen. Daneben werden im zweiten Abschnitt der Bau der Kabel und ihre Eigenschaften erörtert.

Die folgenden Kapitel sind im wesentlichen dem Verhalten elektrischer Leitungen gewidmet. Sie behandeln die Berechnung der Strom- und Spannungsverhältnisse kurzer und langer Leitungen, wobei im letzteren Falle graphische Methoden besondere Berücksichtigung finden und auch die Spannungsregelung langer Fernleitungen besprochen wird, ferner nichtstationäre Vorgänge, Entstehung und Ausbreitung von Wellen, die mit Überspannungen zusammenhängenden Fragen, Erdung des Nullpunktes, Überspannungsschutz und Löschspulen.

Die letzten Kapitel des ersten Bandes behandeln elektrische Apparate: Isolatoren, Luft- und Ölschalter — damit im Zusammenhang die Berechnung der Kurzschlußströme — Relais, Spannungs- und Überstromregler, Überspannungsschutzapparate und Schaltpläne im allgemeinen.

Den Inhalt des zweiten Bandes bildet die Besprechung der Stromerzeugungs-, -Verteilungs-, und -Verbrauchsanlagen. Einem kurzen Überblick über die in Frankreich geltenden gesetzlichen Bestimmungen folgt eine genaue Behandlung der Kraftwerke und aller Arten von Antriebsmaschinen. Im nächsten Kapitel findet sich eine Darstellung der mechanischen Berechnung von Freileitungen, die sehr ausführlich gehalten ist und wiederum verschiedene graphische Methoden enthält. Recht ausführlich ist auch die Berechnung von Mastfundamenten behandelt, wobei die letzten in der Schweiz angestellten Versuche teilweise schon erwähnt sind.

Das nächste Kapitel behandelt die Niederspannungsnetze und die Akkumulatoren sowie ziemlich ausführlich die elektrische Beleuchtung, Heizung, Installationstechnik und das Tarifwesen. Von den übrigen Anwendungsgebieten der Elektrizität sind noch im letzten Kapitel behandelt: Förderanlagen, Walzwerksantriebe, Regelsätze nach Krämer und Scherbius und elektrische Öfen.

Die letzten Kapitel sind die einzigen, welche den Eindruck einer gewissen Unvollständigkeit hervorrufen, wenn auch naturgemäß anerkannt werden muß, daß die Anwendungsgebiete der Elektrizität und besonders die Spezialantriebe der verschiedenen Industrien ein so umfangreiches Gebiet darstellen, daß auch im großen Rahmen des vorliegenden Werkes all dies nicht unterzubringen war. Wenn man hingegen auch an anderen Stellen mitunter Einzelheiten vermißt, so ist dies wiederum darauf zurückzuführen, daß auch ein Buch dieser Art seiner Vollständigkeit Grenzen setzen muß, um nicht ins Uferlose zu geraten. Gleichfalls auf den großen Umfang und die daher beträchtliche Zeit für die Ausarbeitung ist es zurückzuführen, daß die letzten Erscheinungen einzelner Fachgebiete nicht mehr erwähnt sind, wie die neuesten Erkenntnisse auf dem Gebiete der Ölschaltertheorie, der Selektivschutz mit Distanzrelais und dergleichen. Nichtsdestoweniger ist der Eindruck, den die Reichhaltigkeit des behandelten Stoffes hinterläßt, kein solcher, um der vor einiger Zeit ausgesprochenen Ansicht, umfangreiche Werke enzyklopädischen Inhalts könnten mit der heutigen Entwicklung der technischen Wissenschaften nicht mehr Schritt halten, uneingeschränkt zuzustimmen.

Dieser Eindruck wird durch den Umstand verstärkt, daß die ziemlich selbständige Behandlung der einzelnen Kapitel die Benützung des Buches als Nachschlagewerk ermöglicht. Dem Wesen nach ist es wohl als Lehrbuch gedacht und zeichnet sich als solches durch eine sehr klare Darstellung aus, daneben muß die vielseitige und objektive Stellungnahme zu den erörterten Fragen und Konstruktionen erwähnt werden. Dem deutschen Leser, dem in der heimischen Literatur ähnliche wertvolle Werke zur Verfügung stehen, wird es immerhin einen nicht uninteressanten Einblick in weniger geläufige Anschauungen und Konstruktionen gewähren. A. Fritz.

3575 **Grundlagen des Aufzugbaues.** Von Dr. M. Paetzold. 172 Seiten. Mit 165 Abbildungen. Berlin, Verlag von Julius Springer. Preis geb. Mk. 20·—.

Das Buch gibt eine gute Übersicht über die wichtigsten beim Bau von Aufzügen maßgebenden Gesichtspunkte, und zwar mit Berücksichtigung der deutschen Aufzugsverordnung vom Jahre 1926. Begreiflicherweise nimmt der elektrische Aufzug den breitesten Raum ein. In hohem Maße dankenswert ist es, daß sich der Verfasser bemüht hat, in der Darstellung auch die elektrischen Einrichtungen neben den maschinenbaulichen nicht zu kurz kommen zu lassen. Wenn die diesbezüglichen Angaben auch nicht als vollständig bezeichnet werden können, sind sie doch in der Lage, dem mit dem Aufzugbau beschäftigten Techniker ein genügendes Wissen über die grundsätzlichen Merkmale zu vermitteln.

Wünschenswert wäre es, wenn die nahezu ausschließlich schematischen Skizzen durch Abbildungen ausgeführter Anlagen, bezw. ausgeführter Teile ergänzt würden. Dies scheint besonders für Studierende von großer Wichtigkeit. Bedauerlich ist es, daß das vor kurzem erschienene Buch von F. Hymans und A. V. Hellborn „Der neuzeitliche Aufzug mit Treibscheibenantrieb" nicht mitverwertet werden konnte.

Das Werk ist sowohl Studenten als auch Praktikern bestens zu empfehlen. Ellmann.

3472 **Der elektrische Kraftwagen.** Handbuch für Bau und Betrieb von Elektromobilen und Elektrokarren. Von W. Rödiger. 152 Seiten mit 79 Abb. Verlag von Georg Siemens, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 6·—.

Das Fehlen einer zusammenfassenden Darstellung über Bau und Betrieb elektrischer Kraftwagen hat sich in der deutschen Literatur als fühlbarer Mangel bemerkbar gemacht. Es ist daher dem Verfasser zu danken, hier Abhilfe geschaffen zu haben. Das vorliegende Bändchen bringt nun in leicht faßlicher, durchwegs auch dem Laien verständlicher Form die elektrischen Eigenschaften und die konstruktiven Details des Elektrokraftwagens, sowie die Beschreibung einer Reihe bewährter Ausführungsformen von Wagentypen. Aber auch die Bedürfnisse des Betriebes sind in einigen Kapiteln über Bedienungs- und Behandlungsvorschriften, sowie Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt worden. Begrüßenswert ist es ferner, daß dem heute wichtigsten Anwendungszweig des elektrischen Kraftwagens, dem Elektrokarren, einiger Raum gewährt wurde.

Digitized by Google

Eingegangene Bücher.

3504 Overhead Systems Reference Book. Ausgearbeitet von einem Sonderausschuß des Freileitungskomitees der National Electric Light Association, N. E. L. A.-Publication Nr. 267-5. 28 × 22 cm, 572 Seiten mit 668 Abb. National Electric Light Association, New York City, 29 West, 39. Straße.

Dieses inhaltsreiche und außerordentlich schön ausgestattete Werk ist eine Neuausgabe des „Handbook on Overhead Line Construction", das von der obgenannten Vereinigung im Jahre 1914 herausgegeben wurde. Es behandelt in 12 Abschnitten die Grundlagen, Apparate, Materialien und Methoden bei der Errichtung von Freileitungen und stellt die Berechnungsmethoden zur Lösung mechanischer und elektrischer Probleme des Freileitungsbaues aus autorativen Quellen zusammen. Das Buch bezweckt, den auf diesem Gebiete arbeitenden Ingenieur zu informieren nicht aber Normalien oder Konstruktionsregeln aufzustellen.

3584 Lehr- und Hilfsbuch der Eisen- und Stahlgießerei nebst einem kurzen Abriß über die Gießerei der Nicht-Eisenmetalle. Von Ing. H. Dworzak und Ing. H. Korzinsky, Brünn. 373 Seiten mit 192 Abbildungen und 38 Tabellen. Hölder-Pichler-Tempski A.-G., Wien 1927. Preis geb. Mk. 10·—.

Das Buch enthält das Wichtigste über die Eigenschaften und Gewinnung der Metalle (unter anderem auch über die elektrische Stahlbereitung), die Stahlgießerei und Metallgießerei, die Anlage und Einrichtung von Gießereien, die Kalkulation von Gußstücken, die Sicherheitsmaßnahmen und Unfallverhütung. Den größten Umfang nimmt begreiflicherweise die Eisengießerei ein, wobei die Eigenschaften und Prüfung des Roheisens, die Gattierung, das Schmelzen, die Formmaterialien, die Modelle, die Modelltischlerei, die Formerei, das eigentliche Gießen, das Abkühlen und Putzen der Gußstücke und die Herstellung bestimmter Gußwaren besprochen werden. Als Lehrbuch kann es durch seine kurze leichtfaßliche Form empfohlen werden. Als Hilfs- und Nachschlagebuch für jene, denen ausführliche Werke nicht zugänglich sind, läßt es unter anderem Angaben über die Bedeutung des Gefüges und die Herbeiführung bestimmter Gefüge vermissen; gerade diese Angaben werden in neueren Büchern in erster Linie gesucht. Druck, Abbildungen und Ausstattung sind gut. Lt.

Vorrichtungen im Maschinenbau, nebst Anwendungsbeispielen aus der Praxis von Otto Lich. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage, 500 Seiten mit 656 Abb. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1927. Preis geb. Mk. 26·—.

In der Neuauflage sind gegenüber der an dieser Stelle ausführlich besprochenen Erstauflage[1]) unter Beibehaltung der Anordnung des Stoffes, aber Weglassung verschiedener unwesentlicher Einzelheiten, fast sämtliche Abschnitte des Buches erweitert und die Erfahrungen der letzten Zeit auf dem Gebiete des Vorrichtungsbaues verwertet worden. Daher wird auch die Neuauflage in der Metallbearbeitungsindustrie mit Nutzen verwendet werden. Jk.

3577 Die Maschinenfeuerversicherung und Maschinenbetriebsschädenversicherung. Von Dr. Werneburg. (Stilke's Rechtsbibliothek Nr. 58.) 120 Seiten. Verlag von Georg Stilke, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 3·50.

Aus dem Inhalt des Büchleins ist besonders die ausführliche Besprechung der Schäden bei elektrischen Maschinen und der Explosionsschäden zu erwähnen. Das Büchlein wird daher, wenn auch darin nur das Deutsche Recht und die Deutsche Rechtsprechung berücksichtigt sind, besonders von den Kraftwerken und sonstigen Besitzern elektrischer Anlagen mit Nutzen zu Rate gezogen werden. J.

Wirtschaftshefte der Frankfurter Zeitung. II. Elektrizität. 48 Seiten. 1927. — Die Frankfurter Zeitung, die bekanntlich wirtschaftlichen Fragen schon seit langem besonderes Augenmerk zuwendet und auch über eine der besten technischen Beilagen verfügt, bringt in dem vorliegenden Hefte 20 Aufsätze über die Elektrizitätsversorgung und Wirtschaft in Deutschland und im Auslande, über Bahnelektrisierung, über Anwendungen der Elektrotechnik usw. wobei unter den Verfassern Oskar von Miller, Reichsbahndirektor Wechmann, Präsident des Tel.-Techn. Reichsamtes K. W. Wagner, Generaldirektor Köttgen, Kommerzialrat Haeffner und Prof. Petersen zu finden sind.

Das begreiflicherweise in erster Linie für die Wirtschaftler bestimmte Heft bringt dem Fachmann zwar technisch nichts Neues, aber die wirtschaftlichen Aufsätze verdienen auch in diesen Kreisen gelesen zu werden. J.

Les Alternateurs Industriels. Barbillion L. und Bergeon P. Bibliothèque de L'Ingénieur Electricien-Mécanicien. 278 Seiten. Verlag Albin Michel. Paris.

Hochspannungstechnik. Von Dr. Ing. Arnold Roth. Mit 437 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln, sowie 75 Tabellen. 534 Seiten. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 31·50.

Der Transformator im Betrieb. Von Dr. techn. Milan Vidmar. Mit 126 Abb. im Text. 310 Seiten. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 19·—.

Transformatoren mit Wicklungen in Kaskadenschaltung. Von. Dr. Ing. Emil Wirz. Sonderabdruck aus dem Bulletin des S. E. V. 1927, Heft 5/6. Fachschriften-Verlag und Buchdruckerei A.-G., Zürich 1927.

Der Drehstrom-Induktionsregler. Von Dr. sc. techn. H. F. Schait. 356 Seiten mit 165 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 25·50.

Technisch-physikalische Rundblicke. Ausgewählte Beispiele aus der Praxis der technischen Physik. Von Prof. Dr. J. Gelfert (K. Hahn, physikalisches Unterrichtswerk). 178 Seiten mit 196 Abb. Verlag und Druck von B. G. Teubner, Leipzig-Berlin 1927. Preis geb. Mk. 4·80.

Elektrische Widerstand-Schweißung und Erwärmung. Von Dipl. Ing. A. J. Neumann. Mit einem Geleitwort von Dr. Ing. A. Hilpert. 193 Seiten mit 250 Textabb. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 17·50.

Bau und Berechnung der Verbrennungskraftmaschinen. Eine Einführung von Dipl. Ing. Franz Seufert. Fünfte, verbesserte Auflage. 137 Seiten mit 106 Abb. im Text und auf 3 Tafeln. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 4·—.

Die praktische Nutzanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes. Für Ingenieure, insbesondere Betriebsbeamte. Von E. Preuß. Bearbeitet von Prof. Dr. G. Berndt und Prof. Dr. Ing. M. v. Schwarz. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 198 Seiten mit 204 Abb. im Text und auf einer Tafel. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis geh. Mk. 7·80; geb. Mk. 9·20.

Kurzgefaßtes Handbuch der Elektrizitätszähler-Technik. Von Dr. Ing. F. Bergtold. 250 Seiten mit 327 Abb. und einem Anhang mit 42 Abb. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart 1927. Preis geh. Mk. 16·—; geb. Mk. 17·80.

Rationeller Dieselmaschinen-Betrieb. Anleitung für Betrieb, Instandhaltung und Reparatur ortfester Viertakt-Dieselmaschinen. Von Josef Schwarzböck. 143 Seiten mit 62 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis geh. Mk. 8·—; geb. Mk. 9·—.

Berechnung von Drehstrom-Kraftübertragungen. Von Obering. Oswald Burger. 115 Seiten mit 36 Textabb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 7·50.

Die Ölfeuerungstechnik. Von O. A. Essich. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage.

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 180.

Digitized by Google

herausgegeben von Dipl. Ing. H. Schönian und Dr. Ing. G. Brandstätter. 128 Seiten mit 253 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 8·—.

Neue Preisliste.

Dr. Paul Holitscher & Co., Wien IV.

Preisliste Nr. 3. 193 Seiten mit vielen Abb. (Der sehr schön ausgestattete Band enthält einen Auszug aus den Katalogen der von dem Unternehmen vertretenen führenden Sonderfabriken und umfaßt insbesondere Kleinmaterial, Beleuchtungskörper, Schalter verschiedener Bauarten, Stecker und Steckdosen, Sicherungen, Blitzschutzvorrichtungen, Hochspannungsapparate, Oberleitungsmaterial für elektrische Bahnen und dergleichen, Material für Leitungsverlegung, Glühlampen, Kohlenstifte und Kohlenbürsten, automatische Schaltapparate, Heiz- und Kochapparate, Schwachstrommaterial, Werkzeuge für Elektrotechniker und Meßgeräte.)

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 9. November d. J., um ½7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Direktor Ing. Adolf Kvetensky (Linz) über: **„Die Entwicklung der österreichischen Sammelleitung".** (Mit Lichtbildern und Film.)

Inhaltsangabe: Energie-Verschwendung; elektrische Verbundwirtschaft; Deckung des Pflichtbedarfes und Auffüllung der Belastungstäler; Wirkung der Stromtarife; die österreichische Energiewirtschaft; die Entwicklung der Nordost-Gruppe, insbesonders Steiermark-Oberösterreich; der Ausbau der Wasserkräfte in Oberösterreich, Enns, Traun, Mühl; der Ennsfluß im Film.

Österreichischer Verein Deutscher Ingenieure.

Vortrag von Patentanwalt Ing. S. Neutra, Wien: **„Die Beziehung zwischen Erfindung und konstruktiver Gestaltung".** Der Vortrag findet am 16. November d. J., um ½6 Uhr abends im Festsaal im Industriehaus, Wien, III., Schwarzenbergplatz 4, I. Stock, statt. — Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrage eingeladen.

Berichtigung.

Die hydroelektrische Speicheranlage Niederwartha für die Stadt Dresden. Von. G. Gerstenberger, Leipzig. E. u. M. 1927, Heft 39, S. 797.

Zu diesem Aufsatz ist zu berichtigen, daß die vier Maschinensätze des ersten Ausbaues wie folgt vergeben wurden: Zwei Turbinen an die Firma J. M. Voith und die zwei zugehörigen Pumpen an J. M. Voith gemeinsam mit der Gebr. Sulzer A.-G.; die Turbinen und Pumpen der anderen beiden Maschinensätze an die Firma Escher, Wyss & Co. Ge.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Welt-Telephon-Statistik vom 1. Jänner 1926.

Das Juliheft 1927 der Zeitschrift „Bell Telephon Quarterly" bringt eine ausführliche Statistik über die Entwicklung des Telephons, aus der das Folgende hier wiedergegeben wird. In der nachstehenden Tabelle, geordnet nach Weltteilen, Ländern und Städten, gibt die erste Spalte (S) die im Staatsbetriebe, die zweite (P) die im Privatbetriebe befindlichen Teilnehmerstellen in vH, die dritte (T) die Anzahl der Teilnehmerstellen, die vierte (D) die Anzahl der Teilnehmerstellen auf je 100 Einwohner und die fünfte (F) die Anzahl der auf je 1 km² entfallenden Teilnehmerstellen an.

Die Anzahl aller Teilnehmerstellen der Welt betrug mit 1. Jänner 1926 27 783 963. Es ergibt sich daher gegen das Vorjahr[1]) ein Zuwachs von 1 727 465. Der Hauptanteil des Zuwachses entfällt mit 951 043 auf Nordamerika, davon auf die V. St. A. 863 160. Den größten Zuwachs in Europa hat Deutschland mit 202 839, dann England 115 632, Frankreich 77 071, Canada 71 641 und Japan mit 92 303. Die relativen Zuwachszahlen in vH sind für Europa 8, Rußland 18, Japan 17, Belgien 16, Frankreich 11, Deutschland und England je 8. Für die Länder mit dem dichtesten Teilnehmerstellennetz in Europa, Dänemark, Schweden und Norwegen nur 4—2, als kleinste Zahlen für die ganze Welt. Die zwei letzt genannten Länder scheinen sich der Sättigungsgrenze zu nähern. Die bezüglichen Zahlen für die außereuropäischen Länder sind: Nordamerika 5, Südamerika 8, Asien 13, Afrika 10, Australien 11 vH. Ordnet man nach Teilnehmerdichten so erhält man folgende Reihe: V. St. A. 14·8, Kanada 12·2, Neuseeland 9·2, Dänemark 9·2, Schweden 7·2, Haway 6·4, Norwegen 6·3, Australien 6·1, Schweiz 5·0, Deutschland 4·1, England 3·0, Niederland 2·9, Finnland 2·4, Österreich 2·3, Belgien 2·1 usw. Es ergeben sich daher einige Verschiebungen gegen das Vorjahr. Die Ordnung nach Flächendichten (Anzahl der Teilnehmerstellen auf 1 km) gibt: Dänemark 7·7, England 6·3, Niederlande 6·2, Deutschland 6, Schweiz 4·9, Belgien 4·9, Österreich und V. St. A. 1·8 usw., gegen das Vorjahr keine Änderung. Die Reihung nach Teilnehmerdichten in den Städten ergibt: San Francisco 31, Stockholm 28·1, Omaha 27·7, Washington 26·8, Chicago 25·8, New York 24, Toronto 24·5 usw. San Francisco hält seit dem Vorjahr den Weltrekord, Stockholm ist durch die Ausscheidung zweier Vororte aus dem Ortsnetze in die zweite Stelle gerückt. Beachtenswert ist, daß der mittlere Durchschnitt der Dichte in den 48 amerikanischen Städten mit mehr als 200 000 Einwohner 20·7 beträgt. Die nordischen Hauptstädte in Dänemark, Schweden und Norwegen folgen mit 16, 12·8 und 12, die deutschen Großstädte Hamburg, Frankfurt a. M. und Berlin mit 11, 11 und 10·3. Die jährliche Gesprächszahl für jeden Einwohner wurde nur von folgenden Ländern mitgeteilt: V. St. A. 196, Dänemark 135, Norwegen 107, Schweden 106, Österreich 55, Niederland 54, Australien 50, Schweiz 49, Japan 33, Deutschland 32, England 25, Frankreich 19, Belgien 18, Tschechoslowakei 14, Ungarn 13 und Italien 9. Rechnet man diese Zahlen auf die Teilnehmerstelle um, so ergibt sich die jährliche Gesprächszahl für eine Teilnehmerstelle in: Japan 2950, Österreich 2290, Belgien 2040, Italien 1800, Niederland 1700, Norwegen 1660, Tschechoslowakei 1630, Dänemark 1500, Ungarn 1470, Schweden 1450, V. St. A. 1380[2]), Frankreich 1090, England 820, Schweiz 780, Australien 750 und Deutschland 740. Im Vorjahre war die bezügliche Zahl für Japan 4150 und für Ungarn 3480, die übrigen Zahlen sind annähernd konstant geblieben.

	S	P	T	D	F
Europa	87	13	7 479 690	1·4	0·44
Belgien	100		159 072	2·1	4·8
Brüssel			54 798	6·1	
Antwerpen			23 279	4·8	
Bulgarien	100		9 000	0·2	0·2
Czechoslowakei	100		120 548	0·9	0·8
Prag			29 049	4·1	
Dänemark	4	96	316 397	9·2	7·7
Kopenhagen			121 286	16·1	
Deutschland	100		2 588 016	4·1	6·0
Berlin			415 871	10·3	
Hamburg			139 107	11·0	
München			61 537	8·8	
Leipzig			57 586	8·4	
Köln			57 563	8·2	
Frankfurt a. Main			50 980	11·0	
Dresden			50 139	8·1	
Breslau			36 486	6·5	

[1]) Vgl. die Statistik vom 1. Jänner 1925, E. u. M. 1927, Heft 16, S. 333.

[2]) Im Vorjahrsbericht irrig 132 statt 1320.

Digitized by Google

	S	P	T	D	F
Finnland	—	100	85 000	2·4	2·5
England	100	—	1 379 656	3·0	6·3
London			488 499	6·6	
Manchester			49 944	4·7	
Liverpool			46 556	4·2	
Glasgow			45 957	4·1	
Birmingham			37 394	3·5	
Frankreich	100	—	737 198	1·8	1·3
Paris			255 561	8·5	
Marseille			18 528	3·1	
Lyon			18 501	3·2	
Griechenland	100	—	5 500	0·1	0·1
Irland	100	—	21 853	0·7	0·5
Italien[1])	—	100	200 000	0·5	0·44
Jugoslavien	200	—	29 942	0·2	0·23
Lettland	100		18 843	1·0	0·9
Niederlande	100		214 041	2·9	6·2
Amsterdam			39 644	5·5	
Rotterdam			32 323	5·9	
Haag			29 070	7·3	
Norwegen	67	33	173 753	6·3	0·5
Oslo			39 682	15·6	
Österreich	100	—	153 043	2·3	1·8
Wien			98 226	5·1	
Graz			7 146	4·6	
Polen	57	43	120 230	0·4	0·4
Warschau			36 214	3·8	
Portugal	10	90	20 956	0·3	0·3
Rumänien	100	—	192 782	0·2	0·24
Bukarest			11 730	3·2	
Rußland	100		192 782	0·1	0·12
Moskau			48 378	2·5	
Petersburg			38 418	2·5	
Schweden	98	2	436 240	7·2	0·9
Stockholm[2])			107 173	28·1	
Göteborg			28 993	12·5	
Malmö			14 893	12·8	
Schweiz	100	—	195 925	5·0	4·9
Zürich			26 524	12·8	
Genf			15 497	12·3	
Basel			14 512	10·5	
Bern			12 222	11·3	
Spanien	—	100	113 000	0·5	0·53
Barcelona			18 596	2·6	
Madrid			17 857	2·4	
Ungarn	100	—	78 451	0·9	1·1
Nord- und Zentral-Amerika	1·3	98·7	18 251 262	11·6	0·9
Verein. Staaten		100	16 935 918	14·8	1·8
New York			1 415 108	24·0	
Chicago			790 711	25·8	
Los Angeles			280 754	24·4	
San Francisco			215 464	31·0	
Milwaukee			140 547	21·4	
Washington			129 405	26·8	
Cincinatti			120 924	20·0	
Kanada	19	81	1 144 095	12·2	0·1
Toronto			154 740	24·5	
Montreal			138 225	16·8	
Mexiko	4	96	54 465	0·4	0·42
Westindien	7	93	92 749	1·0	0·88
Zentralamerika	42	58	20 014	0·3	0·33
briges N.-Am.	2	98	4 021	1·2	0·3
Südamerika	2	98	403 077	0·5	0·54
Argentinien		100	189 036	1·9	1·9
Buenos Aires			104 281	4·5	
Brasilien	1	99	102 984	0·3	0·33
Chile	—	100	35 164	0·8	0·77
Uruguay	—	100	26 051	1·6	1·56
Übriges S.-Am.	40	60	49 842	0·2	1·1
Asien	78	22	906 586	0·1	0·04
Brit.-Indien	35	65	43 239	0·01	0·01
China	70	30	117 774	0·03	0·01
Peking			41 294	3·1	
Schanghai			24 000	1·5	
Japan	100	—	636 736	1·1	1·3
Tokio			121 856	5·0	
Osaka			76 845	6·5	
Kobe			24 642	3·8	
Kioto			24 181	3·5	
Übriges Asien	93	7	108 837	0·1	0·01
Afrika	100	—	170 448	0·1	0·005
Ägypten	100		35 744	0·2	0·03
Südafr. Union	100		80 689	1·1	
Übriges Afrika			54 015	0·05	0·01
Australien und Oceanien	74	26	572 900	1·5	0·07
Australien	100	—	362 949	6·1	0·1
Sydney			87 504	8·4	
Melbourne			73 694	8·1	
Neuseeland	100	—	130 186	9·2	0·5
Wellington			14 656	12·0	
Aukland			14 655	7·6	
Niederl. Indien	92	8	40 963	0·01	0·03
Hawaï	—	100	18 804	6·4	
Übriges	33	66	19 998	0·5	

[1]) Im Berichtsjahre für die Großstädte keine Zahlen eingelangt.

[2]) Verminderung, weil nunmehr Bromma und Brännkyra außerhalb des Ortsnetzes liegen.

Reg.-Rat J. Kirschner, Innsbruck.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	24. X. 1927	26. X. 1927	28. X. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126½	126½	126½

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	47–48	47–48	47½–48½
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	90—95	91—93	89—93

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 28. Oktober 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)		Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:							
Electrolytic		62	12	6	62	17	6
Wire bars		62	17	6	—	—	—
Standard	Kassa	56	7	6	56	8	9
	3 Monate	56	7	6	56	8	9
Zinn:							
Engl. ingots		261	15	0	262	5	0
Standard	Kassa	262	7	6	262	12	6
	3 Monate	259	15	0	260	0	0
Blei:							
Engl. pig common		22	0	0	—	—	—
Zink:							
Ordinary brands		26	15	0	26	18	9
Remelted		27	0	0	—	—	—
English Swansea		27	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 14, Pf. 13 15 sh 9 d p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 88.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 13. November 1927 | Heft 46

INHALT: Experimentelle Untersuchungen über Gesetzmäßigkeiten bei Hysteresiskurven. Von Rich. Kümmich, Stuttgart. S. 941. / Ein neuer Drehschalter für Wechselstrommessungen. Von A. Linker, Hannover. S. 949.
RUNDSCHAU: Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 951. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 951. / Elektrische Meßkunde. S. 952. / Leitungen und Leitungsbau. S. 952. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 953. / Elektrische Apparate. S. 954. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 954. / Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 955.
CHRONIK. S. 956.
LITERATURBERICHTE. S. 956.
BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 958.
VEREINSNACHRICHTEN. S. 959.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 959.

Experimentelle Untersuchungen über Gesetzmäßigkeiten bei Hysteresiskurven.

Von Rich. **Kümmich**, Stuttgart.

Es wird über experimentelle Untersuchungen berichtet, die der Verfasser im Jahre 1923 im Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Stuttgart angestellt hat, um die Gesetzmäßigkeiten bei Hysteresiskurven von Eisen zu untersuchen. Es wird gezeigt, daß nicht nur — wie allgemein bekannt — die Induktion B selbst eine unendlich vieldeutige Funktion der Feldstärke H ist, daß vielmehr auch die Steigung $\frac{dB}{dH}$ von der Vorgeschichte abhängt und durch B und H allein nicht bestimmt ist. Die übliche Ansicht, daß es nur eine Möglichkeit gebe, auf einem auf- bezw. absteigenden Ast einen Punkt B, H der Hysteresisfläche zu erreichen, hat sich somit als falsch erwiesen.

Einleitung.

Bei den ferromagnetischen Materialien ist die magnetische Induktion B eine unendlich vielwertige Funktion der magnetischen Feldstärke H, das heißt, zusammengehörige Werte von B und H hängen ganz von der Vorgeschichte ab. Dagegen ist im allgemeinen die ganz plausible Ansicht verbreitet, daß es je nur eine einzige Möglichkeit sowohl für wachsendes als auch für abnehmendes H gebe, um zu einem bestimmten Wertepaar (B, H) zu gelangen. Denken wir uns in einem kartesischen rechtwinkligen Koordinatensystem mit den Koordinaten B und H alle möglichen (B, H)-Kurven für zunehmendes H aufgezeichnet, so bedeutet obige Behauptung, daß diese Kurven sich nicht schneiden dürfen. Denn, wenn sich auch nur zwei dieser Kurven in einem Punkt schnitten, so gäbe es zwei Möglichkeiten, um zu diesem Schnittpunkt zu gelangen. Dasselbe gilt natürlich auch für alle absteigenden Kurven.

Mathematisch kann man diese Ansicht so formulieren, daß es sowohl für alle aufsteigenden als auch für alle absteigenden Kurven je eine Funktion (Differentialgleichung)

$$f\left(\frac{dB}{dH}, B, H\right) = 0$$

geben muß, die in der ganzen (B, H)-Ebene eindeutig und stetig ist.

Vom physikalischen Standpunkt aus würde die Existenz einer solchen Funktion bedeuten, daß der magnetische Zustand durch die Angabe von B und H eindeutig gekennzeichnet ist, denn nur so ist es möglich, daß jede Änderung von B infolge Änderung von H durch den Punkt (B, H) selbst schon vollständig bestimmt ist.

Die Annahme einer solchen Gesetzmässigkeit ist in der Tat sehr naheliegend, denn sie würde sich aus einer großen Zahl der veröffentlichten experimentellen Untersuchungen zwanglos ergeben. Es sind aber auch einige Experimente bekannt, die gegen diese Annahme sprechen. Um die Frage zu entscheiden, ob diese Gesetzmässigkeit existiert oder nicht, habe ich im Jahre 1923 im Elektr. Institut der Technischen Hochschule Stuttgart eine Reihe von Versuchen angestellt; die vorliegende Veröffentlichung stellt einen Auszug daraus dar.[1])

A. Grundsätzliche Überlegungen für die Durchführung der Versuche.

Um festzustellen, welche Versuche für die Entscheidung des gestellten Problems von Bedeutung sind, braucht man sich nur zu überlegen, welche Konsequenzen die Existenz der vermuteten Gesetzmäßigkeiten haben würde, und diese dann nachzuprüfen. Einige dieser Konsequenzen, die besonders charakteristisch sind, ergeben sich bei Betrachtung folgender Beispiele:

I. Symmetrische Hysteresisschleifen.

Alle symmetrischen Schleifen müssen so liegen, daß sich ihre aufsteigenden Äste (und ebenso ihre absteigenden) nicht schneiden; die Steigung an benachbarten Punkten muß sich stetig ändern. Die jungfräuliche Kurve, die dabei eine singuläre Rolle spielt, muß sich an die auf- bezw. absteigenden Kurvenäste so anschmiegen, daß sie

[1]) Die Anregung zu diesen Versuchen verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Ing. h. c. F. Emde in Stuttgart.

Digitized by Google

mit derselben Neigung in die Umkehrpunkte einläuft wie diese. Die Spitzenkurve muß mit ihr identisch sein. Auf Grund dieser Konsequenzen ist die Abb. 1 zu erwarten. Versuche von Ewing[2]) an Stahldraht und an Eisendraht stimmen damit überein.

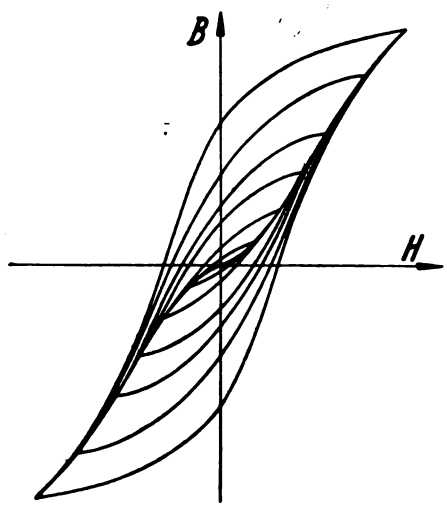


Abb. 1.

II. Unsymmetrische Hysteresisschleifen.

Es mögen auf dem absteigenden Ast einer symmetrischen Schleife (Abb. 2) Umkehrpunkte gewählt und von da aus aufsteigende Äste gebildet werden, bis wieder das H_{max} der symmetrischen Schleife erreicht ist. Soweit diese Kurven in das

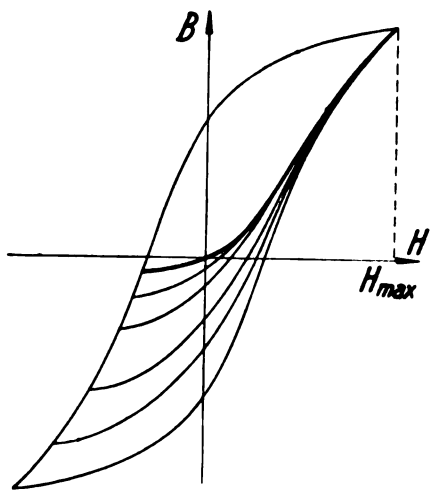


Abb. 2.

Gebiet hereinreichen, das von der jungfräulichen Kurve begrenzt und von der Gesamtheit der aufsteigenden symmetrischen Äste bedeckt ist, müssen sie für $H = H_{max}$ wieder in die Spitze der symmetrischen Schleife einmünden, und zwar mit derselben Steigung, wie der symmetrische aufsteigende Ast bezw. die jungfräuliche Kurve. Denn kämen sie auf einen Punkt unterhalb der Spitze, so müßten sie den aufsteigenden Ast der symmetrischen Schleife schneiden und würden am Schnittpunkt die Eindeutigkeit der Steigung verletzen; läge ihr Endpunkt über der Spitze, so müßte zuvor die jungfräuliche Kurve geschnitten werden. Träfen sie endlich zwar in den Umkehrpunkt der symmetrischen Schleife ein, wiesen aber eine andere Neigung auf als die jungfräuliche Kurve (bezw. der aufsteigende Ast der symmetrischen Schleife), so wäre in der Spitze $\frac{dB}{dH}$ nicht mehr eindeutig. Da die unsymmetrischen Kurven aber auch die aufsteigenden Äste aller symmetrischen Schleifen (innerhalb der symmetrischen Schleife, auf deren absteigendem Ast sie selbst entsprungen sind), nicht schneiden dürfen, so müssen die unsymmetrischen Kurven immer größere Stücke mit der jungfräulichen Kurve gemeinsam haben, je mehr ihre Umkehrpunkte von der unteren Spitze entfernt sind (Abb. 2).

Selbstverständlich gelten aus Symmetriegründen entsprechende Überlegungen für die absteigenden unsymmetrischen Kurven, die auf aufsteigenden Ästen symmetrischer Schleifen entspringen.

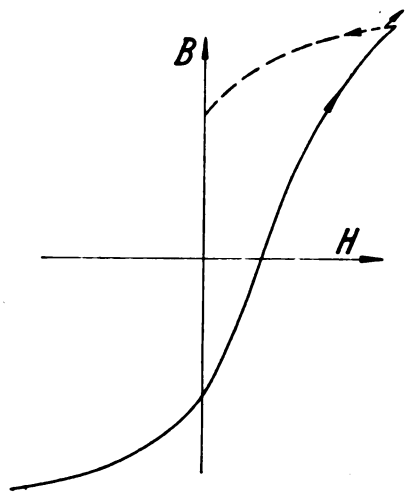


Abb. 3.

Nullpunkt: Rücken die Umkehrpunkte der unsymmetrischen Kurven immer weiter von der unteren Spitze weg, so erhält man schließlich eine Kurve, die durch den Nullpunkt geht und von da an mit der jungfräulichen Kurve identisch ist (in Abb. 2 stark ausgezogen). Für alle aufsteigenden Äste darf nur ein Weg in den Nullpunkt hinein und nur einer heraus führen, ebenso für alle absteigenden. Die entsprechende Kurve für die absteigenden Äste geht durch Spiegelung im Nullpunkt hervor. Die beiden Kurven müssen demnach in diesem Punkt eine gemeinsame Tangente haben. (Ein Versuch von Ewing[3]), wozu aber keine Meßwerte angegeben sind, widerspricht dem vollständig!)

Für diejenigen unsymmetrischen aufsteigenden Kurven, die über der durch den Nullpunkt führenden Grenzkurve liegen, besteht zunächst nur die Beschränkung, daß ihre Endpunkte für $H = H_{max}$ nicht unter der Spitze der symmetrischen

[2]) J. A. Ewing, Magn. Induktion, S. 103 und 107.

[3]) J. A. Ewing, l. c., S. 96.

Digitized by Google

Schleife liegen dürfen, da sonst die jungfräuliche Kurve geschnitten würde. Die Endpunkte müssen also entweder mit der Spitze zusammenfallen oder über ihr liegen.

Es ist aber sofort einzusehen, daß mindestens nicht alle Endpunkte mit der Spitze zusammenfallen können. Gehen wir von der oberen Spitze nur ein unendlich kleines Stück auf dem absteigenden Ast vorwärts (Abb. 3), so darf sich aus Stetigkeitsgründen an dieser Stelle die Steigung

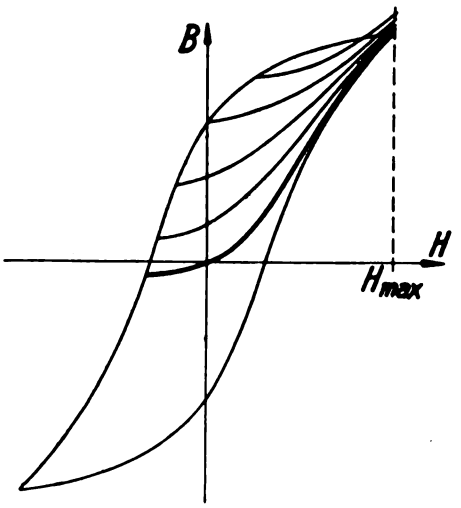


Abb. 4.

für den entspringenden aufsteigenden Ast nur um einen unendlich kleinen Betrag von der Steigung der jungfräulichen Kurve an der Spitze unterscheiden. Träfe der aufsteigende Ast wieder in der Spitze ein — er müßte mit der Steigung der jungfräulichen Kurve eintreffen, da sonst in der Spitze die Eindeutigkeit von $\frac{dB}{dH}$ verletzt wäre —, dann müßte innerhalb eines unendlich kleinen Weges die Steigung um einen endlichen Betrag zunehmen, was mit einer Unstetigkeit identisch wäre.

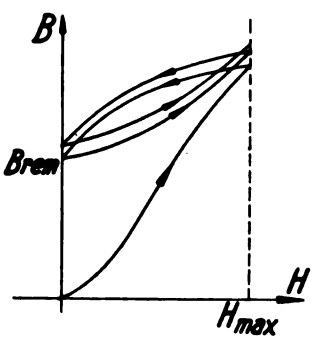


Abb. 5.

Der Endpunkt des aufsteigenden Astes für $H = H_{max}$ muß daher notwendig über der Spitze liegen. Da aber keine der unsymmetrischen aufsteigenden Äste, die über der oben erwähnten Grenzkurve liegen, irgend welche Eigenschaften einer neuen Grenzkurve zeigen, müssen die Endpunkte aller dieser Äste für $H = H_{max}$ über der Spitze der symmetrischen Schleife liegen (Abb. 4). Kehrt man bei einer solchen unsymmetrischen Kurve, die zum Beispiel bei $H = 0$ entspringen möge, in ihrem neuen Endpunkt die Richtung der Änderung von H von neuem um, so muß der Endpunkt dieser absteigenden Schleife für $H = 0$ über dem Punkt $B = B_{rem}$ der symmetrischen Schleife liegen, da ja ihr ganzer Verlauf dem des absteigenden Astes einer symmetrischen Schleife, die aber die Ausgangsschleife einschließt, entsprechen muß. Bei einer abermaligen Änderung der Magnetisierungsrichtung kommt der neue Endpunkt wieder über den vorhergehenden usw. (Abb. 5). Die Unterschiede werden natürlich immer kleiner, je höher die Schleife steigt, und man erhält so schließlich eine geschlossene, unsymmetrische Schleife. Versuche von Ewing[4]) stimmen damit überein, solche von Hoffmann[5]) widersprechen.

III. Übergangsschleifen.

a) Übergang von einer symmetrischen Schleife auf eine größere symmetrische Schleife:

Wird an dem Endpunkt einer symmetrischen Schleife die Feldstärke gesteigert, so muß sich der aufsteigende Ast, der ja in der Spitze die jungfräuliche Kurve berührt, einfach durch diese Kurve fortsetzen bis zum neuen Maximum. Die neue Schleife ist dann sofort symmetrisch; eine „Akkommodation" findet nicht statt. (Ein ähnlicher Versuch von Auerbach[6]) widerspricht dem völlig.)

b) Übergang von einer symmetrischen Schleife auf eine kleinere symmetrische Schleife:

Auf dem absteigenden Ast einer symmetrischen Schleife wird vor der unteren Spitze ein Umkehrpunkt gewählt und der aufsteigende Ast bis zum gleichen positiven H geführt. Es sind zwei Fälle möglich:

1. Der aufsteigende Ast fällt in das Gebiet zwischen der jungfräulichen Kurve und dem aufsteigenden Ast der symmetrischen Schleife. In diesem Falle muß die Kurve, wie wir oben gesehen haben, in der jungfräulichen Kurve enden. Die neue Schleife ist dann ohne weitere Kommutationsprozesse symmetrisch.

2. Der aufsteigende Ast fällt nicht in dieses Gebiet. In diesem Falle muß ein allmähliches „Einschaukeln" in die symmetrische Lage stattfinden. (Versuche von Ewing[7]) stehen damit in Widerspruch.)

Gemäß diesen Überlegungen muß es auch möglich sein, daß an einem Umkehrpunkt die neue, auslaufende Kurve stärker ansteigt, als die einlaufende angekommen ist, nämlich an allen den Stellen, wo $\frac{dB}{dH}$ für die auslaufende Kurve (etwa für den aufsteigenden Ast) einen großen Wert hat (siehe Abb. 3). (Diese Erscheinung ist nirgends beobachtet worden.)

[4]) J. A. Ewing, l. c., S. 94.

[5]) H. Hofmann, Zyklische Magnetisierungen, Archiv f. Elektrot. 1913, S. 440.

[6]) Graetz, Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus, Bd. IV, S. 341.

[7]) J. A. Ewing, l. c. S. 315 und 317.

Digitized by Google

Alle bisher besprochenen Erscheinungen sind lediglich Konsequenzen aus der Existenz der eindeutigen Funktion $f\left(\frac{dB}{dH}, B, H\right) = 0$. Je nachdem nun diese abgeleiteten Erscheinungen mit den Beobachtungen übereinstimmen oder nicht, wird dadurch die Existenz dieser Funktion bestätigt oder verneint.

B. Die Messung.

Methode und Material.

Um sowohl B als auch H genügend genau messen zu können, wurde die Methode des homogenen, geschlossenen und gleichmäßig bewickelten Eisenrings in Verbindung mit einem ballistischen Galvanometer gewählt. Streng genommen kann man zwar auf diese Art B nicht direkt messen, sondern immer nur die Änderung von B. Durch genügend häufige Kommutation des Stromes kann man aber immer geschlossene symmetrische Schleifen erhalten, wobei die gesamte Änderung von B jedesmal $= 2\,B_{max}$ ist. Auf diese Art erhält man durch die symmetrischen Schleifen ein Gerippe in der (B, H)-Ebene, von dem aus die Änderungen von B bei beliebigen Kurven gemessen werden können. Die Versuche wurden ausgeführt an einem zylindrischen Stück eines nahtlosen, schmiedeeisernen Rohres von folgenden Dimensionen:

Äußerer Durchmesser . .	87·7 mm
Innerer „ . .	80·8 „
Höhe	30·0 „

Obwohl der Ring nicht unterteilt war, konnten die entstehenden Wirbelströme das Meßresultat nicht beeinflußen; denn ihre größte Zeitkonstante berechnete[8]) sich auf etwa eine fünfzigstel Sekunde, während die Schwingungsdauer des (ungedämpften) ballistischen Galvanometers 30 sec betrug. Als Prüfwicklung wurden nach Isolierung des blanken Ringes mit 0·2 mm Ölleinen 560 Windungen Seidendraht (0·35 mm Durchmesser) direkt aufgewickelt. Durch eine Lage Asbestschnur isoliert, folgte darüber die Hauptwicklung mit 1056 Windungen Emailledraht von 0·8 mm Durchmesser. An den Resultaten wurden noch hinsichtlich der Streuung der Prüfspule sowie hinsichtlich der Viskosität Korrektionen angebracht, im zweiten Fall gemäß den Angaben von Gumlich[9]) derart, daß nach Vollendung aller Teiländerungen einer Kurve die gesamte Änderung noch einmal bestimmt wurde und darnach die Teiländerungen proportional korrigiert wurden. Die Genauigkeit der Meßwerte beträgt so zirka 1 vH. für die Endpunkte aller Kurven dagegen zirka 1 pro mille.

Meßresultate.

I. Symmetrische Schleifen:

Es wurden 15 symmetrische Schleifen im Bereiche von $B_{max} = \pm 3$ Gauss bis $B_{max} = \pm 15.300$ Gauss als Gerippe für die anderen Messungen aufgenommen, und zwar jede 3 mal. Der Übersichtlichkeit wegen wurden diese Schleifen in drei Abteilungen aufgezeichnet. Die 1. Abteilung (Abb. 6) umfaßt den Bereich von $B = 0$ bis $B = \pm 200$ Gauß (Schleife I bis V), die 2.

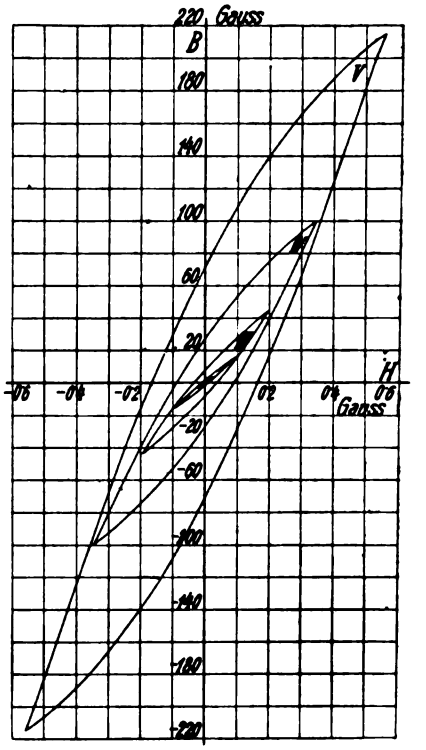


Abb. 6.

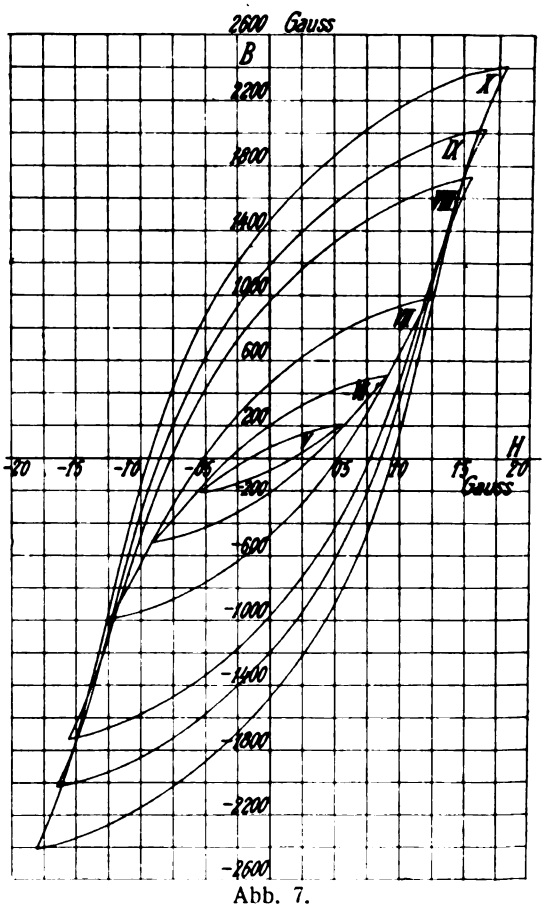


Abb. 7.

[8]) Siehe R. Rüdenberg, Elektr. Schaltvorgänge (1923), Seite 68.

[9]) E. Gumlich, Leitfaden für magn. Messungen, S. 60.

Digitized by Google

Abteilung (Abb. 7) den von $B = \pm 200$ Gauß bis $B = \pm 2000$ Gauß (Schleife VI bis X), die 3. Abteilung (Abb. 8) den von $B = \pm 2000$ Gauß bis $B = \pm 15300$ Gauß (Schleife XI bis XV; XII und XIV sind der Übersichtlichkeit halber auf der Zeichnung weggelassen). Ferner ist immer die größte Schleife eines Bereiches als kleinste im nächst höheren Bereiche aufgezeichnet.

In der 1. Abteilung liegen die Schleifen durchaus so, wie es auf Grund der Annahme der Eindeutigkeit von $\frac{dB}{dH}$ erforderlich ist, in der 2. und 3. Abteilung aber schneiden sich von Schleife VII ab

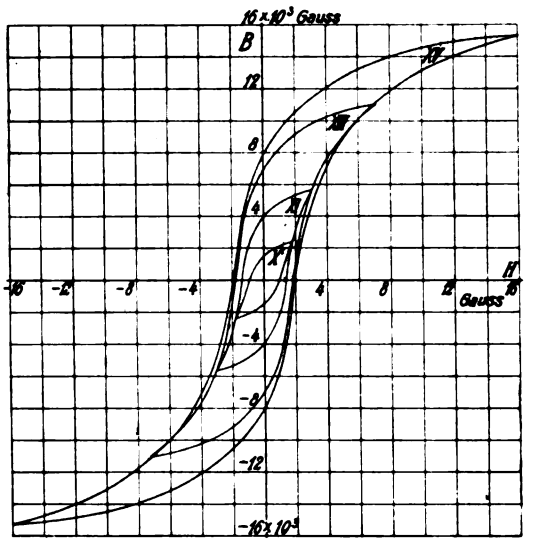


Abb. 8.

die Schleifen gegenseitig. Damit ist zunächst bewiesen, daß eine Eindeutigkeit von $\frac{dB}{dH}$ im strengen Sinne in unserem Falle nicht existiert. Da aber die Werte von $\frac{dB}{dH}$ an einem Schnittpunkte nicht sehr verschieden sind, könnte man diese Verletzung der Eindeutigkeit als sekundäre Erscheinung ansehen und auf eine Inhomogenität des Materials schieben.

II. Unsymmetrische Schleifen. (Abb. 9 und 10.)

Aufgenommen wurden aufsteigende unsymmetrische Kurven, deren Anfangspunkte auf dem absteigenden Ast einer symmetrischen Schleife lagen, für die Schleifen X (X*a* — X*h*, $B_{max} = 2409$ Gauß) und XV (XV *a* — XV *l*, B = 15300 Gauß).

Gezeichnet wurden die Kurven nur soweit, als sie auf der Zeichnung noch voneinander zu unterscheiden waren.

Endpunkte der unsymmetrischen Kurven:

X*a*:	$B_{max} = 2398$	X*e*:	$B_{max} = 2386$
X*b*:	„ = 2393	X*f*:	„ = 2395
X*c*:	„ = 2382	X*g*:	„ = 2403
X*d*:	„ = 2383	X*h*:	„ = 2409

XV*a*:	$B_{max} = 15300$	XV*g*:	$B_{max} = 15270$
XV*b*:	„ = 15230	XV*h*:	„ = 15250
XV*c*:	„ = 15230	XV*i*:	„ = 15240
XV*d*:	„ = 15300	XV*k*:	„ = 15240
XV*e*:	„ = 15300	XV*l*:	„ = 15270
XV*f*:	„ = 15300		

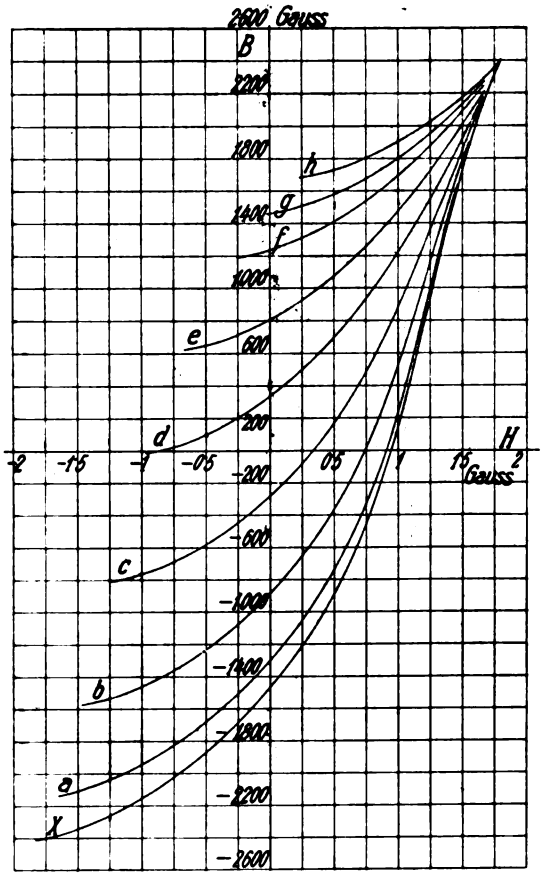


Abb. 9.

Alle unsymmetrischen Kurven der Schleife X (Abb. 9) mit Ausnahme der Kurve *h* münden, wie die Tabelle zeigt, unterhalb der Spitze der

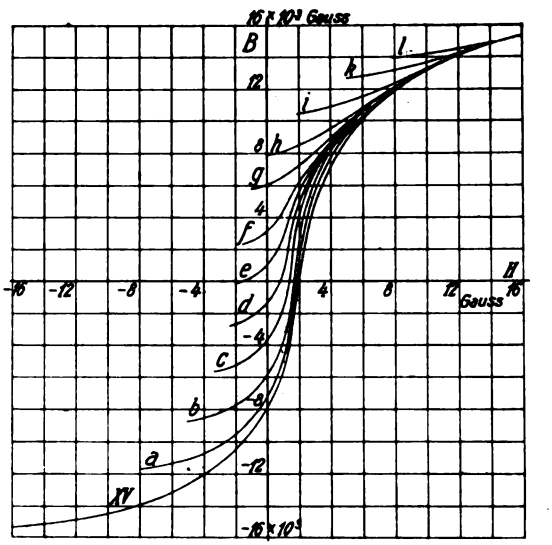


Abb. 10.

symmetrischen Schleife und schneiden infolgedessen den aufsteigenden Ast dieser Schleife. Die Kurve *h* geht durch die Spitze hindurch, aber mit

Digitized by Google

viel geringerer Neigung als der aufsteigende Ast der symmetrischen Schleife.

Dasselbe Ergebnis zeigen im wesentlichen die unsymmetrischen Kurven der Schleife XV (Abb. 10). Die Abweichungen der Endpunkte von der Spitze der symmetrischen Schleife sind allerdings sehr klein ($< \frac{1}{2}$ vH). Vergleicht man aber die Steigung $\frac{dB}{dH}$ der unsymmetrischen Kurven von Schleife X (Abb. 9) mit den entsprechenden aufsteigenden Ästen der symmetrischen Schleifen V bis X, (Abb. 7), so sieht man, daß sie bei den unsymmetrischen an allen Punkten viel größer ist als bei den symmetrischen. So schneidet zum Beispiel (in Abb. 11 herausgezeichnet) die Kurve X*c* den

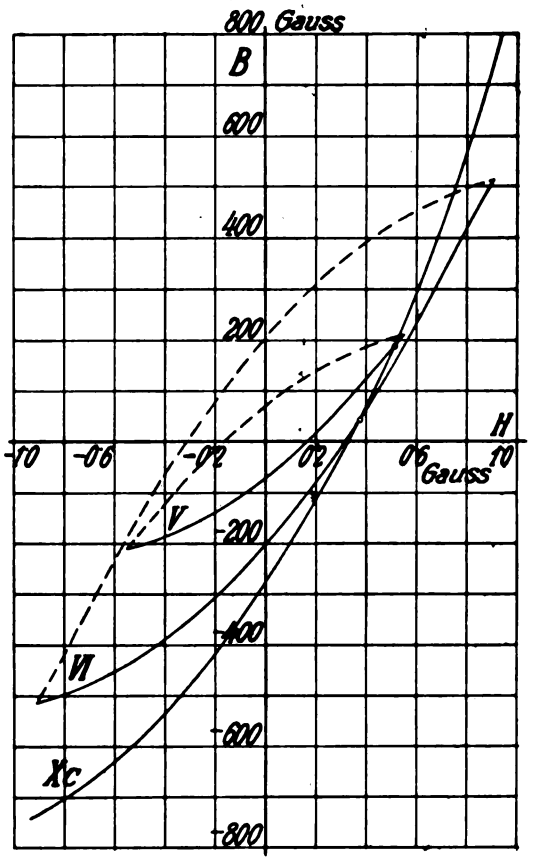


Abb. 11.

aufsteigenden Ast der symmetrischen Schleife VI an der Stelle $B = 40$, $H = 0{\cdot}37$; der Wert von $\frac{dB}{dH}$ ist bei der ersteren 1050, bei der letzteren nur 760. Ferner schneidet die Kurve Xc den aufsteigenden Ast der Schleife V im Punkt $B = 190$, $H = 0{\cdot}51$ mit der Steigung 1150, während $\frac{dB}{dH}$ für Schleife V an dieser Stelle nur den Wert 580 hat.

Genau so ist es mit den unsymmetrischen Kurven der Schleife XV (Abb. 10). Auch hier ist an allen Stellen $\frac{dB}{dH}$ größer als bei den kleineren Schleifen bezw. Kurven. Hier haben wir zum Beispiel zwischen der unsymmetrischen Kurve XV *e* und den unsymmetrischen Kurven X*e*, X*f*, X*g* und X*h* folgende Schnittpunkte (Abb. 12):

			Verhältnis
Xe/XVe	($B = 680$, $H = -0{\cdot}36$); $\frac{dB}{dH} = 280$	bzw. 800	1:2·8
Xf/XVe	($B = 1300$, $H = 0{\cdot}22$); „ $= 310$	„ 1250	1:4
Xg/XVe	($B = 1540$, $H = 0{\cdot}39$); „ $= 285$	„ 1475	1:5·2
Xh/XVe	($B = 1730$, $H = 0{\cdot}51$); „ $= 230$	„ 1600	1:7

Es ist einleuchtend, daß auf den unsymmetrischen Kurven der Schleifen zwischen X und XV $\frac{dB}{dH}$ an diesen Punkten Zwischenwerte annimmt. Man kann daher auf Grund dieses Ergebnisses sagen, daß für jeden Punkt (B, H) die Steigung $\frac{dB}{dH}$ von der Vorgeschichte abhängt und demgemäß unendlich vieldeutig ist. Das gilt natürlich auch für den Punkt $B = 0$, $H = 0$, und die jungfräuliche Kurve ist durchaus nicht die einzige Möglichkeit, um aus diesem Punkt herauszukommen.

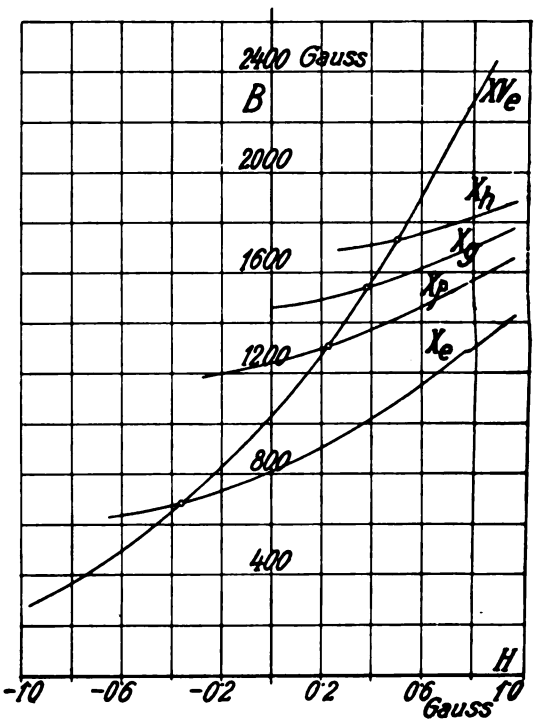


Abb. 12.

Die unsymmetrische Kurve X*g* wurde noch weiter verfolgt (Abb. 13), indem H immer zwischen 0 und $+ 1{\cdot}81$ Gauß variiert wurde (Unterbrechungs- und Schließungskurven).

Tabelle für die Endpunkte:

(Zu den mit geraden Zahlen bezeichneten Punkten gehört die Feldstärke $H = 0$, zu den ungeraden $H = + 1{\cdot}81$ Gauß).

Punkt	B	
1	2409	(Spitze der symmetrischen Schleife X)
2	1461	(Beginn der Kurve X*g*)
3	2403	(Endpunkt der Kurve X*g*)
4	1513	
5	2409·5	
6	1534	
7	2414	
8	1547	
9	2417	

Digitized by Google

10	1556
11	2420·5
12	1563·5
13	2423
14	1568
15	2425·5
16	1572
17	2427
18	1575
19	2428·5
20	1578
21	2430
22	1580·5
23	2431·5
24	1583
25	2433·
26	1585·5
27	2434·5
28	1588
29	2436
30	1590
31	2437
32	1592
33	2438

Eine neue Schleife punktweise aufgenommen.

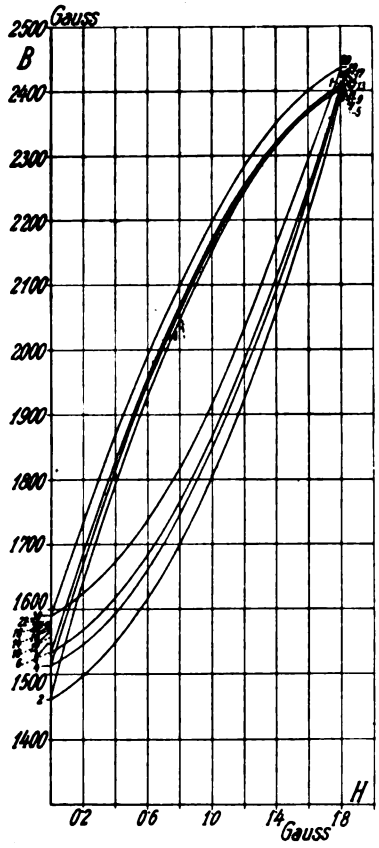


Abb. 13.

Nach 10 weiteren Unterbrechungen betrug die Induktionsänderung beim

Öffnen: $B - B_0 = -842$
Schließen: $B - B_0 = +842{\cdot}5$

Nach weiteren 50 Unterbrechungen:

Öffnen: $B - B_0 = -834{\cdot}5$
Schließen: $B - B_0 = +835$

Nach weiteren 100 Unterbrechungen:

Öffnen: $B - B_0 = -832$
Schließen: $B - B_0 = +832$

(Kein Unterschied mehr feststellbar).

Nach weiteren 200 Unterbrechungen:

Öffnen: $B - B_0 = -829$
Schließen: $B - B_0 = +829$

Gemäß unseren Überlegungen am Anfang müßte eine solche Schleife sofort nach oben wandern und schließlich eine unsymmetrische Endlage einnehmen. In Wirklichkeit ergab sich Abb. 13. Während der aufsteigende Ast der symmetrischen Schleife X (Abb. 7 und 9) seinen Endpunkt mit der Steigung $\frac{dB}{dH} = 1800$ erreichte, läuft der neue aufsteigende Ast dicht unter der Spitze mit $\frac{dB}{dH} = 1000$ ein; er verläßt seinen Umkehrpunkt mit $\frac{dB}{dH} = 145$, während der aufsteigende Ast der symmetrischen Schleife mit $\frac{dB}{dH} = 180$ entsprang. Der neue absteigende Ast schneidet den vorhergehenden (symmetrischen) und kommt bei $H = 0$ wesentlich über die Remanenz der symmetrischen Kurve. Der neue aufsteigende Ast läuft ungefähr

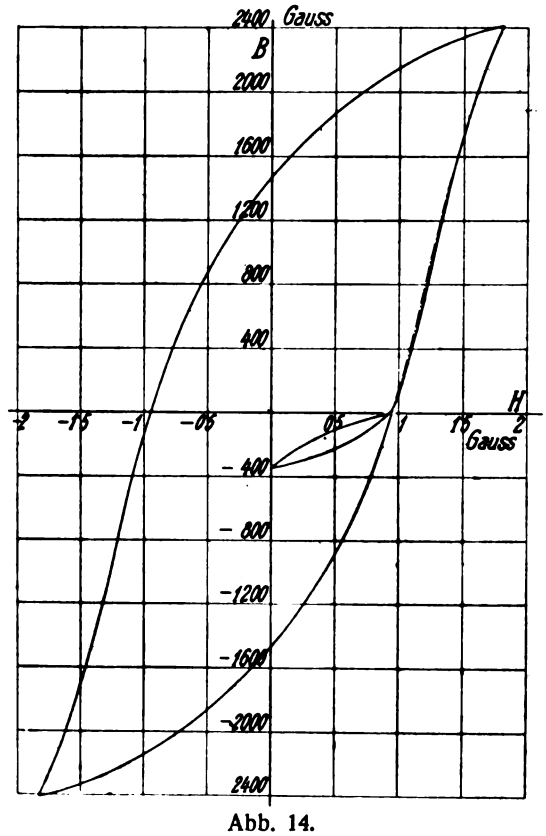


Abb. 14.

mit derselben Neigung wie der vorhergehende ganz wenig über der Spitze der symmetrischen Schleife ein und hat auch bei dem folgenden absteigenden Ast annähernd dieselbe Anfangssteigung wie bei dem vorhergehenden zur Folge. Es findet nun auch kein weiteres Überschneiden gleichgerichteter Äste mehr statt, und die Schleife bewegt sich nach oben, wie sie es hätte von Anfang an tun sollen, wenn $\frac{dB}{dH}$ überall eindeutig wäre. Wie es sein soll, hört das Steigen sehr bald auf, und obwohl es bei der Ringmethode nicht möglich ist, die Endpunkte der endgültig geschlos-

Digitized by Google

senen Schleife anzugeben, so kann aus der raschen Konvergenz der Unterschiede der Induktionsänderung beim Schließen und Öffnen des Stromes geschlossen werden, daß die stationäre Schleife nicht viel über der höchsten gezeichneten liegen wird.

Mit diesem Versuch ist der Beweis erbracht, daß auch bei einem Umkehrpunkt die Auslaufsteigung von der Einlaufsteigung abhängt und zwar so, daß einer kleineren Einlaufsteigung auch eine kleinere Auslaufsteigung entspricht.

Bei den bisherigen unsymmetrischen Kurven war es so, daß ihre Steigung an einem bestimmten Punkte immer größer war als die zu einem entsprechenden Ast einer symmetrischen Schleife gehörende. Man kann jedoch auch solche unsymmetrischen Kurven beschreiben, daß das Gegenteil der Fall ist (Abb. 14). Der aufsteigende Ast der Schleife X wurde bei $H = 0{\cdot}94$, $B = 0$ unterbrochen, der Strom bis zu 0 geschwächt und dann wieder gesteigert bis zu $H = +1{\cdot}81$ Gauß.

Am Umkehrpunkt $H = 0$, $B = -342$ hätte — unter der Voraussetzung der Eindeutigkeit von $\frac{dB}{dH}$ — der aufsteigende Ast mit einer etwas größeren Neigung entspringen müssen, als der absteigende hereingekommen ist. In Wirklichkeit ist die Steigung sehr viel kleiner als die Einlaufsteigung und nur verschwindend wenig größer als an der Remanenz der symmetrischen Schleife. Für $H = 0{\cdot}94$ erreicht der aufsteigende Ast zwar einen Punkt, der etwas höher liegt, als der Punkt, an dem der aufsteigende Ast der symmetrischen Schleife unterbrochen wurde, er schneidet aber auf seinem Wege alle unsymmetrischen Kurven, die durch diesen Bereich gehen. In seinem ferneren Verlauf schmiegt sich der aufsteigende Ast immer mehr der symmetrischen Schleife an. Ausserdem schneidet er auch alle aufsteigenden Äste der symmetrischen Schleifen, die in diesen Bereich fallen. Es ist demnach möglich, auch kleinere Steigungen als die der symmetrischen Schleifen zu erhalten, nämlich durch unsymmetrische Schleifen mit kleinerem Bereich. Die Steigungen der symmetrischen Schleifen bilden also eine Art Mittelwert aller möglichen Steigungen.

III. Übergangsschleifen:

Schließlich wurden noch die Übergangsschleifen von Schleife IX auf Schleife X, sowie von Schleife XI auf Schleife X aufgenommen. Im Gegensatz zu unseren früheren Überlegungen (über die Konsequenzen der Eindeutigkeit von $\frac{dB}{dH}$) findet auch im 1. Fall eine Akkomodation statt, bei der sich die entsprechenden Äste jedesmal überschneiden.

C. Folgerungen.

Einzelne Folgerungen sind schon bei der Besprechung der Messungsergebnisse gezogen worden; sie mögen jetzt zusammengestellt und ergänzt werden:

Es hatte sich ergeben: Eine eindeutige Funktion

$$f\left(\frac{dB}{dH}, B, H\right) = 0$$

existiert nicht, mit andern Worten: Der magnetische Zustand des Eisens ist durch B und H noch nicht eindeutig charakterisiert. Bei einem gegebenen B und H sind unendlich viele Zustände möglich und daher auch unendlich viele Werte von $\frac{dB}{dH}$.

Damit ist aber nicht gesagt, daß nun etwa $\frac{dB}{dH}$ jeden beliebigen Wert annehmen könnte. Wir haben gesehen, daß die unsymmetrischen Kurven einer symmetrischen Schleife mit großem Bereich an gleichen Punkten größere Werte von $\frac{dB}{dH}$ aufweisen, als alle kleineren symmetrischen Schleifen. Für einen bestimmten Punkt wird also dann die größte Steigung vorhanden sein, wenn er von einer unsymmetrischen Kurve passiert wird, die auf einer symmetrischen Schleife mit möglichst großem B_{max} entspringt. Die größte symmetrische Schleife ist diejenige, für die $B_{max} = \infty$ und $H_{max} = \infty$ wird. Diese hat eine endliche Remanenz und eine endliche Koerzitivkraft. Die auf dieser Schleife entspringenden unsymmetrischen Kurven bedecken das ganze mögliche Gebiet und liefern an jedem Punkte, da sie erst in der Spitze zusammentreffen, einen eindeutigen Wert von $\frac{dB}{dH}$, und zwar den größten. Die obere Grenze von $\frac{dB}{dH}$ ist also eine eindeutige Funktion von B und H.

Da sich die größeren symmetrischen Schleifen bei weiterer Vergrößerung im wesentlichen nur in der Nähe der Spitze unterscheiden, so ist es zur angenäherten Bestimmung der oberen Grenze von $\frac{dB}{dH}$ nicht nötig, das Maximum der symmetrischen Schleife allzuweit zu treiben; die Größenordnung dieser Werte werden wohl schon die unsymmetrischen Kurven der Schleife XV angeben.

Andererseits haben wir gefunden, daß man kleine Werte von $\frac{dB}{dH}$ erhält, wenn man unsymmetrische, ungeschlossene Schleifen mit kleinem Umkehrbereich beschreibt. Der kleinste Wert von $\frac{dB}{dH}$ wird also dann erreicht werden, wenn man H fortwährend zwischen 2 Grenzen schwanken läßt, die sich immer mehr nähern. Wenn die Grenzen zusammenrücken, dann wird sich die Schleife immer mehr zu einer Geraden zusammenziehen und schließlich auf ein unendlich kleines Linienelement. Wird der Umkehrbereich langsam und stetig verkleinert, so fallen alle Einflüsse der Vorgeschichte heraus. Da in einem solchen Punkt der aufsteigende und absteigende Ast sich nicht mehr

Digitized by Google

unterscheiden, so kann man über die untere Grenze aussagen:

Die untere Grenze von $\frac{dB}{dH}$ ist eine eindeutige Funktion von B und H und für aufsteigende und absteigende Äste gleich; aus Symmetriegründen muß sich diese Funktion am Punkt $B = 0$, $H = 0$ spiegeln.

Wendet man diese Methode auf symmetrische Schleifen an, so erhält man den sogenannten „unmagnetischen Zustand". Aus diesem Zustand, wie er durch Entmagnetisieren erreicht wird, führt natürlich nur eine Kurve, die jungfräuliche Kurve. Nach dem oben Gesagten muß die Steigung dieser Kurve im Nullpunkt die kleinste sein, die in diesem Punkte möglich ist. Sie ist für das untersuchte Material etwa 130.

Zur Bestimmung des unteren Grenzwertes von $\frac{dB}{dH}$ eignet sich die Methode des geschlossenen Eisenringes nicht, da die Grenzprozesse alle aufgenommen werden müßten, und die schließliche Bestimmung von B infolge der Viskosität mit Fehlern behaftet wäre, deren Größe sich nicht abschätzen ließe. Hiefür käme nur eine magnetometrische Methode, eventuell nötigenfalls in Verbindung mit einer ballistischen, in Frage.

Den Versuchsergebnissen haben wir fernerhin entnommen, daß an einem Umkehrpunkt die Steigung der auslaufenden Kurve nicht nur von den Koordinaten dieses Punktes, sondern auch von der Einlaufsteigung abhängt, und zwar derart, daß eine kleinere Einlaufsteigung auch verkleinernd auf die Auslaufsteigung einwirkt. In allen Fällen war jedoch die Auslaufsteigung kleiner als die Einlaufsteigung.

Zusammenfassung und Schluß.

Aus den Meßergebnissen mußten wir die Folgerung ziehen, daß durch die Angabe von B und H der magnetische Zustand des Eisens nicht eindeutig bestimmt ist.

Physikalisch können wir das so interpretieren:

Die Magnetisierung und damit auch die Induktion kommt zustande durch Zusammenwirken einer großen Menge von Elementarmagneten; sie ist eine Art Mittelwertbildung. Es ist nun sehr plausibel, daß dieselbe Gesamtwirkung auf vielerlei Arten der Stellung und Verteilung der einzelnen Elementarmagnete zustande kommen, und die Änderung der Gesamtwirkung sehr wohl von dieser Verteilung beeinflußt werden kann. Es ist naheliegend, Änderung der Gesamtwirkung direkt als ein Kennzeichen der Verteilung anzusehen und als weiteren unabhängigen Parameter für den Zusammenhang zwischen B und H einzuführen. Wenn durch die Angabe von B, H und $\frac{dB}{dH}$ der Zustand des Eisens vollkommen bestimmt ist, dann muß eine Funktion

$$g\left(\frac{d^2B}{dH^2}, \frac{dB}{dH}, B, H\right) = 0$$

existieren, die für alle möglichen Werte von B, H und $\frac{dB}{dH}$ eindeutig ist.

Geometrisch hätte die Existenz der eindeutigen Funktion

$$f\left(\frac{dB}{dH}, B, H\right) = 0$$

nichts anderes bedeutet, als daß es möglich sei, den ganzen Verlauf einer Magnetisierungskurve zu zeichnen, wenn nur ein einziger ihrer Punkte gegeben ist. Die Annahme der Existenz der eindeutigen Funktion

$$g\left(\frac{d^2B}{dH^2}, \frac{dB}{dH}, B, H\right) = 0$$

besagt jetzt, daß es möglich sein muß, den ganzen Verlauf einer Magnetisierungskurve aufzuzeichnen, wenn entweder 2 Punkte auf ihr oder 1 Punkt und die Steigung in diesem Punkt gegeben ist. Ein Blick auf unsere Kurven zeigt, daß dies in der Tat im allgemeinen möglich ist. Es würde also auch in Bezug auf den geometrischen Verlauf der Magnetisierungskurven diese Lösung als brauchbar erscheinen.

Es läßt sich auch beweisen, daß man die beiden Konstanten des allgemeinen Integrals dieser Differentialgleichung 2ter Ordnung für alle möglichen Fälle bestimmen kann, jedoch reicht das empirische Material nicht aus, um über den Charakter der Funktion

$$g\left(\frac{d^2B}{dH^2}, \frac{dB}{dH}, B, H\right) = 0$$

etwas aussagen zu können.

Ein neuer Drehschalter für Wechselstrommessungen.

Von A. **Linker**, Hannover.

Übersicht: Es wird ein neuartiger Drehschalter beschrieben, mit dessen Hilfe es möglich ist, Leistungsmessungen in mehrphasigen Wechselstromsystemen verschiedener Leitungszahl mit nur einem Leistungs-, Spannungs- und Strommesser auszuführen, wodurch eine große Ersparnis an Meßinstrumenten erzielt wird. Weiter ist man damit in der Lage, die Ströme in beliebig vielen Wechselstromleitungen ohne Unterbrechung eines Stromkreises mit nur einem Strommesser zu ermitteln.

Bei der Messung der Leistung mehrphasiger Wechselströme sind nach der Schaltung von Aron[1]) im allgemeinen je 2 Leistungs-, Spannungs- und Strommesser für verkettete Dreiphasensysteme ohne Nulleiter erforderlich. Sind aber in dem System n Leitungen vorhanden, so müssen je $n-1$ Instrumente obiger drei Ausfüh-

[1]) ETZ 1892, S. 193.

Digitized by Google

rungsformen benutzt werden, wie es von Fröhlich[2]), Aron[3]), Stern[4]) angegeben ist. Da es nun selten vorkommen und allgemein nicht angängig sein dürfte, daß man zur Ablesung jedes Instrumentes einen Beobachter einstellt, sodaß die Instrumente nicht gleichzeitig, sondern nur nacheinander abgelesen werden, wenn man die Angaben der Instumente nicht etwa photographisch festhält, so genügt es in den meisten praktisch vorkommenden Fällen, wenn man nur je ein Stück obiger drei Arten von Meßinstrumenten verwendet und unter Benutzung eines geeigneten Umschalters die Ablesungen in den einzelnen Zweigen so schnell vornimmt, daß man praktisch eine Unveränderlichkeit der zu messenden Größen innerhalb der Ablesezeit voraussetzen kann.

Nun gibt es zwar schon derartige Hebelschalter. Doch kann man mit ihnen nur Messungen in zwei aber nicht in drei oder mehr Zweigen ausführen. Abgesehen ferner von dem hohen Herstellungspreis bei großen Abmessungen besonders für hohe Stromstärken haben sie noch den Nachteil, daß sich infolge der Hebelbewegung eine längere Ablesedauer und Erschütterungen der Instrumente nicht immer vermeiden lassen.

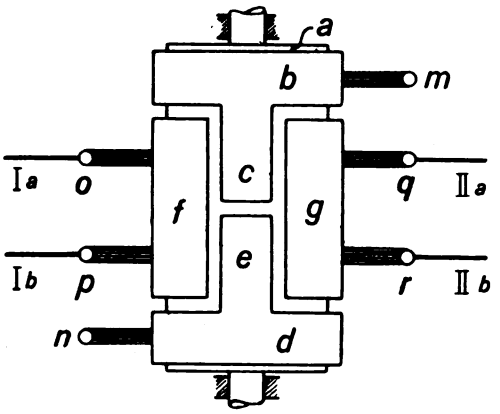


Abb. 1.

Dagegen besitzt der Drehschalter des Verfassers[5]) nicht die angeführten Nachteile, sondern dazu noch weitere Eigenschaften, die ihn für einige Wechselstrommessungen besonders geeignet erscheinen lassen.

Die Bauart des Drehschalters ist folgende: Auf einem drehbahr gelagerten und mit einem Handgriff bewegten Zylinder *a* aus Isoliermaterial (Abb. 1) sind an den beiden Enden Metallringe b und d aufgezogen, welche die zylindersegmentartigen Ansätze *c* und *e* besitzen. In dem Raume zwischen *b*, *c*, *d*, *e* sind weiter getrennt davon Metallzylindersegmente *f*, *g* befestigt. Abb. *2* zeigt einen Querschnitt, wobei die vollen Ringe *b*, *d* durch die gestrichelte Kreislinie dargestellt sind. Auf den Metallbelegungen schleifen federnde Stromzuleitungen, die mit den Anschlußklemmen *m*, *n*, *o*, *p*, *q*, *r* in Verbindung stehen.

[2]) ETZ 1893, S. 575.
[3]) ETZ 1901, S. 215.
[4]) ETZ 1901, S. 267; 1903, S. 976.
[5]) D. R. P. Nr. 447 549 vom 16. Dezember 1925.

Diese Anordnung kommt nun in Frage für Leistungsmessungen in Dreiphasen-Wechselstromsystemen ohne Nulleiter in einer Schaltung, wie sie Abb. 3 zeigt. Hierbei werden die Meßinstrumente (Hauptstromspule *H* des Leistungsmessers und Strommesser *J* hintereinander geschaltet) an die Klemmen *m* und *n* angeschlossen. Die Spannungsspule *S* des Leistungsmessers und der Spannungsmesser *E* liegen mit je einer Klemme an der Hauptstromspule *H*, während die anderen

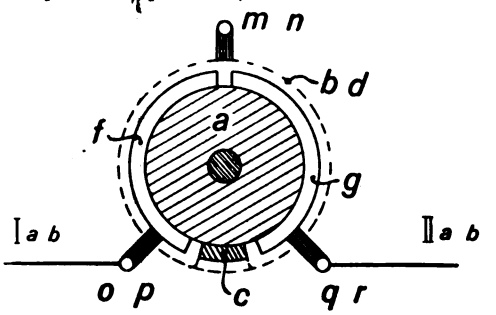


Abb. 2.

Klemmen mit der Phase III verbunden sind. *R* ist ein Vorschaltwiderstand im Spannungskreis des Leistungsmessers.

Dreht man nun die Schaltwalze (Abb. *2*) soweit nach rechts, daß die federnden Kontakte *o*, *p* auf den Zungen *c*, *e* aufliegen, dann werden die Meßinstrumente in den Stromkreis der Phase I (Abb. *3*) eingeschaltet. Wird nun die Walze nach links gedreht, so werden anfangs die Kontakte *o*, *p* beim Hinaufgleiten auf das Segment *f* kurzgeschlossen und dadurch die im Hauptstromkreis liegenden Instrumente einen nur noch kaum feststellbaren Strom führen. Dagegen zeigt der Spannungsmesser E noch die Linienspannung zwischen

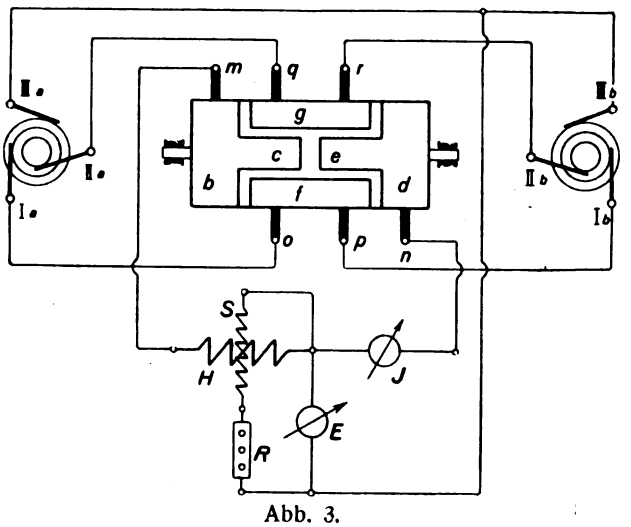


Abb. 3.

Phase I und III an und die Spannungsspule *S* führt ebenfalls Strom. Bei weiterer Drehung kommen die Zungen *c*, *e* in die Mittelstellung, wie in Abb. 1 und *2* dargestellt, dann sind alle Instrumente stromlos. Sie können auf diese Weise, falls keine Ablesungen vorzunehmen sind, geschont oder bei nicht passendem Meßbereich gegen andere Instrumente ausgewechselt werden, ohne daß eine

Digitized by Google

Unterbrechung des Betriebes oder Elektrizitätsverbrauchers notwendig wird. Dreht man schließlich die Walze soweit, daß die Zungen *c*, *e* unter die federnden Kontakte *q*, *r* der Phase II gelangen, die vorher durch das Zylindersegment *g* kurzgeschlossen waren, dann werden die Instrumente in die Phase II eingelegt. Aus den beiden rasch nacheinander vorzunehmenden Ablesungen läßt sich nun in bekannter Weise[6]) die Leistung und der mittlere Leistungsfaktor ermitteln.

Fügt man noch zwei weitere Zylindersegmente *h*, *i* und die beiden Schleifkontakte *s*, *t* hinzu, so kann man den Schalter jetzt zur Messung der Leistung von Dreiphasen-Wechselströmen mit 4 Leitern verwenden, wofür sonst allgemein je 3 Leistungs-, Spannungs- und Strommesser erforderlich sein würden. Andererseits ist diese Form des Schalters dafür geeignet, mit einem Strommeßgerät die Ströme in allen 3 Zweigen eines dreiphasigen Wechselstromsystems zu messen.

[6]) Linker, Elektrot. Meßkunde.

Durch Einfügung von weiteren Segmenten *k*, *l* .... könnte man einen solchen Schalter zur Messung von Leistungen und Stromstärken bei beliebiger Anzahl von Wechselstromleitungen mit nur je einem Instrument verwenden.

Befestigt man die Metallbelegungen des Schalters anstatt auf einem Zylinder auf einer drehbaren Kreisscheibe aus Isoliermaterial, so ergibt sich eine zum Beispiel für Schalttafeln zweckentsprechendere Form. Hierbei sind die Zylindersegmente zu Ringsegmenten umgestaltet, die den gleichen Zwecken dienen, wie die in Abb. 2 mit gleichen Buchstaben bezeichneten Teile.

Der Drehschalter erfüllt somit einen wirtschaftlichen und praktischen Zweck, indem sein Gebrauch in Laboratorien außer den vorhin erwähnten Vorteilen noch den der Ersparnis an Meßinstrumenten bietet und weiter bei Prüfungen und Messungen auf Reisen die Anzahl der mitzunehmenden Meßinstrumente wesentlich zu verringern gestattet.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Neue Anwendungsmöglichkeiten großer Asynchronmaschinen. Gelingt es durch Einführung einer sekundären Klemmenspannung in den Rotorkreis einer Asynchronmaschine die Wirkung der mit der Schlüpfung proportionalen Spannungskomponenten, sekundäre Drehfeldspannung und Läuferstreuspannung, aufzuheben, so wirkt jede weitere dem Rotor aufgedrückte Spannung nur mehr mit dem Ohmschen Widerstand zusammen und erzeugt einen phasengleichen, von der Schlüpfung unabhängigen Rotorstrom. Es ist somit möglich, jede gewünschte Charakteristik für die Induktionsmaschine zu erreichen, da Läufer- und Ständerstrom sich nur mehr mit der Gesetzmäßigkeit dieser sekundär zugeführten, zusätzlichen Spannungskomponente ändern. Wie M. Schenkel nachweist, gilt dieses Gesetz ganz allgemein. Hiedurch eröffnen sich der Anwendung der Asynchronmaschine vollkommen neue Wege.

Die direkte Kupplung von Synchron-Drehstromerzeugern mit Kolbenmaschinen zum Beispiel leidet an der Notwendigkeit der Verwendung von Schwungrädern, die Ungleichförmigkeiten im Gang der Antriebsmaschinen nach Möglichkeit zu beseitigen haben. Da aber Schwungräder gerade durch Drehzahländerungen erst zur Wirkung gebracht werden, kann die elektrische Leistung nie vollkommen frei von Schwankungen werden. Hier bringt die Asynchronmaschine eine befriedigende Lösung, wenn dem Läuferkreis eine Spannung zugeführt wird, deren eine Komponente, der Schlüpfung proportional, zur Auslöschung der sekundären Drehfeldspannung und der sekundären Streuspannung dient und deren andere Komponente konstant unabhängig von der Drehzahl bleibt. Hiedurch ist eine Konstanz in der Leistungs- bezw. Blindleistungsabgabe oder beider zu erzielen, unbekümmert um den Gang der Antriebsmaschine, da deren schwankende Drehzahl nicht mehr das elektrische Verhalten des Generators zu beeinflussen vermag. Untersuchungen bezüglich der Taktzahlen, sowie der Größe der Schwungmassen bezüglich eines einwandfreien Parallellaufes können mithin füglich entfallen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Regelung nunmehr ausschließlich von der elektrischen Seite aus durch Änderung der Drehstromerregung, das heißt der Läuferspannung erfolgt, da die geänderte Leistungsabgabe selbsttätig den Kraftmaschinenregler zum Ansprechen bringt, während bei Synchronmaschinen bekanntlich die Regelung im Erregerkreis ohne Einfluß auf die Leistungsabgabe bleibt.

Zwecks Erzielung von Spannungskomponenten zur Kompensation der der Schlüpfung proportionalen EMKe des Rotors geht der Vorschlag Schenkels dahin, an den Nutgrund des Läufers der Asynchronmaschine eine Hilfswicklung zu legen, deren EMK über Hilfsschleifringe und einen Korrektionstransformator dem Felde der Drehstromerregermaschine zuzuführen wäre. Die Anordnung am Nutgund ist deshalb gewählt, damit nicht nur das Luftspalt-Drehfeld auf die Hilfswicklung induzierend wirke, sondern auch gleich ein Teil des Läuferstreuflusses mit erfaßt werde, so daß der Korrektionstransformator kleiner ausfallen kann. Dieser liegt mit seiner Primärwicklung in dem über die Erregermaschine geschlossenen Läuferkreis der Asynchronmaschine und erhält somit sekundär eine dem Rotorstrom und der Schlüpfung, also auch der Streuspannung verhältnisgleiche Spannung. Um der Rückwirkung des Sekundärstromes dieses Transformators auf den Läuferkreis der Induktionsmaschine und der damit verbundenen Fälschung des Ergebnisses zu entgehen, ist er mit großem Luftspalt auszustatten. St. Schw.

(ETZ, 48. Jahrg., Heft 17/18, 1927.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Verhalten des Selektivschutzes bei Doppelerdschlüssen. Von F. Ahrberg. Um die mannigfachen Gefahren, die ein Erdschluß in Starkstromnetzen mit sich bringt, zu beseitigen und möglichst rasch den Ort des Fehlers aufzufinden, verwendet man einen selektiv wirkenden Erdschlußschutz. Dieser besteht bekanntlich im wesentlichen aus einem wattmetrischen Erdschlußrelais, das in Disymmetrie- (Holmgreen-)Schaltung an drei Stromwandler angeschlossen wird und auf Wirk- oder Blindleistung anspricht, je nachdem, ob das zu schützende Netz gelöscht oder ungeerdet ist. Der Spannungspfad dieses Relais wird an eine Erdungsdrossel in offener Dreieckschaltung oder Nullpunktschaltung angelegt.[1]) In gelöschten Netze begnügt man sich in der Regel mit einer selektiven Anzeige des Erdschlusses, während man bei ungeerdeten Netzen wegen der größeren Gefahren, die ein Erdschluß mit sich bringt,

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 613 ff.

Digitized by Google

den Fehler automatisch abschaltet und so auf den kleinst möglichen Bereich begrenzt. Jeder Erdschluß einer Phase hat zur Folge, daß die gesunden Phasen gegen Erde höhere Spannungen annehmen und diese Spannungserhöhung kann gemeinsam mit auftretenden Überspannungen Anlaß zu einem weiteren Erdschluß einer gesunden Phase sein. Es entsteht dann der sogenannte Doppelerdschluß. Je nachdem, ob die beiden Erdschlußstellen eines Doppelerdschlusses nahe beisammen liegen oder nicht, werden auch die Erdschlußströme mehr oder weniger kurzschlußartigen Charakter annehmen. Da bei ungeerdeten Netzen die Erdschlußrelais auf Blindleistung ansprechen, so wird das richtige Arbeiten des Erdschußschutzes hauptsächlich davon abhängen, wie groß die Phasenverschiebung zwischen dem Erdschlußstrom und der Erdschlußspannung ist. In allen jenen Fällen, in welchen bei Stichleitung, Strahlennetzen oder Ringleitungen die Erdschlußrelais nicht ansprechen können, wird die richtige Abschaltung von dem Überstromschutz der Leitung übernommen. Von der gegenseitigen Staffelung des Überstromschutzes hängt es nun hauptsächlich ab, ob beide Erdschlüsse abgeschaltet werden, oder ob ein einfacher Erdschluß bestehen bleibt, der selbst dann wieder von dem nunmehr wirksamen Erdschlußrelais abgeschaltet wird. In gelöschten Netzen, bei welchen man, wie schon erwähnt, mit Erdschlußmeldung arbeitet, kann letzteres sogar von Vorteil sein, da wenigstens ein Teil der defekten Leitung in Betrieb bleibt. Ist das Netz mit Distanzrelais geschützt, so muß dafür Sorge getragen werden, daß die Spannungsspulen dieser Relais bei Doppelerdschlüssen von der verketteten Spannung auf die Spannung gegen Erde automatisch umgeschaltet werden.[1]) In Ringleitungen kann man nach einem Vorschlag von Sorge bei Doppelerdschlüssen auch die Stromspulen der Erdschlußrelais kurzschließen, um diese vor dem Kurzschlußstrom zu schützen und überläßt dann die selektive Abschaltung einer oder beider Erdschlußstellen dem Überstromschutz. Zum Schutz von zwei Parallelleitungen verwendet man bekannntlich den Achterschutz, der ohne weiteres auch mit einem Erdschlußschutz kombiniert werden kann. Die Arbeitsweise dieser Schutzschaltung bei Doppelerdschluß hängt nun davon ab, ob einer der Fehler auf einem benachbarten Kabel aufgetreten ist oder ob beide Fehler auf den geschtützten Parallelleitungen erfolgten. Dabei übernimmt auch hier die Abschaltung der Überstromschutz, speziell wenn das Erdschlußrelais so wie beim Staffelschutz kurzgeschlossen wird, doch wird im ersten Falle die defekte Parallelleitung beiderseits abgeschaltet, so daß nur ein einfacher Erdschluß übrigbleibt, der seinerseits vom Erdschlußschutz erfaßt wird, während im zweiten Fall beide Parallelleitungen einseitig abgeschaltet werden. Bei ungelöschten Netzen ist dies notwendig, bei gelöschten Netzen kann jedoch eine der Leitungen von Hand aus wieder eingeschaltet werden, soll der Betrieb bei einfachem Erdschluß weitergeführt werden. Auch der zum Schutz von mehr als zwei Parallelleitungen verwendete Polygonschutz verhält sich bei Doppelerdschlüssen ähnlich.

Aus den Darlegungen geht hervor, daß der Doppelerdschluß von den gebräuchlichen Schutzsystemen richtig erfaßt werden kann und daß man dem kurzschlußähnlichen Charakter dieses Fehlers entsprechend die selektive Abschaltung in der Regel dem Kurzschlußschutz überläßt. H. E.

(Helios, Heft 22, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Stroboskopische Prüfungsmethode für Wattstundenzähler. H. P. Sparkes beschreibt einen von ihm konstruierten Apparat, der nach der bekannten, auch schon zur Prüfung von Zählern benützten stroboskopischen Methode die rasche und genaue Eichung und Justierung von Zählern gestattet. Der Apparat mißt mit einem hohen Grad von Genauigkeit die verbrauchte elektrische Energie in Watt und übersetzt das Messungsergebnis in eine entsprechende Zahl von Lichtimpulsen für die Sekunde. Mit Hilfe von Marken, die am Rande der Zählerscheiben angebracht sind, erfolgt die Justierung der Umdrehungszahl des Zählers. Der Apparat besteht einerseits aus einer Maschine, die Lichtimpulse abgibt, und aus einem Balanceindikator. Die Lichtimpulsmaschine wird von einem Motor angetrieben, auf dessen Achse ein Kommutator sitzt, der den Lichtkreis schließt und unterbricht, sowie eine Magnetmaschine, deren Spannung sich mit der Geschwindigkeit ändert. Ein Handrheostat gestattet die Geschwindigkeit zu regeln. Der Balanceindikator gleicht einem Mehrphasenwattmeter. Um mit diesem Apparat einen Wattstundenzähler zu prüfen, wird der Zähler belastet und die Frequenz der Lichtimpulse so geregelt, daß die an der Zählerscheibe angebrachten Marken zu ruhen scheinen; an dem Balanceindikator kann man dann den Registrierfehler ablesen. Für die Ermittlung der Justierfehler wird die Frequenz der Lichtimpulsmaschine der Belastung proportional gemacht. Ist der Gang des Zählers ein ungleicher, nicht proportional der Belastung, so wird dies durch das Vorrücken oder Zurückbleiben der Marken angezeigt. Die Beobachtung der Marken auf der Zählerscheibe kann mit einer Zylinderlinse erfolgen, die eine raschere Bewegung der Marken bei geringerer Drehgeschwindigkeit vortäuscht. L. K.

(Journal A. I. E. E., Bd. 46, Heft 4, April 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Ein Vorschlag zur Frage der Isolatorennormung. Von Dr. Ing. Moldenhauer. Angesichts der Klagen der Vertreter der Porzellanfabriken über die Verteuerung ihrer Erzeugnisse durch die Bereitstellung so vieler Arten von Isolatoren, schlägt der Verfasser im Interesse der Verbraucher und Erzeuger vor, sich auf 28, bezw. 14 Arten genormter Isolatoren zu beschränken, die dann billiger sein könnten, während Sonderwünsche eben teuerer sein würden. Da sich für Stützisolatoren die sogenannten durchschlagssicheren Weitschirmisolatoren als die besten erwiesen hätten, müßte die gewöhnliche Art, sowie die ein- und mehrteiligen Deltaglocken verschwinden. Allenfalls kämen noch die aus dem Innenraumstützer entwickelten Vollkern-Stützisolatoren der AEG in Betracht. Die Ausführungen hätten sich auf die Spannungen 10, 15, 20, 25 kV zu beschränken. Darüber hinaus ist das Gebiet der Kleinhängeisolatoren, die in Deutschland in immer steigenden Umfange, besonders auch bei Umbauten verwendet werden. Ihr Durchmesser wäre mit 170 mm, ihre Bruchfestigkeit mit 2200 kg zu bemessen, was mit der Bruchfestigkeit des für solche Leitungen höchstens verwendeten 50 mm² Kupferseil begründet wird. Hänger und Abspanner sind gleich auszuführen. Über den Aufbau dieser Isolatoren — ob Kugel-, Kegelkopf-, V-, Teltow-C-Isolatoren — könnte auf Grund der Erfahrungen nun doch schon unter Hintansetzung von Sonderbestrebungen ein Einvernehmen gefunden werden. Zweiteilige Ketten genügen für 20 kV, dreiteilige für 30 kV. Daneben wäre noch der Vollkern-(Motor-)Kleinisolator mit 20 kV Überschlagsspannung und 3000 kg Bruchfestigkeit aufzunehmen. Für Leitungen höherer Spannung ist der gebräuchliche Kettenisolator mit 280 mm Durchmesser und 4200 kg (für 95 mm² Kupferseil) und 6500 kg Bruchfestigkeit (für größere Querschnitte) sowie die entsprechenden Arten der Motorisolatoren zu normen. Für Isolatoren höherer Bruchfestigkeit wäre den Fabriken freie Hand zu lassen. An Farben wäre nur mehr weiß und grün oder braun zu nehmen, eine dritte Farbe erscheint ganz überflüssig. Man könnte schließlich heutzutage auf eine zweite Farbe auch noch verzichten. So wäre das Gebiet der gebräuchlichen Hochspannungen bis 100 kV mit 14, bezw. 28 Arten versorgt, ein Fortschritt, der nicht hoch genug zu veranschlagen wäre. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 431, 1927.)

[1]) Vgl. J. Biermanns, ETZ 1925, und Groß, E. u. M. 1926, S. 469 ff.

Digitized by Google

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die 1-Do-1-Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Dr. Ing. A. Wichert† und Otto Michel beschrieben den Entwurf, die Ausführung und Betriebsergebnisse der 1-Do-1-Schnellzugslokomotiven, von denen zuerst 5 und in kurzer Zeit weitere 5 bei der Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim, zusammen mit der Lokomotivfabrik Krauß & Co. A.-G., München, bestellt wurden. Im Jahre 1922 hat die Zweigstelle München eine Ausschreibung von Lokomotiven herausgegeben, welcher bereits der Gedanke einer Vereinheitlichung der Typen zugrundelag. Hierzu hatte Dr. Wichert einen alle Typen umfassenden Vorschlag[1]) gemacht, der jedoch mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der Ausführung der einzelnen Firmen in seiner Gänze nicht angenommen wurde. Dagegen sollten in den Erzeugnissen jeder Firma bei allen Typen möglichst die gleichen Konstruktionen verwendet werden. Diese Ausschreibung führte zu der Bestellung der 10 Stück 1-Do-1 Schnellzugs-[2]) und 29 Stück Personenzugslokomotiven 1-Co-1 bei den genannten Firmen. Bei diesen Typen wurde unter dem Eindruck der glänzenden Betriebsergebnisse mit den 2-Co-1-Schnellzugslokomotiven der S. B. B.[3]) der Einzelachsantrieb nach Ausführung BBC angewandt.

Als Leistungseigenschaften wurden vorgeschrieben:

Höchstgeschwindigkeit	**100 km/h erhöht auf 110 km/h**
mittl. Anfahrzugkraft (am Haken)	**13 150 kg**
größte Anfahrzugkraft	**15 400 kg**
1 h Leistung	**2400 PS**
Dauerleistung	**2000 PS**
Anfahrleistung	**115 vH über Dauerleistung**

Die verlangte Leistung bei 100 km/h hätte sich, nachdem der zulässige Achsdruck auf 20 t erhöht wurde, auch mit einer 2-Co-1-Type bewältigen lassen. Um jedoch die gleichen Motoren wie in der 1-Co-1-Type verwenden zu können, hat die Reichsbahn trotz der Verteuerung der Lokomotive dem viermotorigen Entwurf zugestimmt, für den dann die Höchstgeschwindigkeit mit einem 600 t Zug auf 110 km/h heraufgesetzt wurde. Der hierdurch erzielte Überschuß an Leistung und Reibungsgewicht kommt dem Betriebe sehr zu gute, da, wie Versuche zeigten, die Reibung zwischen Rad und Schiene bei Geschwindigkeiten über 60 km/h rasch abnimmt[4]).

Die allgemeine Anordnung des Laufwerks ist durch den bekannten Antrieb von BBC-Buchli gegeben. Die Außenlager der großen Räder sind in einem gemeinsamen Hilfsrahmen gelagert. Um die Übertragung zwischen der Motorwelle und dem Antrieb elastisch zu gestalten und einen richtigen Zahneingriff auch bei kleinen Abweichungen in der Parallelität der Zahnräder zu gewährleisten, besteht das Ritzel aus einer Nabe und drei gegeneinander verdrehbaren Kränzen. Zwischen Nabe und Zahnkranz sind dreimal drei Federn in besonderen Taschen eingebaut. Die vierte Tasche enthält drei Dämpfungselemente bestehend aus je 12 Reibungslamellen, die durch eine gemeinsame Feder einstellbar zusammengepreßt werden. Die Anordnung der Laufachsen ist bei den ersten fünf Lokomotiven derart, daß diese mit den äußeren Triebachsen zu einem Krauss-Helmholtz-Drehgestell verbunden sind, bei dem die Triebachse nur seitenverschiebbar ist. Die letzten fünf Ausführungen haben Drehgestelle nach Buchli, bei denen der Drehzapfen knapp hinter der nur radial einstellbaren Triebachse liegt. Sämtliche Drehgestelle sind mit vorgespannten Rückstellfedern für etwa 3000 kg Endkraft versehen. Die Anwendung verschiedener Konstruktionen sollte deren praktischen Vergleich ermöglichen. Bei beiden Ausführungen haben die mittleren Triebachsen eine Seitenverschieblichkeit von ± 15 mm. Der Lokomotivkasten ist mit Rücksicht auf leichte Zugänglichkeit der elektrischen Ausrüstung im Mittelteil nur bis zur halben Höhe der Seitenwände geführt. Das Dach ist nur über den Führerständen und den benachbarten Teilen des Maschinenraumes fest und trägt hier die beiden Stromabnehmer. Die Teile über je zwei Motoren und über dem in der Mitte stehenden Transformator sind abhebbar. Die Seitenwände haben Türen zur Zugänglichmachung des Inneren, die auf einer Seite durch Lüftungsjalousien gebildet werden.

Die elektrische Ausrüstung entspricht der Regelausführung von BBC. Die Fahrmotoren ruhen mit zwei Füßen an jedem Lagerschild auf dem Hauptrahmen. Sie leisten bei künstlicher Kühlung 600 PS einstündig und sind zwölfpolige, kompensierte Reihenschlußmotoren mit geshuntetem Wendefeld und Widerstandsverbindern zwischen Anker und Kollektor. Die Ankerspannung von 650 V gestattet ohne übermäßige Stromstärken die Parallelschaltung, was mit Rücksicht auf das Schleudern einer Achse günstig ist. Der Transformator hat Ölumlaufkühlung in einem Rohrsystem, das an einer Längsseite des Kastens untergebracht ist. Die Hochdruck-Zentrifugalpumpe wird von einem der beiden Motorlüfteraggregate angetrieben. Der Stufenschalter ist auf dem Apparatebord neben dem Transformator aufgesetzt und wird von Hand über Kettenräder von den Blindkontrollern gestellt. Der jedem Motor zugeordnete Funkenzieher kann die Höchstleistung der Motoren bei größter Spannung abschalten, was für die Schnellabschaltung mittels Druckknopf wichtig ist. Die Fahrtwender je zweier Motoren stehen zwischen diesen beiderseits des Stufenschalters und bestehen aus der druckluftbetätigten Mittelwalze und zwei von Hand zu stellenden Motor-Abschaltwalzen.

Die erste Lokomotive wurde im Juni v. J. dem Betrieb übergeben, nachdem deren Fertigstellung durch Vorziehen der 1-Co-1-Personenzugslokomotive mehrfach aufgeschoben wurde. Binnen Jahresfrist folgten die übrigen neun Einheiten und wurden sofort in die Sommerfahrordnung der Strecken Rosenheim — München — Regensburg eingestellt. Eine Kontrolle der Getriebe nach 30 000 km ließ keine Abnutzung an den Zahnrädern und Kuppelstangen erkennen. Sämtliche Lokomotiven zeigen eine Lauffähigkeit, die sich der eines D-Zugwagens nähert. Das Krauß-Helmholtz-Drehgestell zeigt wegen seiner eindeutigen Spurkranzführung eine gewisse Überlegenheit über das Buchli-Drehgestell beim Lauf mit mehr als 80 km/h, wo bei letzterem gelegentlich stärkere Seitenstöße und Schwanken des Kastens auftreten. Die Drehgestellausschläge wurden mit einem von Wichert angegebenen Apparat registriert, doch ist die Auswertung der Ergebnisse noch nicht durchgeführt. Weiters wurden eingehende Versuche über die Abhängigkeit der Reibungsziffer bei verschiedenem Schienenzustand und verschiedenen Geschwindigkeiten gemacht, indem bei Meßfahrten die Schleudergrenze bestimmt und mit den Motorkurven verglichen wurde. Es ergaben sich bei feuchten Schienen und bei

$v =$	10	30	50	70	90	110 km/h
Reibungszahl	0·192	0·184	0·17	0·142	0·106	0·09

Die Motoren zeigten, daß man sie unbedenklich mit dem 2·6fachen Dauerdrehmoment anfahren lassen kann, was nur auf die Widerstandsverbinder zurückzuführen ist. Dort wo, wie dies für die Verhältnisse der Deutschen Reichsbahnen die Regel ist, die Erwärmungsgrenze nicht erreicht wird, vielmehr die Funken- und Kommutierungsgrenze maßgebend ist, ermöglichen solche Motoren eine um zirka 15 vH höhere Betriebsleistung. Die Abnutzung der Kohlen nach 25 000 km betrug im Mittel 0·15 mm für 1000 km. Auf Grund der Erfahrungen an den 1-C-1-Lokomotiven kann die Zeit bis zum Abschleifen der Kollektoren auf mehr als 100 000 km schätzen. Die verschiedenen Meßfahrten ergaben bei einem Zugsgewicht von 654 t, das heißt bei einem auf die Dauerleistung bezogenen spezifischen Zugsgewicht von 0·384 t/PS, daß trotz nicht fahrplanmäßiger Zwischenaufenthalte keine nennenswerten Erwärmungen auftreten. Bei einer fahrplanmäßigen Fahrt über 28·6 km mit 2 bis 2·3 vT Steigung betrug der Wh-Verbrauch je

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, Seite 323.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 28, S. 583.
[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 184.
[4]) Über die Hauptabmessungen der Lokomotive vergleiche S. 583 in Heft 28 d. J., Abb. 41.

Digitized by Google

Brutto-tkm nur 25·8 Wh bei einem Zugförderungswirkungsgrad (einschließlich Nebenbetriebe) von 65 vH. Die Überlastbarkeit der Motoren zeigte sich bei einer Fahrt mit 600 t, bei der mit nur zwei Motoren in 2 vT Steigung bis auf 80 km/h beschleunigt und etwa 15 min gefahren wurde, wobei eine mittlere Leistung jedes Motors von durchschnittlich 1050 PS ohne Schleudern oder unzulässige Erwärmung abgegeben wurde. Die Lokomotiven haben somit eine die vertraglichen Bedingungen erheblich übersteigende Leistung. Wl.

(Elektrische Bahnen, 3. Jahrg., Heft 3, März 1927.)

Einbau von Spiralfedern in eine Bahnfahrleitung. Die durch ein Gesetz vom Jahre 1924 geforderte Elektrifizierung sämtlicher Bahnen innerhalb der Stadt New-York ergab beim Bau der Fahrleitungen viele Schwierigkeiten. Der oft nur geschüttete Grund erzwang die Ausbildung besonders leichter Fahrdrahtsysteme. Um die an den Mastfundamenten auftretenden Kräfte auch bei Eislast gering zu halten, wurden bei einem am Ufer des Hudson gelegenen Güterbahnhof der Delaware, Lackawanna & Western Ry. Spiralfedern in das Tragwerk eingebaut. Der Fahrdraht von 67 mm² Querschnitt wurde mittels eines Hilfsdrahtes an Querseilen aufgehängt, die unter Zwischenschaltung von Spiralfedern an hohlen, biegsamen Betonsäulen befestig sind. Durch entsprechende Serien- und Parallelschaltung konnten mit Federn einer Größe und gleicher Charakteristik Zugkräfte von 180 kg bis 1140 kg aufgenommen werden. Die Federn bestehen aus Stahldraht von 15 mm Stärke und haben 64 Windungen von 100 mm Durchmesser. Ihre Länge beträgt 1140 mm im entlasteten und 1670 mm im belasteten Zustand, bei einer Höchstbelastung von 510 kg entsprechend einer Drahtbeanspruchung von 3900 kg/cm². Diese Spannung tritt aber nur bei Eislasten auf, wie sie in dieser Gegend sehr selten sind. Die Zugkraft im Fahrdraht beträgt dann 230 kg. Das längste Querseil ist 80 m lang und trägt die Fahrdrähte von 15 Gleisen. Seine Normalspannung ist 840 kg bei 3·65 m Durchhang und im Falle von Eislast 1130 kg bei 5·2 m Durchhang. Bei diesem Querseil mußten drei Federn parallel und vier in Serie geschaltet werden, so daß sich an jedem seiner Enden sechs Federn befinden. Die freien Enden der Fahrdrähte bei toten Geleisen wurden mittels einer Spiralfeder an den Masten befestigt. Bei den den Ufern zunächst gelegenen Geleisen erfolgte die Fahrdrahtbefestigung an Auslegern, die derart drehbar an den Masten befestigt wurden, daß im Falle des Bruches des Fahrdrahtes auf einer Seite die Betonmasten lediglich Biegungs- und keine Verdrehungsbeanspruchungen erfahren. Die Güterwagen werden mittels einer Fähre über den Hudson zum Bahnhof gebracht und wegen des Wasserspiegelunterschiedes von 1·8 m zu Zeiten von Flut und Ebbe mußte auch eine 30 m lange zweigleisige Rampe mit abschaltbaren Fahrdrähten versehen werden. Die Verbindung derselben mit den landseitigen Fahrdrähten geschah durch gelenkig befestigte 2 m lange T-Eisen unter Zwischenschaltung einer Trennstelle. Wegen des großen Salzgehaltes der Luft wurde die ganze Fahrdrahtaufhängung aus nichtrostendem Material hergestellt, die Ausleger erhielten einen Bleiüberzug, die Spiralfedern einen besonderen Aluminiumüberzug. Der Betrieb der Anlage erfolgt mit Gleichstrom von 600 V. Spiro.

(„Railway Electrical Engineer", Mai 1927.)

Elektrische Apparate.

Einen Gleichspannungs-Transformator beschreibt Preston B. Carwile. Durch eine Gleichstromquelle wird ein Kondensator aufgeladen, dann in Serienschaltung mit der Stromquelle verbunden und das ganze zur Aufladung einer zweiten Kapazität benutzt. Auch diese wird dann wieder in Serienschaltung mit der Stromquelle und dem ersten Kondensator zur Ladung einer dritten Kapazität benutzt. Bei n Kondensatoren erhält man so eine Spannung gleich dem $2n$fachen Anfangswert. (Dabei ist allerdings vom Verfasser nicht besonders erwähnt, daß diese Spannung nur dann erhalten werden kann, wenn jeder folgende Kondensator auf die volle Spannungshöhe der ladenden Anordnung gebracht wird. Seine Kapazität muß also klein gegen die Ladekapazität sein, auch muß genügend Zeit zur Aufladung auf volle Spannung zur Verfügung stehen. D. Ref.) Der Schaltvorgang wurde bei einer Versuchsausführung durch eine rotierende Kontaktscheibe bewirkt. Bei vier Kondensatoren wurde tatsächlich die 16fache Spannung erhalten, wodurch ein weiterer (Ausgleichs-) Kondensator geladen wurde. Der praktische erreichbare Strom ist — wie auch bei mit Kapazitätsänderung arbeitenden Generatoren — sehr klein. Bei dem Versuchsmodell, bei dem als größter Kondensator 2 μF benutzt wurden, wurde bei 5 sekundlichen Umdrehungen ein Kurzschlußstrom von etwa 0·1 A erreicht. Weitere theoretische Untersuchungen, insbesondere über den Einfluß der absoluten und relativen Größe der Kondensatoren, der Drehgeschwindigkeit usw. fehlen noch. Verfasser erhofft die Anwendung zur Erzeugung und Messung hoher Spannungen für alle Fälle, wo nur ganz geringe Ströme erforderlich sind. Pdz.

(Journ. Opt. Soc. Amer., 14, 323 — 327, Nr. 4, 1927.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Verständlichkeitsmessungen an Telephonie-Übertragungssystemen. Von H. F. Mayer. Die Forderung, daß die Übertragung in einem Telephonie-Übertragungssystem absolut naturgetreu ist, das heißt, daß die wiedergegebene Sprache sich von der ursprünglichen in keiner Weise unterscheidet, läßt sich in der Praxis aus wirtschaftlichen Gründen nicht erfüllen. Außer diesen wirtschaftlichen Gründen (Einschränkung des Durchlässigkeitsbereiches bei Pupinleitungen) kommen speziell beim Weitfernsprechbetrieb noch Verzerrungen der übertragenen Sprache durch die nichtlinearen Eigenschaften der Pupinspulen und der Verstärkerröhren hinzu. Zur Bestimmung der Übertragungsgüte eines Fernsprechsystems werden nun vom Verfasser Verständlichkeitsmessungen vorgeschlagen, welche derart ausgeführt werden, daß von einer bestimmten Person am Anfang der zu untersuchenden Leitung ein bestimmter Silbentext vorgelesen wird und am Ende der Leitung durch mehrere Beobachter dieser Text abgehört wird. Der prozentuale Teil der richtig abgehörten Silben wird dann als „die Verständlichkeit der Leitung" bezeichnet. Um ein Erraten der einzelnnen Silben durch die abhörenden Personen zu vermeiden, ist der für Prüfzwecke zu benutzende Silbentext sorgfältig auszuwählen. Es werden nur Kunstsilben ohne jegliche Bedeutung verwendet, wobei jedoch Bedingung ist, daß sich diese Kunstsilben gut aussprechen lassen. Falls für derartige Verständlichkeitsmessungen immer dieselben Leute verwendet werden, so lassen sich diese Messungen mit einer Genauigkeit von 3 bis 5 vH jederzeit reproduzieren. Die direkte Verständlichkeit dieser Methode beträgt etwa 98 vH. Bei einem Fernsprechsystem mit guten Tischstationen bei geringer Leitungsdämpfung (durch eine verzerrungsfreie Kunstleitung hergestellt) ergibt sich eine Silbenverständlichkeit von 70 bis 80 vH. Wie die Versuche ergeben haben, bleibt diese Verständlichkeit bis zu einer zwischen den beiden Fernsprechapparaten eingeschalteten Dämpfung von $b = 2$ nahezu konstant, ungefähr 75 vH. Bei größeren Leitungsdämpfungen bis zu $b = 3$ sinkt dann die Verständlichkeit bis auf etwa 60 vH. Wird die Leitungsdämpfung noch größer, so sinkt die Verständlichkeit ziemlich rasch und erreicht bei einem Werte von $b = 6$ bis 7 nahezu Null, das heißt über eine solche Leitungsdämpfung ist eine Verständigung überhaupt unmöglich. Geschieht der Empfang in einer schalldichten Zelle, so sind die Verständlichkeitswerte um einige vH höher als beim Empfang in einem Zimmer mit normalen Raumgeräuschen. Die Untersuchungen über den Einfluß der Grenzfrequenz der Leitung auf die Verständlichkeit haben ergeben, daß nur die Frequenzen unterhalb von 2400 Hertz wesentlich zur Silbenverständlichkeit beitragen. Eine Vergrößerung des Durchlässigkeitsbereiches bringt keine nennenswerte Erhöhung der Verständlichkeit. Als Schlußfolgerung aus

Digitized by Google

diesen Untersuchungen kann man also sagen, daß mit Rücksicht auf eine genügend große Verständlichkeit (als praktisch genügend kann man eine Silberverständlichkeit von 60 vH annehmen) die Leitungsdämpfung zwischen zwei Teilnehmerstationen nicht größer als $b = 3$ und die Grenzfrequenz der Leitung nicht kleiner als 2400 Hertz sein soll. Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 4, Heft 4, 1927.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Zur Klärung des Streubegriffes zieht H. Hemmeter (gest. am 19. Aug. d. J.) die Ersatzschaltungen des Transformators heran, indem er die elektrische Kopplung an Stelle der magnetischen setzt. Der Sekundärstrom J_2 erscheint in der Ersatzschaltung in geändertem Maßstabe, insoferne, als der Sekundärstrom in der Ersatzschaltung $J_2' = -J_2/\ddot{u}$ ist, worin $\ddot{u}$ ein willkürlich zu wählendes Umsetzungsverhältnis darstellt, von dessen Wahl die Impedanzen der Ersatzschaltung abhängen. Bei einem bestimmten, dem „natürlichen" Umsetzungsverhältnisse

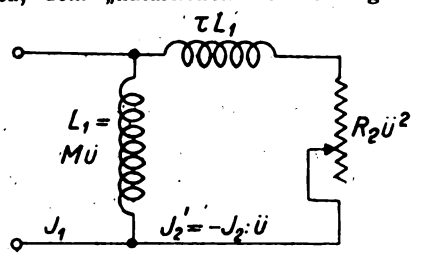


Abb. 1.

verschwindet die Impedanz im Primärkreise. Geht man von den unter Vernachlässigung des primären Ohmschen Widerstandes und der Eisenverluste geltenden Transformatorgleichungen

$$U_1 = j\omega L_1 J_1 + j\omega M J_2,$$
$$0 = R_2 J_2 + j\omega L_2 J_2 + j\omega M J_1$$

aus, worin U_1 die primäre Klemmenspannung; J_1 und J_2 den Primär- und Sekundärstrom L_1, L_2 und M die primäre, sekundäre und gegenseitige Induktanz; R_2 den Ohmschen

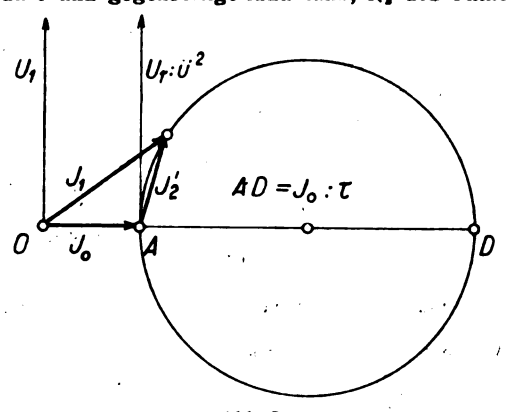


Abb. 2.

Widerstand im Sekundärkreise und ω die Kreisfrequenz bezeichnet und setzt $\ddot{u} = L_1/M$; $J_2' = -J_2/\ddot{u}$, so erhält man nach einigen Umformungen

$$U_1 = j\omega L_1 (J_1 - J_2'),$$
$$U_1 = R_2 (L_1/M)^2 J_2' + j\omega L_1 \tau J_2',$$

worin $\tau = L_1 L_2/M^2 - 1$ den Heylandschen gesamten Streufaktor darstellt. Dieser Faktor reicht also zur Kennzeichnung der Verhältnisse vollkommen aus. Für andere $\ddot{u}$ erhält man eine Primärimpedanz $\tau_1 \ddot{u} M$ und eine Sekundärimpedanz $\tau_2 \ddot{u} M$, also einen primären und einen sekundären Streufaktor, deren Verhältnis jedoch von der willkürlichen Wahl von $\ddot{u}$ abhängt, also selbst willkürlich ist. Die obigen Gleichungen entsprechen der Ersatzschaltung nach Abb. 1, in der die Impedanz im Primärkreise verschwunden ist. Der Transformator ist auf zwei parallelgeschaltete Impedanzen zurückgeführt. Für ein variables R_2 erhält man die Darstellung von J_2' durch den bekannten Heylandkreis Abb. 2. Es scheint zunächst, als ob die Ersatzschaltung im Falle $R_2 = \infty$ gleiche Primär- und Sekundärspannungen liefern würde. Indeß muß man alle aus der Schaltung entnommenen, auf den Sekundärkreis bezüglichen Spannungen durch das Umsetzungsverhältnis $\ddot{u} = L_1/M$ dividieren. Der Durchmesser des Heylandkreises AD steht auf U_1 senkrecht, da

$$U_1 = J_2' (R_2 \ddot{u}^2 + j\omega L_1 \tau)$$

ist und für $R_2 = 0$ der Strom $J_2'_{max} = U_1/j\omega L_1 \tau$ auf der reellen Größe U_1 senkrecht steht. Für $R_2 = \infty$ ist $J_1 = J_0 = U_1/j\omega L_1$, also $J_2'_{max} = J_0/\tau$ und $J_2'_{min} = 0$. Soll der Ohmsche Widerstand im Primärkreise berück-

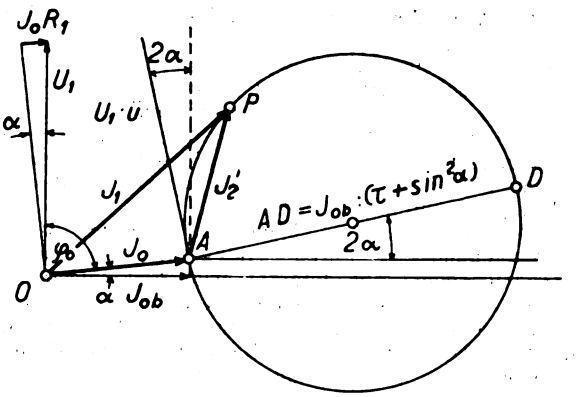


Abb. 3.

sichtigt werden, so erhält man eine analoge Ersatzschaltung ohne Primärimpedanz, wenn man z. B. $\mathfrak{z}_1 = R_1 + j\omega L_1$; $\mathfrak{z}_2 = R_2 + j\omega L_2$ und $\mathfrak{m} = j\omega M$ setzt, so daß die Ausgangsgleichungen

$$U_1 = J_1 \mathfrak{z}_1 + J_2 \mathfrak{m}$$
$$0 = J_1 \mathfrak{m} + J_2 \mathfrak{z}_2$$

lauten. Setzt man wieder $J_2' = -J_2/\ddot{u}$; diesmal jedoch $\ddot{u} = \mathfrak{z}_1/\mathfrak{m}$, so gelangt man auf demselben Wege, wie früher zu den Gleichungen

$$U_1 = \mathfrak{z}_1 (J_1 - J_2')$$
$$U_1/\ddot{u}^2 = J_2' \mathfrak{z}_2 (1 - \mathfrak{m}^2/\mathfrak{z}_1 \mathfrak{z}_2).$$

Diese Gleichungen entsprechen bei variablem R_2 dem Ossannakreise. Abb. 3. Die Spannung $U_1/\ddot{u}^2$ ist gegen U_1 und ebenso der Durchmesser des Kreises gegen die zu U_1 senkreckte Abszisse um den Winkel $2\alpha = \pi - 2\varphi_0$; $\operatorname{tg}\varphi_0 = \omega L_1/R_0$ (φ_0 = Leerlaufswinkel) im positiven Sinne

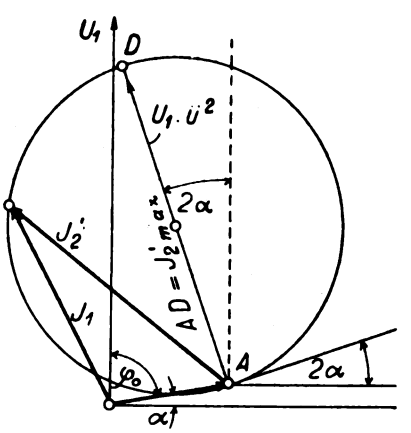


Abb. 4.

verschoben. Der Kreisdurchmesser AD ist wieder gleich $J_2'_{max}$ und wird mit der Substitution $J_{0b} = (U_1/\mathfrak{z}_1) \sin\varphi_0$ durch

$$J_2'_{max} = J_{0b}/(\tau + \sin^2\alpha)$$

dargestellt, worin wieder wie oben $\tau = L_1 L_2/M^2 - 1$ ist.

Dem Resonanztransformator entspricht die gleiche Ersatzschaltung mit dem selben $\ddot{u}$, wie dem Ossannakreise; nur ist hier die sekundäre Reaktanz veränderlich, während R_2 ungeändert bleibt. J_2' fällt daher

Digitized by Google

in die Richtung von $U_1/\mathfrak{U}^2 = U_1 \mathfrak{w}^2/\mathfrak{z}_1^2$ und der Kreisdurchmesser $A\,D$ wird

$$J_1'_{max} = U_1/(R_1 + R_2 z_1^2/\omega^2 M^2),$$

worin $z_1^2 = R_1^2 + \omega^2 L_1^2$ ist. Hiemit ist der zugehörige Kreis Abb. 4 leicht zu entwerfen. Die Berücksichtigung der Eisenverluste unter Zugrundelegung eines Transformators mit 3 Wicklungen wird in einem späteren Artikel behandelt werden. R. H.

(Arch. f. Elektr. Bd. 18, H. 2, 1927.)

Chronik.

Die Volta-Zentenarfeier in Como. Die Stadt Como war im August und September dieses Jahres der Sammelpunkt für eine Reihe internationaler wissenschaftlicher Vereinigungen, deren Tätigkeit in mehr oder weniger engem Zusammenhange mit der elektrotechnischen Wissenschaft steht. Galt es doch das Gedächtnis an den großen Forscher Alessandro Volta in seiner Vaterstadt an seinem hundertsten Todestag zu ehren.

Die Komitees und Kongresse, die am 10. und 11. September zu Ehren Voltas in Como tagten, waren folgende: Die Internationale Elektrotechnische Kommission (I. E. C.), deren Beratungsort das nahegelegene Bellagio war, der Internationale Kongreß der Physiker, das Comité Consultatif International pour Téléphonie à grande Distance und der Internationale Kongreß für Telegraphie und Telephonie.

Über den Lebenslauf Voltas und seine Bedeutung für die elektrotechnische Wissenschaft ist an dieser Stelle bereits von berufener Seite berichtet worden[1]). Der Verlauf und die Ergebnisse der vorgenannten internationalen Beratungen wird später in der Zeitschrift dargestellt werden. Hier soll vor allem der glanzvollen Feierlichkeiten zu Ehren des großen Sohnes der Stadt in einigen Worten gedacht werden.

Am 10. September um 10 Uhr vormittags versammelten sich die Mitglieder dieser Kommissionen und Vereinigungen in der großen Halle der Villa Olmo in Como. Unterstaatssekretär der italienischen Post- und Telegraphenverwaltung, Exzellenz Permavaria, begrüßte die erschienenen Vertreter der wissenschaftlichen Welt, hierauf hieß der Bürgermeister von Como, Herr Baragiala, die Kongreßmitglieder im Namen des italienischen Staates willkommen. Weiters ergriffen Professor de Pirro von der Generaldirektion der Abteilung für Post und Telegraphie, sodann ein Vertreter der italienischen Elektroindustrie und Professor Breisig von der deutschen Reichspostverwaltung das Wort zu Festansprachen.

Nachmittag legte eine große Gruppe von Kongreßteilnehmern unter Führung des Professors de Pirro von der italienischen Generalpostdirektion einen Kranz an Voltas Grab nieder. Unter den Teilnehmern waren auch die Professoren Zanino und Luigi Volta, unmittelbare Nachkommen des großen Physikers, zu sehen.

Am Abend vereinigte ein Bankett zu Ehren der Mitglieder des internationalen Kongresses für Telephonie, veranstaltet vom Exekutivkomitee, ungefähr 250 Kongreßteilnehmer.

Die eigentliche Feier zur Ehrung Voltas fand am folgenden Tage im Theater von Como statt. Zunächst ergriff Senator Antonio Garliasso das Wort. In einer Gedenkrede, brillant in Form und Ausdruck, reich an sehr interessanten Daten, gedachte er der Gestalt und des Wertes Voltas. Er betonte die Beziehungen zwischen den Gedanken Voltas und den Entdeckungen Galvanis, indem er darlegte, wie Volta zuerst die von Galvani im Frosch beobachteten bekannten Phänomene nur auf tierische Elektrizität zurückführte, später jedoch durch bewundernswerte Arbeiten und Versuche zu seiner großen Entdeckung der Erzeugung der Elektrizität durch Kontakt verschiedener Metalle geleitet wurde. Diese führte ihn dann in der Folge zur Erfindung des Volta-Elementes.

Der Vortragende zog eine Parallele zwischen Volta und Galvani. Letzterer verdankte seine Beobachtungen dem bloßen Zufall, gab aber dadurch die Bedingungen zur Wiederholung und zum Ausbaue dieser Versuche. Volta dagegen wußte sich rechtzeitig vom Vorurteile der tierischen Elektrizität zu befreien. Auf Grund der vom Redner sorgfältig gesammelten Beurkundungen läßt sich feststellen, daß auch Galvani sich zum Gelingen seiner Versuche zweier Metallbogen bediente, das heißt daß er, wenn auch nur kurze Zeit, den gleichen Weg geschritten ist, wie später Volta. Über diese epochemachende Entdeckung hinaus hat Volta viel zur Entwicklung der Elektrizitätslehre beigetragen. Diese Arbeiten, welche zur damaligen Zeit für die Chemie, Wärmelehre, Meteorologie von besonderem Interesse schienen, zeigten den Weg zu weiteren Forschungen in der Elektrizität. Die Forschungen über das Methan (Sumpfgas) veranlaßten Volta, die erste Gaslampe zu konstruieren, so wie es ihm auch gelang, noch vor Lavarine die synthetische Zusammensetzung des Wassers festzustellen.

Nach Garhasso, dessen Rede stärksten Beifall fand, sprach der englische Physiker Rutherford, welcher der engen Beziehungen Voltas zur Royal Society in London gedachte, die jetzt eine der größten wissenschaftlichen Körperschaften der Welt ist. Sie hat Volta im Jahre 1791 zum auswärtigen Mitgliede ernannt und ihr hat er die berühmtesten seiner Erinnerungen über die Erfindung des Elementes angeboten, die in Form eines an Sir Joseph Banks, Präsidenten der Society, übermittelten Schreibens in der Sitzung vom 26. Juni 1800 vorgetragen und mit Beifall aufgenommen wurden. Rutherford hat daran erinnert, daß in jenen Zeiten der schweren politischen Störungen die Denkschrift Voltas London erst nach vielen Wechselfällen erreichte. Als gegenwärtiger Präsident der Royal Society hatte er sich vorgenommen, dieser hervorragenden Erinnerung Erwähnung zu tun, indem er bemerkte, daß auch vor einem Jahrhunderte die Wissenschaft schon international gewesen ist.

Nicht minder interessante Einzelheiten brachte Mr. Janet über die Beziehungen zwischen Volta und den französischen Gelehrten und im besonderen mit der Académie Royal des Sciences vor. Es war im Jahre 1801, als Volta sich nach Paris begab, wo er am 7. November der Akademie seine Erfindung über das Element in einer Sitzung vorbrachte, bemerkenswert durch das lebhafte Interesse, welches der Bürger Bonaparte, wirkliches Mitglied und erster Konsul, ihr entgegenbrachte. Janet hat auch viele Einzelheiten über die Beweise der Wertschätzung und der Bewunderung, welche Bonaparte auch später Volta entgegenbrachte, berichtet.

Weiters sprachen noch Kennely und van Lane und schließlich im Namen des italienischen Staates Herr Martelli, welcher zum Schlusse seiner Ansprache den „Kongreß für Telegraphie und Telephonie" für eröffnet erklärte.

Der Nachmittag war einem allgemeinen Besuch der Voltaausstellung gewidmet und abends fand im Theater eine Festvorstellung statt.

Hiemit fand die Ehrung Voltas anläßlich der hundertsten Wiederkehr seines Todestages ihren Abschluß.

R. Heider.

[1]) Vgl. A. Ettingshausen, „Zum Gedächtnis an Alexander Volta", E. u. M. 1927, Heft 36, S. 724.

Literaturberichte.

3582 **Hydro-Electric Handbook.** Von W. P. Creager und I. D. Justin. 897 Seiten, 24 × 15 cm, mit 494 Abb. und Tafeln, New York und London 1927. Verlag von I. Wiley und Sons, New York, bezw. Chapman und Hall, Limited, London. Preis 40 Sh.

Der ganz außerordentlich reiche Inhalt dieses Handbuches, welches unter Mitarbeit von G. C. George, I. H. Gandolfo, N. C. Grover, E. E. Halmos, R. A. Hopkins, I. C. Hoyt, W. W. Tefft, B. E. und

Digitized by Google

W. M. White geschaffen wurde, ist auf die gigantischen Verhältnisse Amerikas zugeschnitten, das ob seines Reichtums an Wasserkräften, ob seines industriellen Aufschwunges, nicht zuletzt aber auch ob seines Geldreichtums allenthalben führend in der Welt geworden ist.

Ausgehend von den hydrologischen Grundlagen wird die Ausbaugröße eines Wasserkraftwerkes ermittelt. Die allgemeine Anordnung der Wasserkraftanlage, ihre bauliche Ausrüstung, Sperre, Einlauf, Obergraben, Rohrleitung, Stollen usw. werden eingehendst behandelt; übergehend zum Krafthaus werden dessen Disposition, sowie die Wasserturbinen selbst, ihre Geschwindigkeits- und Druckregler in lichtvoller Weise ihrem heutigen Stande entsprechend gebracht. Eine Einführung in die Elektrotechnik, das Wichtigste über Generatoren, Erreger, und Transformatoren, die Schalttafel und ihre Ausrüstung, die Fernleitungen usw., nicht zuletzt aber auch ein wertvolles Kapitel über Wirtschaftlichkeitsberechnungen, über Wassermessungen und Winke für die Wartung von Wasserkraftwerken beschließen das Handbuch, das in mehr denn einem Kapitel bisher nicht veröffentlichtes Zahlenmaterial und originale Konstruktionen bringt, aber auch Bekanntes in oft eigenartig amerikanischer Beleuchtung bietet.

Das Handbuch wird sich ob seines gediegenen Inhaltes, der durch eine prächtige Ausstattung wirkungsvoll ergänzt wird, viele Freunde erwerben. Wenn sich auch unsere Wasserkräfte mit denen Amerikas nicht messen können, wird es auch unseren Ingenieuren, die sich mit der Planung von Großkraftwerken befassen. bald ein unentbehrlicher Ratgeber sein.

Prof. Dr. Baudisch.

860 **Schaltanlagen in elektrischen Betrieben.** Von Prof. Dr. F. Niethammer. II. Band: Schaltanlagen für hohe Spannungen und große Leistungen, Schaltkästen, Schutzvorrichtungen. Mit 53 Abb., zweite Auflage. Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1927, Sammlung Göschen Nr. 797[1]).

Wenn es überhaupt möglich ist, im knappen Umfang von 96 Seiten das im Untertitel genannte Gebiet zu behandeln, so muß die größte Sorgfalt auf die Auswahl dessen gerichtet werden, was aus dem ungeheuren Stoff des praktischen Schaltanlagenbaues in dem kleinen Büchlein Aufnahme finden soll. Diese Auswahl ist mit viel Verständnis gelungen und was das Buch bietet ist eine sehr vielseitige, die modernste Entwicklung aufzeigende in Form von kurzen Hinweisen gehaltene Beschreibung der wichtigsten Teile von Schaltanlagen, sowie einiger ausgeführter Schaltanlagen selbst. Dem auf diesem Gebiete Tätigen bringt es nichts wesentlich Neues, wer aber als mehr oder weniger Außenstehender in kurzer Zeit und in großen Zügen über die Materie unterrichtet sein will, dem ist das Büchlein wärmstens zu empfehlen, denn es wird ihm bei aufmerksamer Lektüre einen sehr vielseitigen Einblick gewähren.

Als eine besonders gute Eigenschaft der Mehrzahl der Abbildungen sei erwähnt, daß sie eingeschriebene Maße enthalten, was man in der Literatur nur allzu häufig vermissen muß. Die Ausstattung ist die der bekannten Göschensammlung. A. Fritz.

3592 **Das Telephon und sein Werden.** Von August Rotth, Oberingenieur der Siemens & Halske A. G. VIII und 148 Seiten mit 33 Abbildungen. Berlin, Verlag von Julius Springer. Preis gebunden Mk. 4·50.

Wie in dem Geleitwort von Dr. Ing. e. h. Feyerabend, Staatssekretär im Reichspostministerium, erwähnt wird, gab den Anstoß zur Abfassung dieses Buches die im Vorjahre in Amerika festlich begangene Fünfzigjahrfeier der Erfindung des Bellschen Telephons und die Absicht, gelegentlich der fünfzigsten Wiederkehr des Jahrestages, an welchem der Fernsprecher in den öffentlichen Dienst der deutschen Reichspost gestellt wurde (12. November), die Verdienste zu betonen, die sich der Deutsche Philipp Reis bereits 1861 durch erstmalige Herstellung eines Fernsprechapparates erworben hat. — Sein Apparat war, wie von mehreren Seiten bezeugt ist, bereits imstande, die menschliche Sprache, wenn auch nur unvollkommen, zu übertragen. — Obzwar der Reis'sche Empfänger, die elektromagnetisch zum Schwingen gebrachte Stricknadel, dem Bell'schen Empfänger weichen mußte, so hat sich doch der Grundgedanke des Reis'schen Gebers mit der schwingenden Membran, dem veränderlichen Kontakt und der Batterie als Stromquelle bis heute erhalten. — Das Buch gibt in anschaulicher Darstellung ein Gesamtbild von der Entwicklung des Gebers und Empfängers, wie er im Fernsprechverkehr verwendet wird, wobei noch eine Reihe von Personen genannt ist, die einen Anteil an dieser Entwicklung gehabt haben. — Es ist gerade in der jetzigen Zeit zu begrüßen, wenn von berufener Seite die Verdienste ins helle Licht gerückt werden, die sich ein Deutscher um eines der wichtigsten Verkehrsmittel der Gegenwart erworben hat. — In diesem Sinne sei dem anregenden Buche die weiteste Verbreitung gewünscht. Dr. Stecher.

3590 **Fisica General.** Von Dr. Ramón G. Loyarte, Professor an der Universität La Plata (Argentinien). Band 1. Mechanik des starren Körpers, Schwerkraftlehre, Elastizitätslehre der festen Körper. 2. Auflage, 388 Seiten mit 285 Abb. Herausgegeben von der physikalisch-mathematischen Fakultät der Universität La Plata, 1927. Preis 8 Doll.

Der in der Reihe der Veröffentlichungen der Fakultät erschienene Band gibt etwa den Inhalt der Vorlesungen wieder, die der Verfasser zur Einführung in die Physik hält. Der Umfang des behandelten Stoffes und auch die Betrachtungsweise, teils experimentell, teils rechnerisch, teils zeichnerisch, entsprechen im Wesentlichen den entsprechenden Vorlesungen an unseren Hochschulen. Hervorzuheben ist neben der klaren und einfachen Schreibweise besonders, daß ein großer Teil der Beispiele der praktischen Technik entnommen wird.

Wenn auch der nur einigermaßen physikalisch geschulte deutsche Leser kaum etwas Neues in dem Buche finden wird, so kann es doch unter Umständen auch bei uns dem Ingenieur von Nutzen sein, um spanische Sprachkenntnisse nach der mathematisch-technischen Seite hin zu erwerben oder zu erweitern. —k.

Neue Druckschriften.

Siemens-Schuckertwerke A.-G., Siemensstadt.

Beschreibung Nr. 1230. Einpoliger Überstrom-Schnellschalter für Gleichstrom, System Krupp, mit selbsttätiger Wiedereinschaltung bis 400 A (aussetzend) und bis 650 V. 19 Seiten mit 18 Abb.

Preislisten: S 6, Nachtrag I, August 1927. Dreipolige Überstromausschalter mit gemischt verzögerter Auslösung für Wechselstrom bis 750 A. — P 1, Nachtrag I, Juli 1927. Elmo-Werkzeugkühlpumpe. — W 8 d, August 1927. Gleichstrom-Anlaß- und Regelapparate für Werkzeugmaschinenantriebe. (Flachbahn-Regelanlasser, Anlaß- und Regelwalzen, sowie zugehörige Widerstände und Sicherheits- und Bremsschaltung). — BW 4, August 1927. Elektrische Ausrüstungen für Schlagwettergruben. (Schaltkasten, Schienenkasten, Verteilungskasten, Kabeltrommeln, Leitungskupplung, Leitungszugehör, Streckenund Abbaubeleuchtung). — Z 6, Juli 1927. Einphasenstrom-Wattstundenzähler für 40 bis 100 Per/s bis 650 V und 50 bis 100 A.

Spezialfabrik moderner Pumpen Ernst Vogel, Stockerau.

Vogel-Nachrichten, Nr. 7. August 1927. 8 Seiten mit 15 Abb. (Beschreibung, Anwendung, Aufstellung, Liefermenge, Kraftverbrauch usw. der Evo-Automaten zur Hauswasserversorgung. Selbstsaugende Zentrifugalpumpen für Liefermengen von 40 bis 150 l und 5 bis 85 m Gesamtförderhöhe.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 220.

Digitized by Google

MAN-Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.

D 09344. Dampfturbinen für Kondensationsbetrieb. 8 Seiten mit 19 Abb. (Wirkungsweise, Aufbau und Einzelheiten der je nach Leistung, Betriebsverhältnissen und Wirtschaftlichkeit ein- und mehrgehäusigen Turbinen.)

D 03958. Anzapf- und Gegendruckturbinen. 12 Seiten mit 21 Abb. (Neben dem Aufbau ist die Regelung eingehend behandelt.)

D 361438. Ortsfeste, kompressorlose Viertakt-Dieselmotoren. 6 Seiten mit 22 Abb. (Arbeitsweise, Verwendungsbereich und Vorzüge der Motoren.)

Th. Goldschmidt A.-G., Essen.

(Tego Handelsgesellschaft m. b. H. Berlin).

Lagermetalle unter besonderer Berücksichtigung des Universallagermetalles Marke „Thermit". 40 Seiten mit 20 Abb. (Physikalische und mechanische Eigenschaften, sowie Behandlung des Lagermetalles „Thermit" im Betriebe, maschinentechnische Versuche, Ausbildung von Lagern, Wirtschaftliches, Gutachten aus der Praxis, Literatur. Vgl. E. u. M. 1923, Anz. S. 6.)

Schunk & Ebe, Kohlenbürsten- und Bürstenhalterfabrik, Giessen.

Schunk & Ebe-Blätter. 5. Heft, August 1927. 19 Seiten mit 4 Abb. und 3 Formularen. (Kohlenbürsten, ihre Prüfung und Bewertung im Hinblick ihres Einflusses auf wirtschaftliche Betriebsführung. — Die Preisentwicklung der Kohlenbürsten seit der Währungsstabilisierung.)

Briefe an die Schriftleitung.

Neuerungen auf dem Gebiete Isoliermitteltechnik. Von Dr. K. Konstantinowsky, E. u. M. 1927, Heft 40, S. 831.

Die interessante Übersicht über Kabelvergußmasse will ich hier etwas ergänzen.

Meine Meinung, daß die Durchschlagsfestigkeit unter den für Vergußmassen wichtigen Daten nicht fehlen darf, fand in der Diskussion, soweit mir bekannt ist, keinen Widerspruch; im Gegenteil, gerade die Bestimmung der dielektrischen Festigkeit wurde als eine der allgemein als nowendig erachteten Prüfungen hingestellt und das Bedürfnis nach einer guten Methode zu deren Bestimmung wurde allseits anerkannt. Ich bedaure, daß Herr Konstantinowsky, der doch auch anwesend war, diese Frage nicht in die Diskussion gebracht hat, sie wäre dann ihrer Lösung näher gekommen.

Der Anfang des Referates über meinen Bericht (S. 838) wundert mich umsomehr, als Dr. Konstantinowsky zum Schlusse die Bemerkung macht, daß die Wärmeleitfähigkeit (?), die elektrische Festigkeit und möglicherweise der Verlustwinkel bei höheren Temperaturen die Festigkeit der Muffe bestimmen. Wie unlogisch es im übrigen ist, die dielektrische Festigkeit nicht in die gefragten Daten aufzunehmen, ist damit am besten illustriert, daß es möglich ist, eine elektrisch sehr ungenügend isolierende Vergußmasse herzustellen, welche den deutschen Vergußmassenvorschriften genügt.

Nicht unerwähnt hätte meines Erachtens auch bleiben dürfen, daß für Öl mit Herrn Weiß (Straßburg) als Vorsitzenden und für Vergußmassen unter dem Vorsitz des Herrn Grosselin (Paris) Studienkommissionen gebildet wurden.

Delft, 8. Oktober 1927.

H. W. L. Bruckman.

Erwiderung:

Was zunächst die Bildung der beiden Studienkommissionen anlangt, hat Herr Prof. Bruckman vollkommen recht. Es ist zu wünschen und zu erwarten, daß die Arbeiten dieser Kommissionen recht viele und interessante Ergebnisse zeitigen werden. Da ich aus äußeren Gründen bei den Sitzungen des letzten Tages nicht anwesend sein konnte, erfuhr ich erst durch die Druckschriften, welche vom Sekretariate der Conférence ausgesendet wurden, von der Bildung der genannten Kommissionen und leider erst zu einem Zeitpunkte, in welchem eine Berücksichtigung in meinem Berichte nicht mehr möglich war.

Zur Prüfung von Kabelvergußmassen will ich Folgendes bemerken: Bei Kabeln steht (schon aus ökonomischen Gründen) für die Isolierung des spannungsführenden Leiters, ein nur sehr beschränkter Raum zur Verfügung. Nimmt man, was nach dem letztem Stande unserer Vorstellungen durchaus nicht sichergestellt ist[1]), an, daß der Durchschlag in diesem Falle ein rein elektrischer Vorgang ist, dann ist, roh gesprochen, das Material mit der größten dielektrischen Festigkeit das beste. Wenn jedoch der Durchschlagsvorgang in Kabeln kein rein elektrischer sondern ein kombiniert thermisch-elektrischer Vorgang ist, dann sind andere Größen, zum Beispiel die dielektrischen Verluste und die Wärmeleitfähigkeit bei höheren Temperaturen mindestens von ebensolchem Einflusse wie die Durchschlagsfestigkeit bei diesen Temperaturen. Man ist bei Kabeln über einfache Ansätze in dieser Richtung bisher nicht hinausgekommen[2]).

Bei Muffen spielt nun der Raumbedarf keine so entscheidende Rolle wie bei Kabeln, weil eben die Muffe immer nur einen kleinen Prozentsatz des ganzen Kabelstranges ausmacht. Tatsächlich sind ja auch die Muffendimensionen im allgemeinen viel größer als die des Kabels.

Wenn nun auch die Untersuchungen über die Natur des elektrischen Durchschlages in festen Körpern noch wenig vollkommen sichergestellte Ergebnisse gezeitigt haben, so muß man beim heutigen Stande dieser Frage es doch als ein sichergestelltes Ergebnis ansehen, daß der Charakter des Durchschlagsvorganges umsomehr ein thermischer wird um je dickere Isolierschichten es sich handelt[3]). Der Fall der Kabelmuffe ist also dem thermischen Durchschlage näher als der des Kabels. Aus diesem Grunde schien es mir wichtig, zu betonen, daß die Wärmeleitfähigkeit und die dielektrischen Verluste bei höherer Temperatur für Ausgußmassen von Hochspannungskabeln (und nur um solche kann es sich nach dem Titel der Konferenz handeln) zumindest von gleicher, wahrscheinlich aber von ungleich höherer Bedeutung sein werden, wie die Durchschlagsfestigkeit bei höheren Temperaturen.

Ich glaube mit den obigen Ausführungen meinen Standpunkt deutlicher, als dies im Berichte möglich war, präzisiert zu haben und nehme an, daß Herr Prof. Bruckman denselben in Hinblick auf den gegenwärtigen Stand der Forschung teilt.

Bratislava, den 18. Oktober 1927.

Doz. Dr. Kurt Konstantinowsky.

[1]) K. W. Wagner, AIEE 1034, 1922; Steinmetz-Hayden, El. W. 80, 865, 1922; Günther-Schulze, Jahrb. f. Rad. u. Elektronik 92, 1922 usw.

[2]) Roper, AIEE 423, 1922; Berger, Bull. Schw. El., S. 17, 37, 1926; ETZ 47, 673, 1926.

[3]) Rogowski, Arch. f. El. 13, 153, 1924; v. Kármán, Arch. f. El. 13, 174, 1924; Dreyfus, Bull. Schw. El. S. 15, 312, 577, 1924; Inge-Semenoff-Walther, Z. f. Phys., 32, 273, 1924; 34, 15, 1925; Arch. f. El. 17, 433, 1926; Dreyfus, E. u. M. 1926, S. 133; Konstantinowsky, E. u. M. 1926, S. 870; Rogowski, Arch. f. El. 1927, 223; s. a. ETZ 1927, S. 695.

Digitized by Google

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 23. November d. J., um 1/27 Uhr abends, im Hörsaal III des Elektrotechnischen Institutes der Technischen Hochschule, Wien, IV., Gußhausstraße 25, Vortrag des Herrn Direktor Dr. Emanuel Rosenberg (Weiz) über: **Selbstregelnde Dynamo für Gleichstromlichtbogenschweißung**". (Mit Lichtbildern und Experimenten).

Donnerstag, den 1. Dezember d. J., um 1/27 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Hofrat Prof. Ing. Carl Hochenegg (Wien) über: **„Die Schnellbahn Hütteldorf-Hacking — Heiligenstadt — Leopoldau"**. (Mit Lichtbildern.)

Mittwoch, den 7. Dezember d. J., um 1/27 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dipl. Ing. E. König (Frankfurt am Main) über: **„Das Experiment im Dienste des Fortschrittes"**. (Mit Lichtbildern und Film.)

Wirtschaftliche Nachrichten.

Metallstatistik 1926. Nach der von der Metallgesellschaft und der Metallbank und Metallurgische Gesellschaft A. G. in Frankfurt a. M. soeben herausgebrachten üblichen Zusammenstellung über die Hauptmetalle im Welthandel sind Erzeugung und Verbrauch weiter erhöht. Die Zahlen der Welthüttenproduktion für Aluminium, Blei, Kupfer, Zink und Zinn weisen im Durchschnitt der Jahre 1924 bis 1926 gegenüber dem Durchschnitt der Jahre 1909 bis 1913 eine Steigerung von 37 vH auf, die sich für 1926 allein auf 47 vH ausdehnt. Wir folgen im Nachstehenden einer Veröffentlichung in der „Frankfurter Zeitung".

Die mittlere Erhöhung der Metallpreise im Durchschnitt der Jahre 1924 bis 1926, gemessen am Jahrfünft 1909 bis 1913, entspricht einem Index von 136. Darüber hinaus geht die Preisentwicklung bei Zinn und Blei, darunter bleibt sie bei den übrigen Metallen, von denen Kupfer mit einem Index von 98 für 1924 bis 1926 einen Tiefpunkt erreicht. Nachstehende Tabelle I gibt Welt-Erzeugung und -Verbrauch an Nichteisenmetallen.

Tabelle I.

Mill. kg	1913		1925		1926	
	Erzeugung	Verbrauch	Erzeugung	Verbrauch	Erzeugung	Verbrauch
Aluminium . .	63	65	187	183	200	190
Blei	1209	1201	1439	1535	1572	1571
Kupfer	1025	1052	1417	1489	1478	1504
Zink	1001	1001	1296	1180	1493	1232
Zinn	133	129	146	153	145	146

Prozentual hat der Anteil Europas an Erzeugung und Verbrauch gegenüber dem Vorjahr sich nicht stark geändert, lediglich bei Aluminium bleibt er stärker zurück.

Bei Aluminium ist die durchschnittliche Jahreserzeugung 1924 bis 1926 um 274 vH größer als diejenige des letzten Jahrfünfts der Vorkriegszeit. Der Preisindex ist in der gleichen Zeit auf nur 123 gestiegen. Der interkontinentale Austausch von Aluminium beträgt im Durchschnitt der Jahre 1924 bis 1926 10 vH der gesamten Aluminiumerzeugung der Welt, wobei Europa als alleiniger Exporteur, die V. St. A. und Japan als Importeure auftreten. Vom Aluminiumverbrauch in den V. St. A. entfällt rund ein Viertel auf die Automobilindustrie.

Die durchschnittliche Jahreserzeugung 1924 bis 1926 an Blei ist um rund 28 vH größer als 1909 bis 1913, während die Zunahme der Erzeugung der fünf wichtigeren Metalle zusammen, im gleichen Zeitraum 37 vH beträgt. Gemessen am Durchschnitt 1909 bis 1913 ergibt sich ein Preisindex für Blei für den Durchschnitt 1924 bis 1926 von 194. Über die Hauptrichtungen des Bleiverbrauchs wird aus den V. St. A. angegeben, daß im Durchschnitt 1924 bis 1926 21·2 vH auf die Elektroindustrie, 18·2 vH auf die Kabelindustrie, 20 vH auf die Farbenindustrie und 10·4 vH auf die Bauindustrie entfielen. Der Verbrauch der Kabelindustrie hatte zunehmende Tendenz. Trotz bedeutender Eigenproduktion ist Europa der große Bleiimporteur; 22·5 vH der Blei-Hüttenproduktion der Welt wurden im Durchschnitt der Jahre 1924 bis 1926 aus Übersee — im wesentlichen aus Mexiko, Kanada und aus Australien — nach Europa importiert.

Bei Kupfer steht einer stark gesteigerten Produktion ein verhältnismäßig stark gedrückter Preis gegenüber. Die Produktion ist im Durchschnitt der Jahre 1924 bis 1926 um 49 vH gegenüber dem Fünfjahresdurchschnitt der letzten Vorkriegsjahre gewachsen. Demgegenüber sank im gleichen Zeitraum der Preisindex auf 98 und im ersten Halbjahr 1927 auf 92. Auch hier ist Europa der große Importeur; bei einem Überseeumsatz in Rohkupfer von 38·1 vH der Kupfer-Hüttenproduktion der Welt wurden im Durchschnitt der Jahre 1924 bis 1926 allein 36·2 vH aus Übersee — im wesentlichen aus den V. St. A., Chile, Peru, Kanada, Mexiko und dem Kongogebiet — nach Europa eingeführt. Die Elektroindustrie erforderte im Durchschnitt 1924 bis 1926 in den V. St. A. 46·5 vH des Gesamtverbrauches.

Die Zinkerzeugung hat sich im Durchschnitt 1924 bis 1926 gegenüber dem Durchschnitt der Jahre 1909 bis 1193 um 26 vH vergrößert. Gemessen am Durchschnitt 1909 bis 1913 ergibt sich ein Preisindex für den Durchschnitt der Jahre 1924 bis 1926 von 121. Der Ausbau der Elektrolytzinkerzeugung nimmt seit den Kriegsjahren einen gewaltigen Aufschwung. Im Durchschnitt der Jahre 1924 bis 1926 wurden bereits 15·5 vH und 1926 allein 17·4 vH der Zinkhüttenproduktion der Welt auf elektrolytischem Wege erzeugt. Kanada und Australien, deren Zinkgewinnung 1926 zusammen 8·4 vH der Zinkhüttenproduktion der Welt betrug, erzeugen zu 100 vH Elektrolytzink. An der Zinkerzeugung in den V. St. A. war Elektrolytzink im Durchschnitt der Jahre 1924 bis 1926 mit 16 und 1926 allein mit 18 vH beteiligt.

Die Erzeugung von Zinn hat sich im Durchschnitt der Jahre 1924 bis 1926 gegenüber dem Fünfjahresdurchschnitt der letzten Vorkriegsjahre um nur 18 vH gehoben. Der Preisindex für Zinn, gemessen am Durchschnitt der Jahre 1909 bis 1913 jedoch stieg auf 144. Die Aufwärtsbewegung der Preise geht auch in den Jahren 1926 und 1927 weiter. Die Preisindizes für Zinn, gemessen am Durchschnitt der Jahre 1909 bis 1913, sind für das Jahr 1924: 126, für das Jahr 1925: 145, für das Jahr 1926: 162 und für das erste Halbjahr 1927: 167. Die Zinnhüttenproduktion verteilt sich im wesentlichen auf Asien (Indien) und Europa, der Rohmetallverbrauch an Zinn ebenfalls auf Europa, daneben aber mit einem größeren Anteil auf die V. St. A.

Der schon in den letzten Jahren zu beobachtende Rückgang der Einfuhrzahl nach Deutschland hat sich 1926 weiter fortgesetzt in stärkerem Maße bei Blei und Kupfer, die Ausfuhr zeigt gegen das Vorjahr durchgehend kleine Erhöhungen.

Über die Bergwerks- und Hüttenproduktion und den Verbrauch im einzelnen unterrichtet die Tabelle II.

Während die Produktion Deutschlands durchwegs gestiegen ist, hat sich der Verbrauch von Blei, Kupfer und Zinn zum Teil nicht unwesentlich ermäßigt.

Die Produktion von Nickel betrug 1926 insgesamt 34·6 (i. V. 37·1) Mill. kg, davon in Europa 30·6 (33·5), der Rest in Australien. Quecksilber wurden 3·93 (3·59) Mill. kg erzeugt mit einem Wert von Doll. 10·6 (8·8) Mill. Die Silberproduktion läßt sich für 1926 nur auf Grund von Schätzungen mit 7·78 (7·49) Mill. kg angeben, der Wert wird auf Doll. 155·4 (166·4) Mill. berechnet.

Digitized by Google

Tabelle II.

Mill. kg	1913 Welt	1913 davon Europa	1923 Welt	1923 davon Europa	1924 Welt	1924 davon Europa	1925 Welt	1925 davon Europa	1926 Welt	1926 davon Europa
Bergwerksproduktion.										
Blei	1223	353	1189	220	1300	238	1482	246	1542	269
Kupfer	987	132	1243	88	1356	87	1412	112	1480	126
Zink	1139	462	1132	258	1170	258	1275	299	1493	338
Zinn	136	5[1])	124	1[1])	140	2[1])	146	2[1])	145	3
Hüttenproduktion.										
Blei	1209	576	1187	259	1291	293	1499	345	1603	384
Kupfer	1025	194	1227	89	1350	102	1412	113	1459	133
Zink	1001	680	943	397	1006	449	1129	513	1233	543
Zinn	133	35	125	33	136	38	146	44	144	43
Aluminium	63	36	141	72	172	95	180	110	200	107
Verbrauch.										
Blei	1201	726	1166	490	1295	575	1507	718	1577	719
Kupfer	1052	644	1204	535	1367	558	1497	663	1504	621
Zink	1001	697	941	472	1035	543	1180	635	1232	624
Zinn	129	70	137	46	136	56	152	62	146	55
Aluminium	65	44	144	64	171	78	179	89	190	73

[1]) Großbritannien.

Die Verwendung von Kraftmaschinen in der deutschen Industrie. Dr. O. Schlier bespricht in den „VDI-Nachrichten" Nr. 29 von 1927 die in „Wirtschaft und Statistik" veröffentlichten Ergebnisse der gewerblichen Betriebszählung von 1925, die sich auf die gesamte Industrie und das Handwerk bezieht, aber vorläufig nur zum Antrieb von Arbeitsmaschinen dienenden Primärmotoren (Wärme-, Wasser-, Windkraftmaschinen usw.) und die Sekundärmotoren (wohl zum allergrößten Teile Elektromotoren) umfaßt, während die zum Antrieb von Stromerzeugern verwendeten Kraftmaschinen und die Aushilfsmotoren noch nicht berücksichtigt sind. In allen Industrie- und Handwerkszweigen verwenden im Durchschnitt unter 100 Betrieben 24 Betriebe Kraftmaschinen. Auf je 100 beschäftigte Angestellte und Arbeiter entfallen 145 PS. Insgesamt ist die Leistung aller Primärmotoren 6·164 Mill. PS, die der Sekundärmotoren 11·935 Mill. PS, das heißt etwa doppelt so groß. In den einzelnen Gewerbegruppen ist dieses Verhältnis natürlich nicht überall dasselbe, sondern es überwiegen, vom Bergbau und dem Baugewerbe abgesehen, die Elektromotoren, besonders in der Eisen- und Metallwarenherstellung (1 : 5), im Maschinenbau (1 : 8) und vor allem in der elektrotechnischen Industrie (1 : 34).

Eine Übersicht über die absolute und verhältnismäßige Verwendung der Kraftmaschinen in den einzelnen Industriezweigen gibt die folgende Zusamenstellung. Hiezu ist bezüglich der Gruppe Elektrotechnik zu berücksichtigen, daß dabei auch die vielen Installationsbetriebe, Reparaturwerkstätten und feinmechanischen Kleinbetriebe mitgezählt sind.

Gewerbezweig	Gesamtleistung der Kraftmaschinen in 1000 PS	Auf 100 beschäftigte Personen kommen PS	Auf 100 Betriebe kommen Motorenbetriebe
Eisen- und Metallgewinnung einschl. Weiterverarbeitung	3689	553	100
Bergbau einschließlich Weiterverarbeitung	3833	495	100
Nahrungsmittelgewerbe	1707	127	53
Maschinenbau	1435	118	56
Textilindustrie	1279	107	19
Holzgewerbe	1022	108	39
Wasser-, Elektrizitäts- und Gasversorgung	—	312	66
Chemische Industrie	—	302	55
Papierindustrie und Vervielfältigungsgewerbe	—	172	40
Kautschukindustrie	—	144	49
Industrie d. Steine u. Erden	—	138	41
Lederindustrie	—	94	10
Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik	—	76	27

J.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	31. X. 1927	2 XI. 1927	4. XI. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	126½	127½	127¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	47½-48½	47-48	47½-48
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	340—350	340—350	340—350
Antimon-Regulus	89—93	93—95	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 4. November 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	63	0	0	63	10	0
Wire bars	63	10	0	—	—	—
Standard Kassa	58	5	0	58	6	3
Standard 3 Monate	58	1	3	58	2	6
Zinn:						
Engl. ingots	259	15	0	260	5	0
Standard Kassa	260	10	0	260	12	6
Standard 3 Monate	256	0	0	255	5	0
Blei:						
Engl. pig common	21	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	26	6	3	26	2	6
Remelted	26	12	6	—	—	—
English Swansea	26	16	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 14, Pf. 1315 sh 9 d p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 20. November 1927 | Heft 47

INHALT: Die Kraftwerke und Unterwerke für den elektrischen Betrieb der Arlberg- und der Salzkammergutbahn. Von Ministerialrat Ing. Dr. techn. Artur Hruschka, Wien. S. 961. / Tagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (I. E. C.) in Bellagio und Rom. S. 976.
RUNDSCHAU: Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 980. / Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte. S. 980. / Elektrische Meßkunde. S. 981. / Stromverteilung. S. 981. / Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 981. Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 982.
LITERATURBERICHTE. S. 983.
VEREINSNACHRICHTEN. S. 984.
WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 984.

Die Kraftwerke und Unterwerke für den elektrischen Betrieb der Arlberg- und der Salzkammergutbahn[1]).

II: Das Spullerseekraftwerk mit dem Unterwerk Danöfen.

Von Ministerialrat Ing. Dr. techn. Artur **Hruschka**, Abteilungsvorstand in der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Das Spullerseekraftwerk ist das erste von den großen Wasserkraftwerken, die zur Stromversorgung der elektrifizierten österreichischen Bundesbahnlinien neu erbaut wurden, zugleich das unter allen österreichischen Anlagen mit dem größten Gefälle arbeitende Wasserkraftwerk. Es läuft in Parallelschaltung zunächst mit dem älteren, die Rolle des Grundbelastungswerkes spielenden, vergrößerten Ruetzwerk bei Innsbruck,[2]) dem sich Ende 1928 das Stubachwerk und das Mallnitzwerk zugesellen werden, während das der Stadtgemeinde Innsbruck gehörige Achenseewerk seit dem 1. September 1927 schon zur Unterstützung der beiden erstgenannten Werke in das gemeinsame Netz hineinspeist.[3]) Von dieser gesamten Netzbelastung deckt das Spullerseewerk zusammen mit dem Ruetzwerk in der Hauptsache den Bedarf der Linie Innsbruck-Feldkirch-Buchs bezw. Bregenz, wobei es nebst der Deckung der größeren Spitzen auch die Ergänzung der Grundlastdeckung während der winterlichen Niederwasserperiode im Ruetzwerk besorgt. Als Ergänzung zu den Veröffentlichungen über das Spullerseewerk[4]) sollen im Nachfolgenden nebst einer Zusammenfassung der wichtigsten wasserwirtschaftlichen und bautechnischen Angaben hauptsächlich die mechanisch-elektrischen Teile der Anlage, wie sie tatsächlich ausgeführt wurden, näher beschrieben werden.

1. Wasserwirtschaft.

Der in den Lechtaler Alpen in Vorarlberg nördlich von der Station Danöfen der Arlbergbahn liegende Spullersee, dessen Spiegel ursprünglich bei rund 2 Mill. m³ Inhalt und 19 m größter Tiefe auf etwa 1794 m Seehöhe gelegen war, wurde durch 2 Staumauern um etwa 30 m bis auf eine größte Spiegelhöhe von 1825 m (Überfallkrone) bezw. 1825·5 m (bei Hochwasser) aufgestaut, wodurch er bei einer Vergrößerung der Oberfläche auf rund das Dreifache (53·5 ha) einen nutzbaren Speicherinhalt von 13·1 Mill. m³ bei Aufstellung von 4 Turbinen und 12·1 Mill. m³ (entsprechend 16·67 Mill. kWh) bei Vollausbau mit 6 Turbinen erhält. Der tiefstzulässige Wasserspiegel ist hiebei auf 1790 bezw. 1796 m gelegen; daher beträgt die größte Spiegelschwankung bis zur Krone 35 bezw. 29 m.

Der Hauptzufluß ist der Alpbach nebst mehreren anderen Quellen; der natürliche in die Alfenz mündende Abfluß, der Spreubach, ist trockengelegt worden. Auf diese Weise wird die dargebotene Niederschlagsmenge zur Gänze am Abfluß gehindert und im Stauwerke gesammelt, um insbesondere im Winter den Ausfall an Zuflüssen des parallellaufenden Ruetzwerkes zu decken und so eine mehr oder minder gleichmäßige Stromabgabe beider Werke an die Arlbergbahn während des ganzen Jahres zu ermöglichen. Eine Vergrößerung der Wasserzufuhr wurde durch Einleiten der südlich von der südlichen Sperrmauer im Ausmaße von 220 000 m³ jährlich vom Hange der Goppelspitze herabkommenden Wässer durch eine 230 m lange Zementrohrleitung zum See geschaf-

[1]) Fortsetzung aus E. u. M. 1925, H. 1, 2. Sonderabdrücke sind beim Verfasser erhältlich und werden auch in gesammelter Form erscheinen.

[2]) Die Kraftwerke und Unterwerke für den elektrischen Betrieb der Arlberg- und der Salzkammergutbahn, I. Das vergrößerte Ruetzkraftwerk, von Dr. A. Hruschka in E. u. M. 1925, S. 1. 21.

[3]) Vgl. Heft 41 d. J.., S. 850.

[4]) Siehe das Literaturverzeichnis am Schluß.

Digitized by Google

fen; überdies können später bei Bedarf durch kurze Stollen rund 2 Mill. m³ aus dem Glonggebiet zugeführt und endlich weitere 2 Mill. m³ jährlich in Gestalt der im Sommer und Herbst im Rohrstollen zutage tretenden seefremden Sickerwässer durch Pumpen, die beim Fenster I aufgestellt werden können, in das Stollenrohr hineingepreßt werden.

Bei einem Niederschlagsgebiet von 11·1 km² konnten aus 33 jährigen Beobachtungen für ein „Regeljahr" berechnet werden: durchschnittliche jährliche Niederschlagshöhe 1971 mm, entsprechend rund 22 Mill. m³ Jahresniederschlag, oder bei 77·5 vH mittlerem Abflußbeiwert rund 18 Mill. m³ Jahresabflußmenge (Wasserspende), die im ungünstigsten Jahr (1911) auf 12·98 Mill. m³ gesunken war.

Das Bruttogefälle beträgt 795, das Nettogefälle 787 m. Mit 85 vH mittlerem Wirkungsgrad

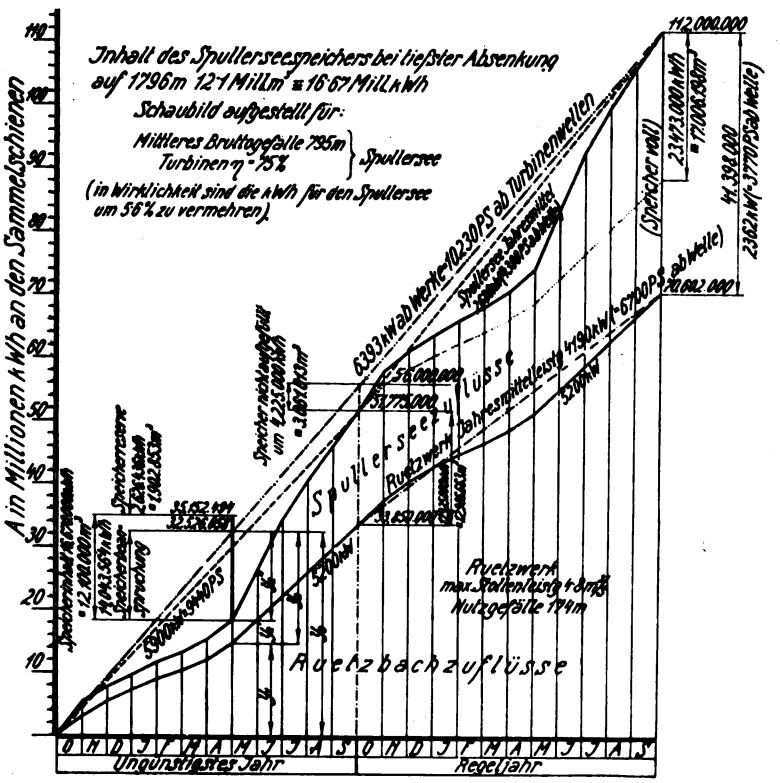


Abb. 1. Wasserwirtschaft bei Kupplung von Spullerseewerk und Ruetzwerk.

von Generatoren und Umspannern zusammen ist in der Abb. 1 die Wasserwirtschaft vom Spullerseewerk und Ruetzwerk in einem ungünstigsten und einem darauffolgenden Regeljahr dargestellt:[5]) unten sind die Ruetzwerkzuflüsse aufgetragen; sie werden durch die größte Stollenleistung von 4·8 m³/sek begrenzt, was bei 174 m Nutzgefälle 5220 kW ab Werk entspricht. Die ausgeglichene Leistung beider Werke ist 6393 kW. Die Spullerseezuflüsse treten hauptsächlich zwischen Mai und Oktober auf und sind im Mai und Juni am reichlichsten, im Dezember am spärlichsten. Im Schaubild sind sie oben zu jenen des Ruetzwerkes dazugezeichnet und geben so die Gesamtzuflüsse $y_1 + y_2'$. Es ergibt sich eine konstante ganzjährige Abnahme von 6393 kW, wobei noch immer eine Speicherreserve von 2 626 436 kWh unangetastet bleibt, trotzdem zwischen beiden Jahren der Speicher nicht angefüllt wird. (Abgang 4 225 000 kWh). Der Spullersee allein gibt dann im ungünstigsten Jahr 17·925 Mill., in einem folgenden Regeljahr 23·473 Mill. kWh ab. Der Zuschuß aus dem Goppelbach ist hiebei nicht berücksichtigt. Da das Schaubild für 75 vH Turbinenwirkungsgrad anstatt 80 vH gerechnet ist, überdies das Nettogefälle um 1 vH geringer als das Bruttogefälle ist, müssen die vom Spullersee gelieferten Arbeitsmengen tatsächlich um 5·6 vH vergrößert werden. Man erhält dann für ein Regeljahr aus dem Spullerseewerk allein rund 25 Mill. kWh oder 2830 kW im Jahresmittel ab Werk oder 4540 PS ab Turbinenwellen (0·54 m³/sek).

Aus den beiden Werken zusammen kann man somit eine ausgeglichene Leistung von 10 363 PS an den Turbinenwellen im Jahresmittel oder eine Arbeitsmenge von 56·76 Mill. kWh ab Werke beziehen; Von dieser Arbeit entfallen 38 vH auf das Spullerseewerk und 62 vH auf das Ruetzwerk. Von der Gesamtspitzenleistung ohne Reserven, das ist 40 000 + 16 000 = 56 000 PS hingegen kommen 72 vH auf das Spullerseewerk und 28 vH auf das Ruetzwerk. Gegenüber der Jahresmittelleistung des Spullerseewerkes von 2850 kW bedeutet die mögliche Spitze von 40 000 PS das

[5]) Bezüglich des Ruetzkraftwerkes siehe die genannte Beschreibung des Verfassers in E. u. M. 1925, Heft 1, Abb. 1.

Digitized by Google

9·3 fache; das Werk ist also ein typisches Spitzendeckungswerk.

2. Wasserbau und Flachrohrleitung.

Der Lageplan Abb. 2 und der Längenschnitt durch die Oberwasserführung Abb. 3 zeigen, daß aus dem angestauten Gebirgssee, der zwischen Blattnitzerjoch (2316 m), Grünem Bühel, Schafberg (2681 m) und Goppelspitze (2369 m) eingebettet liegt, das in der Tiefe durch ein besonderes Einlaufbauwerk entnommene Seewasser durch ein einbetoniertes Rohr einem Schieberschacht mit Schieber und Drosselklappe zugeführt, sodann durch eine in einen 1·8 km langen, begehbaren Stollen mit geringem Gefälle gelegte Flachrohrleitung zu einem Wasserschloß und dann zur Apparatenkammer geleitet wird, um durch eine rund 1400 m lange dreifache Steilrohrleitung nach Unterfahrung der Bundesbahnen in der Station Danöfen dem Krafthause zuzuströmen. Bei 1825·5 m höchstem Seespiegelstand (bei 50 cm Überflutung der Sperrmauerkrone) und 1015·047 m tiefstem Unterwasserspiegel ergibt sich ein größtes Rohgefälle von 810·453 m. Im Maschinenhaus sind 6 (vorläufig 3) Turbinen zu 8000 PS Höchstleistung angenommen, deren Unterwasser durch einen 340 m langen Unterwasserkanal neben dem untersten Ende des trockengelegten Spreubaches der das Klostertal durchströmenden Alfenz und durch diese der Ill zugeführt wird. Der mit 50—55 kV erzeugte Wechselstrom von $16^2/_3$ Per/s wird einerseits den nächsten Unterwerken: Feldkirch im Westen und Roppen im Osten, anderseits einem an das Schalthaus des Kraftwerkes unmittelbar angebauten „Unterwerk Danöfen" zugeführt. Die Spitzenleistung des Kraftwerkes beträgt im Vollausbau 40 000 PS bei einer Reserve von 8000 PS. Abb. 4 gibt ein vom gegenüberliegenden Burtschakopf gegen Norden aufgenommenes Gesamtbild des Kraftwerkes; gegen Westen (links) senken sich die Alfenz und die Arlbergwestrampe durch das Klostertal hinunter gegen Bludenz.

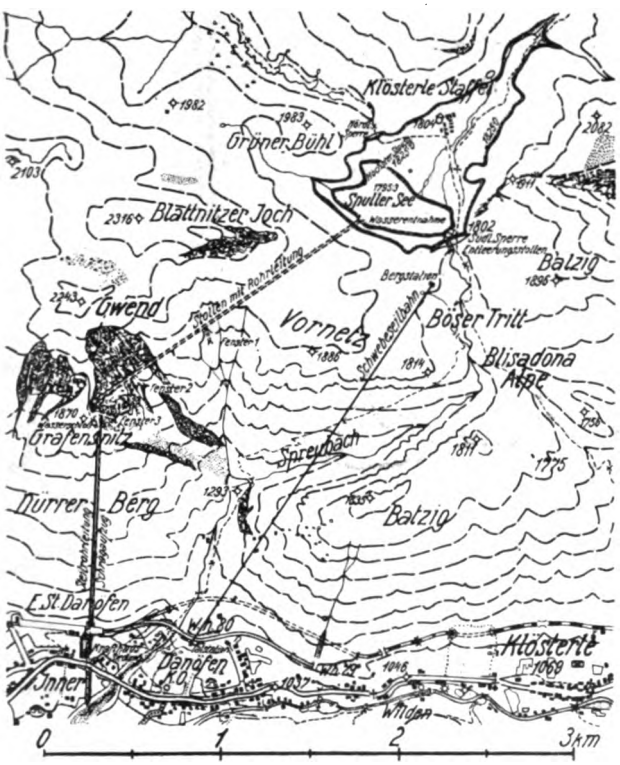


Abb. 2. Übersichtslageplan des Spullerseewerkes.

Der natürliche See von 17·3 ha Oberfläche hatte, wie gesagt, seinen natürlichen Abfluß nach Süden durch den Spreubach, über eine natürliche Felsbarre. Eine Durchbohrung dieser Barre gestattete es, für die Dauer der Bauzeit den Seespiegel um 12 m zu senken. Der dazu benützte 90 m lange Absenkungsstollen wurde später zu einem Grundablaßstollen (Abb. 5) ausgebildet. Der Vortrieb des Stollens geschah von der Luftseite. Um eine Überflutung des Klostertales durch die Schlußsprengung auf der Seeseite zu verhindern, wurde ein 12 m hoher Hilfsschacht hergestellt, der zur Führung einer den Stollen absperrenden, an einem Flaschenzug hängenden Rollschütze diente. Da an dieser Stelle der See seinen natürlichen Abfluß hatte, war das Vorland durch mächtige Schlammablagerungen gebildet. Nach der ersten Sprengung entstand zunächst nur eine langsame Hineinpressung des Schlammes in den Stollen um 2 m täglich, die sich beschleunigte, bis der Schlammstöpsel von selbst durchgetrieben wurde.

Der Einlauf zum Grundablaß zeigt einen 20 cm-Grobrechen aus Eisenbahnschienen sowie Schlitze zum allfälligen Einlegen eines als Notverschluß gedachten doppelten Dammbalkenverschlusses. Bei tiefstem Betriebswasserspiegel kann man eine hölzerne Schützentafel von einer Plätte aus herablassen. An den Einlauf schließt mit einer Trompete das aus kegelförmigen Schüssen genietete und einbetonierte eiserne Ablaßrohr von 1 m l. W. und 8 mm Wanddicke. Es endigt unmittelbar hinter dem Betonkörper in einen normalen Absperrschieber und eine anschließende Drosselklappe. Da bei der größten Druckhöhe von 42 m Wassergeschwindigkeiten bis zu 28 m/sek zu erwarten sind, sind beide Absperrvorrichtungen zum Schutze gegen heftige Erschütterungen gegen einbetonierte schwere Querträger verkeilt. Hinter der Klappe ist gewöhnlich noch ein Blinddeckel aufgeschraubt. Man hat also an diesem Seeabfluß 3 Verschlüsse. Soll geöffnet werden, so wird der Deckel herausgehoben, der Schieber geöffnet und durch allmähliches Öffnen der Klappe das Wasser unter Benützung einer eingeschobenen Blechstopfbüchse abströmen gelassen. Alle diese Vorrichtungen sind in einer frostsicheren Kammer mit Vorraum untergebracht und sind auf $1^1/_2$ fachen größten Betriebsdruck geprüft.[6]) Das Ablaufrohr hat zum Schutz gegen Frost 2 Holzdeckel mit Isolierung. Dieser auf Kote 1783·81 mündende Grundablaß dient entweder ausnahmsweise zum Absenken des Sees

[6]) In der geplanten Verordnung für österreichische Staubeckenanlagen soll künftighin wegen der Wichtigkeit der Grundablässe sogar der doppelte statische Druck als Prüfdruck gefordert werden.

Digitized by Google

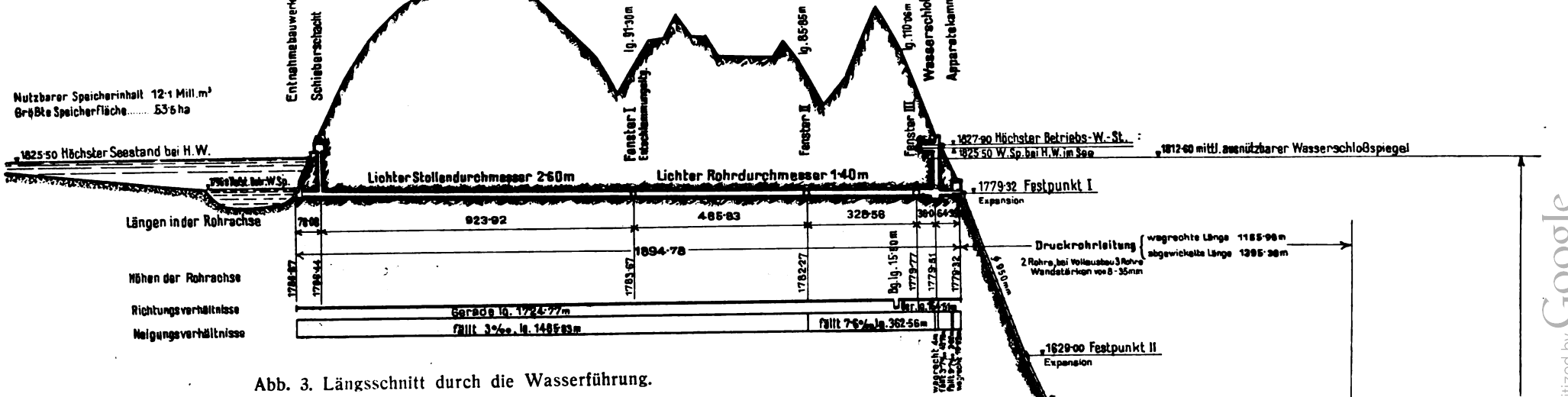


Abb. 3. Längsschnitt durch die Wasserführung.

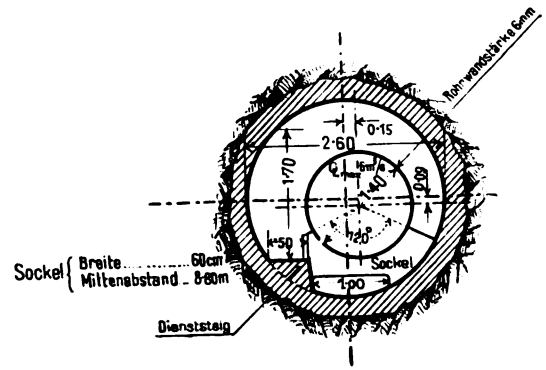
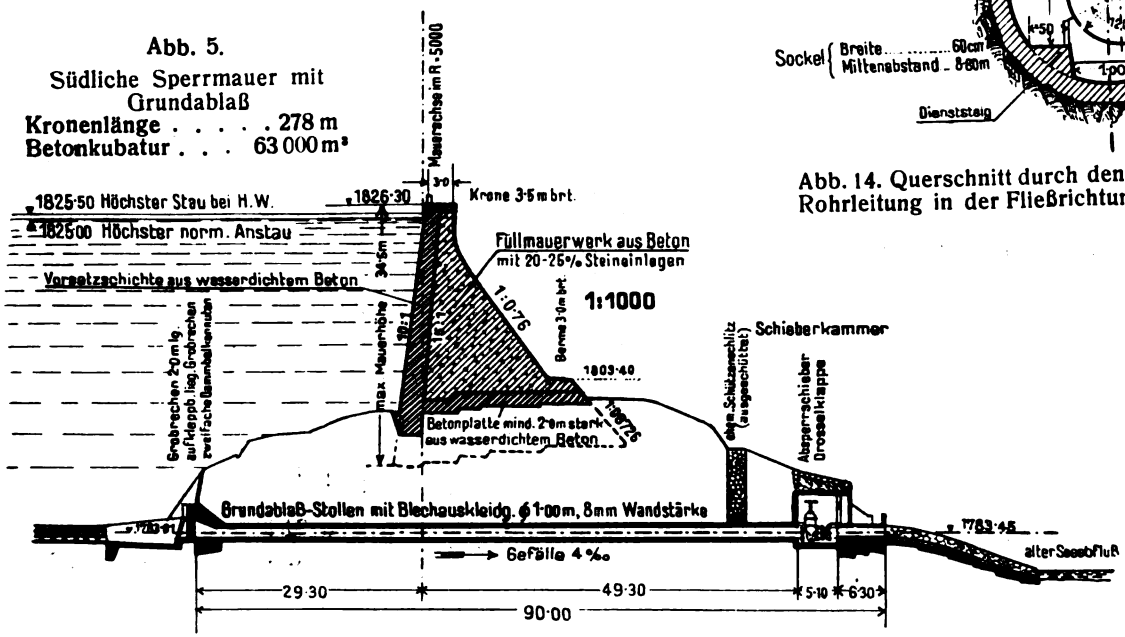


Abb. 14. Querschnitt durch den Stollen mit Rohrleitung in der Fließrichtung gesehen.

Abb. 5.

Südliche Sperrmauer mit Grundablaß

Kronenlänge . . . . 278 m
Betonkubatur . . . 63 000 m³



Nördl. Sperrmauer

Größte Höhe rd. . . . 24 m
Kronenlänge . . . . . 186 m
Betonkubatur . . . 24 000 m³
Profiltype wie südl. Sperre
kein Grundablaß

Digitized by Google

zwecks Trockenlegung einzelner Teile oder zum Regeln der Wasserspiegelhöhe in der Nähe seiner obersten Lage. Wiederholte Betätigungen ergaben ein verläßliches und sicheres Arbeiten. Die Öffnungszeit des Schiebers ist 15 Min., jene der Klappe 3 Min.

undurchlässigem Fleckenmergel aufgesetzt. Abb. 6 zeigt den wirklich ausgeführten Querschnitt, Abb. 7 die fertige Sperre, im Vordergrund das Übereich, und Abb. 8 die luftseitige Ansicht der Sperrmauer von unten mit der Grundablaßkammer und deren Ablauf zum Spreubach.

Abb. 4. Gesamtansicht des Spullerseewerkes, vom Burtschakopf gegen Norden gesehen.

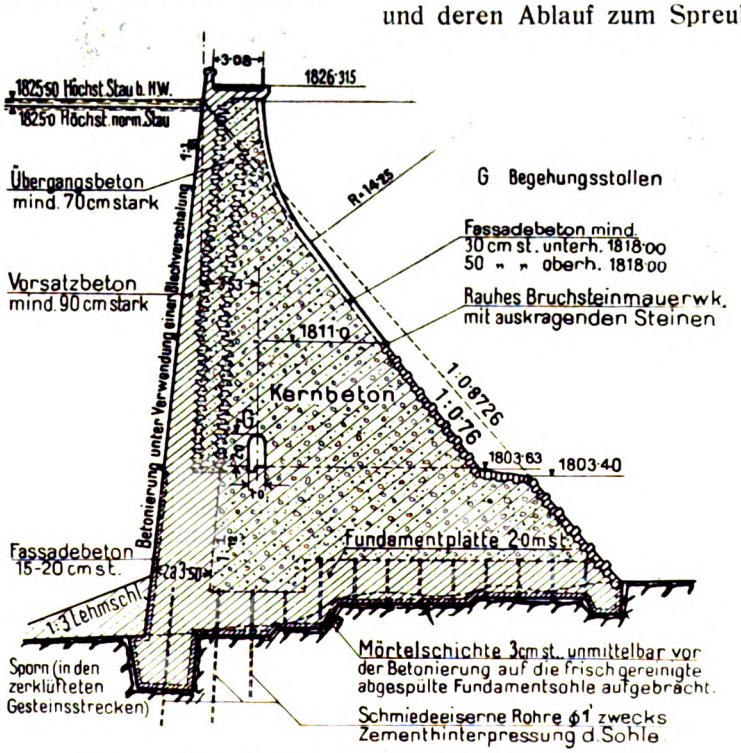


Abb. 6. Querschnitt durch die südliche Sperrmauer.

Die südliche Sperrmauer (Abb. 5) ist mit fast geradlinigem Grundriß auf eine für die Gründung sehr günstige Barre aus Kalkfelsen und

Abb. 9 zeigt die im Grundriß gekrümmte nördliche Sperrmauer, die den Abfluß in das Lechtal hindert und die Wasserscheide zwi-

Digitized by Google

schen der Nordsee und dem Schwarzen Meer bildet. Die Hauptabmessungen beider Sperren sind:

	Südliche Sperre	Nördliche Sperre
Größte Höhe (in m)	34	24
Kronenlänge (m)	278	186
Größte Breite des Fußes (m)	30	19
Betonkubatur (m³)	63 000	24 000
Kronenbreite (m)	3·5	3·5
Krümmungshalbmesser an der Krone (m)	5 000	400
Staubeckeninhalt geteilt durch Betonkubatur	139	

Beide Sperrmauern sind standsichere Schwergewichtsmauern aus Stampfbeton mit Portlandzement mit an der Baustelle gewonnenen Steineinlagen. Die südliche Sperre hat am westlichen Ende ein 10·4 m langes, überbrücktes Übereich (Abb. 7). Abb. 6 zeigt den inneren Aufbau dieser Mauer. Die 2 m dicke, besonders hinterspritzte Fundamentplatte und der wasserdichte Vorsatzbeton sind aus einer besonders fetten Mischung 1 : 2·2 : 2·3 (oben 2·7), der die Hauptmasse bildende Kernbeton in der Mischung 1:3·5 : 4·5, weiter oben 1 : 4 : 5 mit 15 vH Steineinlagen hergestellt. Ein Revisionsgang gestattet die Überprüfung der Dichtigkeit im Betriebe; die auf einem Teil der Luftseite herausragenden Bruchsteinköpfe sollen Schneerutschungen und die durch sie erzeugten Erschütterungen verhindern und bei Revisionen als Stützen dienen. Um das erst nach Jahren beendete Schwinden und den Einfluß der ziemlich weiten Temperaturschwankungen auf die Länge der Mauer unschädlich zu machen, ist sie in Teilabschnitten von 20 m Länge mit durchlaufenden Fugen hergestellt; die an den Fugen ausgesparten, verzahnt ineinandergreifenden Schächte sind erst später ausgefüllt; ihre Anschlußfugen sind nach Einlegen von geteerten Hanfstricken verstemmt, und außerdem sind die lotrechten Fugen durch 1·5 — 2 mm dicke, aneinander gelötete, gefaltete, beiderseits einbetonierte Kupferbleche verschlossen. Dort, wo die Fugen an der Wasserseite münden, sind sie zwischen eingesetzten Winkeleisen und aufgeschweißten Flacheisendichtungsleisten durch geteerte Hanfstricke und nachgestemmte Bleiwolle verschlossen, gestatten also trotz vollkommener Wasserdichtheit die unvermeidlichen kleinen Bewegungen der Mauer. Die wasserseitige Oberfläche ist zweimal mit Inertol gestrichen. Die Abbindetemperaturen wurden durch eine Reihe von an verschiedenen Stellen einbetonierten und an Kabel angeschlossenen elektrischen Fernthermometern (Platinspiralen in Quarzglas eingeschmolzen) gemessen.

Die nördliche Sperre ist grundsätzlich von der gleichen Bauart, nur daß die Hauptfugen in Entfernungen von 18 m liegen und man sich wegen der stärkeren Sonnenbestrahlung entschloß, zur Verkleidung fertig abgebundene Betonquadern als Formsteine für die wasserseitige Oberfläche zu benützen. Infolge der sehr kurzen jährlichen Bauzeit benötigte der Bau der südlichen Sperre 4 Jahre, jener der nördlichen Sperre 2 Jahre.

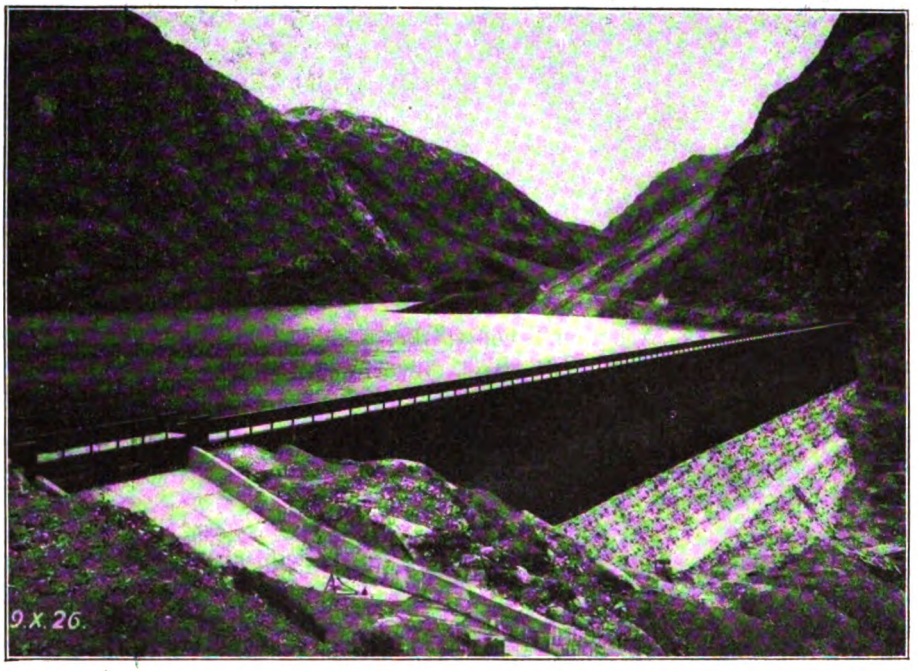


Abb. 7. Südliche Sperrmauer; links das Übereich, hinten das überflutete Alpbachtal, rechts der neue Touristenweg zur Ravensburgerhütte.

2·65 m höher als der Grundablaß liegt das Einlaufbauwerk. Die Entnahme geschieht 39 m unterhalb des höchsten Wasserspiegels. Dieses Bauwerk soll nebst dem sicheren Wasserabschluß auch die Besichtigung und Reinigung eines Feinrechens gestatten. Daher wurde (Abb. 3)[7]) ein besonderer Schieberschacht mit vorgelagertem, aufziehbarem Feinrechen vorgesehen. Es sind nun 4 Vorrichtungen für die Absperrung des zulaufenden Wassers gegeben, in der Reihenfolge ihrer

[7]) Längsschnitt s. E. u. M. 1925, Heft 21, Abb. 11.

Digitized by Google

Anbringung: ein Dammbalkennotverschluß, ein Schützen- oder Rechenwagen, ein Schieber und eine Drosselklappe.

Zur Verwendung eines aufziehbaren Schützenwagens entschloß man sich nicht so sehr wegen der Absperrung des dahinterliegenden Einlaufrohres als vielmehr aus Vorsicht gegenüber der Möglichkeit einer Beschädigung des am Anfang des Stollenrohres als erste und daher wichtigste Absperrvorrichtung desselben eingesetzten Schiebers; ferner mußte man ungeachtet der großen Reinheit des nur zeitweise lehmig-sandige Schwebestoffe führenden Seewassers darauf bedacht sein, solche Steine und Gerölle zurückzuhalten, die durch Lawinen zum Einlauf gebracht werden können.

Die Lösung wurde nun darin gefunden, daß der Einlauf normal durch einen festen 20 cm-Grobrechen und einen Feinrechen von 1·8 × 3·2 m² Fläche mit wagrechten Stäben und 2 cm Spaltbreite geschützt wird, welch letzterer auf einem vierrädrigen Rechenwagen über Wasser aufgezogen und gereinigt werden kann. Im geneigten Berghang des Ufers ist ein überwölbter Schlitz hergestellt, in welchem der Rechenwagen auf Schienen mittels einer Kette und Winde aufgezogen werden kann, wobei er durch einen schmäleren, unterhalb des Rechenwagens durchlaufenden Gegengewichtswagen von 10 t ausbalanciert ist. Der Rechenwagen kann aber auch durch Auflegen von bereitgestellten Dammbalken (I-Trägern mit Holzwangen) in einen Schützenwagen und damit in eine Reserveabsperrvorrichtung umgewandelt werden, die wohl nur dann in Tätigkeit treten dürfte, wenn einmal der Schieber im Schieberschacht ausgewechselt werden soll.

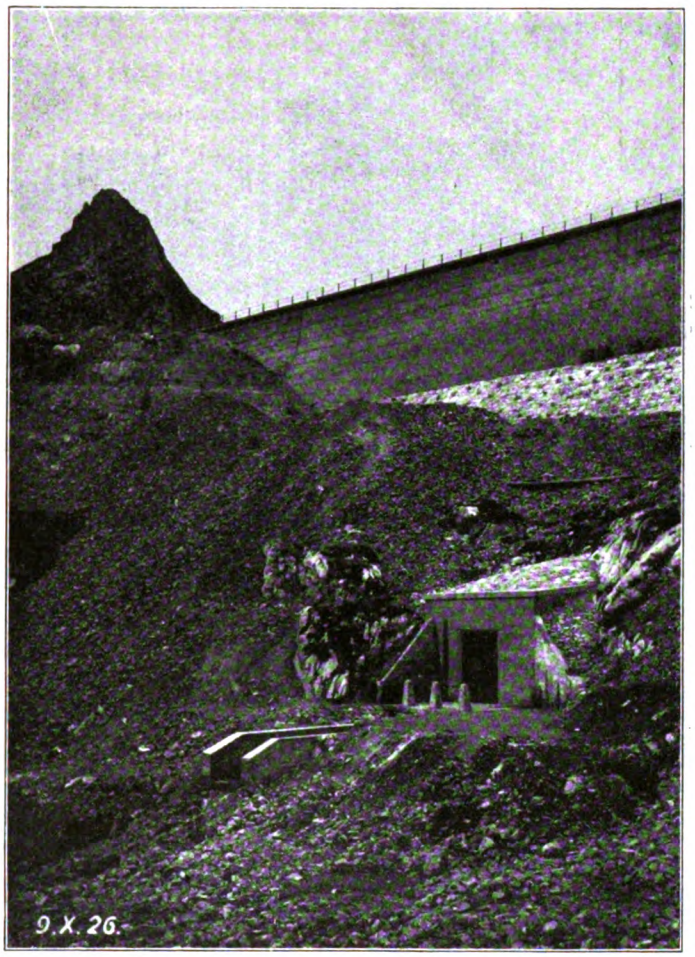


Abb. 8. Südliche Sperrmauer; unten die Grundablaßkammer mit Schieber und Drosselklappe, links das Blattnitzer Joch.

Der Schützenwagen dichtet in seiner untersten Stellung durch Einsinken in Ausnehmungen der Fahrschienen und dank angebrachter Holz- und Gummileisten, indem er sich auf einen einbetonierten eisernen Grundrahmen von 1·8 × 3·2 m² aufsetzt. Beim Anziehen der Kette wird vor dem Anheben selbsttätig ein Umlauf zwecks Entlastung geöffnet. Versuche ergaben die verhältnismäßig sehr geringe Undichtheit von etwa 200 l/sec. Die Abb. 10 und 11 zeigen die zugehörigen Schnitte. Der Wagen endigt unten in einen als Schlammfänger wirkenden Schnabel, der nur so stark gebaut ist, daß er sich beim allfälligen Aufstoßen auf ein Hindernis (Gesteinsblöcke) verbiegen kann. Abb. 11 ist ein Querschnitt durch die beiden sich aneinander vorbeibewegenden Wagen. Abb. 12 zeigt das Innere der oberen Windenkammer von 6 × 9·5 m² Grundfläche. Vorne ist die zunächst für Handantrieb eingerichtete Kettenwinde, dahinter der obere Antrieb für die unten im Schieberschacht stehende Hauptdrosselklappe und links davon der Wasserstandsfernmeldeapparat für den Seestand. Die an der Winde auszuübende Umfangskraft wechselt je nach dem Wasserstand, der Belastung und der Stellung des Wagens in weiten Grenzen und ist zeitweise sogar negativ, daher eine Bremse vorgesehen ist. Abb. 13 gibt Aufschluß über die Veränderung der Kettenzugkraft längs des rund 53 m langen Weges bei drei verschiedenen Wasserständen. Dabei ist zu beachten, daß die Fahrbahn nur in den beiden Endabschnitten geradlinig mit der Neigung von 42° 12′ (unten) und 29° 30′ (oben) verläuft, der Zwischenteil aber im Aufriß einen Kreisbogen bildet. Der Wagen kann sich in der tiefsten Stellung gegen oben liegende Gegenschienen anpressen. Die Ankerstegkette ist für 50 t Bruchlast gebaut, die größte Zugkraft beim Anheben ist rund 12 t, der größte Unterschied der beiden Kettenkräfte 5·4 t. Es ist möglich, später allenfalls einen 8 PS Elektro- oder Benzinmotor anzuschließen. Von Hand aus benötigt das Hinunterlassen etwa zwei Stunden, das Hinaufziehen des schweren Schützenwagens 6½ Stunden mit 7 Mann oder bei Benützung eines Zwischenvorgeleges mehr als einen Tag mit zwei Mann.

Das Kraftwasser strömt nun zunächst durch

Digitized by Google

ein 76 m langes Einlaufrohr von 1·8 m l. W., das im ersten Teil als Druckstollen aus eisenbewehrtem, torkretiertem Beton ohne Blechverkleidung, im weiteren Verlauf als einbetoniertes Blechrohr von 8 mm Wanddicke ausgebildet ist, und tritt dann in den lotrechten, 45·78 m hohen, torkretierten und mit wasserdichtem Beton verputzen Schieberschacht ein, der oben in die schon genannte Windenkammer des Einlaufbauwerkes mündet und damit ein allfälliges Herausbringen der Absperrvorrichtungen ins Freie ermöglicht. Der Schieberschacht hat 3·5 m l. W. und bildet durch abgesetzte eiserne Leitern einen das ganze Jahr über benützbaren Durchgang vom See in den offenen Rohrstollen.

Am Grunde des Schachtes befinden sich die normal zum Absperren benützten Vorrichtungen: ein Keilschieber und eine Drosselklappe, beide von 1·4 m l. W. Beide haben Handantrieb von unten, die Klappe außerdem einen mitlaufenden, nicht abkuppelbaren Handantrieb von der oberen Windenkammer aus mittels einer lotrechten Rohrwelle, die selbst im Falle des Ersaufens des Schieberschachtes die Absperrung von oben ermöglicht. Auf und hinter der Klappe sitzen zwei Be- und Entlüftungsventile mit besonderen Absperrschiebern (zur Ermöglichung der Revision der Dichtungen), ein Mannloch und das Standrohr für die Wasserstandsfernmeldung der Seespiegelhöhe. Beide Absperrvorrichtungen sind mit 7 at geprüft. Der Schieber hat einen Umlauf von 200 mm mit einem eingesetzten Energievernichter (Drosselscheiben), durch den ein gefahrloses Füllen der dünnwandigen Stollenrohrleitung gesichert ist, indem die natürliche Durchtrittsgeschwindigkeit auf etwa ein Zehntel ihres Wertes herabgesetzt wird.

Das Rohr setzt sich nun hinter der Drosselklappe über eine Entlastungs- und Montierungsstopfbüchse als eine im offenen, begehbaren Stollen verlegte Flachrohrleitung von 1754 m Länge bis zum Wasserschloß fort. Diese Rohrleitung ist zum größten Teil mit 3 vT Gefälle gelegt, arbeitet mit einem je nach der Seespiegelhöhe zwischen 0·37 und 4·9 at veränderlichen Betriebsdruck, hat 1·4 m l. W. und 6 mm Wanddicke und ist in Entfernungen von je 8·8 m auf Betonpfeilern gelagert, die wie der Querschnitt in der Abb. 14 (siehe S. 964) erkennen läßt, Durchlaßöffnungen für das im Sommer austretende Bergsickerwasser haben. Der Stollen hat in der Mitte ein Fenster I, gegen das Ende hin zwei weitere Fenster und gestattet im Betrieb den Durchgang zwischen See und Apparatenkammer. Es ist erwähnenswert, daß ursprünglich ein schräger Druckschacht vom Einlauf bis zum Krafthaus von 1·8 m l. W. geplant war. Eingehende Untersuchungen lehrten aber, daß der offene Rohrstollen nicht nur die verläßlichste und wegen der steten Zugänglichkeit des Sees betriebtechnisch günstigste, sondern auch die billigste Lösung gegenüber der noch in Betracht kommenden Ausführung eines betonierten Druckstollens mit eisenbewehrter Torkretschichte (um 11·3 vH billiger) und noch mehr gegenüber einem schrägen Druckschacht darstellt, welch letzterer wegen der großen Länge der Fensterstollen am teuersten geworden wäre, die man durch Steillehne hätte vortreiben müssen, um den mächtig überlagernden Moränenschutt zu vermeiden.

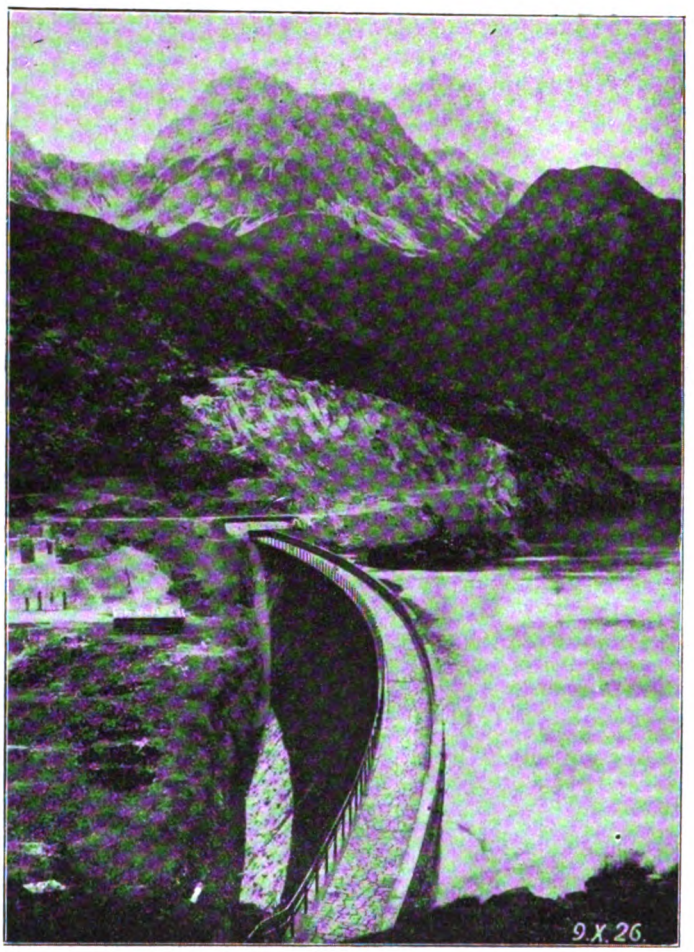


Abb. 9. Nördliche Sperrmauer gegen Osten gesehen; hinten der ehemalige Steinbruch, darüber die Roggalspitze.

Das Stollenrohr hat so geringe Steifigkeit, daß es sich bei niedrigen Drücken infolge Biegung parallel zur Achse zu setzen bestrebt ist. Am ungünstigsten ist der Betrieb mit druckfreiem Scheitel. Eine einfache und billige Versteifung wurde mittels aufgeschellter Versteifungswinkelringe von 50 × 75 × 8 mm bei Entfernungen von 2·2 m erzielt. In Abb. 15 ist dargestellt, wie neben der Umfangsspannung durch Innendruck σ_{ud} eine zusätzliche Biegungsspannung σ_{ub} infolge Ungleichheit des Innendruckes hinzukommt, und daß letztere bei kleinen Drücken ein Mehrfaches der erste-

Digitized by Google

ren ist. Das glatte ungenietete Rohr würde dadurch beim Entleeren weit über die Elastizitätsgrenze beansprucht werden. Schon die Nietnähte versteifen es etwas, aber erst das Aufsetzen der Winselringe setzt die resultierende Umfangsspannung σ_u auf ein erträgliches Maß herab, wobei sie bei etwa 1·5 at einen Mindestwert erreicht. Versuche in der Fabrik und der wirkliche Betrieb ergaben vollkommenes Dichthalten; günstig wirkt hiebei auch die Anwendung einer doppelten Längsnaht.

adrige Fernmeldekabel für die Fernsprechstationen am See und die Wasserstandsfernmeldung.

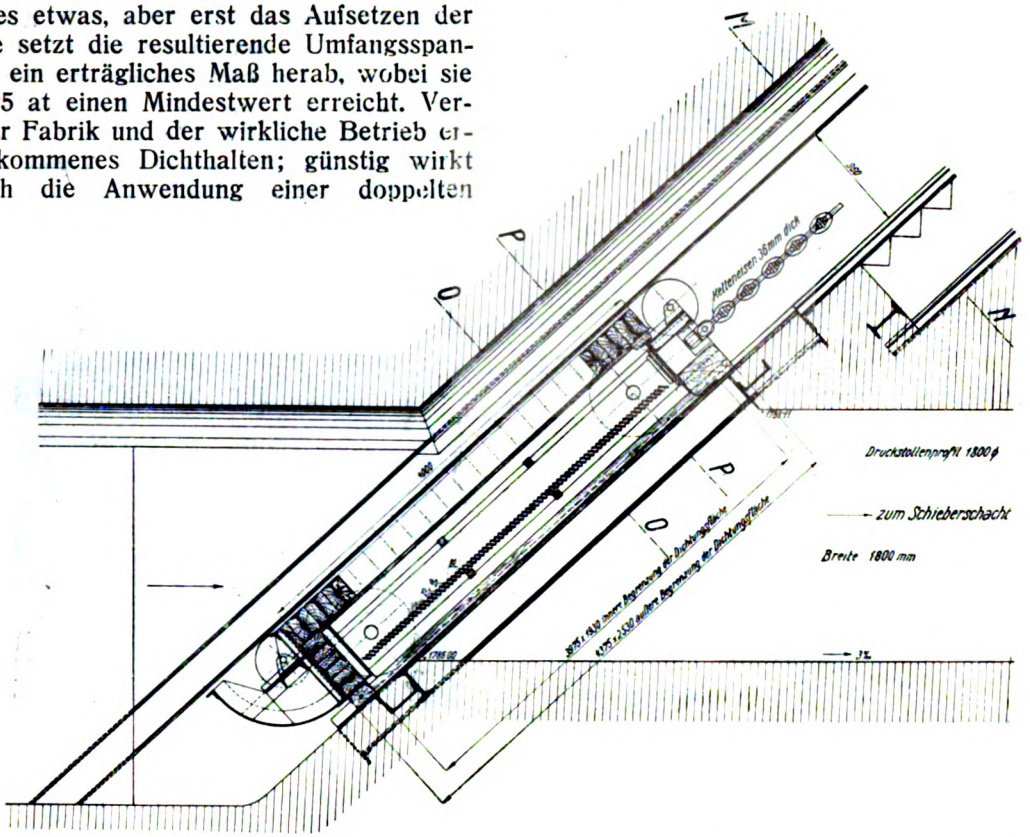


Abb. 10. Längsschnitt durch den untersten Teil des Einlaufbauwerkes und den Rechen-(Schütz-)wagen.

Abb. 16 zeigt das Stollenrohr und den auf der Südseite freigelassenen bequemen Dienststeig und auch das am Rohrrücken angeschellte neun-

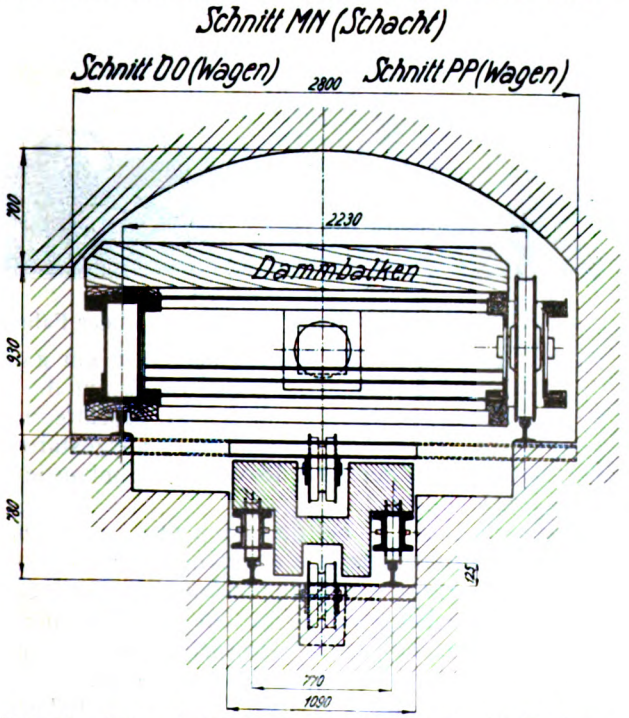


Abb. 11. Querschnitt durch den Schrägschacht, Rechenwagen und Gegengewichtswagen.

Alle 250 m ist ein Mannloch, alle 44 m eine Niederhaltung aus Bandeisen angeordnet. Beim Fenster I sind zwei Anschlußstutzen mit Schiebern angebracht, die einerseits zum Entschlammen und Ablassen dienen, anderseits später benützt werden können, um, wie in Abschnitt 1 erwähnt, die Stol-

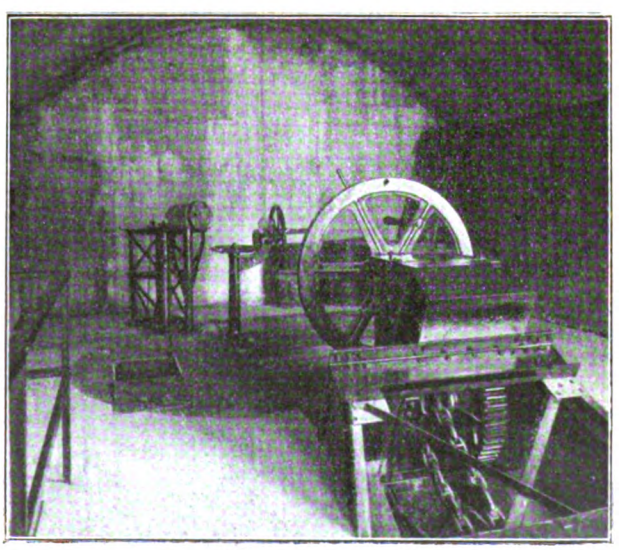


Abb. 12. Oberkammer des Einlaufbauwerkes mit Winde, Drosselklappenantrieb, Wasserstandsfernmeldeapparat und Fernsprecher.

Digitized by Google

lensickerwässer in die Rohrleitung hineinzupumpen und so während eines Teiles des Jahres etwa 1200 PS zu gewinnen. Das Gesamtgewicht der

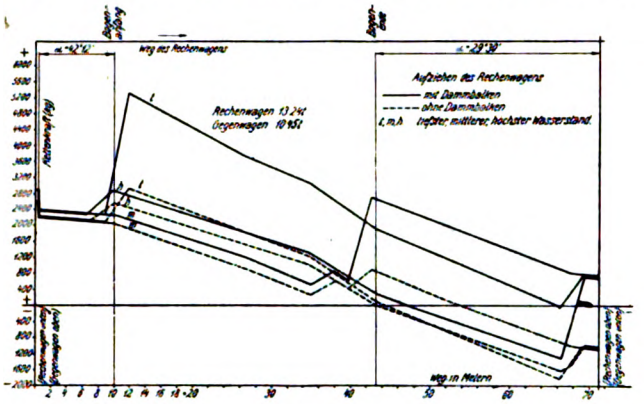


Abb. 13. Kettenkräfte beim Aufwinden des Schützen-(Rechen-)wagens im Einlaufbauwerk.

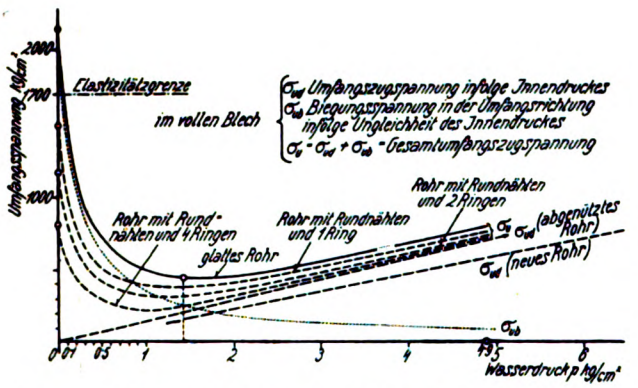


Abb. 15. Umfangsspannungen im Stollenrohr mit und ohne Versteifungen, bei wechselnden Betriebsdrücken.

Stollenrohrleitung beträgt 454 t. Die Rohre wurden im Lieferwerk unter Benützung besonderer Abschlußdeckel mit Stopfbüchsen und dann auch nach dem Zusammenbau als Ganzes mit dem eineinhalbfachen größten Betriebsdruck erprobt.

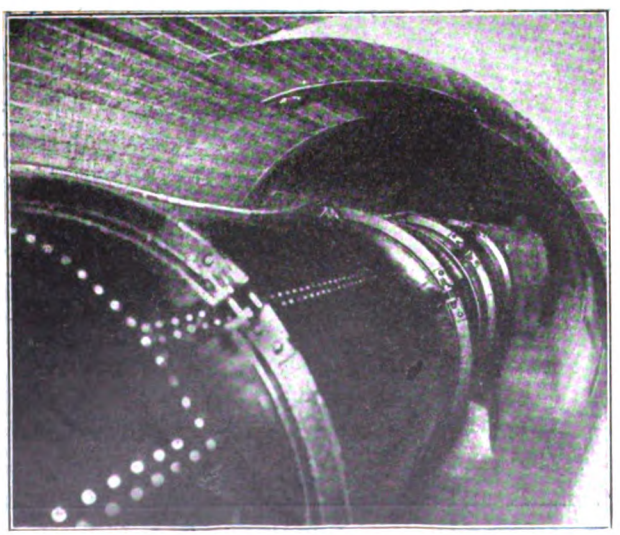


Abb. 16. Stollenrohr mit Fernmelde- und Fernsprechkabel.

Der letzte Teil des Rohres enthält einen Krümmer von 12 m Halbmesser, mit freier Beweglichkeit in einer wagrechten Ebene bei Temperaturänderungen und mündet in das 54·79 m hohe Wasserschloß[8]) von 4 m l. W., das im untersten Teil durch zwei kegelförmig verjüngte Speicherstollen senkrecht zur Stollenachse und oben durch einen dritten als Speichertunnel ergänzt wird. Mit Ausnahme des letzteren und des obersten Teiles des Hauptschachtes ist das ganze Wasserschloß blechgepanzert (9 bis 12 mm Wanddicke). Abb. 17 hält den

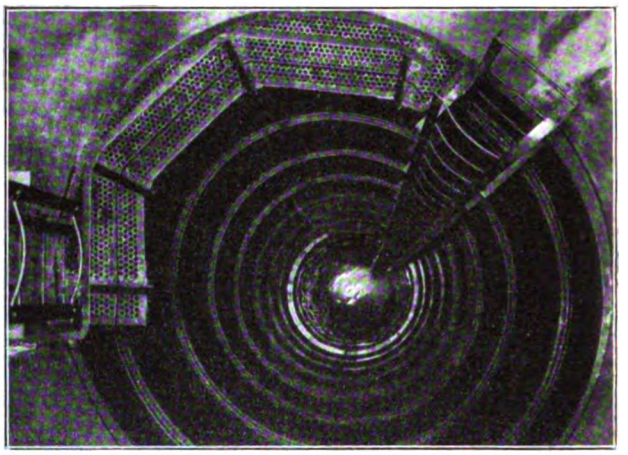


Abb. 17. Blick ins Wasserschloß lotrecht nach abwärts.

Blick von der obersten Plattform lotrecht in die Tiefe fest und zeigt die mit Rückenlehnen versehene Bedienungsleiter, auf der die beträchtliche Höhe gefahrlos erklommen werden kann. Ein Abfallrohr von 250 mm mit Schieber erlaubt die Entschlammung zum Fenster III. Vom Wasserschloß führt ein 40 mm-Feinrechen aus Eisenbahnschienen in ein 43·75 m langes Auslaufrohr, das als gepanzerter Betonstollen mit 10 mm Wanddicke des

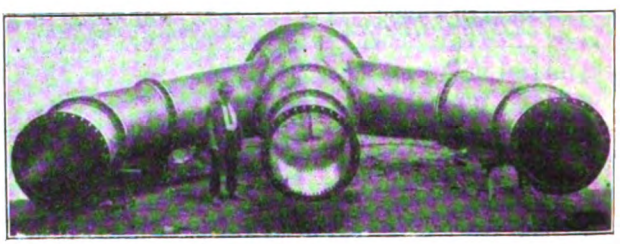


Abb. 18. Hosenrohr der Apparatenkammer in der Fabrik.

Rohres ausgebildet ist und schließlich in ein ganz einbetoniertes Dreifachhosenrohr von 2 auf 3×1 m l. W. mündet. Dieses auf 8·5 at geprüfte, mit besonderer Be- und Entlüftung ausgestattete Formstück ist in der Abb. 18 vor dem Einbau festgehalten.

Hiemit sind wir bei der Apparatenkammer auf der Grafenspitze angelangt. Den sich hier an das Hosenrohr anschließenden drei Strängen, von denen bisher zwei ausgebaut sind, finden wir bei jedem Strang zwei Drosselklappen vorgelagert: voran eine selbsttätige, hintennach eine Handdrosselklappe; zwischen beiden zur Erleich-

[8]) Schnitte s. E. u. M. 1925, H. 21, Abb. 12.

Digitized by Google

terung der Montierung und zur Entlastung der Klappengehäuse je eine Stopfbüchse. Abb. 19, 20 zeigen Schnitte, Abb. 21 die Außenansicht der Apparatenkammer von der Westseite. Im Hintergrunde

3. Steilrohrleitung.

Die Drosselklappen in der Apparatenkammer haben den doppelten Zweck, die Absperrung der einzelnen Steilrohre zu gestatten und sie im Falle

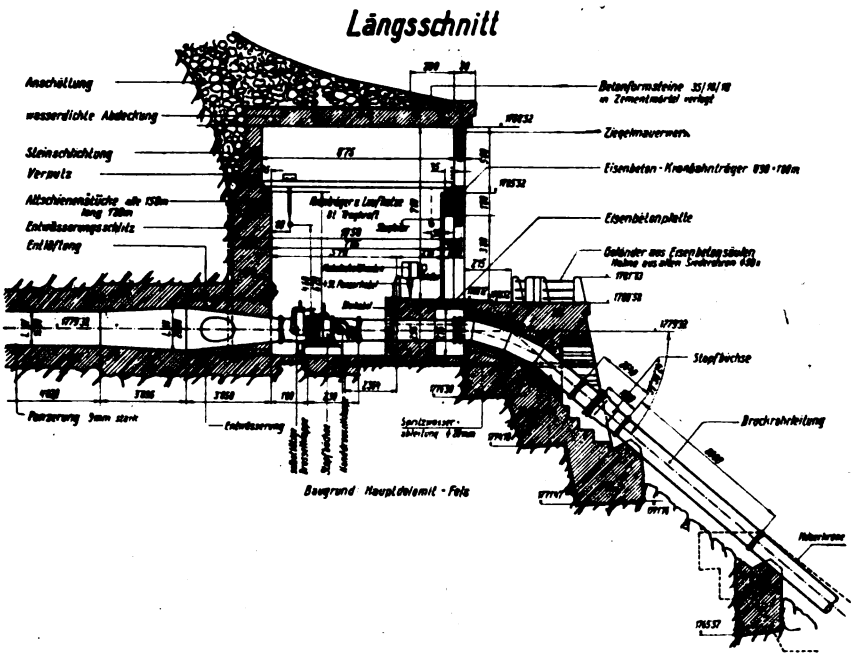


Abb. 19. Längsschnitt der Apparatenkammer.

sind die am Steilhang in vielen Stufen errichteten nachgiebigen Lawinen- und Steinschlagrechen zu sehen, wie sie sich an der Arlbergbahn bewährt

eines Rohrbruches selbsttätig abzuschließen. Die letztere Aufgabe gewinnt hier dadurch sehr an Bedeutung, daß die bei einem allfälligen Rohrbruch

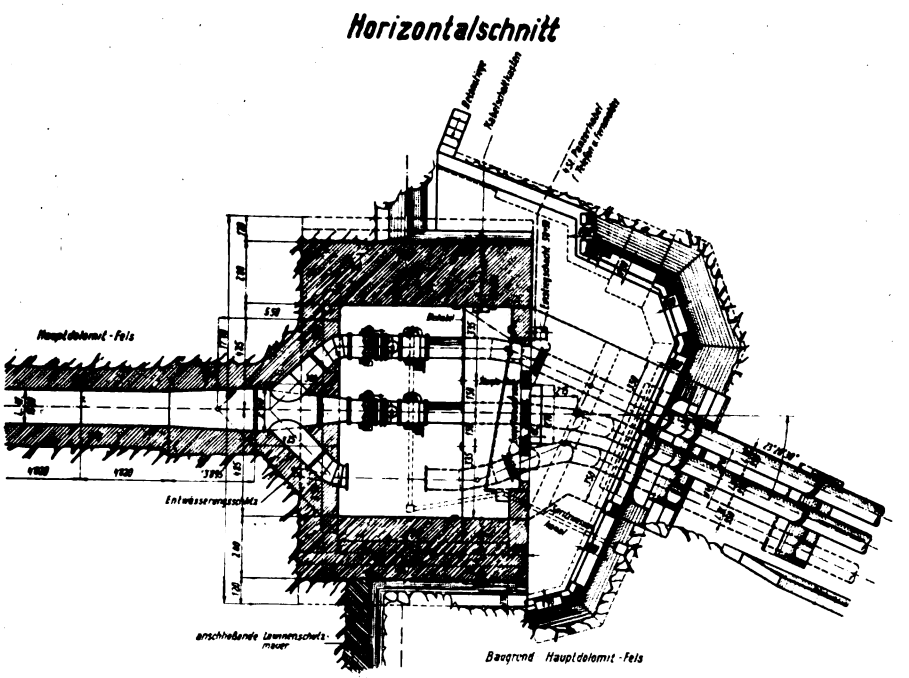


Abb. 20. Horizontalschnitt der Apparatenkammer.

haben (auf Drahtseilen befestigte Holzknüppel). Die Apparatekammer enthält einen 8 t-Laufkran mit Handbedienung.

austretende Wassermenge wegen der brüchigen Beschaffenheit des Moränenschuttes soweit als möglich beschränkt werden muß.

Digitized by Google

Bei der in der Abb. 22 dargestellten Anordnung verfügt man bei jedem Rohr über zwei hintereinander geschaltete Klappen. Ein vollkommen dichter Abschluß des Rohres ist auch bei teilweiser Undichtheit beider Klappen dadurch ermöglicht, daß man das Leckwasser der ersten Klappe

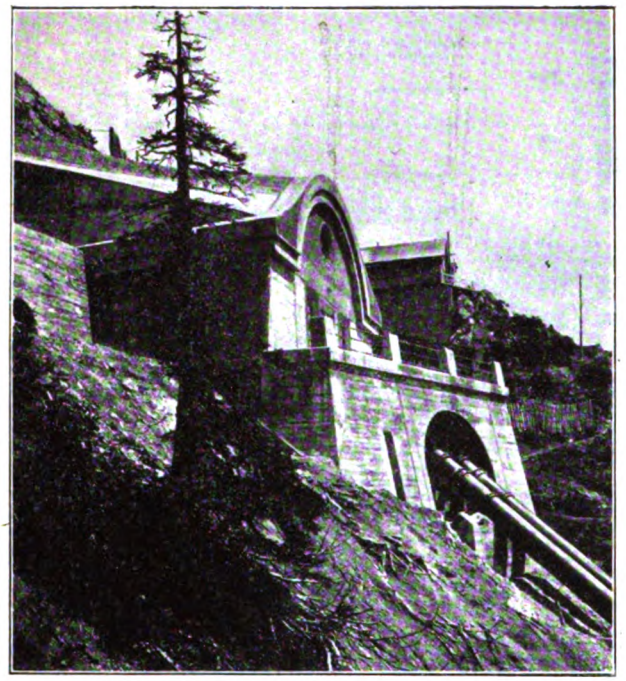


Abb. 21. Apparatenkammer gegen Osten gesehen.

aus der zwischenliegenden, zu öffnenden Stopfbüchse durch einen besonderen, mit Schieber versehenen Ablauf abfließen lassen kann. Will man etwa für eine Beschliefung eines Rohres dieses vollkommen sicher absperren, so kann man überdies bei geöffneter Stopfbüchse einen noch von der Druckprobe vorhandenen, bereitgehaltenen Blinddeckel vor der zweiten Klappe aufschrauben. Diese Klappenanordnung ist grundsätzlich auch für die anderen Bundesbahnkraftwerke (Stubachwerk und Mallnitzwerk) als die billigste und dabei absolut sicherste gewählt worden, nur mit dem Unterschied, daß in der Fließrichtung gesehen, zuerst die den Störungen weniger unterworfene Handklappe und als zweite die selbsttätige eingesetzt wird. Die umgekehrte Reihenfolge im vorliegenden Fall ergab sich aus zufälligen Gründen des Baufortschrittes.

Die in der Abb. 22 schematisch dargestellte selbsttätige Drosselklappe, System Teudloff & Dittrich, ist in allen Hauptteilen aus Stahlguß angefertigt, die Schildzapfen haben Metallbüchsen und gestatten Schmierung mit Schmierpressen. Die Klappenwelle hat unter der Wirkung eines an einem hornförmig gekrümmten Stahlgußhebel hängenden Gewichtes *G* ständig das Bestreben, zu schließen; sie wird daran durch das am anderen Ende aufgekeilte Zahnsegment *Z* mit lotrechter Zahnstange *Zst* gehindert. Diese hängt am oberen Ende an einer Klauenkupplung *K* und drückt am unteren Ende auf den Tauchkolben der Ölbremse *B*. Auf der Stoßplatte *StW* ist eine in das Rohrinnere fingerförmig hineinragende Stoßplatte von 200 cm² aufgekeilt, wobei der Wasserdruck durch das Gegengewicht G_s ausgeglichen ist. Überschreitet die Wassergeschwindigkeit einen eingestellten Wert, so dreht sich die Stoßplattenwelle im Uhrzeigersinn und nimmt mittels Langlochkupplung einen Stelzenhebel mit, wodurch eine Rast am Relaishebel *R* frei wird und der Hebel durch das Auslösegewicht G_a herunterfällt; dadurch wird die Klauenkupplung infolge Verdrehens eines vollen Klauensternes gegenüber den Klauen eines Hohlsternes entkuppelt und die Drosselklappe beginnt zu schließen. Das in der Ölbremse zusammengepreßte Öl fließt durch Drosselscheiben in den Ölschalter *Ö*. Anfangs stehen ihm hiezu zwei Wege über zwei Drosselscheiben innerhalb des Steuerblockes *St* offen. Nach Zurücklegung etwa des halben Weges stößt ein Anschlag *A* an der Zahnstange an einen Steuerhahn und sperrt so den einen Drosselweg ab, wodurch die Bremswirkung verdoppelt wird. In der gleichen Weise wie beschrieben wirkt auch die elektromagnetische Fernauslösung durch den Elektromagneten *EM*; die Fernbetätigung erfolgt von der Krafthausbatterie mit Gleichstrom von 220 V über

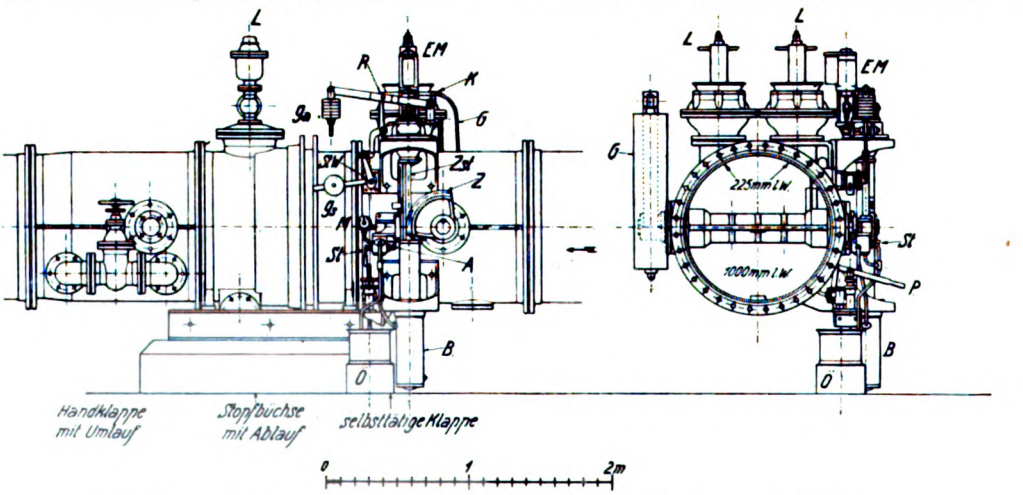


Abb. 22. Selbsttätige und Handdrosselklappen in der Apparatenkammer.

Digitized by Google

ein 1907 m langes Kabel von 4 × 1 mm² (für drei Klappen mit gemeinsamer Rückleitung). Das Öffnen geschieht nach Umschaltung des Bremszylinders auf die Handpumpe *P* durch Aufpumpen des Kolbens und Hochheben des Hebels *R*. Die Belüftung durch zwei Ventile mit 10 vH des Rohrquerschnittes ist durchaus ausreichend, zumal die Steilrohrleitung vakuumfest ist.

Die Auslösewassermenge übersteigt die größte Betriebswassermenge um 20 vH, kann aber

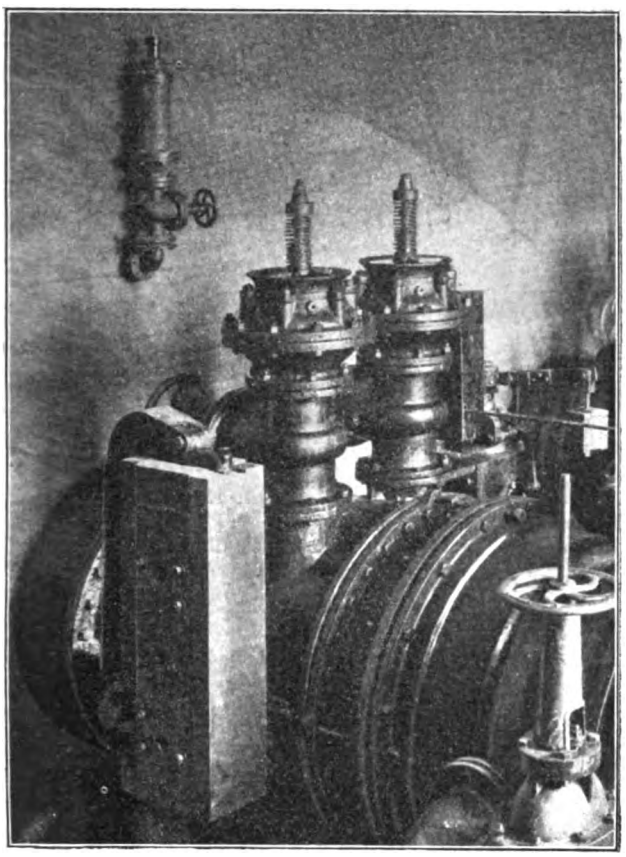


Abb. 23. Selbsttätige Drosselklappe von der Gewichtsseite.

auch auf höhere Beträge eingestellt werden. Die selbsttätigen Klappen werden zweimal im Monate erprobt. Dies kann jederzeit ohne Betriebsstörung geschehen, weil man durch einen kleinen Handhebel in jedem beliebigen Augenblick der Schließbewegung diese durch Absperren der Ölwege sanft abstellen kann. Die Schlußzeit ist auf 35 sec eingestellt, kann aber durch Auswechslung der Drosselscheiben in weiten Grenzen verändert werden. Der Unterdruck beim Schließen übersteigt nicht 0·25 at. Die Versuche ergaben in jeder Hinsicht ein tadelloses Arbeiten. Sehr angenehm ist auch (im Vergleich zu vielen ausländischen Ausführungen) die sehr gedrungene Bauart und der äußerst geringe Raumbedarf für das Schließgewicht. Auch ermöglicht die Bauart jederzeit die Besichtigung oder Auswechslung der hinter dem Klappenkörper eingesetzten Stoßplatte ohne Betriebsstörung der anderen Stränge, bei geschlossener Klappe. Die Klappen sind im ganzen, wie einseitig bei geschlossenem Klappenkörper auf 7·5 at erprobt. Abb. 23 zeigt eine selbsttätige Klappe; links oben sieht man das Be- und Entlüftungsventil für das hinter der Mauer einbetonierte doppelkegelförmige Hosenrohr.

Die Steilrohrleitung des Spullerseewerkes ist nach Gefälle, Steilheit und Schwierigkeit der Gründung als die kühnste unter den österreichischen Druckrohrleitungen zu bezeichnen. Wie aus der Abb. 3 zu sehen, überwindet diese freiverlegte Leitung das geodätische Gefälle von 761·23 m in sechs geradlinigen Abschnitten, mit Längen zwischen 130 und 299 m und Neigungen zwischen 27 und 40° (50 und 83 vH). Die Teilstrecke IV bis V von 299 m ist meines Wissens die längste bisher ausgeführte Teilstrecke mit Stopfbüchse. Die abgewickelte Gesamtlänge ohne Verteilleitung ist 1395 m, das Verhältnis zwischen wagrechter Projektion und abgewickelter Länge ist 1 : 1·19, also sehr günstig.

Vergleichende Rechnungen zeigten, daß es am billigsten ist, je zwei Turbinen aus einem Rohr zu versorgen, also derzeit zwei, später drei Steilrohrstränge zu wählen; die Krümmer wurden gleich auch für den dritten Strang verlegt. Das Gewicht eines Stranges beträgt 702 t, mit Einzelgewichten der Krümmer bis zu 5·4 t. Die lichte Weite jedes Rohres ist nach den Werten 950, 900, 850, 800, 750, 650 mm abgestuft, wobei die Verjüngungen in die Krümmer verlegt sind; die Wanddicke liegt zwischen 18 und 35 mm. Die Rohre bestehen aus bestem basischen S. M.-Flußeisen von 34 bis 40 kg/mm² Zerreißfestigkeit und mindestens 25 vH Dehnung und sind mit einem gewährleisteten Güteverhältnis von mindestens 85 vH der Naht als wassergasgeschweißte Rohre hergestellt. Die Normallänge der Rohre beträgt 8 m; die Rundnähte haben 1, 2 oder 3-reihige Nietung der kegelförmigen Nietmuffen; von den 15 verschiedenen Formen dieser Nietmuffen sind 4 Beispiele in der Abb. 24 dargestellt. Die Nietverbindungen sind pneumatisch mit 7 at Druck hergestellt. Krümmer und Stopfbüchsenrohre sind mittels fester Bunde

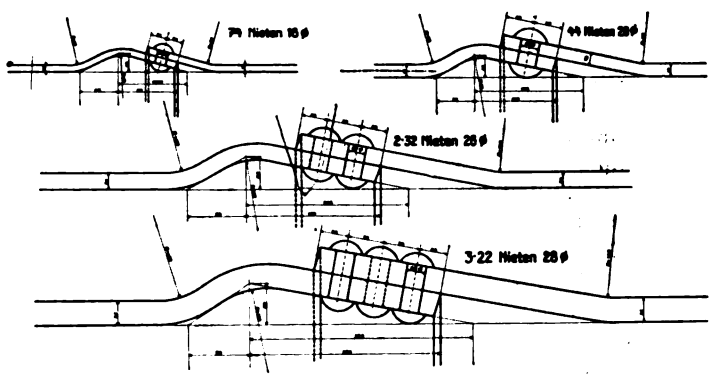


Abb. 24. Nietmuffenverbindungen in der Steilrohrleitung.

und loser Flanschen angeschlossen. Jeder Rohrstrang ist für 2 m³/sek bei einer mittleren Geschwindigkeit von 3·94 m/sek bestimmt, wobei die Geschwindigkeiten im obersten und untersten Rohrabschnitt 2·82 bezw. 6·02 m/sek betragen. Die

Digitized by Google

mittlere Geschwindigkeit ist verhältnismäßig niedrig gewählt worden, weil der Energieinhalt des in einem Strang fließenden Wassers (560 tm) sehr groß ist.

Der größte statische Betriebsdruck beim Ausschwingen des Wasserschloßspiegels nach oben ist 81 at, der Wanddickenzuschlag für Rosten und

Abb. 25. Krafthaus; darüber die Bahn mit der Station Danöfen (links), rechts die die Bahn unterfahrende Steilrohrleitung und der (schon abgetragene) Schrägaufzug.

Sandschliff 2 mm. Die zugelassene größte Drucksteigerung wurde in Anbetracht der bedeutenden lebendigen Kraft der Wassermasse und zwecks Sicherung einer ruhigen Turbinenregelung, auch im Hinblick auf die beim Bau der schweizerischen Bahnkraftwerke Ritom[9]) und Barberine[10]) aufgestellten scharfen Bedingungen, tunlichst niedrig gehalten und wurde nach vielen Überlegungen mit höchstens 11·3 vH des größten vorkommenden statischen Druckes festgesetzt. Bei einem größten statischen Gefälle von 780 m entspricht dies 88 m Wassersäule; der ungünstigste Fall ist dann gegeben, wenn von Leerlauf (780 m) auf Vollast (780 — 53 m Reibungshöhe = 727 m) übergangen wird. Hier 88 m dazugegeben, ergibt 815 m oder 35 m mehr als der statische Druck; die vorschriebene Bedingung läßt sich also dahin ausdrücken, daß die nach einer Belastung als Folge der ersten Druckverminderung auftretende größte Drucksteigerung in keinem Falle 35 m, bezogen auf den neuen Beharrungszustand, überschreiten dürfe, oder daß die Drucksteigerung 4·5 vH des größten überhaupt vorkommenden Druckes von

[9]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 55.
[10]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 179; 1925, S. 975.

780 m nicht überschreiten dürfe. Nach Beobachtungen in den genannten schweizerischen Werken wie auch solchen im Spullerseewerk schon im ersten Betriebsjahr gemachten Wahrnehmungen

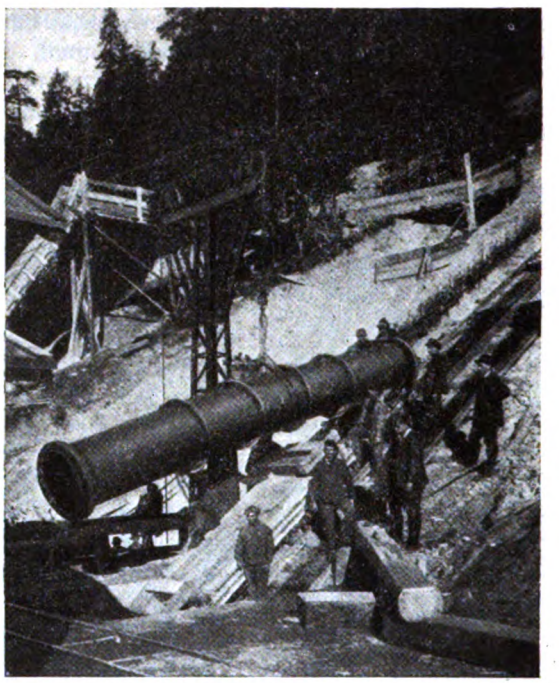


Abb. 26. Verladen eines Druckrohres mit dem Hammerkran.

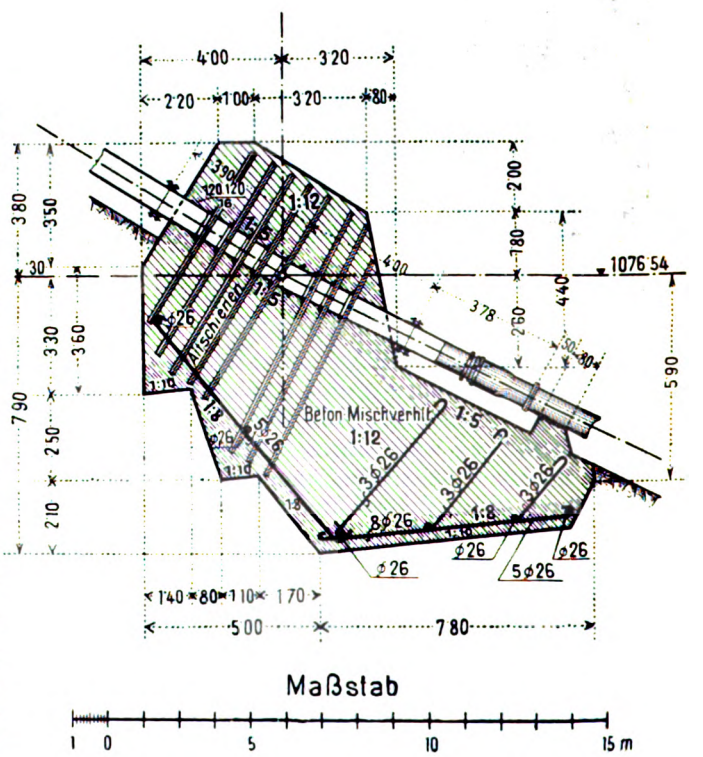


Abb. 27. Querschnitt durch den Festpunktklotz V.

kann durch zufällige Resonanz zwischen den durch die Lokomotiven erzwungenen Lastschwankungen und den natürlichen Druckschwingungen im Rohr

Digitized by Google

eine Steigerung bis zum Dreifachen der einfachen Drucksteigerung auftreten, also bis zu etwa 14 vH.

Zwischen je 2 Rohren ist der Achsabstand 1·45 m. Die Rohre sitzen auf Gleitsätteln aus U-Eisen in Entfernungen von 8 m und sind durch 7 Niederhaltungen aus gebogenen, frei abstehenden U-Eisen

Abb. 28. Fertiger Festpunkt V und Stützpfeiler.

gegen Ausknicken gesichert. Jeder Rohrabschnitt hat am oberen Ende eine Stopfbüchse und ist von unten nach oben montiert worden. Oberhalb jedes Festpunktes sitzt ein Mannloch von 445 mm l. W. mit topfförmig eingezogenem Deckel.

Abb. 25 bietet eine Gesamtansicht der Rohrleitung mit dem Krafthaus. Die Betonpfeiler der Steilstrecke haben durchschnittlich je 25 m³ Inhalt und 1 m Breite. Abb. 26 läßt das Umladen eines Krümmers mit einem Hammerkran auf den Schrägaufzug erkennen. Besondere Schwierigkeiten bereitete die stellenweise bis zu 10 m Tiefe reichende Gründung der mächtigen Festpunkte, die zwischen 350 und 780 m³ Inhalt haben und bis zu 3000 t sicher auf wenig tragfähigen Boden (Moränenschutt) zu übertragen haben. Die Querschnittszeichnung für den Festpunkt V in Abb. 27 zeigt die Art der Befestigung

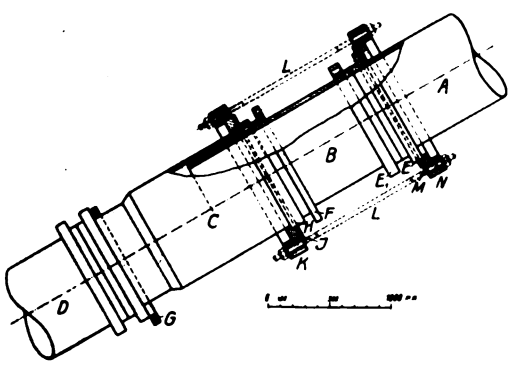


Abb. 30. Rohraufhängevorrichtung.

der Krümmer im Beton durch aufgeschweißte halbe Wickelringe, die sich gegen Altschienen stützen. Wo geringe Zugspannungen im Beton auftreten können, ist dieser entsprechend bewehrt. Abb. 28 zeigt einen fertigen Festpunktklotz und einen Stützpfeiler. Die Rohrleitung ist innen und außen doppelt mit Teerasphalt gestrichen.

Die Verteilleitung ist staffelförmig angeordnet (s. spätere Abb. 34). Um die Stichrohre bei Temperaturänderungen von Biegungsspannungen zu entlasten, sind sie vom Hauptstrang mittels Doppelstopfbüchsen abgezweigt, die durch Stahlbänder an ihren Fundamenten vollkommen unverschieblich festgehalten sind; der Hauptstrang kann also nach Überwindung der Stopfbüchsenreibung Längsbewegungen ausführen, die ihn rein zentral beanspruchen. Abb. 29 zeigt eine solche Doppelstopfbüchse aus Stahlguß.

Die wenigen Flanschenverbindungen sind durch eingelegten Rundgummi abgedichtet. Um später einmal auch die Dichtungen oberhalb der Festpunkte auswechseln zu können, ist eine Rohraufhängevorrichtung vorgesehen, mit deren Hilfe man einen trockengelegten Rohrabschnitt an seinem oberen Ende bei der Stopfbüchse bei höherer Tagestemperatur fest aufhängen kann; durch die Abkühlung in der Nacht hebt sich der Strang von seinem unteren Anschluß ab und gibt

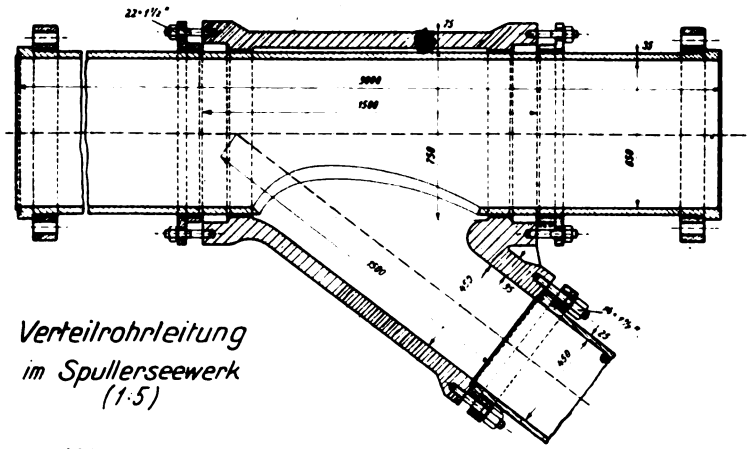


Abb. 29. Doppelstopfbüchse bei der Abzweigung einer Stichleitung von der Verteilleitung.

die Dichtung frei. Abb. 30 zeigt eine solche aus den Rohren *A*, *B*, *C*, *D* bestehende Dehnvorrichtung unterhalb eines Festpunktes; der die Stopfbüchsenbrille *F* niederhaltende Überwurfflansch *G* wird gelöst und in die gezeichnete Lage hinabgelassen; sodann werden über die Überwurfflanschen *E* und *H* zweiteilige Ringe *M* und *J* und über diese größere einteilige Ringe *N* und *K* gelegt und die letzteren durch mächtige Zugbolzen *L* zusammengezogen.

Alle Rohre sind im Lieferwerk einem Kaltwasserüberdruck von mindestens 50 vH unterworfen und schließlich ist die ganze Leitung in Abschnitten von Festpunkt zu Festpunkt jeweils mit Ausschluß der Stopfbüchsen mit einem Probedruck abgepreßt worden, der eine Beanspruchung von höchstens 1300 kg/cm² im vollen Blech hervorruft, derart, daß an den untersten Enden der Probeabschnitte Überdrücke von 50, 70, 60, 60, 56, 52, 51

Digitized by Google

und 50 (Verteilleitung) Prozent aufgetreten sind; der Probedruck im untersten Teil betrug also 122 at. Abb. 31 zeigt übersichtlich die aufgewendeten Probedrücke. Wegen des Ausschaltens der (ohnehin im Lieferwerk erprobten) Stopfbüchsen mußten die Abpreßdeckel jeweils umgesetzt wer-

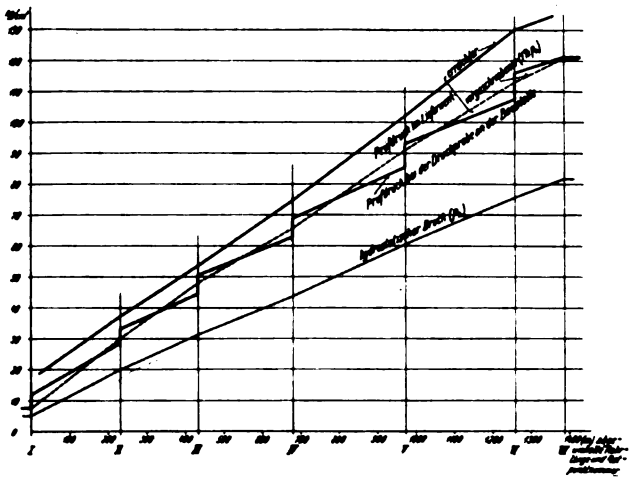


Abb. 31. Probedrücke in der Steilrohrleitung.

den. Um trotzdem mit einer nur zweimaligen Füllung und Entleerung auszukommen, wurden im Zuge des Füllens die einzelnen Deckel nach und nach so eingesetzt, daß abwechselnd der eine unterhalb, der nächste oberhalb einer Stopfbüchse eingeschraubt wurde, wie dies die Abb. 32 erkennen läßt; nach der ersten Füllung des Stranges 1 wurden die Abschnitte (1) erprobt, nach Entleerung sodann im Zuge der zweiten Füllung die Deckel auf die jeweils andere Seite der Stopfbüchsen umgesetzt und dann der Reihe nach die Abschnitte (2) erprobt. Bei der Erprobung eines bestimmten Abschnittes waren die bereits angeschlossenen Deckel abgeschlossen und die Druckpumpe war angeschlossen; um die Festpunkte nicht einseitig zu belasten, blieben aber die jeweils oberhalb liegenden Wasserräume mittels der Bohrungen in den Deckeln miteinander in Verbindung, desgleichen für sich die unterhalb des Abschnittes liegenden Wasräume. Um zu vermeiden, daß der von unten wirkende entlastende Gegendruck durch eine Erwärmung während der Probe oder eine leichte Undichtheit verschwinde, wurden alle oberhalb der Festpunkte VI liegenden Abschnitte beider Stränge durch ein Kupferrohr zwischen den Deckeln bei VI miteinander kommunizierend verbunden und der Strang 2 als Hilfsstrang ohne Zwischendeckel, also mit offen verbundenen Abschnitten, zur Speisung des Stranges 1 von unten verwendet und umgekehrt. Nach der abschnittweisen Erprobung folgte eine Dauerprobe beider Stränge im gefüllten Zustand durch 2 Tage. Die verwendeten Abpreßdeckel haben 5 Bohrungen; eine zum Anschluß der Pumpe, zwei zum Verbinden der Pumpe mit dem oberen bezw. unteren Wasserraum, eine für Luftauslaß und eine für Umleitung (Verbindung beider Räume miteinander).

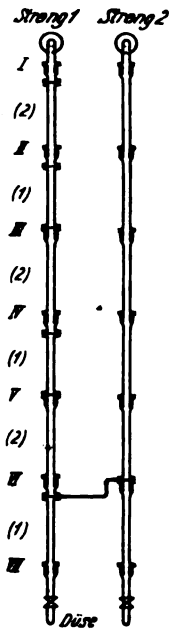


Abb. 32. Anordnung der Abpreßdeckel und Sicherung des Gegendruckes bei der Druckprobe an der Steilrohrleitung

(Fortsetzung folgt.)

Tagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (I. E. C.) in Bellagio und Rom.

Vom 4. bis 13. September fand die diesjährige Jahresversammlung der I. E. C. in Bellagio statt, an der Vertreter von 20 Ländern teilnahmen.

Es hatten Delegierte angemeldet die Länder: Australien (1), Belgien (6), Dänemark (2), Deutschland (16), Frankreich (17), Großbritannien (40), Holland (7), Italien (36), Japan (2), Kanada (1), Norwegen (3), Österreich (7), Polen (8), Rumänien (4), Rußland (3), Schweden (5), Schweiz (8), Spanien (6), Tschechoslowakei (9) und die Vereinigten Staaten von Amerika (21).

Das österreichische Komitee war vertreten durch Herrn Ing. R. Jiretz als Führer der Delegation und die Herren: Dr. Ing. Emanuel Rosenberg, Ministerialrat Ing. Rudolf Fuhrmann, Ministerialrat Ing. Rudolf Heider, Dr. J. Tomaïdes.

Es tagten folgende Arbeitsausschüsse („advisory committees"):

Nr. des Ausschusses	Arbeitsgebiet	Vorsitzender	Nationalkomitee f. d. Berichterstattung (Sekretariat)
1	Benennungen	Dr. C. O. Mailloux (U. S. A.)	U. S. A.
2	Bewertung elektr. Maschinen	Prof. C. Feldmann (Holland)	England
2/1	Klemmenbezeichnungen	Prof. Dr. Strecker (Deutschland)	Holland
3	Bildzeichen	Prof. Janet (Frankreich)	Schweiz
4	Kraftmaschinen	Dr. Durant (U. S. A.)	U. S. A.
4/1	Dampfturbinen	Dr. Hüber-Stockar (Schweiz)	U. S. A.
6	Lampensockel u. -Fassungen	Dr. C. Sharp (U. S. A.)	England
8	Normalspannung.	M. Uytborck (Belgien)	England
9	Bahnmotoren	M. Peridier (Frankreich)	Frankreich
10	Isolieröle	M. Skinner (U. S. A.)	Frankreich
11	Freileitungen	Dr. Eccles (England)	Belgien
12	Radio - Lampensockel	M. C. C. Paterson (England)	Holland
13	Meßinstrumente	Lt. Col. Edgecumbe (Engl.)	Deutschland
14	Kennzeichnung d. Roh-Wasserkr.	M. F. Murphy (Canada)	U. S. A.

Der am 22. September in Rom abgehaltenen Vollversammlung konnte bereits ein gedruckter kurzer Bericht über das Ergebnis der Beratungen in Bellagio mit

Digitized by Google

Vorschlägen an die Vollversammlung vorgelegt werden, die sämtlich genehmigt wurden.

Im Folgenden wird über die Beratungen und Beschlüsse zunächst kurz berichtet; über einzelne Kapitel wird noch ausführlicher berichtet werden. Zur Herstellung des Zusammenhanges mit den früheren Arbeiten und um Wiederholungen zu vermeiden, sei auf die früheren Berichte in der Zeitschrift verwiesen, insbesondere auf jenen über die vorjährige Tagung in New-York[1]).

Vom österreichischen Komitee waren seit der New-Yorker Tagung Äußerungen bezw. Vorschläge zu folgenden Arbeitsgebieten eingegangen:

Benennungen (1), Klemmenbezeichnungen (2/1), Bildzeichen (3), Normalspannungen (8), Bahnmotoren (9), und Freileitungen (11).

1. Benennungen (Nomenclature).

Es ist beabsichtigt, ein zunächst etwa 700 Fachausdrücke umfassendes internationales Wörterbuch herauszugeben, in dem jeder Ausdruck eine bestimmte Nummer erhalten und, so weit nötig, definiert werden soll. Eine an die Nationalkomitees (N.-K.) gesandte Liste enthielt 667 Ausdrücke zur Übersetzung in die betreffende Landessprache. Eine zweite Rundfrage hatte Klärung über die Reihenfolge der Arbeiten und Material für die Wahl der Klassifikation gebracht. Es wurde beschlossen, die Arbeiten in folgender Ordnung zu unternehmen:

1. Wahl des Klassifikationssystems,
2. Wahl der Ausdrücke,
3. Definitionen.

Es wurde das Centesimalsystem gewählt; jeder Ausdruck erhält eine aus 7 Ziffern bestehende Nummer: die ersten zwei Ziffern kennzeichnen die „Gruppe", Ziffer 3 und 4 die „Sektion", die drei letzten Ziffern den Ausdruck, die 7 Stellen sind vollständig (also eventuell mit 0) zu besetzen; sämtliche 100 Gruppen (00 bis 99) und 100×100 Sektionen bleiben für die Elektrotechnik reserviert; zunächst werden nur die Vielfachen von 5 benützt, da vorläufig das Auslangen mit 20 Gruppen zu je 20 Sektionen gefunden wird und auf diese Weise Ergänzungen leicht vorgenommen werden können.

Trotz zahlreicher Sitzungen konnte nur eine Tabelle der 16 zunächst in Aussicht genommenen Gruppen und der Unterteilung (Sektionen) der Gruppen 1 bis 10 aufgestellt werden, während ein Entwurf für die Sektionen der Gruppen 11 bis 16 an die Nationalkomitees (N.-K.) geht. Ein besonderes Komitee soll die Arbeiten fortsetzen.

2. Bewertung elektrischer Maschinen (Rating of electrical machinery).

Die Arbeiten des in New-York 1926 eingesetzten Unterausschusses haben die Vorlage einer neuen Ausgabe der Veröffentlichung Nr. 34 ermöglicht, welche die Grundlage für die Beratungen bildete. Sie enthält die drei Abschnitte: 1. Definitionen und allgemeine Regeln, 2. Umlaufende Maschinen, 3. Transformatoren; als vierter soll der Abschnitt über Bahnmotoren aufgenommen werden (jetzige Veröffentlichung Nr. 39).

Der in fünf Sitzungen des Arbeitsausschusses und mehreren Sitzungen des Unterausschusses durchberatene und teilweise abgeänderte Entwurf der Veröffentlichung 34 geht an ein Redaktionskomitee und dann an die N.-K. zur Entscheidung nach der 6-Monats-Regel (das heißt mit dem Recht des Einspruches innerhalb dieser Frist); ein Bericht hierüber folgt später.

Die Vollversammlung genehmigte folgende zwei, bereits in New-York vom Arbeitsausschuß beschlossene Anträge:

1. Es besteht keine allgemeine Forderung nach Bestimmungen für Überlast in den I. E. C.-Regeln.

2. Eine Bewertung nach Landesregeln ist zulässig, wenn Betriebsbedingungen, Erzeuger- oder Handelstendenzen dies wünschenswert machen. Wird die Bewertung nach I. E. C.-Regeln verlangt oder als wünschenswert erachtet, so soll das Leistungsschild beide Angaben erhalten, wenn sie verschieden sind.

Dem Wunsche, die verschiedenen Landesregeln den N.-K. zu vermitteln, wurde durch den Beschluß des Arbeitsausschusses Rechnung getragen, daß die N.-K. dem Sekretariat ihre Landesregeln senden, dieses eine Liste mit den abkürzenden Bezeichnungen derselben veröffentlicht und Kopien den N.-K. zur Verfügung stellt.

Toleranzen: Der Besprechung lag eine Zusammenstellung der von den N.-K. eingelangten Vorschläge (2 — Central office — 77) vor. Ein Teil wurde angenommen (Bericht folgt); über die restlichen gehen endgültige Vorschläge an die N.-K.

An die N.-K. gehen ferner zur Genehmigung oder neuerlichen Beratung:

1. Der Vorschlag Deutschlands und der Schweiz, die Raumtemperatur mit 35° statt 40° C festzusetzen, mit der Folgerung, daß die Tabellenwerte für die Temperaturzunahme um 5° C erhöht werden.

2. Die Frage, ob eine Definition der intermittierenden Leistung aufgenommen werden soll.

3. Die neuen Vorschläge für die Temperaturzunahme von Öltransformatoren, nämlich

	Wicklungen	Öl
Selbstkühlende Transf.	60° C (bisher 55°)	50° C (wie bisher)
Transf. m. Wasserkühl.	65° C („ 60°)	55° C („ „)

Damit ist das Wärmegefälle zwischen Wicklung und Öl von 5° wenigstens auf 10° erhöht worden.

4. Das weitere Studium der Wellenform und der zulässigen Toleranz (Abweichung von der Sinusform).

5. Der New-Yorker Vorschlag, die Prüfspannung für nicht dauernd kurz geschlossene Rotorwicklungen von Induktionsmotoren bis 5 kVA Aufnahme von 1000 auf 500 V herabzusetzen.

6. Der Vorschlag des Unterausschusses, die Prüfspannung für einpolig geerdete Einphasen- und verkettete Zweiphasenwicklungen mit dem 1·4fachen der in den Tabellen der neuen Veröffentlichung Nr. 34 angegebenen Werte zu bemessen (Nennspannung = Spannung pro Phase).

7. Das weitere Studium der Vorschläge über Spannungsprüfungen, und zwar:

a) Prüfung gegen Erde und zwischen Wicklungen,
b) Beziehung zwischen Prüfspannung gegen Erde und Betriebsspannung gegen Erde,
c) Prüfung gegen Erde mit Eigenspannung,
d) Prüfung von Windung gegen Windung,
e) Prüfung von Durchführungen und Isolatoren.

8. Die weitere Prüfung der bereits angenommenen Tabelle der Kugelfunkenstrecken, um größere Genauigkeit zu erhalten und deren Ergänzung durch die Kugeldurchmesser von 20 und 750 mm (Sechs-Monats-Regel).

9. Die Ausdehnung der Spannungsreihe über die jetzige Grenze von 400 kV.

2/1. Klemmenbezeichnungen (Terminal markings).

Die Antworten auf die 12 Punkte eines Fragebogens ließen in einigen Punkten weitgehende Übereinstimmung, in anderen große Verschiedenheiten erkennen; im großen und ganzen steht das amerikanische System dem europäischen gegenüber, das wieder in manchen Fällen, die sich verschieden übergreifen, zweierlei Systeme zeigt. Es ist nicht gelungen, diese Gegensätze durchwegs zu überbrücken, immerhin einigte man sich auf folgende Vorschläge an die N.-K.:

1. Einem internationalen Vorschlag wären die allgemeinen Grundsätze des europäischen Systems zugrunde zu legen.

2. Große Buchstaben für die Hochspannungsseite und für die Ständer von Wechselstrommaschinen, kleine Buchstaben für die Niederspannungsseite und für die Läufer von Wechselstrommaschinen.

[1]) E. u. M. 1926, S. 584 u. f.

Digitized by Google

3. Nur ein Zeichen für jede Klemme, kombinierte Zeichen nur für besondere Fälle (doppelte Wicklungen, Anzapfungen usw.).

4. Es empfiehlt sich, konventionelle Zeichen (und nicht Symbole), und zwar das Schweizer System (das sich fast zur Gänze mit dem deutschen deckt) anzuwenden.

5. Gleiche Normaldrehrichtung für Generatoren und Motoren.

6. Von der Hochspannungsseite gesehen, soll der 0-Punkt von Transformatoren links sein.

7. Bezeichnung der Transformatorenschaltungen.

Hochspannungsseite	D Y Z,
Niederspannungsseite	d y z.

Weitere Fragen betreffs der Maschinen sowie die Frage, ob auch Apparate einzubeziehen sind, sollen von einem Unterausschuß beraten werden.

3. Bildzeichen (Symbols).

Die bisherigen Veröffentlichungen Nr. 27 und 35 enthalten Vorschläge über Bildzeichen für Grundeinheiten und elektrische Größen, für die Namen elektrischer Einheiten, einzelne mathematische Bildzeichen, Abkürzungen für metrische Maße und Gewichte und graphische Bildzeichen für Diagramme und Pläne elektrischer Installationen. Die N.-K. werden ersucht, Abänderungsvorschläge zu der diese Gebiete umfassenden Veröffentlichung Nr. 35 zu erstatten. Seit der New-Yorker Tagung wurden folgende Gebiete aufgenommen:

a) Telegraphie und Telephonie: Hiefür wurde ein Unterausschuß bestellt, während die N.-K. die Verzeichnisse der in den einzelnen Ländern derzeit geltenden Bildzeichen und Vorschläge an das Sekretariat senden sollen.

b) Radiotechnik: Dieses Gebiet soll von einem erweiterten Unterausschuß behandelt werden.

c) Elektrische Bahnen: Hiefür sollen die N.-K. Vorschläge machen.

Der New-Yorker Vorschlag für die Batteriebezeichnung (langer dünner Strich = positiver Pol, kurzer dicker Strich = negativer Pol) wurde angenommen. Die entgegengesetzte deutsche und österreichische Bezeichnung kann beibehalten werden, wenn die + und — Zeichen hinzugefügt werden.

4. Kraftmaschinen (Prime Movers).

Wasserturbinen.

Die Beratungen führten zur Annahme von Definitionen, die als „Internationale Regeln für Wasserturbinen" am 31. Jänner 1928 veröffentlicht werden sollen; bis dahin steht dem deutschen und dem schwedischen Nationalkomitee ein Einspruchsrecht zu. Diese Definitionen umfassen:

1. Einzelne Teile einer Wasserkraftanlage, nämlich Druckleitung, Vorbecken, Wasserschloß und Turbinenleitung.

2. Die Wassermenge und das Gefälle, und zwar: Druckgefälle, Geschwindigkeits- oder kinetisches Gefälle, Brutto-, Total- und Netto- oder Effektivgefälle für Reaktions- und Aktionsturbinen (Peltonräder).

3. Die Leistung, und zwar Jahres- und Momentanleistung, elektrische und Turbinenleistung.

4. Geschwindigkeitsänderung und Druckänderung.

Man einigte sich ferner über folgende Punkte:

Allgemeine Proben: Umfang derselben (Bestimmung von Schluckmenge, Nettogefälle, Drehzahl, Leistung, Änderungen von Drehzahl und Druck während der Regulierung).

Abnahmeproben: Zulässige Schwankungen des Gefälles und der Drehzahl während der Proben, Zustand der Turbine; durch die Meßfehler bedingte Toleranzen gehören in den Liefervertrag. In Betracht kommende Methoden zur Messung der Wassermenge.

Wirkungsgrad: Die Garantie soll entweder auf eine bestimmte Leistung bezogen oder als Mittelwert aus den Wirkungsgraden bei verschiedenen Leistungen nach bestimmten Formeln berechnet werden.

Dampfturbinen (Steam-Turbines).

Die in New-York erreichten Resultate genügten nicht zur Aufstellung von Regeln in nennenswertem Umfange; die Beratungen in Bellagio brachten zwar in vielen Punkten Klärung, führten jedoch nicht zu endgültigen Beschlüssen; die Ergebnisse gehen daher an die N.-K. zur Beratung; ein Unterausschuß soll im März 1928 zusammentreten.

6. Lampensockel und -Fassungen (Lamp caps and Sockets).

Die eigentliche Arbeit besorgt das „Independant committee" der Lampenfabriken. Festgesetzt wurde nur der Durchmesser des Edison-Lampensockels 27 mit 26·45 mm (größtes Maß) bezw. 26·15 mm (kleinstes Maß), während die Gewindetiefe und Sockellänge weiter studiert werden soll. Die Bemessung der kleinen Bajonettsockeln und -Fassungen wurde der internationalen Organisation der Lampenfabriken überlassen.

Vom deutschen Ausschuß wurde die Frage des Berührungsschutzes aufgeworfen; hierüber sollen Vorschläge dieses Ausschusses an die N.-K. zur Erwiderung bis zur nächsten Tagung gehen.

8. Normalspannungen (Voltages).

Die in New-York beschlossenen Reihen der Normalspannungen (Veröffentlichung Nr. 38) wurden gegen alle Abänderungsanträge aufrecht erhalten. Ihre Ergänzung nach unten (Spannungen unter 100 V) und oben (Spannungen über 300 kV) soll von den N.-K. beraten werden.

Von Bedeutung sind die Beschlüsse über die Prüfspannungen von Isolatoren. Die festgestzte Mindestprüfspannung soll sowohl für Freileitungen und Freiluftapparate, als auch für Innenräume und = Apparate gelten. Wird eine höhere Prüfspannung gewünscht, so soll, um eine Typisierung der Isolatoren zu ermöglichen, die nächst höhere J. E. C.-Spannung zugrunde gelegt, Zwischenwerte der Prüfspannung sollen aber nicht gewählt werden.

Zur Annahme nach der Sechs-Monatsregel gehen an die N.-K. folgende Beschlüsse:

1. Die Mindest-Prüfspannung beträgt $2E + 10\,000$ Volt, wobei E die I. E. C.-Nennspannung bedeutet. Die Frequenz soll unter 100 sein.

2. Die Mindest-Überschlagsspannung liegt 5 vH über der Prüfspannung.

3. Für Innen-Isolatoren gilt Trockenprüfung, für Außenisolatoren Prüfung unter Regen.

4. Die Trockenprobe ist eine Stückprobe, die Naßprüfung eine Typen-Prüfung.

Ferner gehen an die N.-K. Vorschläge über: die Prüfdauer (1 Minute), den Spannungsanstieg (allmählich), die Lage der Isolatoren bei der Probe (Betriebslage, Regen unter 45°), die Vorberegnung (5 Minuten ohne Spannung), die Regenmenge und den spezifischen Widerstand des Regenwassers. Über die letzten beiden Punkte und weitere Einzelheiten bei der Prüfung werden die N.-K. gebeten, selbst auch Vorschläge zu unterbreiten.

Die deutschen Vorschläge über den Schaltsinn bei Apparaten und die Farben der Meldelampen gehen an den neu eingesetzten Ausschuß für Ölschalter und an die N.-K. zur Erstattung von Vorschlägen.

Die N.-K. werden schließlich ersucht, Vorschläge betreffs Anzapfungen von Transformatoren für die nächste Versammlung zu machen.

9. Bahnmotoren (Traction-Motors).

Die Beschlüsse der New-Yorker Tagung[2]) sind inzwischen als Veröffentlichung Nr. 39 erschienen. Die von den verschiedenen N.-K. eingelangten Vorschläge über Isolationsprüfung, Temperaturmeßverfahren und Kommutierungsproben wurden beraten:

1. Isolationsproben: Es wird den N.-K. zur Annahme nach der 6-Monatsregel vorgeschlagen, die

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 589.

Digitized by Google

Prüfspannung mit $2E + 1000$ Volt festzusetzen; kleinster Wert = 2500 Volt, E = Linienspannung. Prüfdauer = = 1 Minute, Frequenz des Prüfstromes = 20 bis 100. Der englische Vorschlag, auch den Isolationswiderstand als Kriterium einzuführen, geht an die N.-K. zur Beratung.

2. Methoden der Temperaturmessung: Grundsätzlich ist die Temperatur aus der Widerstandszunahme zu bestimmen; nur in Fällen, wo die Widerstandsmessung unmöglich oder schwierig (ungenau) ist, tritt die Messung mit Thermometer an ihre Stelle. Wird der Widerstand durch Messung von Strom und Spannung bestimmt, so soll der Meßstrom höchstens 20 vH des Stromes bei der Stundenleistung betragen.

Die höchst zulässige Lagererwärmung ist 55° C.

3. Kommutierung: Im Anschluß an die Stundenprobe soll der Motor laufen

a) je 30 Sekunden in jeder Drehrichtung mit dem Stundenstrome bei 1·1 facher Linienspannung und dem schwächsten Felde.

b) je 30 Sekunden in jeder Drehrichtung mit dem doppelten Stundenstrom, der Linienspannung und normalem Felde. Der doppelte Stundenstrom gilt zunächst nur für Gleichstrommotoren; ob diese Bedingung auch auf Einphasenmotoren auszudehnen ist, soll von den N.-K. nochmals studiert werden. Ebenso die folgenden Fragen:

4. Proben mit Überlast bei geschwächter Erregung:

Besondere Kommutationsproben für Motoren, die dauernd in Serie geschaltet sind,

Proben mit gesteigerter Drehzahl,

Proben mit Motoren, die für Stromrückgewinnung als Generatoren laufen,

Festsetzung des Anwendungsgebietes der Regeln, da sie für kleinere Traktionsmotoren oder solche für niedrige Spannungen (zum Beispiel bei Speisung von Batterien) nicht zur Gänze anwendbar sein dürften.

Als höchste Prüfdrehzahl wird das 1·25 fache der höchsten Betriebsdrehzahl durch zwei Minuten vorgeschlagen.

Dem Wunsche des Arbeitsausschusses nach Ausdehnung seines Wirkungskreises auf die gesamte Ausrüstung (Maschinen, Apparate etc.) elektrischer Fahrzeuge und nach dementsprechender Änderung seines Namens in „Arbeitsausschuß für elektrische Bahnen" wurde vom Aktionskomitee Rechnung getragen.

10. Isolieröle (Insulating Oils).

Die in New-York beschlossenen Proben auf Schlammbildung mit vier verschiedenen Ölen in mehreren Raffinationsstadien nach der deutschen (V. D. E.), schweizerischen (B. B. C.), schwedischen (A. S. E. A.) und amerikanischen (life-test) Methode waren nicht soweit gediehen, daß sie als Grundlage für Beschlüsse hätten dienen können. Ein Vorschlag des deutschen Komitees, die Laboratoriumsversuche zu ergänzen durch Versuche mit 12 Miniaturtransformatoren wurde angenommen, die Durchführung diesem Komitee übertragen.

Ein Vorschlag über Bestimmungen für die Entnahme von Ölproben geht an die N.-K. zur Genehmigung nach der Sechs-Monatsregel.

Um Vergleichstabellen zur Umrechnung der nach den vier verschiedenen Methoden erhaltenen Viskositätsziffern in absolute Einheiten zu erhalten, sollen die Versuche in den nationalen Laboratorien fortgesetzt werden.

Über den englischen Vorschlag, den Flammpunkt mit 145° C festzusetzen, soll erst beraten werden, wenn über die wichtigeren Punkte der Prüfvorschriften Klarheit herrscht.

11. Freileitungen (Regulations for overhead lines).

Die ausführlichen Antworten der N.-K. auf einen vom belgischen Komitee ausgearbeiteten Fragebogen waren vom Sekretariate verarbeitet worden und lagen in einem ausführlichen Bericht vor; es wurde beschlossen, danach ein Gerippe („skeleton code") aufzustellen, das alle Punkte behandelt, die künftige Vorschriften über Starkstrom-Freileitungen enthalten sollen, ohne bestimmte Zahlenwerte zu geben. Das belgische Komitee hat diese Arbeit übernommen.

Es wurde ferner folgender Beschluß gefaßt: Die I. E. C. ist der Meinung, daß in jedem Lande nur eine einzige Behörde technische Vorschriften für die Errichtung von Starkstromleitungen erlassen soll.

Im übrigen wird das in New-York aufgestellte Programm[3]) fortgesetzt werden. Fragebögen sollen nur im Bedarfsfalle an die N.-K. gehen bezw. von diesen nur beantwortet werden, wenn sich die Vorschriften geändert haben.

12. Radio-Lampensockel (Radio Valves).

Es sollen zwei Typen von Empfängerlampen normalisiert werden, und zwar die europäische Type I der Zeichnung 1984 der Mitteilung 12-Holland-4, abgeändert durch die Mitteilung 12-Holland-8 und die amerikanische Type II, Zeichnung 1984 in der Mitteilung 12-Holland-4.

13. Meßinstrumente (Measuring instruments).

Die Beratungen erstreckten sich nur auf Zähler: für die nächste Tagung wird das deutsche Komitee die Behandlung der Meßwandler vorbereiten. Es wurden zunächst für Wechselstromzähler vorgeschlagen:

1. Drehsinn des beweglichen Teiles (von vorne gesehen von links nach rechts)

2. Nennstromstärken (2·5, 5, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 150 A),

3. Isolationsprobe: 2000 V Prüfspannung für Zähler in Verbindung mit anderen Niederspannungsapparaten,

4. Überlastungsprobe: Für Zähler bis 10 A doppelter Nennstrom durch 30 Minuten, für größere Zähler 1·5 facher Nennstrom durch 30 Minuten,

5. Anzuzeigende Meßeinheit: nur kWh.

Ein deutscher Vorschlag für Normalschaltungen geht an die N.-K. zur Beratung. Die ausführlich besprochene Frage der Meßgenauigkeit wird ebenfalls den N.-K. zum Studium übermittelt.

14. Kennzeichnung der Rohwasserkräfte (Rating of Rivers).

In der Sitzung des Arbeitsausschusses wurde nach Besprechung des vom amerikanischen N.-K. ausgearbeiteten Referates beschlossen, den N.-K. beim weiteren Studium der Frage folgende Richtlinien zu empfehlen:

Die Wassermengendauerlinie bezw. einzelne Ordinaten derselben bilden die geeignetste Grundlage für die Kennzeichnung eines Wasserlaufes.

Zur vollen Charakteristik eines Wasserlaufes ist es erforderlich, auch die Monate anzugeben, in welchen gewöhnlich das Mindestwasser eintritt.

Für Zwecke des Vergleiches und der Statistik sollen die Wasserkräfte in kW angegeben werden. Zu ihrer Berechnung sollen die folgenden Faktoren benützt werden:

1. das Rohgefälle,

2. ein Wirkungsgrad von 100 vH. Es soll somit die Rohwasserkraft angegeben werden, wobei es dem Fachmanne überlassen bleibt, Annahmen über die zu erwartenden Verluste bezw. die tatsächlich zu erzielende Leistung zu treffen.

3. *a*) die Niederwassermenge,

b) die sechsmonatliche Wassermenge, das ist jene Wassermenge, die mindestens durch 6 Monate vorhanden ist,

c) die Mittelwassermenge, welche gleich ist dem gesamten Jahresabfluß, geteilt durch die Anzahl der Jahressekunden.

Die Angaben unter 3. sollen aus Beobachtungen aus einer möglichst langen Reihe von Jahren gewonnen sein.

---

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 590, Punkt 4*a* bis *c*.

Digitized by Google

Schlußbemerkungen.

Vom Aktions-Ausschuß (Committee of Action) wurde das Österreichische Komitee in folgende Arbeits-Ausschüsse (Advisory Committees) aufgenommen:

Ausschuß 2: Bewertung elektrischer Maschinen,
Ausschuß 8: Normalspannungen,
Ausschuß 9: Elektrische Bahnen und
Ausschuß 11: Freileitungen.

In den Sitzungen des Rates (Council) wurde u. a. auch das Zusammenarbeiten mit verwandten internationalen Vereinigungen besprochen, insbesondere mit der „I. S. A." (International Standardization Association).

In der Schlußsitzung gab der abtretende Präsident, Prof. Semenza, einen kurzen Rückblick über die Entwicklung der I. E. C. seit 1923. An seiner Stelle wurde Prof. Dr. Feldmann (Holland) zum Präsidenten gewählt. Es wurde ferner die Einladung der drei skandinavischen Komitees (Schweden, Norwegen, Dänemark) angenommen, die nächste Tagung in ihren Ländern abzuhalten. Sie wird erst im Jahre 1930 stattfinden, in der Zwischenzeit werden Sitzungen einzelner Komissionen stattfinden, deren Zeit und Ort vom Sekretariat bestimmt werden sollen.

Die Tagung war ausgezeichnet organisiert, vor allem ein Verdienst des rührigen Italienischen Elektrotechnischen Komitees mit Professor Lombardi an der Spitze, das auch für Exkursionen und den geselligen Teil des Kongresses glänzend vorgesorgt hatte. Am 11. September beteiligte sich der Kongreß mit jenem der Physiker und dem Telegraphen- und Telephon-Kongreß an der Feier zu Ehren Voltas in Como. (Vgl. E. u. M. 1927, Heft 46, S. 956.)

Nach der Tagung in Bellagio wurde eine ebenso vorzüglich vorbereitete und geleitete Reise zur Besichtigung von Fabriken, Elektrizitätswerken, Bahneinrichtungen und sonstigen technischen Anlagen unternommen, die zunächst über Mailand, Venedig und Florenz nach Rom führte, wo die Vollversammlung und unter anderem auch ein Empfang der Teilnehmer durch S. E. den Ministerpräsidenten Mussolini stattfand. Dann ging es über Pisa, Livorno und Genua nach Turin.

Die Reise wird ebenso wie die Tagung in Bellagio allen Teilnehmern durch ihren schönen Verlauf und die Fülle des Gebotenen — an technischen Werken, aber auch an solchen der schönen Künste, an kulturhistorischen Denkmälern, geschichtlich denkwürdigen Stätten und, last not least, an gesellschaftlichen Veranstaltungen und landschaftlichen Reizen — in angenehmster Erinnerung bleiben.

Ing. R. Jiretz.
Ing. R. Fuhrmann (für Abschnitt 14).

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Neuere Entwicklung der Motorgeneratoren. Von Dunker. Auch in der Ära der Einankerumformer und Gleichrichter hat der Motorgenerator für bestimmte Anwendungsgebiete seinen Platz behauptet. In Fällen, wo es sich neben der Umformung um Abgabe größerer Blindleistungen an das speisende Netz handelt, bedingt die Verwendung eines Einankerumformers die Wahl einer erheblich größeren Type, die mit schlechterem Wirkungsgrade arbeiten würde. Soll rückgespeist, also Gleichstrom in Wechselstrom umgeformt werden, ist der Einankerumformer gleichfalls ungeeignet, wenn der Blindverbrauch mehrerer an das Drehstromnetz angeschlossener Motoren vom Umformer zu decken ist. Nach Störungen ergibt sich wiederholt der Fall, daß auf das belastete Gleichstromnetz eingeschaltet werden muß. Um beim Wiederanfahren des ersten Aggregates starke Stromstöße zu vermeiden, empfiehlt es sich, mit stark verminderter Spannung einzuschalten und erst allmählich aufzuregulieren, was mit Einankerumformern und Gleichrichtern nicht möglich ist. Wird auf der Gleichstromseite ein großer Regelbereich gefordert, so ist ebenfalls nur ein Betrieb mit Motorgeneratoren ausführbar, desgleichen bei oftmaligem stoßweisen Auftreten von Spannungs- und Frequenzschwankungen, da die hiedurch ausgelösten Blindströme ein Außertrittfallen der Einankerumformer vielfach nach sich ziehen. Der Motorgenerator ist auch wegen seiner verhältnismäßigen Unempfindlichkeit gegenüber Oberwellen bei starken Verzerrungen in der Spannungskurve dem Einankerumformer überlegen, auf dessen Kommutierung die höheren Harmonischen einen ungünstigen Einfluß nehmen.

Um bei Verwendung von Sychron-Motorgeneratoren das Kippmoment wesentlich zu steigern, versieht man neuerdings mitunter die Erregermaschinen mit einer Kompoundwicklung, die von einem Teil des Belastungsstromes des Gleichstromgenerators durchflossen wird und so bei Belastungsstößen den Synchronmotor selbsttätig übererregt. Will man die beim Anlaufen von Synchronmotoren auftretenden Stromstöße vermeiden und ist andererseits die Anordnung eines Anwurfmotors im Hinblick auf beschränkte Raumverhältnisse nicht möglich, dann kann mit Vorteil der Synchron-Induktionsmotor Verwendung finden, der als normaler Asynchronmotor anläuft. Der Anlasser ist so ausgebildet, daß er auf der letzten Stufe das Feld der in eine der Rotorphasen eingebauten Erregermaschine einschaltet. Um ein sicheres und rasches Einlaufen in den Synchronismus zu erreichen, wird der Magnetregler vorübergehend überbrückt (Pat. ang.). Der asynchrone Motorgenerator mit netzerregtem Phasenkompensator ist vor allem dann am Platz, wenn plötzliche Spannung- oder Frequenzschwankungen zu befürchten sind, die leicht ein Außertrittfallen und Pendeln der Synchronmaschinen hervorrufen. —hw—

(BBC-Mitt., Mannheim, 14. Jahrg., Heft 5, 1927.)

Schaltanlagen, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Eine neue Schutzdrosselspule. Zum Schutze gegen Überspannungen verwendete Drosselspulen haben den Nachteil, daß sie mit der Windungskapazität von Transformatoren zu Eigenschwingungen Anlaß geben können. Überbrückt man andererseits die Induktivität durch einen parallel geschalteten Ohmschen Widerstand, so ist der Schwingungskreis wohl gedämpft, der wesentliche Zweck aber, das Abschleifen der Wellenstirn, vielfach in Frage gestellt. Schaltet man nun zwei derartige Induktivitäten in Reihe, so würde wohl beiden Bedingungen Genüge geleistet, die Kosten des Überspannungsschutzes jedoch unwirtschaftlich hoch werden, da die überbrückte Drosselspule eine mindestens achtfache Induktivität gegenüber der unüberbrückten haben müßte, wodurch der Spannungsabfall im Vergleich zum normalen Betrieb mit abschleifender Drossel verzehnfacht würde. Gemäß einer Anregung von O. Böhm[1]), die beiden Drosselspulen magnetisch zu koppeln, wodurch die erwähnte ungünstige Bedingung über das Größenverhältnis entfallen könnte, hat sich M. Vidmar eine Konstruktion schützen lassen, bei welcher zwei Spulen, von denen die eine mittels Ohmschen Widerstandes überbrückt ist, über einen gemeinsamen Eisenkern geschoben sind. Zwecks Erreichung eines geringen magnetischen Widerstandes ist der Kern mit magnetischem Rückschluß ausgestattet analog der Manteltype eines Transformators; um andererseits unterhalb des Knicees der Magnetisierungslinie zu arbeiten, ist ein kräftiger Luftspalt vorgesehen. Die eisenhältige Drossel kann vermöge der geringen Windungszahl und der Möglichkeit, die Isolation leichter unterzubringen, sehr durchschlagsicher gebaut werden, andererseits werden die erwachsenden

[1]) Vgl. Arch. f. Elektr., Bd. 5, S. 383.

Digitized by Google

Mehrkosten an Eisen durch die Kupferersparnis aufgebracht. Wesentlich ist aber vor allem eine richtige Bemessung des Luftspaltes zur Erreichnung möglichst unveränderlicher Induktivität der Drossel. —hw.

(ETZ, Bd. 48, Heft 23, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Theorie des Induktionszählers und Analyse des Einflusses der Temperatur. Die Frage des Einflusses der Temperatur auf die Angaben der Wattstundenzähler hat in der Gegenwart sowohl bei den Zählerfabrikanten als auch bei den Elektrizitätswerken eine größere Beachtung gefunden. D. I. Canfield beschreibt in seiner Abhandlung einen Wattstundenzähler mit Temperaturkompensation. Gewisse Änderungen der Konstanten der Zählerstromkreise und die Stoffe aus denen gewisse wichtige Konstruktionsteile bestehen, lassen es notwendig erscheinen, zwei voneinander unabhängige Konstruktionsmittel vorzusehen. Die wirkungsvollsten Kompensationseinrichtungen bestehen erstens aus einem Nebenschluß zu einem permanenten Magnet, der so auf einem Bimetallstreifen montiert ist, daß das Kraftfeld des permanenten Magneten bei einer Ab- und Zunahme der Temperatur mehr oder weniger geschwächt wird, zweitens aus einer verstellbaren Phasenplatte gleichfalls auf einem Bimetallstreifen zum Zwecke die Platte auf- und abwärts zu bewegen bei einer Erhöhung bezw. bei einer Erniedrigung der Temperatur. Der Verfasser diskutiert an Hand des Vektordiagrammes eines Induktionszählers die verschiedenen Temperaturfehlerquellen, die er tabellarisch zur Darstellung bringt, wobei er aber zugibt, daß die Zahl der Fehlerquellen hiemit nicht erschöpft ist. L. K.

(Journal A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 4, April 1927.)

Stromverteilung.

Spannungsregelung einer 66 kV-Leitung. Die Newcastle upon Tyne Electric Supply Co. hat ihre beiden Kraftwerke in Dunston und North Tees im nordöstlichen England durch zwei 66 kV Drehstromfreileitungen von 50 km Länge für je 24 000 kVA gekuppelt. In beiden Kraftwerken ist eine Spannungsregelung unter Vollast um insgesamt 24 vH der Normalspannung möglich, die wahlweise auf + 12 und — 12 vH oder anders aufgeteilt werden kann. Die Oberspannungswicklung der Transformatoren (2 × 3 Einphasenfreiluft-Transformatoren 11/66 kV, von je 4000 kVA) ist zu diesem Zweck mit einer der Wicklungen eines Zusatztransformators in Serie geschaltet, dessen zweite Wicklung an verschiedene Anzapfungen eines Autotransformators, der an die Niederspannungsseite angeschlossen ist, geschaltet werden kann (Zusatz- und Autotransformatoren sind gleichfalls einphasig ausgeführt und je Phase im selben Kessel untergebracht). Um während des Betriebes regeln zu können, wird für die Dauer der Schaltung zwischen die Anzapfungen eine Drosselspule geschaltet, die einen Kurzschluß der entsprechenden Transformatorwindungen verhindert. Die sieben Anzapfungen und die Drosselspule werden von dreipoligen Ölschaltern für 11 kV, 300 A, geschaltet, die über Relais von einem Kontroller aus betätigt werden; die richtige Reihenfolge der Schaltungen (Drossel ein, neue Anzapfung ein, alte Anzapfung aus, Drossel kurzschließen) ist zwangläufig festgelegt. f. f.

(El. Review, London, Nr. 2588, 1927.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Über die Wahl der Spannung auf den projektierten Gleichstrom-Hauptbahnen in Rußland hat Ing. Medel Untersuchungen angestellt. Bei den in Europa und in Amerika betriebenen Bahnen herrschen die Spannungen 1500 — 3000 V. In Rußland ist die Spannung von 1500 V auf Vorstadtbahnen üblich und es dürfte auch die Verwendung von 3000 V für Hauptbahnen keine Schwierigkeiten bieten, es wurde daher ein wirtschaftlicher Vergleich zwischen beiden Spannungen angestellt, indem der Einfluß der Spannungsänderung auf die Transport-Selbstkosten bestimmt wurde. Zu berücksichtigen war dabei das Profil der Bahn, die Leistung der elektrischen Lokomotiven, der Abstand zwischen den einzelnen verkehrenden Zügen und die Verkehrsdichte. Zu diesem Behufe wurden Berechnungen angestellt, mit Zugrundelegung eines Bahnprofils, der charakteristisch für die Mehrzahl stark belasteter Hauptbahnen in Rußland, deren Elektrisierung am ehesten zu erwarten ist. Die Steigung wurde maximal mit 9 vH, die Zuglast mit 1600 t zugrundegelegt; die elektrische Lokomotive ist mit 2000 kW und die maximale Fahrgeschwindigkeit bei der größten Steigung mit 30 km/h angenommen. Ferner wurden folgende Ausgaben, bei welchen die Spannung ausschlaggebend ist, bei den Vergleichs-Berechnungen ins Auge gefaßt:

a) Amortisation und Kapitalsverzinsung der Ausrüstung von Unterstationen, Fahrleitung und elektrischen Lokomotiven,

b) Reparaturkosten der elektrischen Lokomotiven,

c) Betriebs- und Reparaturkosten der Unterstationen und der Fahrleitung,

d) Energie-Verluste in den Unterstationen und in den elektrischen Lokomotiven.

Zur Bestimmung der Kosten von Unterstationen und des Leitungsnetzes ist die Feststellung des rentabelsten Abstandes der Unterstationen voneinander, unter Berücksichtigung des technisch zulässigen Spannungs-Verlustes von Wichtigkeit. Letzterer wurde für die Fahrt in Steigungen mit 15 vH angenommen. Bei der Spannung von 1500 V werden die Unterstationen mit Einanker-Umformern, bei 3000 V mit Motor-Generatoren, bestehend aus einem Synchronmotor und zwei hintereinander verbundenen Generatoren von je 1500 V ausgerüstet. Die Gestehungskosten der fertig montierten Einanker-Umformer beziffern sich mit 120, 105 und 90 Rubel pro kW bei Einzelgrößen der Aggregate von bezw. 1000, 1500 und 2000 kW. Die Kosten der Motor-Generatoren sind um 30 bis 35 vH höher angenommen worden; manche Werke, wie zum Beispiel Thomson-Houston, berechnen sie sogar um 45 vH teuerer. Die Gebäude der Unterstationen wurden extra in Rechnung gezogen. Die Kosten der Fahrleitung für 1 km zweigleisiger Bahn sind mit 18 700 Rubel bei 100 mm² Leitungs-Querschnitt angenommen und bei 200 mm² erhöht sich genannter Preis um 2000 Rubel pro 1 km. Die Reparaturkosten der Maschinenausrüstung der Unterstation bei 3000 V Spannung sind mit 2 vH der Neuanschaffungskosten angenommen, bei 1500 V sind sie 1·5 vH. Die jährlichen Reparaturkosten des Gebäudes der Unterstation mit 0·75 vH des ursprünglichen Wertes, die Erhaltung der Fahrleitung mit 2 bis 3 vH des Neuanschaffungswertes. Der mittlere Prozentsatz der Amortisation für die Unterstationen beträgt 2·35 vH, für die Fahrleitung 4·28 vH, wobei 6 vH für die Verzinsung des Kapitals gerechnet werden und die Gebrauchsdauer der Maschinen mit 20 Jahren, des Gebäudes mit 50 Jahren, der Leitungen mit 12 und der Maste mit 25 Jahren zugrundegelegt wird. Der rentable Abstand der Unterstationen von einander, erwies sich hauptsächlich vom Abstande der aufeinanderfolgenden Züge abhängig. In Wirklichkeit ist man jedoch aus technischen Rücksichten gezwungen, vom rentabelsten Abstande der Unterstationen abzuweichen und es ist daher von Interesse zu bestimmen, wie diese Abweichung die Betriebskosten in den Unterstationen und des Netzes beeinflussen. Ferner wurde festgestellt, daß in je weiterem Abstande die Züge aufeinanderfolgen, desto weiter auch die Unterstationen von einander sein können, ohne merklich die Betriebkosten zu erhöhen; insbesondere bezieht sich dies auf die Spannung von 3000 V, was als wesentlicher Vorteil solcher Bahnen gelten kann. Dann werden die Transport-Selbstkosten für 1000 t pro km in Abhängigkeit von der Betriebsspannung für Zugabstände von 5 bis 40 km bei 1500 und 3000 V als Funktion der Betriebsdichte bestimmt. Zu den obenangeführten Angaben für Fahrleitung und Unterstationen, sind noch Reparaturkosten für elektrische Lokomotiven und Unterstationen, ihre Kapitalisierung und Amortisation sowie die Kosten der Energieverluste hinzuzufügen, da alle diese Angaben von der gewählten Spannung abhängen.

Vergleicht man die gesamten berechneten Auslagen

Digitized by Google

bei beiden Spannungen, so erhält man folgende Resultate: bei größerer Dichte der Züge (5 bis 10 km Abstand voneinander) ist die Spannung von 1500 V vorteilhafter, bei geringerer Verkehrsdichte, wenn die Möglichkeit vorhanden ist, Züge in Abständen von 15 km und mehr aufeinander folgen zu lassen, wird die Spannung von 3000 V vorteilhafter. Zu denselben Schlüssen gelangten auch die französischen Bahnen und haben für dichten Verkehr auf Hauptbahnen 1500 V,[1]) auf Zweigbahnen mit schwachem Verkehr und großen Abständen zwischen den Zügen 3000 V eingeführt. Weitere Berechnungen zeigten, daß die Gewichtserhöhung der Züge bei gleicher Verkehrsdichte die Grenzen, bei denen die erhöhte Spannung vorteilhafter wird, erweiterte.

Bei Ausrüstung der Unterstationen mit Quecksilber-Gleichrichtern erfahren die Bedingungen eine wesentliche Veränderung, da die Anschaffungskosten der Unterstationen und die Verluste bei dieser Gelegenheit merklich geringer ausfallen; der Vorteil fällt insbesondere bei erhöhter Spannung ins Gewicht, bei welcher sonst die Amortisation und die Verluste in den Unterstationen ganz wesentlich die Transport-Selbstkosten erhöhen. Bei 3000 V Spannung ist außerdem der Wirkungsgrad des Quecksilber-Gleichrichters etwas höher als bei 1500 V.

Der Vergleich der Transport-Selbstkosten bei diesen beiden Spannungen zeigt, daß bei einem Abstande der verkehrenden Züge nicht unter 10 km voneinander, die Spannung 3000 V bei jeder Verkehrsdichte rentabler ist und bei Vergrößerung der Zugabstände die Rentabilität der erhöhten Spannung immer mehr wächst. Bei starkem Personenzugsverkehr gelingt es jedoch nicht immer, bei großer Verkehrdichte den Abstand zwischen den Zügen zu erhöhen und nur wenn es möglich wird, einen Abstand von über 20 km einzuhalten, erscheint bei der Aufstellung von Umformern die Spannung 3000 V rentabler. Bei Vorhandensein von Quecksilber-Gleichrichtern wird diese Spannung auch bei doppelt so großer Verkehrsdichte rentabler, da dann ein Abstand zwischen Lastzügen von 10 bis 12 km zulässig ist. Bei der Wahl der Spannung ist in erster Linie die Wirtschaftlichkeit der Anlage maßgebend, allerdings nicht unbeachtet bleibt auch die Verläßlichkeit des Betriebes der Unterstationen, der Traktions-Motoren und der Fahrleitung, da jedoch die mehrjährige Erfahrung über den verläßlichen Betrieb der amerikanischen Bahnen mit einer Spannung von 3000 V vorliegt, dürfte jetzt aus Gründen der Verläßlichkeit kaum die Rede von wesentlichen Vorteilen der Spannung von 1500 V gegenüber der von 3000 V sein. A. Br.

(Elektritschestwo, Nr. 5, 1927.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Molekulare und technische Durchschlagsfeldstärke fester elektrischer Isolatoren behandelt W. Rogowski.[2]) Er unterscheidet zwischen elektrischem Durchschlag, der sich unter Stoßspannung in 10^{-5} bis 10^{-6} sec, und zwar wegen der Kürze der Zeit ohne Mitwirkung der Erwärmung vollzieht; ferner Wärmedurchschlag bei großen Dicken unter Dauerspannung und schließlich wärmeelektrischem Durchschlag bei gewöhnlicher Temperatur und normaler Dicke. Im allgemeinen ist die Durchschlagspannung bei Stoßspannungen höher — manchmal bis zu 100 vH — als bei Dauerspannung. Nur Grünewald[3]) fand, daß 0·01 bis 0·05 mm dicker Glimmer manchmal Dauerspannungen besser standhielt, als Stoßspannungen. Derselbe konnte ferner zwischen 0° und 100° C keine Temperaturabhängigkeit der Stoßdurchschlagsfestigkeit beobachten. Nach Weicker[4]) wird die letztere durch gleichzeitig einwirkende Zugkräfte in der Nähe der Bruchgrenze stark herabgesetzt. Die Annahme einer Verschiebung des regelmäßigen Kristallgitters durch die äußere Feldstärke reicht zur Erklärung der beobachteten Durchschlagsspannungen nicht aus. Ein Kristall aus Steinsalz (Leitfähigkeit $= 10^{-17}$ Ohm^{-1}cm^{-1}) zum Beispiel besteht aus einer kubischen Gitteranordnung von negativen Chlorionen zwischen positiven Natriumionen, die allerdings bei genügender Höhe des äußeren Feldes labil wird. Es besteht indeß ein wesentlicher Unterschied zwischen dieser „molekularen" und der wirklich beobachteten „technischen" Durchschlagsfestigkeit. In einem idealen Kristall von durchaus regelmäßigem Gitteraufbau sind nur die Elementarladung $e = 4{\cdot}77 \cdot 10^{-10}$ ESE und der Ionenabstand $a_0 = 2{\cdot}8 \cdot 10^{-8}$ cm maßgebend. Aus Dimensionsbetrachtungen ergibt sich für die Durchbruchfeldstärke E_{max} die Formel:

$$E_{max} = A \cdot e/a_0^2 \quad (A = \text{Zahlenfaktor}).$$

Zwischen Chlor- und Natriumion wirkt die elektrostatische Anziehung $k_1 = e^2/r^2$ Dyn und die von Born aus dem Kompressionskoeffizienten berechnete Abstoßungskraft $k_2 = \beta e^2 a_0^9/r^{10}$ Dyn ($\beta = 0{\cdot}29$), so daß sich ein Gleichgewichtsabstand $r_0 = a_0 \cdot 0{\cdot}857$ ergibt. Für ein einzelnes Ionenpaar erhält man hieraus

$$E_{max} = 0{\cdot}728 \cdot e/a_0^2 \sim 130 \cdot 10^6 \text{ V},$$

also eine 20 mal höhere, als die höchste bisher überhaupt gemessene Durchbruchsfeldstärke. Für die Gitteranordnung eines idealen Kristalls findet der Verfasser je nach der Richtung des äußeren Feldes

a) **parallel der Würfelfläche**

$$E_{max} = E_0 (a_2 + a_3)/(a_2 - a_3);$$

b) **parallel der Flächendiagonale**

$$E_{max} = E_0 \sqrt{2}\,(a_2 + a_3)/a_2;$$

c) **parallel der Würfeldiagonale**

$$E_{max} = E_0 \sqrt{3}.$$

Hierin ist

$$E_0 = (2\,a_1\,e/3\,a_0^2)\sqrt{a_1/3\,(2\,a_3 - a_2)};$$

$$a_1 = 2{\cdot}5; \quad a_2 = 96{\cdot}7; \quad a_3 = 53{\cdot}2.$$

Man erhält *a)* $290 \cdot 10^6$ V; *b)* $190 \cdot 10^6$ V; *c)* $150 \cdot 10^6$ V. Diese Werte werden jedoch als zu hoch gegriffene Näherung bezeichnet. 1. Stellt sich der Ionenabstand im Gitter bei einer Verschiebung auf einen neuen größeren Wert ein. Dies bedingt einen Fehler in der Berechnung, der auf etwa 20 vH geschätzt wird. 2. Wurde die abstoßende Kraft proportional $1/r^{10}$ angenommen, während Born selbst $1/r^9$ als bessere Näherung ansieht. 3. Verschieben sich Kern und Elektron des einzelnen Ions gegeneinander, so daß die Wirkung eines Dipols zu der des Ions an sich hinzutritt, was eine Lockerung der elektrischen Bindung der Ionen bewirkt. Betrachtet man die Ionen nur als punktförmige Ladungen, so erhält man zum Beispiel eine Dielektrizitätskonstante 3·5, während die Messung — eben wegen der hinzutretenden Dipolwirkung — die Zahl 6 liefert. Der Verfasser reduziert daher die eben berechneten Durchschlagsspannungen schätzungsweise auf 100, 126 und $190 \cdot 10^6$ V. Dagegen erreicht die technische Durchschlagsfestigkeit nur $^1/_{100}$ bis $^1/_{500}$ dieser Beträge. Während die molekulare Durchschlagskraft auf der Verschiebung der positiven gegen die negativen Gitterelemente beruht, wirken einer mechanischen Zugkraft die inneren Kräfte zwischen den voneinander sich entfernenden ganzen Gitterebenen, die jede beiderlei Elemente in abwechselnder Reihenfolge enthalten, entgegen. Die vom Verfasser auf dieser Grundlage berechnete „molekulare" Zerreißkraft des Steinsalzes beträgt

$$F_z = 0{\cdot}062 \cdot e^2/a_0^4 = 2{\cdot}0 \cdot 10^{10} \text{ Dyn/cm}^2.$$

Zwischen der Durchschlags- und Zerreißfestigkeit besteht daher die Beziehung:

$$E_d = \gamma \cdot F_z \cdot a_0^2 \quad (\gamma = \text{Zahlenfaktor}).$$

Zug- und elektrische Beanspruchung beeinflussen einander, da beide sowohl vom Gitteraufbau abhängig sind, als auch ihn ändern. Auch die „technische" Zerreißfestigkeit liegt 100 bis 500 mal niedriger, als die molekulare. Diese Betrachtungen gelten genau genommen nur für den absoluten Nullpunkt der Temperatur, da der Einfluß der Wärmebewegung vernachlässigt wurde. Seine Berücksichtigung ändert indeß nichts wesentliches, soferne man der das Gitter auflösenden Schmelztemperatur nicht zu nahe kommt. Die Energie der Wärmebewegung im ganzen Kristall ist $U = 3\,NkT$

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 127; 1922, S. 484; 1923, S. 499; 1924, S. 138.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 599.

[3]) Arch. f. Elektr. XII, 79; vgl. a. E. u. M. 1923, S. 574; s. a. E. u. M. 1926, S. 502, 561.

[4]) ETZ 1926, S. 177.

Digitized by Google

(N = Anzahl der Ionen; $k = 1{\cdot}34 \cdot 10^{-16}$ Erg/Grad = = Boltzmannkonstante; T = absolute Temperatur). Auf ein einzelnes Dipol aus zwei Ionen kommt also die mittlere Energie $6\,kT$. Die Zerstörung eines Dipols aus zwei Ionen, deren Wärmeschwingungen in der Richtung ihres Abstandes vor sich gehen, durch ein äußeres, in eben dieser Richtung wirkendes Feld tritt ein, wenn die kinetische Energie in der Gleichgewichtslage mindestens die Arbeit der anziehenden Kräfte erreicht. Eine Berechnung auf dieser Grundlage liefert aber selbst beim Schmelzpunkt nur eine Verminderung der Durchschlagsfestigkeit um 40 vH. Im Kristallgitter tritt der „Platzwechsel" an die Stelle der Trennung der Ionen. Die Platzwechselarbeit beträgt nach der Berechnung des Verfassers für ein Ion je etwa $21{\cdot}3 \cdot 10^{-13}$ Erg; die Durchschlagsfestigkeit sinkt daher bei Zimmertemperatur durch die Wärmebewegung von 190 höchstens auf $100 \cdot 10^6$ V. Aus dem Platzwechsel der Ionen ergibt sich ferner eine gewisse Leitfähigkeit. Eine merkliche Erhöhung derselben könnte aber unter den gemachten Annahmen erst bei Feldern von $50 \cdot 10^6$ V eintreten. Für die wirklich beobachteten Werte der Durchschlagsfestigkeit und Leitfähigkeit gibt es daher keine andere Erklärung als die häufige Unterbrechung des homogenen Gitters durch ein submikroskopisches Spaltengefüge. Siedentopf[1]) schließt aus der ultramikroskopischen Beobachtung der Einlagerung von Natrium in Steinsalzkristallen, die im Vakuum Natriumdämpfen ausgesetzt worden waren, auf Spalten von 10^{-7} cm Breite und $4 \cdot 10^{-5}$ Länge. Die technische Zugfestigkeit würde durch Querspalten von solchen Abmessungen nach der Formel von Griffith[2])

$$F = \sqrt{2\,E \cdot S/\pi\,\mu\,L}$$

(E = Elastizitätsmodul; S = Oberflächenspannung; L = = Spaltenlänge quer zur Zugrichtung; μ = Poissonsche Konstante), die für $L = a_0$ die Größenordnung der molekularen Zerreißfestigkeit liefert, auf den fünfzigsten Teil der molekularen sinken. Joffe fand an Steinsalzkristallen, deren Oberflächenrisse durch teilweises Auflösen beseitigt worden waren, tatsächlich Festigkeiten, die diese Größenordnung sogar überschritten. Beim elektrischen Durchschlag spielen die Spalten längs der Feldrichtung eine Rolle, indem sie jenen wenigen Ionen, die auch bei gewöhnlicher Temperatur größere Schwingungsenergien aufgenommen und sich dadurch vom Gittergefüge losgelöst haben, freie Beschleunigungswege bieten. Es sind dies beim Steinsalz nur positive Ionen. Haben sie durch das beschleunigende Feld eine Energie $L.e.E$ gleich oder größer als die Platzwechselenergie $21{\cdot}3 \cdot 10^{-13}$ Erg gewonnen, so sind sie befähigt, am Ende der Spalte weitere Ionen abzutrennen und dadurch den Durchschlag einzuleiten. Man erhält also als Durchbruchsfeldstärke bei der Siedentopfschen Spaltenlänge von $4 \cdot 10^{-5}$ cm

$$L.e.E \geqq 21{\cdot}3 \cdot 10^{-13}\ \text{Erg};\quad E > 1{\cdot}3 \cdot 10^{9}\ \text{V/cm},$$

wodurch man teilweise schon in die Größenordnung der beobachteten Werte gelangt. Bei gewissen Feldstärken werden zuerst nur wenige Ionen so stark beschleunigt, daß sie zertrümmernd auf das Gitter wirken; ihre Zahl vermehrt sich aber durch diese Wirkung und der Durchschlag frißt sich langsam durch. Erst bei wesentlich höheren Feldstärken tritt augenblicklicher Durchschlag ein, da er in vielen Kanälen zugleich einsetzt. Der Stoßdurchschlag ist unterhalb des Schmelzpunktes von der Temperatur unabhängig, da die Platzwechselarbeit fast unverändert bleibt. Der rein elektrische Durchschlag kann als hohe „Punktwärme" aufgefaßt werden; er geht stetig in den Wärmedurchschlag mit hoher Durchschnittswärme über. Das Anwachsen der Leitfähigkeit mit der Spannung vor Eintritt des Durchschlages ist auf die Vermehrung der freiwerdenden Ionen durch Gitterzertrümmerung zurückzuführen, Dagegen ist der rasche Anstieg der Leitfähigkeit mit der Temperatur mit der gesteigerten Anzahl der durch die Wärmebewegung befreiten Ionen zu erklären, wobei jedoch deren Beschleunigung durch das äußere Feld noch keineswegs zum Durchschlag zu führen braucht. Hohe Zugbeanspruchung quer zum Felde bewirkt ein Aufreißen und Längerwerden der Spalten in der Feldrichtung und daher geringere Durchschlagsfestigkeit. Fremdbeimengungen bewirken eine weitere Inhomogenität und setzen dadurch sowohl Leitfähigkeit als auch Durchschlagsfestigkeit herab. Joffe[1]) konnte die Leitfähigkeit von Ammoniumalaun durch viermaliges Umkristallisieren von 3000 bis $105\,000 \cdot 10^{-16}$ $\text{Ohm}^{-1}\,\text{cm}^{-1}$ auf $21 \cdot 10^{-16}$ $\text{Ohm}^{-1}\,\text{cm}^{-1}$ verringern. Eine ähnliche Verminderung der Durchschlagsfestigkeit ist zweifellos ebenfalls vorhanden. Die meisten Isolatoren der Technik können in diesem Sinne als besonders stark verunreinigt angesehen werden. Der Verfasser schließt hieran noch eingehendere Betrachtungen über die Einwirkung des Spaltgefüges auf den Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Feldstärke, sowie die mathematische Ableitung der Konstanten α_1, α_2 und α_3 für das Gitter des Steinsalzkristalles. R. H.

(Arch. f. Elektr. Bd. XVIII; H. 2, 1927.)

[1]) Phys. Z. S. 6, 1905, S. 885.

[2]) Trans. Roy. Soc. London, 1920, t. 211; 161—198.

Literaturbericht.

3.63 **Alternating Current Rectification and Allied Problems.** (Wechselstromgleichrichtung und damit verbundene Aufgaben.) Von L. B. W. Jolley. 2. Erweiterte Auflage; Verlag Chapman & Hall, Ltd. 11. Henrietta St. W. C. 2, London, 1926.

Der Verfasser des stattlichen Bandes von 472 Seiten ist Mitglied des Forschungsstabes der General Electric Co, also zu der Aufgabe, die er sich gestellt hat, wohl berufen. Man kann sagen, daß er sie in umfassender Weise und mit Erfolg gelöst hat. Es dürfte wohl kaum ein Gleichrichtersystem, sei es für Stark- oder Schwachstrom geben, das nicht eingehend erörtert würde. Der Inhalt betrifft: I. Analyse der Wellenform; II. Rotierende Konverter und Motorgeneratoren; III. Kommutatorgleichrichter und Transverter; IV. Hochspannungs- und Pendelgleichrichter; V. Elektrizitätsleistung durch Gase; VI. bis IX. Quecksilberdampfgleichrichter; X. und XI. Thermionische Gleichrichter; XII. Neon-, Rectigon- und Tungar-Gleichrichter; XIII. Entladung Spitze-Platte, schwingende Flamme, Gleichrichterwirkung der Korona und der photoelektrischen Zelle. Halleffekt; XIV. Elektrizitätsleitung durch Flüssigkeiten; XV. Elektrolytische Gleichrichter; XVI. Elektronenröhren mit drei Elektroden. Kristalldetektoren; XVII. Netzanschlußgeräte; XVIII. Inverter zur Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom; Wechselstrommessungen und Verwendung von Gleichrichtern zu Maß- und Prüfzwecken.

Bemerkenswert erscheint der in Kapitel III behandelte „Transverter", eine Umkehrung des Konverters mit feststehenden Kommutatoren und Wicklungen, dagegen synchron rotierenden Bürsten.[2]) Solche Apparate werden derzeit auf zwei amerikanischen Versuchsstrecken zur Umwandlung von Wechselstrom in hochgespannten Gleichstrom (100 kV) verwendet, um den Schwierigkeiten, denen die Fortleitung des Wechselstromes auf sehr langen Strecken begegnet, vorzubeugen. Einen breiten Raum nehmen die theoretischen und praktischen Ausführungen über Quecksilberdampfgleichrichter ein, womit der stets steigenden praktischen Bedeutung dieser Apparate Rechnung getragen wird. An Theorie wird nicht gespart; es scheint, daß man hierin den Bedarf des englischen Ingenieurs ziemlich hoch einschätzt. Nur selten läßt die theoretische Behandlung zu wünschen übrig, so zum Beispiel bei dem auf S. 87, Figur 59 behandelten Synchronkommutator. In der Kurzschlußperiode werden Gleich- und Wechselstromkreis als von einander unabhängig behandelt. Wie man sich aber leicht überzeugt, ist dies nur dann der Fall, wenn die in diesem Augenblicke eine Brückenschaltung bildenden Kurzschlußwiderstände die Bedingung $r' : r'' = r''' : r''''$ erfüllen, in jedem anderen Falle sind beide Kreise miteinander galvanisch gekoppelt. Vor und nach der Kurzschlußperiode besteht ferner eine

[1]) Ann. d. Phys. 72; S. 461; 1923.

[2]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 523.

Digitized by Google

Kopplung der beiden Kreise durch den Widerstand $r'' r'''/(r'' + r''')$ bzw. $r' r''''/(r' + r'''')$: diese beiden Perioden werden überhaupt nicht in Betracht gezogen. Diese Vernachlässigung ist aber nur, wenn die Lücke zwischen den Kommutatorsegmenten gleich $\vartheta_1 + \vartheta_2$ ist, oder bei der erst später eingeführten Voraussetzung $r_0 = 0$ und $x_0 = 0$ gestattet. Auch bei $x > 0$ ist bis zu einer gewissen Grenze von e/L funkenfreie Kommutierung möglich. Die Schlußfolgerungen erscheinen daher nur mit diesen Beschränkungen giltig. Figur 88 auf Seite 119 soll einen Pendelgleichrichter ohne polarisierten Anker darstellen. In diesem Falle hätte jedoch die Ankerschwingung die doppelte Wechselstromfrequenz, wenn der Anker nicht mit einer Gleichstromwicklung versehen ist, was aber nicht ersichtlich ist und erst im Nachstehenden als „weitere Verbesserung" angeführt wird. Auch müßte der Gleichstromkreis unbedingt in der Mitte der Sekundärwicklung abgezweigt werden. Diese kleinen Mängel beeinträchtigen jedoch kaum den hohen Wert des Buches, der sich auch in der schon nach zwei Jahren nötig gewordenen 2. Auflage ausspricht. Man kann es als ein grundlegendes Sammelwerk über das ganze Gebiet der Gleichrichtertechnik bezeichnen. Dr. Rich. Hiecke.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 23. November d. J., um 1/2 7 Uhr abends, **im Hörsaal III des Elektrotechnischen Institutes der Technischen Hochschule, Wien, IV., Gußhausstraße 25,** Vortrag des Herrn Dir. Dr. Emanuel Rosenberg (Weiz) über: **„Selbstregelnde Dynamo für Gleichstromlichtbogenschweißung".** (Mit Lichtbildern und Experimenten.)

Inhaltsangabe: Wesen der Lichtbogenschweißung; Schweißung von einem Gleichstromnetz mit Vorschaltwiderständen; selbstregelnde Lichtbogendynamo mit Regulierpolen; selbsttätiges Einstellen der Spannung; begrenzter Kurzschlußstrom; Einstellung des Kurzschlußstromes durch den Regulierpol; Wirkungsweise der Maschine; Kaltschweißung von Schmiedeeisen und Gußeisen, Warmschweißung von Gußeisen, Kupferschweißung; Parallelschaltung mehrerer Maschinen; praktische Anwendung der Lichtbogenschweißung; Bilder von ausgeführten Arbeiten; Vorführung der Maschine im Betrieb.

Öst. Verein deutscher Ingenieure (ÖVDI). Vortrag des Herrn Ing. N. Wessely, Wien: „Der wirtschaftliche Geist im Konstruktionsbüro" (mit Lichtbildern). Der Vortrag findet am 28. November d. J. um 5 3/4 Uhr im Festsaal des Industriehauses, Wien III., Schwarzenbergplatz, 1. Stock, statt. Die Mitglieder des EV sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Über die Umwandlung der Siemens-Schuckertwerke in eine Aktiengesellschaft berichten die „VDI-Nachrichten", Nr. 29 von 1927: Die neue Gesellschaft umfaßt die Siemens-Schuckert G. m. b. H. und deren Tochtergesellschaften ferner die Siemens & Halske A.-G. in Berlin und die E. A. G. vorm. Schuckert in Nürnberg. Siemens-Schuckert samt ihren Tochtergesellschaften gehen mit ihren gesamten Unternehmungen an die neue Gesellschaft über, S. & H. und Schuckert werden mit ihren der bisherigen G. m. b. H. gegebenen Darlehen von je 15 Mill. Mk. beteiligt. Das A.-K. der neuen Gesellschaft ist demnach 120 Mill. Mk., davon 90 Mill. alte Inhaberaktien und 30 Mill. Namenaktien mit fünffachem Stimmgewicht, offenbar um bei späteren Kapitalserhöhungen den Einfluß der bisherigen Gesellschafter zu sichern. Das Kapital wird zwischen S. & H. und Schuckert im Verhältnis von 122 : 118 bezüglich des Stimmrechtes verteilt. Nach außenhin wird die Umwandlung kaum nennenswerte Änderungen zur Folge haben, insbesondere wird vorläufig weder mit der Gründung eines „Elektrotrusts" durch die beiden Großkonzerne gerechnet, noch mit irgendwelchen Änderungen der Beteiligung von S. S. W. und der A. E. G. bei den Bergmannwerken.

Deutschlands elektrotechnische Ausfuhr nach Osteuropa. Nach einem Berichte von F. Safarik im Elektrojournal, Heft 17 von 1926, haben die baltischen Randstaaten Litauen, Lettland und Estland, sowie Sowjetrußland, welche zwischen 85 und 98 vH ihres elektrotechnischen Bedarfs aus Deutschland decken, in den Jahren 1923 bis 1925 zusammen 2·5, bezw. 4 und 5·3 vH der gesamten deutschen Elektroausfuhr aufgenommen, wobei zu berücksichtigen ist, daß die gesamte Einfuhr dieser Länder in den letzten Jahren stark zugenommen, der Anteil der elektrotechnischen Einfuhr an der gesamten Einfuhr sich aber wenig verändert hat und daher die absoluten Werte gleichfalls stark gestiegen sind. In Rußland macht sich die zunehmende eigene Erzeugung geltend. Vorwiegend wird nach den angeführten Staaten Elektromaterial ausgeführt, der Machinenausfuhr kommt nur geringere Bedeutung zu. Auch Glühlampen sind in größeren Mengen (bis über 0·5 Mill. Stück nach einzelnen der Randstaaten, über 4·5 Mill. nach Rußland) ausgeführt worden. Da die Elektrifizierung der angeführten Staaten, wenn sie auch schon seit dem Kriege bedeutende Fortschritte gemacht hat, noch in den Anfängen steckt, ist auch in der Zukunft eine Steigerung der Ausfuhr dorthin zu erwarten. An der Belieferung dieses Marktes sind neben Deutschland noch England, Schweden, Österreich, Holland, Ungarn, Italien, Frankreich und die V. St. A. beteiligt.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	7. XI. 1927	9. XI. 1927	11. XI. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	127 1/2	128 3/4	128 3/4

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Orig.-Hütt.-Rohzink (im freien Verkehr)	—	—	—
Remelted-Plattenzink (von handelsüblicher Beschaffenheit)	—	—	—
Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	340—350	340—350	350
Antimon-Regulus	90—95	91—96	91—97

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 11. November 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	63	5	0	63	15	0
Wire bars	63	15	0	—	—	—
Standard Kassa . .	58	3	9	58	5	0
Standard 3 Monate .	58	3	9	58	5	0
Zinn:						
Engl. ingots	258	5	0	258	15	0
Standard Kassa . .	259	15	0	260	0	0
Standard 3 Monate .	253	12	6	253	17	6
Blei:						
Engl. pig common . .	21	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	16	3	25	11	3
Remelted	25	15	0	—	—	—
English Swansea . .	26	6	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export, Pf. 175.
Platin: Pf. 14, Pf. 13 15 sh 9d p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 99.

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 27. November 1927 | Heft 48

INHALT: Das Spullerseekraftwerk mit dem Unterwerk Danöfen. Von Ministerialrat Ing. Dr. techn. Artur Hruschka. (Fortsetzung). S. 985. RUNDSCHAU: Leitungen und Leitungsbau. S. 999. Elektrische Bahnen, Fahrzeuge. S. 999. / Elektrische Apparate. S. 1000. / Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie. S. 1001. / Baustoffe. S. 1001. Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik. S. 1002. VEREINSNACHRICHTEN: Normblattentwürfe von Rundfunkgeräten. S. 1003.

Das Spullerseekraftwerk mit dem Unterwerk Danöfen.

Von Ministerialrat Ing. Dr. techn. Artur **Hruschka**, Abteilungsvorstand in der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

(Fortsetzung aus Heft 47, Seite 961.)

4. Hochbau.

Zur Zeit, als der Bau des Werkes begonnen wurde, erschien es nicht rätlich, ein in der Meereshöhe von 1000 m im Hochgebirge liegendes Krafthaus als Freiluftanlage zu bauen, soweit wenigstens europäische Erfahrungen vorlagen. Man entschloß sich daher, die Schaltanlage nach dem Zellensystem zu bauen. Der Entschluß, zunächst bei den Unterwerken, dann auch bei einem Teil der Hochgebirgskraftwerke (Stubachwerk und Mallnitzwerk) Freiluftanlagen zu verwenden, konnte erst später, gestützt auf die Sicherheit, entsprechende und vollkommen erprobte Bauarten auch bei der inländischen Industrie vorzufinden, gefaßt werden.

Die Gesamtgliederung der Talanlage des Spullerseewerkes erkennen wir aus der Übersichtsskizze Abb. 33 und aus dem Grundriß des Erdgeschosses in der Abb. 34, sowie aus dem in der Abb. 35 dargestellten Querschnitt durch das Maschinenhaus, das 6 kV- und 50 kV-Schalthaus. Wir finden zwei zu einander und zur Steilrohrleitung parallele Hauptgebäude: das Maschinenhaus im Osten und das 50- und 15 kV-Schalthaus im Westen (samt dem Unterwerk Danöfen), als Verbindung zwischen beiden den südlichen Eingangs- und Kanzleiflügel und das 6 kV-Schalthaus, endlich das quergestellte Werkstättengebäude. Abb. 36 zeigt, gegen Südwesten gesehen, deutlich die 3 Hauptgebäude.

Das Maschinenhaus enthält einen Maschinensaal von 48·75 × 14·9 m², der für 4 Maschinensätze Raum bietet und im Vollausbau für 6 Maschinensätze verlängert werden kann. Der Kraftwasserzu- und Ablauf liegen auf der einen, die Frischluftzufuhr und Warmluftzufuhr auf der anderen Seite. Die Warmluft kann durch Klappen entweder ins Freie oder in den Maschinensaal geleitet werden. Ein 60 t-Laufkran bestreicht den Maschinensaal. Am Südende stehen die Hilfsmaschinen: die 3 Umformer und die Hilfsbetriebeschalttafel; hieran schließt sich das einstöckige Steuerhaus. Dieses enthält im Erdgeschoß die Hilfserregerumformer mit ihrer Schalttafel, die Dickreglerbühne und die Eigenbedarfsverteilstafel, sowie einen Raum für den zweiten Wärter, im ersten Stock den Befehlsraum.

Ein kurzer Verbindungsflügel mit Haupteingang und Kanzlei im ersten Stock und den beiden

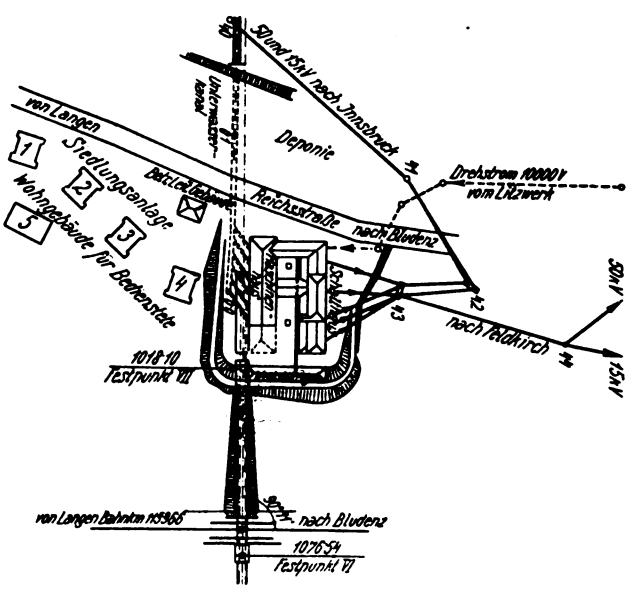


Abb. 33. Lageplan des Krafthauses und der abgehenden Leitungen.

Kühlwasserbehältern im Dachboden führt zum Schalthaus. Die elektrische Verbindung mit diesem geht durch ein besonderes ebenerdiges 6 kV-Schalthaus mit den Hilfsschienen und den 6 kV-Apparaten. Das zweistöckige 50 kV-Schalthaus gehört bis einschließlich zur 11. Zelle zum Kraftwerk und enthält die Umspannerzellen; durch das Stiegenhaus abgetrennt folgt das aus Grün-

Digitized by Google

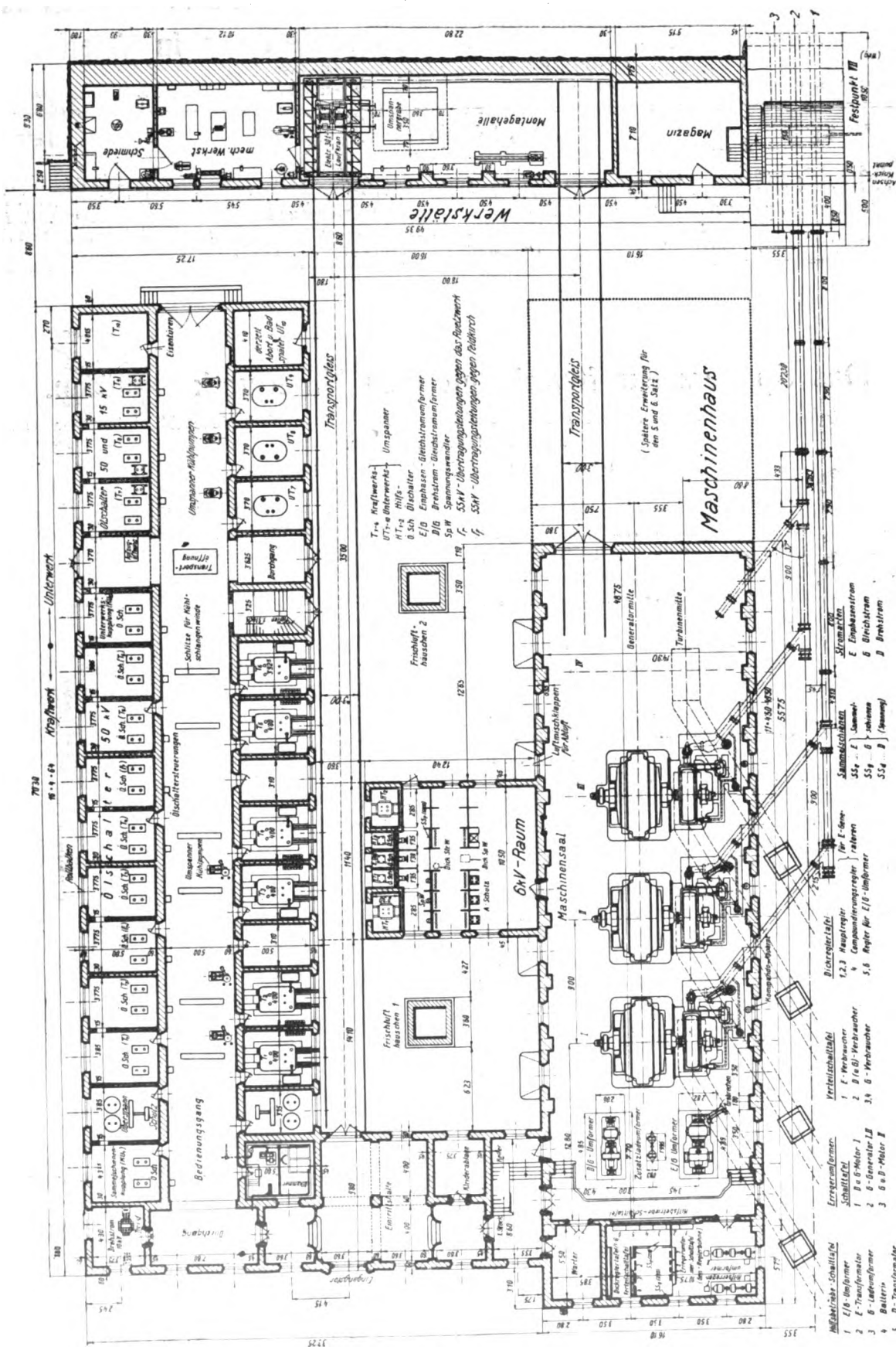


Abb. 34. Grundriß des Erdgeschoßes des Maschinenhauses, des Schalthauses und der Werkstätte.

Digitized by Google

den der Platz- und Personalersparnis mit dem Kraftwerk zusammengebaute Unterwerk Danöfen. Längs beider Teile des Schalthauses läuft an der Hofseite die ebenerdige Reihe der Umspannerzellen, auf der Straßenseite sind die Zellen im Erdgeschoß für die Ölschalter, im 1. Stock die Doppelsammelschienen angeordnet; der zwischenliegende Mittelgang ist im Keller durch die Kühlwasserbehälter der Kraftwerksumspanner und die Öl- und Wasser-Zulauf- und -abfallrohre, im Erdgeschoß durch die Umspannerkühlpumpen und die Schalterfernsteuerungen, im 1. Stock durch die Drosselspulen und Stromwandler in Anspruch genommen. Über dem mittleren Teil des Schalthauses erhebt sich der zweite Stock mit den Ausführungen für 55 kV (4 Leiter) und den Verstärkungs- und Fahrleitungen für 16·5 kV (5 Leiter), die alle nach Westen austreten. In der südlichsten Schalthauszelle wird der vom Litzwerk in Schruns (Montafonertal) für Eigenbedarfszwecke als Reserve zugeleitete Drehstrom von 10 kV bei 50 Per/s auf 388 V herabgesetzt. Den Abschluß des großen Hofes bildet das einstöckige Werkstättengebäude. Es enthält im Erdgeschoß eine Mon-

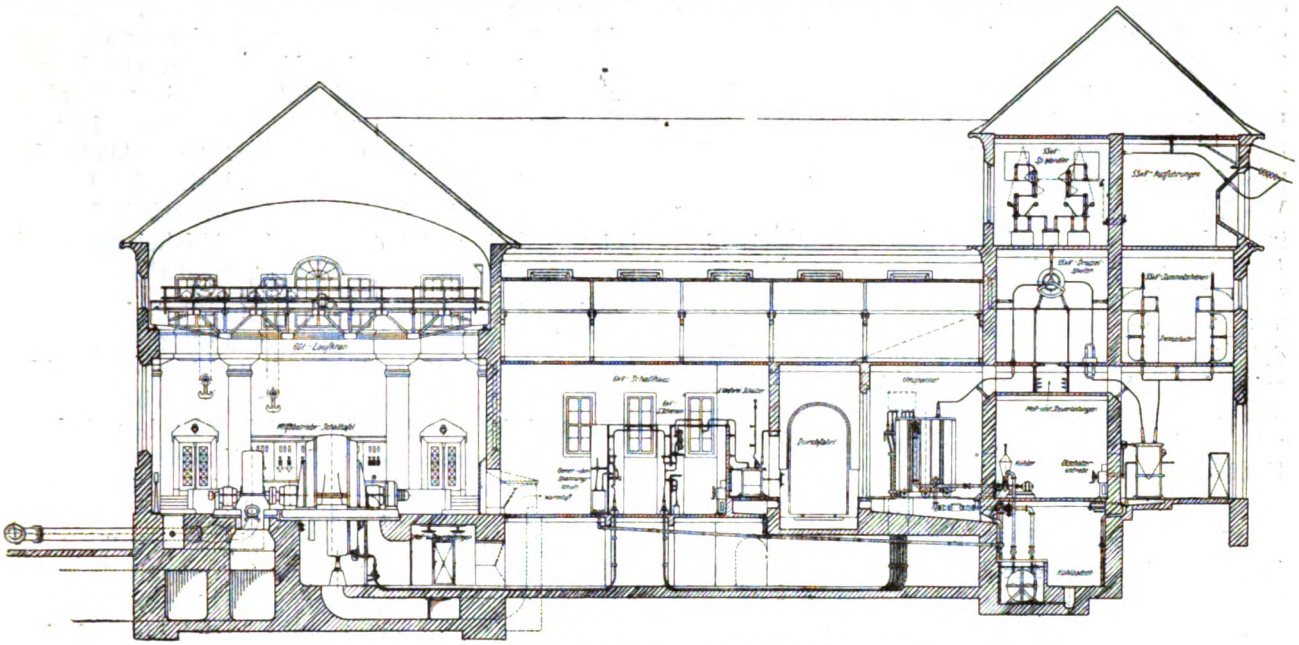


Abb. 35. Querschnitt durch Maschinenhaus, 6 kV- und 50 kV-Schalthaus.

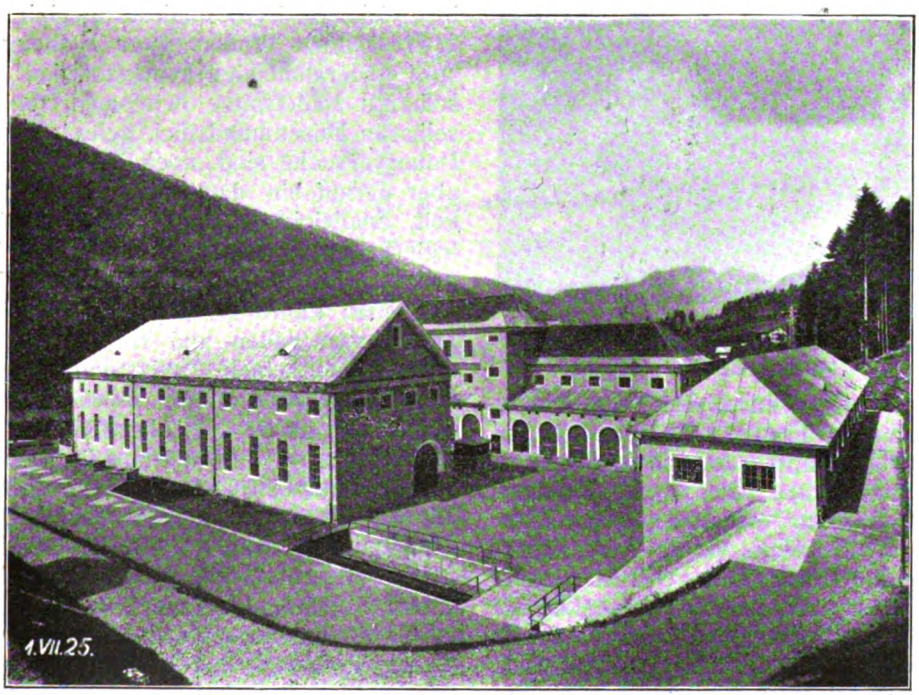


Abb. 36. Krafthausanlage; links Maschinenhaus mit der Druckrohrleitung und den Luftschächten der Unterwasserkanäle, hinten Schalthaus und Unterwerk Danöfen, rechts Werkstättengebäude.

Digitized by Google

tierungshalle mit einem 30 t-Laufkran und einer Umspannergrube, sowie eine mechanische Werkstätte und Schmiede und ein Kraftwerkslager, im ersten Stock beider Flügel ein Lager für die mit der Erhaltung der benachbarten Fahrleitungsabschnitte beschäftigte Leitungspartie, mit unmittelbarem Zugang vom 1. Stock zum Fußweg, der zu der 54 m höher liegenden Bahnstation führt. Die Zufahrt zum Krafthause erfolgt von der Arlbergstraße. Über zwei 3 m-spurige Transportgleise können alle Maschinen und Umspanner in die Werkstätte geschafft werden. Abb. 25 zeigt die in einfachen und ruhigen Linien gehaltene, mit Motiven aus dem Klostertal geschmückte Südfront des Hauses an der Arlbergstraße; der rechte Teil ist das Steuerhaus mit dem Befehlsraum, dahinter der Maschinensaal, der linke die Stirnseite des Schalthauses; rechts sieht man die von der Grafenspitze herabführende Steilrohrleitung mit der Bahnunterführung, links oben die Station Danöfen.

5. Turbinen.

Jeder Steilrohrleitungsstrang speist 2 Turbinen. Die Stichrohre münden zunächst in je einen Hauptabsperrschieber von 450/400 mm l. W. Es sind dies entlastete Rundschieber mit

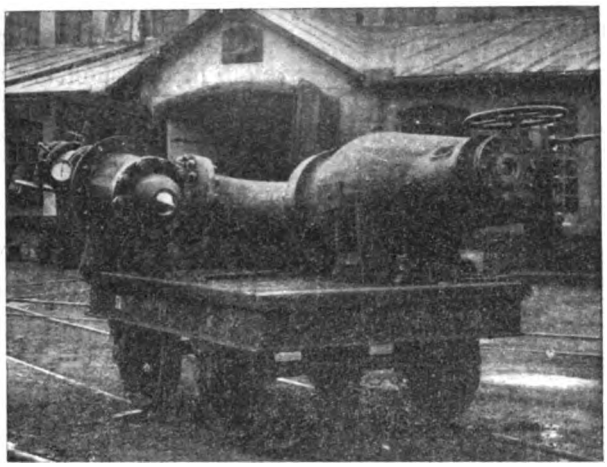


Abb. 37. Druckprobe am Turbinenschieber, Einlaufkrümmer und Düsenkrümmer, mit 121 at.

Doppeldichtung: wird auf kurze Zeit geschlossen, so wird nur eine metallische Dichtung, soll für längere Zeit geschlossen werden, so wird durch weitere Verschiebung auch eine zweite Dichtung mit Ledermanschetten zur Wirkung gebracht. Der Antrieb erfolgt von Hand aus über ein in Öl laufendes Schneckengetriebe. Das Öffnen dauert 3 min, das Schließen auch bei belasteter Turbine 8 bis 10 min. Der Schieber gestattet Schmierung der inneren Teile auch während des Betriebes. Auf jeden Schieber folgt ein Einlaufkrümmer und der Düsenkrümmer der Turbine. Bei der Fabriksdruckprobe wurde der abgeflanschte Turbinenschieber zusammen mit beiden Krümmern und der durch die Nadel gesperrten Düse als Ganzes einem Druck von 121 at ausgesetzt; nach 14-stündigem Stehen sank der Druck auf 65 at. Abb. 37 zeigt diese Druckprobe.

Die 3 (im Vollausbau 6) Turbinen sind eindüsige Freistrahlturbinen mit wagrechter Welle, für eine Leistung von 8000 PS bei 333 U/min bei einem zwischen 766·9 und 812·9 (im Mittel 790 m) liegenden statischen Rohgefälle zwischen Wasserschloßspiegel und Unterwasser und einem zwischen 725 und 793 m liegenden Nutzgefälle. Die Laufradaustrittstelle liegt auf Kote 1018·34 m. Strahlgeschwindigkeit 117 m/sek, Strahldruck 12·3 t, Schwungmoment im ganzen 270 tm² (davon in der Turbine 50, im Schwungrad 100, im Generator 120). Hydraulisches Rechnungsgefälle 725 m bei 995 l/sek und 8000 PS; die Abfalleistung bei größerem Gefälle liegt bei etwa 9000 PS.

Das Laufrad besteht aus einer mit hyperboloidischem Querschnitt gleicher Festigkeit ausgebildeten Stahlgußscheibe, auf welcher 40 Stahlgußbecher sitzen, die ohne Spiel aneinandergereiht und durch sektorförmige, je 2 Becher niederhaltende Klemmbacken und je 2 Nickelstahlschrauben je Becher gehalten sind. Turbine und Generator haben zusammen 3 Lager. Die Turbinenwelle ist durch 10 Bolzen von 70 mm innerhalb einer Schutzkappe fest an die Generatorwelle gekuppelt und ist für die Beanspruchung bei Kurzschluß bemessen. Das Laufrad ist durch 2 Keile auf der Welle befestigt. Die unter 25° geneigte Düse hat zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades bei teilweiser Belastung Punktdichtung längs einer Schneide. Da die Turbinen während der ersten Betriebsjahre den größeren Teil des Tages über geschlossen laufen (Generatoren als Phasenschieber wirkend), ist besondere Sorgfalt auf einen der zerfressenden Wirkung von Reibung und Sauerstoff widerstehenden Werkstoff bei der auswechselbaren Nadelspitze wie auch beim auswechselbaren Düsenmundstück gelegt; die bezüglichen Dauerversuche sind noch nicht beendet, weisen aber darauf hin, daß Spezialbronze hoher Festigkeit, vielleicht auch gewisse rostsichere Stahllegierungen am günstigsten sind. Die Nadel ist aus geschmiedetem Chromnickelstahl und läuft in einem bronzenen Führungsstück mit Schmierung unter Druck von außen und trägt nebst dem Servomotorkolben einen Entlastungskolben und eine Gegendruckfeder. Der zweiteilige rohrförmige Strahlablenker ist aus Nickelstahl. Der Kühlwasserverbrauch der 3 kugelbeweglichen Ringschmierlager eines Satzes beträgt 0·58 l/sek; doch können die Lager, wie erprobt wurde, mehrere Stunden ohne Kühlwasser laufen. Bei abgekuppelter Generatorwelle kann die Turbinenwelle in einem Stützhaupt gelagert werden. Das Gehäuse ist zweiteilig, der untere Teil gleichzeitig Grundplatte. Turbinen- und Generatorgrundplatten sind miteinander verschraubt, an die erstere schließt sich die Panzerung des Turbinenschachtes an. Durch eine Einsteigöffnung kann jeder Teil begangen und die Düse während des Betriebes beobachtet werden. Besondere Spritzringe verhindern den Wasseraustritt aus dem Gebäude, ein Spritzschild bei der der Hauptdüse gegenüber gelagerten Gegendüse verhindert das Mitdrehen von

Digitized by Google

mitgerissenem Wasser. Abb. 38 zeigt den Querschnitt durch eine Turbine von der Generatorseite, rechts die Gegendüse.

Der Regler ist für Doppelregelung eingerichtet: bei Entlastungen, die schneller erfolgen als es der natürlichen Schließgeschwindigkeit der Nadel entspricht, tritt der Strahlablenker ganz oder teilweise in den Strahl ein, bis die Nadel nachgekommen ist, worauf er selbsttätig in seine Normalstellung herausgezogen wird; in dieser steht er um ein ganz geringes Maß von der Strahloberfläche ab.

Die grundsätzliche Anordnung und die Wirkungsweise des Doppelreglers gehen aus der Abb. 39 hervor. Er besteht aus zwei vollständigen Steuerkreisen mit je einem Servomotor und einer Rückführung: dem Steuerkreis I für den Ablenker

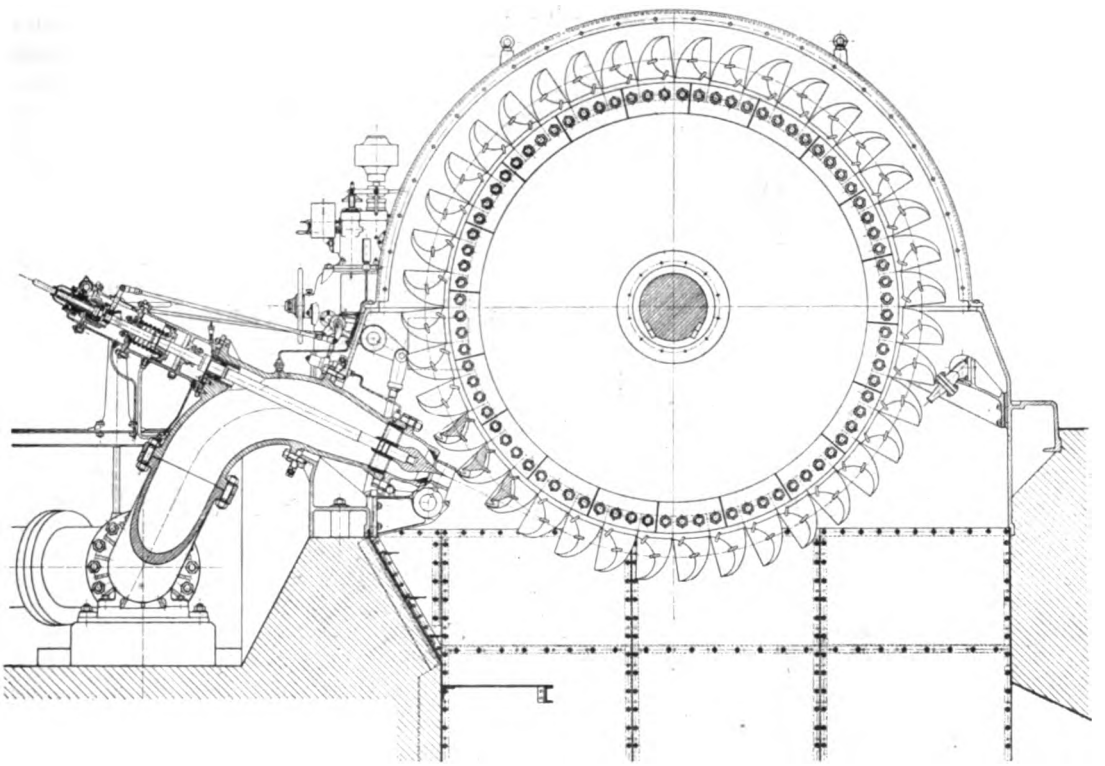


Abb. 38. Querschnitt durch die Turbine.

und dem Steuerkreis II für die Nadel (Düse), sowie aus den Sicherheitsvorrichtungen. Nach der räumlichen Verteilung sind drei Gruppen zu unterscheiden: der freistehende eigentliche Regler (mit Ölpumpe, den beiden Steuerventilen und dem Ablenkerservomotor), der der Düse vorgebaute Düsenservomotor und der am freien Wellenende angebaute Sicherheitsregler. Bemerkenswert ist eine doppelte mechanische Bindung zwischen den Steuerkreisen: einerseits beeinflußt das Pendel unmittelbar und gleichzeitig beide Steuerventile, anderseits sind die Rückführungen miteinander in Verbindung. Die servomotorische Kraftquelle für beide Steuerkreise wird gebildet durch die aus dem Ölbehälter 1 in den mit Ölstandsglas und Manometer ausgerüsteten Windkessel 3 fördernde Ölpumpe 2, die das Öl entweder über das Hauptölabsperrventil 4 zu den Steuerungen drückt oder, wenn nicht gebraucht, es über das Überstromventil 5 wieder dem Behälter zuführt, wobei es entweder über das Rückschlagventil 6 durch den Ölkühler 7 getrieben wird oder, wenn keine Kühlung notwendig, durch das Mischventil 8 unmittelbar zurückläuft.

Das durch Winkelräder angetriebene Pendel 9 verstellt bei einer Höhenveränderung sowohl das Ablenkersteuerventil *A*, als auch durch die Zwischenwelle 10 gleichzeitig das Düsensteuerventil *D*. Der Steuerkreis I des Ablenkers arbeitet nun wie folgt: im Beharrungszustand speist das Ventil *A* aus seinem mittleren Raum (der obere Raum *b* ist mit ihm dauernd verbunden und bewirkt das Niederdrücken des Ventils gegen die Kraft einer Feder) die miteinander verbundenen Räume *c* und *d* des Ablenkerservomotors mit Drucköl, während der Raum *e* abgesperrt ist; der Kolben *g* steht in einer bestimmten Lage still und zwar derart, daß der Ablenker hart neben dem Strahle steht; der gleichachsige Sicherheitskolben *a* steht links unter dem vollen Wasserdruck von 80 at, rechts unter dem Öldruck, und befindet sich im normalen Betrieb (über 5 at Öldruck) infolge Überwiegens der Öldruckkraft ständig ganz links. Steigt zum Beispiel bei plötzlicher voller Entlastung die Pendelmuffe, so steigt zunächst der linke Hebelendpunkt und hebt dadurch mittels Vorsteuerstiftes das Ventil *A*; der Raum *e* entläßt das Öl ins Freie, der Kolben *g* wandert nach rechts und schließt den Ablenker 13; bei seiner Wanderung verdreht das Ablenkergestänge die zweite Zwischenwelle 14 und hebt die elastische Ablenkerrückführung 15, die aus zwei relativ gegeneinander unter Dämpfung verschiebbaren Teilen besteht; der rechte

Digitized by Google

Hebelendpunkt steigt und der Pendelwagebalken gelangt damit in eine neue, etwas höhere Beharrungslage. Der Ablenker schneidet also den Strahl ab. Der Steuerkreis II der Düse wird aber durch die angegebene Verstellung von 10 auch in Gang gesetzt: im Düsensteuerventil *D* mit zwei gleichachsigen Schiebern steigt nun der äußere Schieber 15; da 14 verdreht wird, sinkt die Stange 17 und senkt mittels Vorsteuerung den inneren Schieber 16; durch diese Gegeneinanderbewegung beider Schieber wird dem Düsenservomotor auf der rechten Kolbenseite Drucköl zugeführt und so die Düse geschlossen, während von der Gegenseite Drucköl über den Drosselhahn 18 abströmt. Die elastische Wirkung der Rückführung 15 wird durch eine Kataraktnadel erzielt und ist auch während des Betriebes nach beiden Richtungen in je

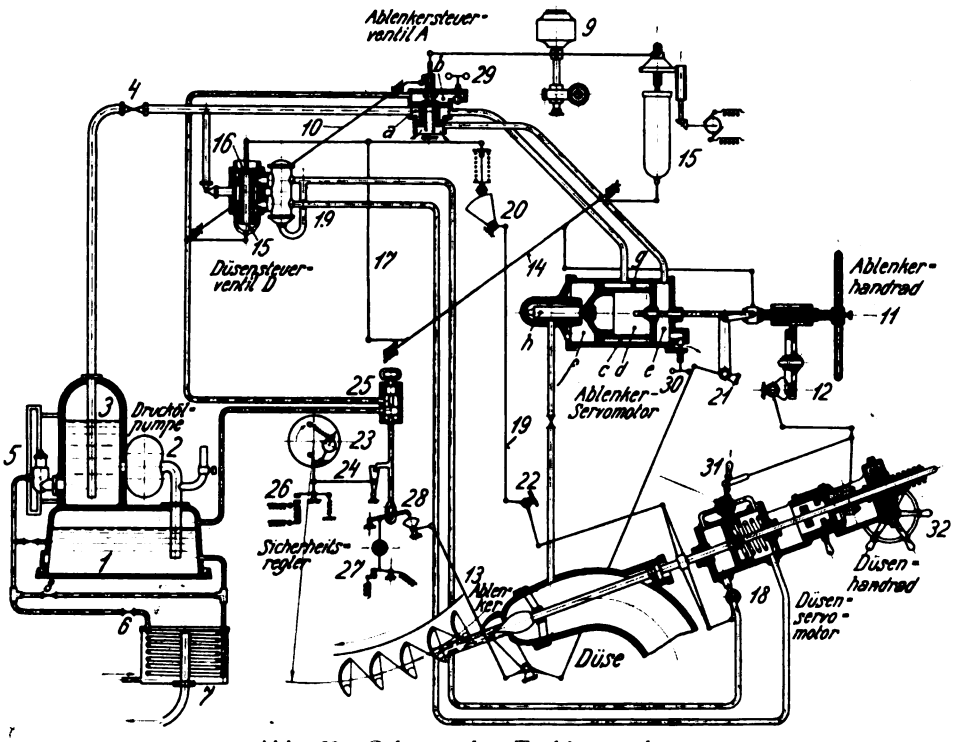


Abb. 39. Schema des Turbinenreglers.

fünf Stufen einstellbar. Die Steuerung beider Kreise kann auch von Hand mittels der Handräder 11 und 32 bewirkt werden, für den Ablenker aber nur im Bereiche des Leerlaufes. Der Handbetrieb ist nötig, weil bei Stillstand mangels genügenden Öldruckes der Sicherheitskolben *a* den Ablenker ganz geschlossen hält; zum Anlaufen muß man also nicht nur die Düse öffnen, sondern auch den Ablenker um ein gewisses Maß herausziehen. Für die Handregelungen muß nun unbedingt gefordert werden, daß das Durchgehen bei zu weitem Öffnen vermieden werde; daher darf bei selbsttätiger Düsenregelung der Ablenker auf keinen Fall auf Handregelung stehen. Eine eigenartige Blockierung 12 erlaubt nun das Stellen des Ablenkers auf Hand erst dann, wenn schon vorher die Düse mittels des Handgriffes 31 (durch Verbinden der beiden Zylinderräume) auf Handregelung gestellt worden ist; sonst würde bei zu starkem Herausziehen des Ablenkers die Turbine durchgehen, weil die Düse zu langsam nachkommt. Anderseits kann die Düse auf selbsttätigen Betrieb (durch Rechtsdrehen von 31) erst dann eingestellt werden, wenn vorher der Ablenker auf selbsttätigen Betrieb gestellt worden ist. Beim Anlassen wird also zuerst die Düse von Hand etwas geöffnet, dann der Ablenker von Hand herausgezogen; nach dem Erreichen der richtigen Drehzahl wird zuerst der Ablenker und dann erst die Düse auf selbsttätigen Betrieb gestellt.

Während der Ablenker innerhalb ½ bis 1 sec, also fast augenblicklich, einschwenkt, schließt die Düse dank besonderer Drosselblenden, die im „Accelerator" 19 (einem Rückschlagventil, das in der einen Richtung eine verzögernde Drosselung hervorruft) sitzen, ganz langsam; bei zunehmendem Nadelweg schließt sich überdies langsam der Drosselhahn 18. Gleichzeitig wird die Nadelrückführung durch die Stange 19 über den exzentrischen Daumen 20 betätigt, wobei der rechte Hebelendpunkt sinkt, 16 anhebt und dadurch den Hebel in seine Gleichgewichtslage bringt. Es wird also der Ablenker nur vom Pendel und der Ablenkerrückführung, die Nadel hingegen vom Pendel und von beiden Rückführungen beeinflußt, was eine neue Kombination darstellt. Bei den normalen Voith'schen Reglern (wie im Ruetzwerk verwendet) wird der Ablenker vom Pendel und beiden Rückführungen, die Nadel vom Pendel und der Nadelrückführung beeinflußt; die Regler des Ritomkraftwerkes sind denen des Spullerseewerkes in der grundsätzlichen Verkettung ähnlich, nur daß die Nadel vom Pendel nicht unmittelbar beeinflußt wird.

Die beiden Steuerkreise sind also innerhalb

Digitized by Google

des Reglers durch die Zwischenwellen 10 und 14 miteinander verbunden; zwischen dem freistehenden Regler und der Düse bewirken die Wellen 14, 21 und 22 die mechanische Verbindung.

Bei einer Belastung arbeiten die Vorrichtungen im umgekehrten Sinn. In beiden Fällen sind die wirklichen Regelvorgänge noch viel verwickelter; beispielsweise wird bei völliger Entlastung der Strahl zuerst tatsächlich ganz abgeschnitten, dann aber, wenn die Düsenöffnung genügend verkleinert wurde, der Ablenker wieder herausgezogen, um gerade für den Leerlaufstrahl Raum zu bieten. Bei geringen oder langsamen Laständerungen werden sich Ablenker und Düse langsam bewegen und der Ablenker wird auch bei Schließbewegungen nicht in den Strahl einschneiden; sein Gestänge arbeitet dann nur wie eine Vorsteuerung.

Folgende mechanische Sicherheitseinrichtungen dienen dem Schutz gegen Durchgehen der Turbine, indem sie den Strahlablenker im Gefahrsfalle sofort voll einschwenken machen (teils selbsttätig, teils gewollt):

a) bei unzulässigem Sinken des Öldruckes unter 5 at wandert der Sicherheitsdifferentialkolben *h*, der gewöhnlich mit 20 vH Überdruck vom Öldruck in seiner linken Endlage gehalten wird, unter dem ständigen Wasserdruck nach rechts, stößt an die Kolbenstange und schließt selbsttätig den Ablenker. Dies geschieht auch jedesmal nach dem Abstellen der Turbine. Die Heranziehung des Wasserdruckes in dieser Weise stellt etwa gegenüber der Heranziehung einer kostspieligen zweiten Druckölquelle oder von Federn usw. eine sehr elegante Lösung dar. Der Ablenker wird also nur ausnahmsweise vom Wasserdruck gesteuert. Würde man den Wasserdruck ständig als servomotorische Kraftquelle benützen, so wäre die in schweizerischen Kraftwerken wiederholt beobachtete Gefahr gegeben, daß Druckschwankungen in der Rohrleitung auf den Ablenker zurückwirken und Schwingungen hervorrufen können. Bei der schließlich gewählten Bauart aber sind solche Nebenwirkungen ausgeschaltet, weil der Sicherheitskolben normal in seine Endlage gedrängt ist.

Dem gleichen Bestreben, Resonanzen und Pendelungen zu vermeiden, entspringt die Anwendung einer doppelten Bindung zwischen beiden Steuerkreisen;[11]) sie soll verhindern, daß die beiden Steuerkreise unabhängig von einander arbeiten und gegebenenfalls gegeneinander arbeiten und dauernde Schwingungen erzeugen, was besonders bei großem Gefälle und großer lebendiger Kraft der Wassersäule unbedingt vermieden bleiben muß. Die große Wichtigkeit des Vorbeugens des Durchgehens war der Beweggrund für die Anwendung des beschriebenen Sicherheitskolbens.

b) Auf der Turbinenwelle sitzt ein besonderer Sicherheitsregler 23 mit umlaufendem Schwunggewicht und Schneckenradantrieb 1 : 2. Bei einer Überdrehzahl von 380 U/min (nur 6·15 vH über der höchsten im Betrieb vorkommenden Drehzahl von 358) wird durch einen vorspringenden Stift der Hebel 24 nach links geschlagen und das Gestänge 25 zum Herabfallen gebracht, dadurch der Raum *b* im Ablenkersteuerventil drucklos gemacht und der Ablenker selbsttätig eingeschwenkt. Nach dem Stillestehen kann man den Sicherheitsregler durch einen Rückstellhebel in die Bereitschaftslage bringen.

c) Die gleiche Wirkung wie unter *b)* kann gewollt von der Schalttafel durch den elektrischen Kontakt 26 erzielt werden. In beiden Fällen *b)* und *c)* wird durch den Kontakt 27 eine Aberregung des Generators eingeleitet, aber erst nachdem der Ablenker schon eingeschwenkt hat und den Nocken bei 28 freigegeben hat.

d) Im Gefahrsfalle kann der Ablenker sofort von Hand aus eingeschwenkt werden, indem man durch das Schnellschlußventil 29 den Raum *b* in *A* drucklos macht. Das Pendel ist mit dem Vorsteuerstift nicht starr, sondern mittels einer Federkupplung verbunden. Durch 29 kann der Steuerkolben unabhängig vom Pendel im Sinne des Schließens verstellt werden.

e) Die gleiche Wirkung — Abstellen von Hand — kann durch ein zweites Schnellschlußventil 30 erzielt werden, welches den Raum *e* und damit alle Ölräume drucklos macht und den Ablenker durch Wasserdruck schließen läßt.

f) Der Drosselhahn 18 am Düsenservomotor ist absichtlich auf die Düsenseite des Kolbens gelegt und so bemessen worden, daß bei einem Bruch der dahinterliegenden Ölleitung die Düse mittels der zweiten Ölleitung sich nicht schneller schließen kann, als die Drucksteigerung im Steilrohr es zuläßt.

Schließlich ist für schnelles Stillsetzen der Turbine, insbesondere bei Lagerheißlaufen, eine Gegendüse mit Schieber vorhanden, die bei 28 mm Strahldicke so bemessen ist, daß sie selbst bei längerer Wirkung eine entgegengesetzte Drehung kaum bewirken kann. Gemessen wurde eine Bremszeit von 4 bis 5 min (anstatt der normalen Auslaufzeit von etwa 50 min).

[11]) Prof. Dr. Prašil, über dessen Vorschlag die beschriebenen Vorsorgen getroffen wurden, verweist in seinem Gutachten über die Turbinen des Spullerseewerkes auf Fälle von Pendelungen und Resonanzen, die in den schweizerischen Wasserkraftwerken tatsächlich beobachtet worden sind. Im Löntschwerk wurden nach dem Abstellen des Werkes Schwingungen (wahrscheinlich durch Spiel eines Ventils erregt) wahrgenommen, die erst durch neuerliches Anlassen behoben werden konnten und Veranlassung zum Einbau einer doppelten Bindung gaben. Im Kraftwerk Sursee hat Dr. Prašil ganz unzulässig große dauernde elastische Schwingungen durch den Wasserdruck infolge ständiger Wechselwirkung zwischen einem Seitenauslaß und dem wasserdruckgesteuerten Zungenregler beobachtet, die bei der kleinen Anlage durch einen Windkessel behoben werden konnten. Ähnliches zeigte sich im Kanderwerk, wo der Betrieb der die Drehstrombahn Burgdorf — Thun speisenden Turbinen bei den anderen Turbinen dauernde Schwingungen hervorrief, die durch Schwingungen des Unterwassers und wahrscheinlich auch durch das Standrohr erregt wurden.

Digitized by Google

Abb. 40 zeigt deutlich die Turbine und ihren Regler, hinten den Generator. Ganz rechts auf den Düsenkrümmer aufgesetzt ist der Düsenservomotor mit Handrad; zum Regler führen 2 Wellen, von denen die tieferliegende selbst wieder aus 2 gleichachsigen Wellen gebildet ist (die Wellen 14, 21 und 22). Im Vordergrund ist das Handrad für den unter Flur stehenden Hauptabsperrschieber. Der Sicherheitsregler sitzt auf dem freien Wellenstumpf.

Die Schlüpfung (Abfall der Beharrungsdrehzahl zwischen Leerlauf und Vollast oder „Ungleichförmigkeitsgrad") ist zwischen + 2 und — 5 vH auch während des Ganges von Hand aus mittels einer besonderen, mit geeichten Nummern versehenen Schlitzscheibe verstellbar. Diese Verstellbarkeit muß (wie schon für das Ruetzwerk auseinandergesetzt) bei einem Bahnkraftwerk mit Parallellauf unbedingt gefordert werden, weil man erst durch wiederholte längere Beobachtungen im Betrieb zu einer richtigen Einstellung gelangt, die selbst wieder nach Jahreszeit und Wasserführung verschieden sein kann. Die Schlüpfungslinie ist nicht ganz linear, zwischen Leerlauf und Viertellast schwach nach oben gekrümmt und erst bei höheren Lasten eine Gerade. Die Stabilitätskurve (Dauerdrehzahl als Funktion des Muffenhubes) ist praktisch eine Gerade.

Die absolute Größe der Drehzahl kann von Hand aus oder durch einen kleinen Elektromotor von der Schalttafel um ± 5 vH ihres Mittelwertes verstellt werden. Zusammen mit der Verstellbarkeit der Schlüpfung gibt dies einen möglichen Drehzahlbereich von 15 vH des Mittelwertes, das ist zwischen 308 und 358 U/min in der Beharrung.

Die Öffnungszeit von Null bis Vollast ist verstellbar zwischen 8 und 20 min und beträgt tatsächlich etwa 14 min. Der untere Grenzwert ist gegeben durch die Einhaltung der für einen Regulierimpuls zulässigen Grenze der Drucksteigerung, die bei der Belastungszunahme den Druckabfall nach Ablauf der Laufzeit nachfolgt. Im Spullerseewerk wurde diese sonst 10 — 15 vH betragende Grenze absichtlich wesentlich tiefer mit 4·5 vH angesetzt, wie dies im Abschnitt 3 ausführlich begründet ist. Die obere Grenze hinwiederum ist unmittelbar gegeben durch die bei der Bestellung erhobene Forderung, daß bei einer allmählichen linearen Vollbelastung von Null bis 5400 kW (entsprechend 8000 PS) innerhalb von 20 sek — also mit 270 kW/sek — nur eine kaum merkliche vorübergehende Drehzahlsenkung eintreten dürfe. Eine ähnliche Vorschreibung haben erstmalig die Schweizerischen Bundesbahnen aufgestellt, und zwar für 400 kW/sek als den schnellsten durch normales Fahren mit Lokomotiven verursachten Lastanstieg. Eine solche Vorschreibung,

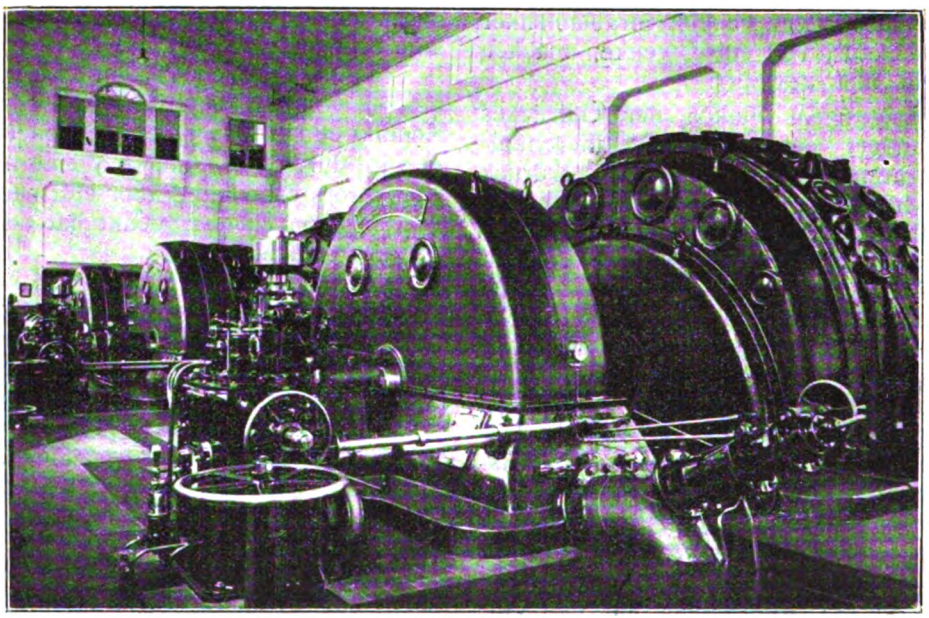


Abb. 40. Hauptmaschinensätze für je 8000 PS, von der Turbinenseite.

mag sie auch weniger scharf sein als jene für die vorübergehende Regelung der Drehzahl, ist bei einem Bahnkraftwerk von Interesse, weil dort zwar die Leistung fast beständig, keineswegs aber plötzlich (außer bei einem Kurzschluß) schwankt.

Die Schließzeit ist für den Ablenker sehr kurz, etwa ½ — 1 sek; für die Düse ergibt sie sich zwangläufig aus der unvermeidlichen Rücksicht auf die Drucksteigerung in der Rohrleitung. Sie ist einstellbar zwischen 15 und 60 sek und ist tatsächlich auf 30 — 40 sek eingestellt (bei 45 sek liegt die Drucksteigerung zwischen 4 und 5 vH).

Bemerkenswert ist die außerordentlich scharfe vorübergehende Drehzahlregelung. Die Abb. 41 gibt einige Aufnahmen. Bei plötzlichen Entlastungen war vertragsmäßig die vorübergehende verhältnismäßige Drehzahlsteigerung (Verhältnis der größten Überschreitung der neuen Beharrungsdrehzahl zu dieser selbst) mit 10 vH be-

Digitized by Google

grenzt; es ergaben sich aber bei 3 vH Schlüpfung tatsächlich nur 0·9 — 2·3 vH bei allen plötzlichen Entlastungen beliebiger Größe und bei 36 — 45 sek Gesamtschlußzeit. Dank der raschen Wirkung des Ablenkers ist diese Drehzahlerhöhung bei allen Entlastungen auf ein und dasselbe praktische Mini-

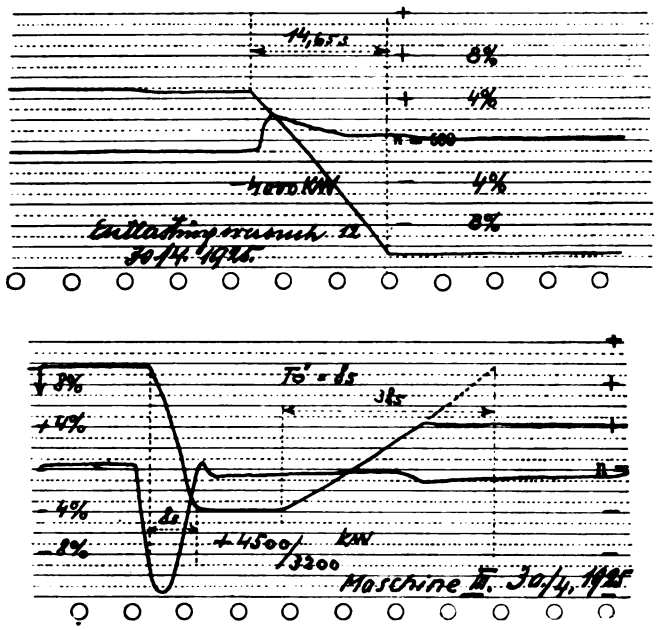


Abb. 41. Drehzahl und Nadelweg bei plötzlichen Be- und Entlastungen.

mum herabgesetzt. Der Drehzahlabfall bei plötzlichen Belastungen wurde gemessen

	bei	+ 25	+ 50	+ 75 vH Belastung
im Mittel mit		— 1·6	— 6·5	— 19 vH.

Bei allmählicher Belastung wurde die gewährleistete Schwankung von 1 vH, bei unveränderter Last die gewährleistete Grenze von 1 vH wesentlich unterschritten.

Über die im Parallelbetrieb zwischen Spullerseewerk und Ruetzwerk gemachten Erfahrungen hat der Verfasser an anderer Stelle berichtet.[12])

Die bei einem Rohgefälle von 777 m gemessenen Wirkungsgrade der Turbine I betragen bei

1235	2290	3340	4425	5450	7900 PS	an der Welle
72	77·5	80·9	82	82·3	83·2 vH	

und sind ohne Inanspruchnahme der Duldung bis zu 3 vH höher als die gewährleisteten Werte (siehe Abb. 42). Bei Leerlauf werden im Mittel 43 (bei unerregtem Generator) bezw. 54 (bei erregtem Generator) l/sek verbraucht.

Das Gewicht einer Turbine samt Schieber, Einlaufkrümmer und einem Lager beträgt 43 t, hievon 14 t für Laufrad und Welle.

Vor dem Hauptschieber zweigt eine Hilfsrohrleitung von 100 mm mit einem normal offenen Keilschieber ab, hinter diesem weitere 3 Rohre: eines über einen Absperrhahn zum Sicherheitskolben des Reglers, ein zweites über einen Nadelschieber zur Gegendüse und ein drittes zum Leerlaufschieber. Dieser ist ein Rundschieber besonderer Bauart mit Energievernichter, der durch eine Art Labyrinthführung die Energie des bis zu 125 l/sek führenden Entleerungsstrahles in Wärme umsetzt.

Großer Wert ist auf die ausgiebige Belüftung der Turbinenschächte gelegt worden. Denn beim Ablenken des vollen Strahles entsteht eine Luftleere, und es kann bei ungenügender Wasserabfuhr soviel Wasser angesogen werden, daß trotz des 2·35 — 2·95 m betragenden Freihängens das Laufrad eintaucht und das Wasser herumwirbelt und damit das Gehäuse sprengen kann (ein solcher Unfall ist seinerzeit im Löntschwerk vorgekommen). Die Wassermengen wurden in den Stichkanälen mittels eines Überfalles von 1·2 l. W. und 600 mm größter Höhe und eines Schwimmers in einer Nische an einer Stelle gemessen, die 20·6 — 24·6 m unterhalb der Turbinen lag. Erfahrungen in den Schweizer Kraftwerken (Ritom) haben gezeigt, daß der Einbau von Beruhigungsrechen in den Stichkanälen wegen deren beträchtlicher Länge und der Reinheit des Wassers nicht notwendig sind, um die Kanalwände zu schonen, wohl aber bei der Durchführung halbwegs verläßlicher Wassermessungen. Man entschloß sich daher, im Spullerseewerk hinter jeder Turbine einen fest eingebauten Grobrechen aus 2 wagrechten Reihen gegenseitig versetzter Eisenbahnschienen in 100 mm

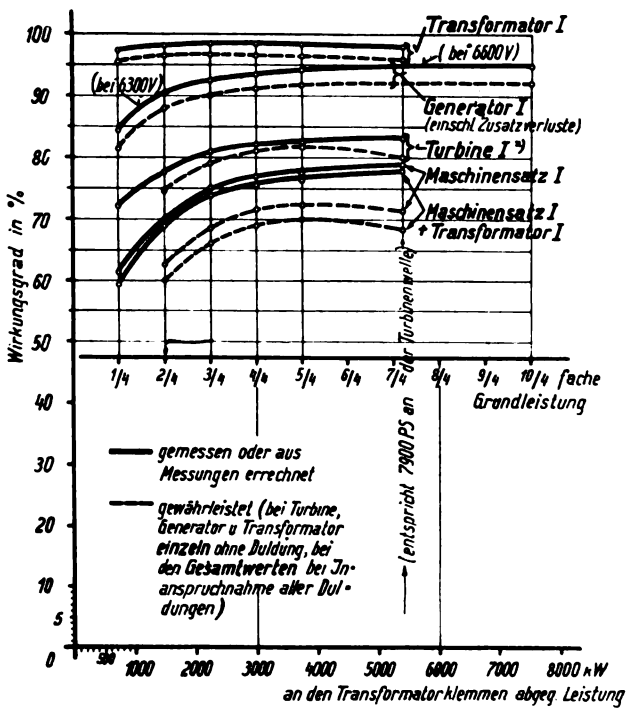


Abb. 42. Wirkungsgrade der Turbinen, Generatoren und Hauptumspanner bei cos $\varphi = 1$.

Entfernung und dahinter nur während der Messungen einen aus lotrechten Flacheisenstäben bestehenden abnehmbaren Rechen mit 25 mm Lichtweite zu verwenden, überdies auch während der

[12]) Siehe Dr. Hruschka, „Die Lastverteilung zwischen parallellaufenden Bahnwasserkraftwerken (Betrachtungen und Erfahrungen)", E. u. M. 1926, Heft 2.

Digitized by Google

Messungen 2 Drahtsiebe mit 10 × 10 und 3 × 3 mm Maschenbreite sowie zum Ausbügeln der kleinsten Wellen einen hölzernen Schwimmgürtel.

6. Generatoren.

Jede Turbine treibt einen Hauptgenerator an. Jeder von diesen sechspoligen Einphasenwechselstromgeneratoren ist für $16^2/_3$ Per/s und eine dauernde Grundleistung von 3000 kVA und anden können. Den angegebenen Laststufen entsprechen 476, 818 und 1137 A. Die Drehzahl ist 333 i. d. Minute. Die Dauerleistung im gewöhnlichen Sinn liegt über 4000 kVA, der Erregerstrom zwischen 109 A bei Leerlauf und 6000 V und 450 A bei 7500 kVA, cos $\varphi = 0$ und 6600 V. Jeder Generator ist gekuppelt mit einer fliegend angesetzten Haupterregermaschine (zehnpoligen Nebenschluß-Wendepolmaschine) für 220 V und 52 bezw. 76

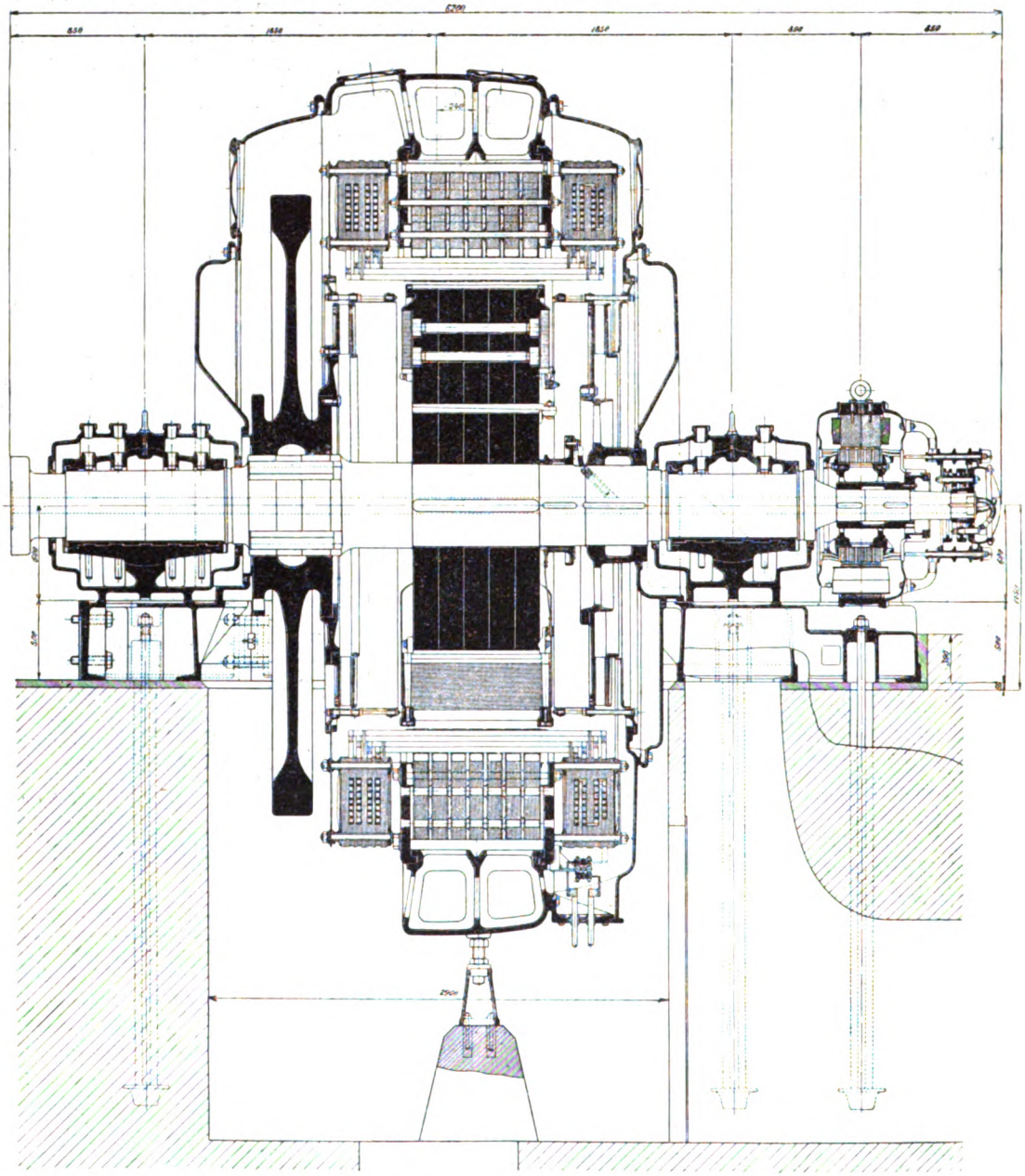


Abb. 43. Längsschnitt durch einen Wechselstromgenerator für max. 7500 kVA.

schließend daran entweder für 5400 kVA (80 vH Überlast) durch 30 min oder 7500 kVA (150 vH Überlast) durch 6 min gebaut. Dieses vorgeschriebene Belastungsspiel spiegelt deutlich den Charakter des Werkes als ausgesprochenes Spitzenleistungswerk wieder. Die Grundleistung muß bei 6300 V, die Überlasten müssen bei 6600 V, in allen Fällen bei cos $\varphi = 0{\cdot}8$, abgegeben werund 102 kW (entsprechend den drei Laststufen).

Der in den Abb. 43 und 44 im Längsschnitt und Querschnitt dargestellte Generator ruht auf einer vierteiligen Grundplatte und in zwei Lagern und hat eine Gesamtlänge von 6200 mm einschließlich des eingebauten Schwungrades. Der Ständer von 5500 mm Außendurchmesser ist nebst den üblichen radialen Lüftungsschlitzen von zahlrei-

Digitized by Google

chen achsialen Lüftungskanälen mit Kreisquerschnitt durchsetzt, wie dies in der den unbewickelten Ständer in der Fabrik darstellenden Abb. 45 gut zu sehen ist, und hat hohl gegossene Fingerplatten aus Chromnickelstahl hoher Festigkeit und geringer Wärmeaufnahmsfähigkeit. Die in vier Schichten angeordneten Wickelköpfe mit je sieben Stirnverbindungen sind durch eine aus Dreiecksfeldern zusammengesetzte Brückenkonstruktion außerordentlich fest gegen Kurzschluß versteift. Der mit acht abgedeckten Schaulöchern versehene Gußeisenkranz mit zwei Seitenteilen schließt in gefälliger Weise das Schwungrad ein und ist durch seitliche Hosen gegen die Grube abgedichtet. Die Remanenzspannung beträgt am Anfang nach dem Abschalten der Erregung 900, später 600 V. Die Spannungskurve ist sehr genau sinusförmig.

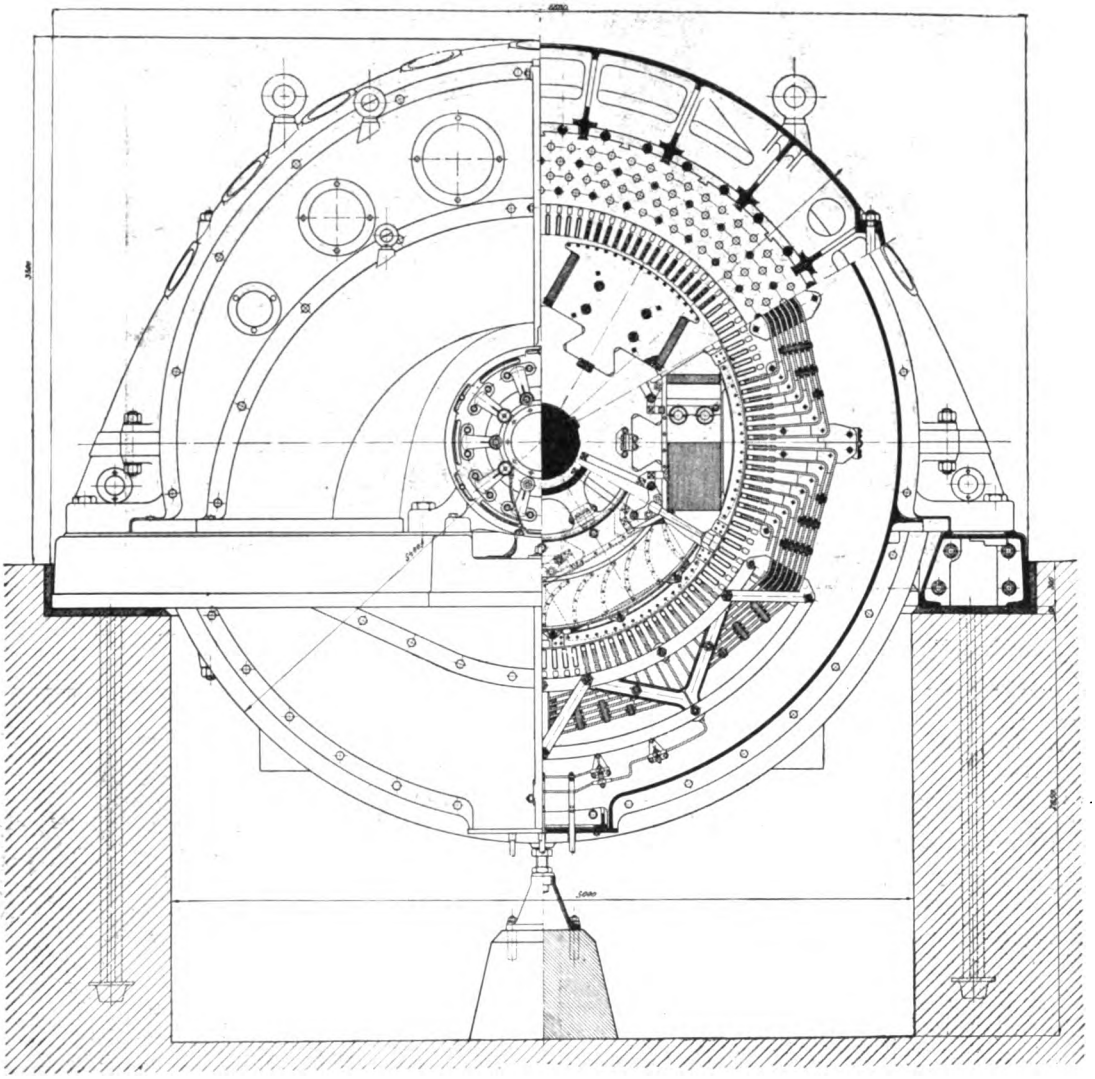


Abb. 44. Querschnitt durch einen Wechselstromgenerator für max. 7500 kVA.

Der Läufer hat eine aus fünf Stahlplatten zusammengesetzte Nabe und sechs geblätterte, mit einem Schwalbenschwanz und Doppelkeil befestigte Pole mit starker Dämpferwicklung. Er trägt beiderseits einen Kranz von Lüftungsflügeln, die unmittelbar auf die Wickelköpfe blasen. Messungen ergaben rund 8 m³/sec durchgetriebene Luftmenge. Der Läufer ist auf 80 vH Überdrehzahl (420 U/min) durch fünf Minuten im Kraftwerk bei eingeschalteter Dickregelung und 6400 V erprobt. Abb. 46 zeigt die sehr gedrungene Bauart des am Maschinenhauslaufkran hängenden vollständigen Läufers von 60 t, Abb. 47 zeigt alle drei Maschinensätze von der Erregerseite. Das erforderliche Schwungmoment (220 tm²) ist so groß, daß ein besonderes, in den Generator eingebautes Schwungrad Anwendung finden mußte. Das Schwungmoment ist, um bei dem hohen Gefälle ruhige Regulierung zu erzielen, den erprobten Werten für die S. B. B.-Kraftwerke Ritom (390 tm²) und Barberine (435 tm²), beide bei 333 U/min und 8500 bezw. 9500 kW, angepaßt. Das Schwungrad wiegt bei 3·9 m Außendurchmesser und 500 mm Kranzbreite 13·5 t. Das Schwungrad wurde, wie Abb. 48 zeigt, auf die Welle kalt aufgezogen, wobei der Erregerwellenstummel durch eine Gußeisenbüchse entlastet war.

Die gemessenen Wirkungsgrade sind in der

Digitized by Google

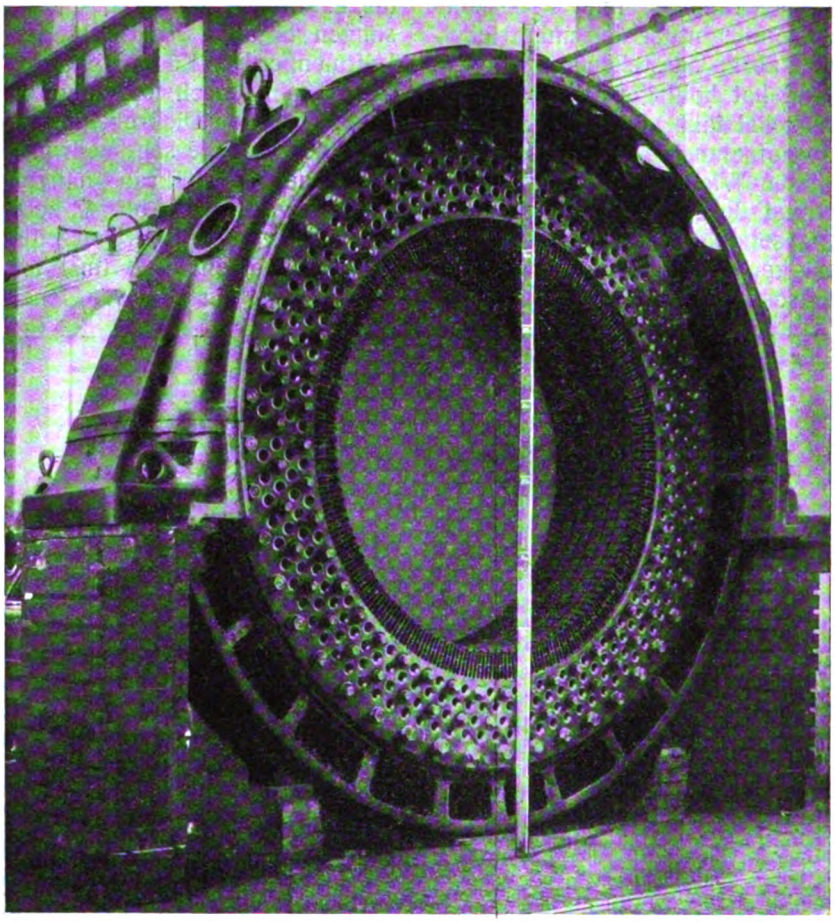


Abb. 45. Noch unbewickelter Ständer eines Wechselstromgenerators in der Fabrik.

Abb. 42 wiedergegeben. Von der Kurve gilt der untere Teil bis zur $^6/_4$ fachen Grundlast für 6300 V, der übrige Teil für 6600 V. Es wurden gemessen (in Prozenten):

kVA	750	1500	2250	3000	3750	5400	7500
cos $\varphi = 1$ . .	84·7	90·6	92·7	93·8	94·3	94·8	95·0
cos $\varphi = 0{\cdot}8$ . .	81·8	88·9	91·3	92·3	93·2	93·8	93·9

Die gemessene Erwärmung blieb in sehr bescheidenen Grenzen und erreichte bei cos $\varphi = 0{\cdot}8$ folgende Übertemperaturen in Celsius Graden:

	Dauerlauf mit 3000 kVA	anschließend 5400 kVA durch 30 Min.	oder anschließ. 7500 kVA durch 6 Min.
im Ständereisen .	15	19	20
im Ständerkupfer .	6	10	17
im Läufer	15	22	24
Abluft	11	13·5	13

Es ist also thermisch die Überlastung auf 7500 kVA maßgebend.

Die Spannungserhöhung beträgt bei Grundlast und cos $\varphi = 1$ und 0·8 bis 19·8 bezw. 37 vH (25 und 42 gewährleistet). Der Anfangs- und der Dauerkurzschlußstrom betragen bei cos $\varphi = 0{\cdot}8$ und Erregung für 6300 V das Zwölf- bezw. Zweifache des Grundbelastungsnennstromes, hingegen bei cos $\varphi = 0$ und Erregung für 6600 V das Fünfzehn- bezw. 4·6-fache desselben. Die Gewichte betragen in runden Zahlen: Ständerunterteil 32·6, Ständeroberteil 33·4, Läufer 60, insgesamt mit Grundplatte und Lagern 137 t.

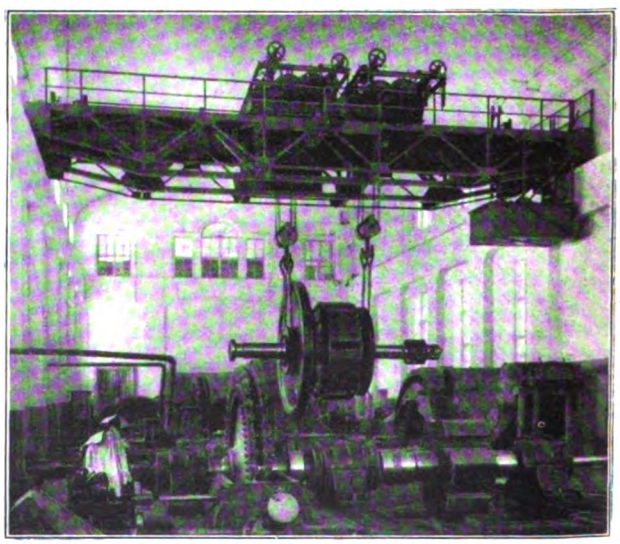


Abb. 46. Generatorläufer mit Schwungrad am Krafthauskran hängend (60 t), hinten die noch unverschalten Fenster des Befehlsraumes.

7. Umspanner.

a) Kraftwerkumspanner. Die den Hauptgeneratoren zugeordneten Hauptumspanner sind für das gleiche Belastungsspiel wie die Generatoren bestellt worden und haben eine Dauerleistung im gewöhnlichen Sinne von über 3000 kVA. Sie sind

Digitized by Google

Mantelumspanner mit außenliegender Wasserkühlung für ein Übersetzungsverhältnis von 6 : 50 kV, entsprechend 467 : 56·2 oder 514 : 61·8 A bei cos $\varphi = 1$ bezw. 0·8. Die fahrbaren Ölkessel von 3142 mm Höhe haben sechs flache Tragrollen, zwei Ölablaßventile, zwei Thermometereinsätze, einen Wärmekontaktgeber für Gefahrfernmeldung, Probierhähne und zwei Ventile mit Handrad für den Anschluß der Ölleitungen von 125 mm Durchmesser, ferner drei Ölausdehnungsgefäße mit Sicherheitsventil, Ölstandsanzeiger und Schwimmer. Die oberspannungsseitigen Nullpunkte sind herausgeführt und dauernd (über etwa 6 Ohm Erdungswiderstand) geerdet. 16 vH der Eingangswindungen sind für die volle Spannung von 57 kV durch eine Minute zwischen Windung und Windung isoliert.

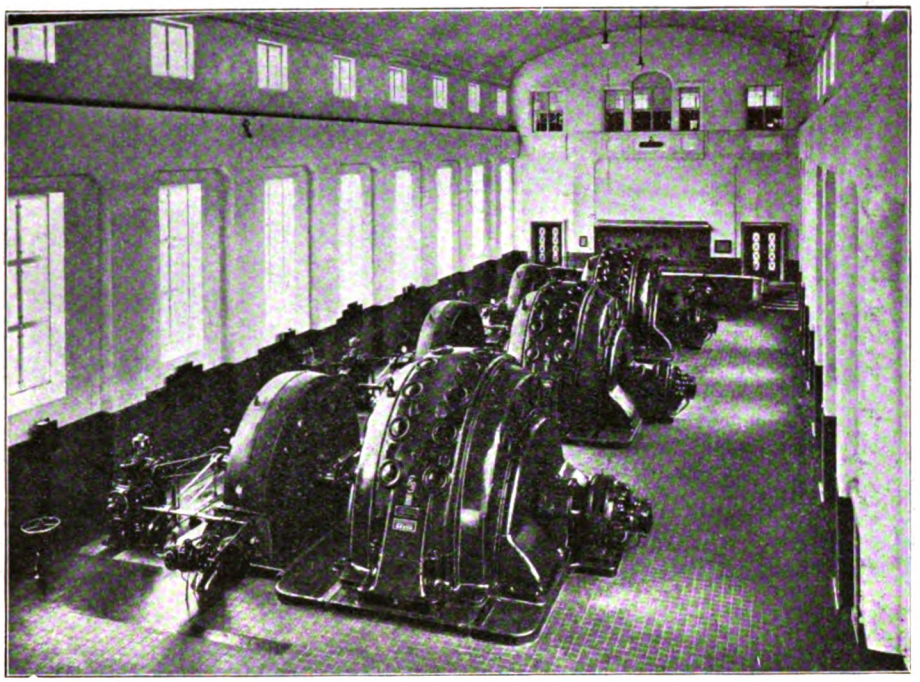


Abb. 47. Maschinensaal von der Erregerseite, hinten im 1. Stock der Befehlsraum.

Die gemessenen Wirkungsgrade (siehe Abb. 42) betragen bei 6600 V

kVA	750	1500	2250	3000	3750	5400
cos $\varphi = 1$ . .	97·3	98·3	98·5	98·5	98·5	98·2
cos $\varphi = 0{\cdot}8$ . .	96·7	97·9	98·1	98·2	98·1	97·7

und übertreffen, ebenso wie bei den Generatoren, reichlich alle gewährleisteten Werte.

Es ergeben sich dann für einen Hauptmaschinensatz samt Umspanner folgende gemessene Gesamtwirkungsgrade:

kVA an den Umspannerklemmen	750	1500	2250	3000	3750	5400
cos $\varphi = 1$	59·6	69·3	74·0	75·7	76·5	77·2
cos $\varphi = 0{\cdot}8$	57·0	66·3	70·9	73·6	77·9	75·7

Die Kurzschlußspannung beträgt 1250 V = = 2·5 vH beim Grundbelastungsstrom von 61·8 A. Die Isolationsprüfung geschah mit 110 bezw. 13·2 kV durch eine Minute. Die gemessene Erwärmung war sehr mäßig und betrug im obersten Teil des Ölkessels bei 13° Kühlwasserzuflußtemperatur 16° bei dauernder Grundlast und 17·5 bezw. 24·5° bei den anschließenden Überlasten. Die Grundlast erzeugt bei Abstellung der künstlichen Kühlung nach zwei Stunden nur 24° C Übertemperatur. Die Gewichte sind: bewickelter Kern 18·35, Kessel 5·9, Ölanschlußventil und Oberspannungsklemmen 0·25, Öl ohne Ausdehnungsgefäß 8·4, im ganzen 32·9 t; dazu 580 kg für das gekühlte Ausdehnungsgefäß. Die Spurweite ist 1125 mm. Der Transport geschah in entleertem Zustande.

Die Ölkühlung geschieht in je einer im Kellergeschoß in einem Betonbottich von 3·7 × 2 m² Grundfläche eingebetteten Kühlschlange von 2 t.

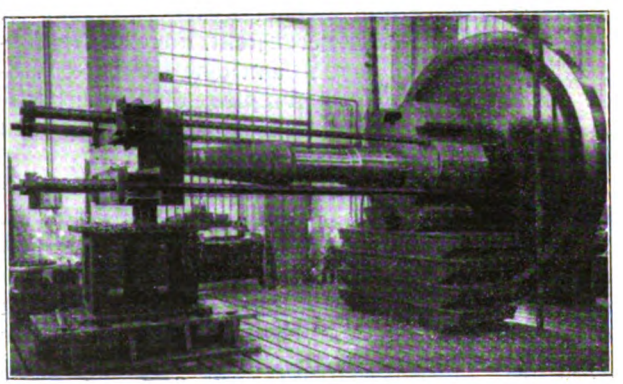


Abb. 48. Das Schwungrad eines Hauptgenerators wird in der Fabrik auf die Welle kalt aufgezogen.

Jeder Umspanner hat seinen Ölpumpensatz (siehe Abb. 49 rechts vorne), bestehend aus einem vierpoligen Gleichstromnebenschlußmotor für 9 PS mit Schaltkasten und Drehzahlregler und einer Kapselpumpe mit Windkessel und einem abschaltbaren Grobschmutzabscheider. Das Wasser wird normal aus dem Unterwassergraben mittelst zwei-

Digitized by Google

er elektrischer Kreiselpumpen in der Ecke des Steuerhauskellers (Abb. 34) angesaugt. Die zwei liegt eingebettet zwischen den beiden Niederspannungszylindern, dazwischen und gegen Erde sind

Abb. 49. Ölschalterbedienungsgang mit Umspannerölpumpen (vorne Kraftwerk, hinten Unterwerk).

8 PS-Pumpen für je 835 l/min können 15 m WS erzeugen. Das Wasser wird in zwei im Dachraum des Kanzleiflügels aufgestellte Behälter für je 39 m³ (83 vH des Stundenbedarfes) gedrückt und sinkt von hier herab zu den Maschinenlagern und den Umspannerkühlern mit einem Druck, der geringer als der Öldruck in den Umspannern ist. Als Reserve dient ein Schlauchanschluß an die Trinkwasserleitung von 6 at, insbesondere zur Sicherung der Kühlung der höher belasteten Unterwerksumspanner. Ein zweiter Reserveanschluß ist an das eine Druckrohr hergestellt. Für das Herausheben der Kühlschlangen dient eine tragbare Winde für 2 t mit Lastdruckbremse, die in entsprechende Schlitze der Erdgeschoßdecke über den Bottichen eingesetzt werden kann.

b) Unterwerksumspanner. Das Unterwerk Danöfen enthält 2 (später 4) Umspanner für 50/15 kV, die imstande sind, eine Grundlast von 2400 kVA dauernd und anschließend eine Überlast von entweder 6000 kVA (+ 150 vH) durch 10 Minuten oder 9600 kVA (+ 300 vH) durch eine Minute zu bewältigen, mit nachfolgender Verminderung auf die Grundlast durch mindestens eine Stunde. Thermisch maßgebend ist die erstgenannte Überlastung. Die Umspanner gleichen vollkommen den im Unterwerk Flirsch aufgestellten.

Die Umspanner sind von der Kerntype mit Röhrenwicklung und außenliegender Ölumlaufkühlung. Die Unterspannungsmitte ist herausgeführt (weil man ursprünglich daran dachte, im Fall der Notwendigkeit in Tunnelstrecken mit halber Fahrleitungsspannung zu fahren). Sie haben bikonzentrische Wicklung; die Oberspannungswicklung

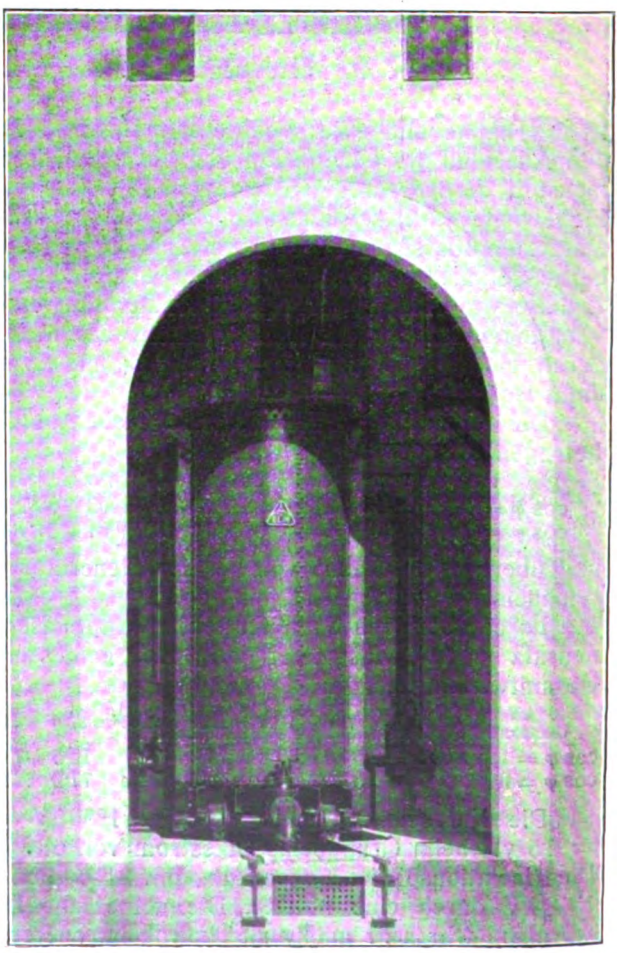


Abb. 50. Unterwerksumspanner in seiner Zelle.

Digitized by Google

Bakelitzylinder. Die oberspannungsseitigen Nullpunkte sind herausgeführt, aber derzeit nicht benützt. Die zentralen Spannbolzen sind aus Stahl. Besondere Sorgfalt ist auf vollkommene Kurzschlußfestigkeit gelegt. Der druck- und vakuumfeste Ölkessel ist fahrbar. Die Kurzschlußspannung ist 2500 V (4·76 vH der mittleren Spannung von 52·5 kV), der Leerlaufstrom bei mittlerer Spannung und Frequenz 4·2 A. Die Prüfspannung für die Oberspannungswicklung war 110 kV. Die Gewichte betragen: bewickelter Kern 14·9, Ölkasten 3·85, Öl 4·5, insgesamt 23·25 t.

Die künstliche Kühlung des Öles geschieht durch stehende Doppelkühler, System Dr. Zimmermann, mit Gegenstrom, mit zwei Kreiselpumpen für 7·5 PS und 600 U/min. Die Ölrohre beider Umspanner sind miteinander verbindbar. Abb. 50 zeigt einen Umspanner in seiner Zelle. Abb. 49 zeigt rechts hinten die Ölpumpensätze.

(Fortsetzung folgt.)

Rundschau.

Leitungen und Leitungsbau.

Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren und keramischen Werkstoffen für Spannungen über 1000 V. Dr. Ing. Weicker gibt eine Übersicht über die neue Fassung der Prüfbestimmungen von Hochspannungsisolatoren, die der Tagung des VDE i. J. 1928 zur Beschlußfassung vorgeschlagen werden soll. Während die bisherigen Bestimmungen sich hauptsächlich auf die genormten Stützisolatoren bis 35 kV bezogen, wobei die Prüfung derjenigen Eigenschaften, die von der Form abhängen (wie Überschlag) weniger berücksichtigt worden ist, gelten die neuen unterschiedslos für alle Isolatorenformen, also auch die Kettenisolatoren, und zwar je nach dem gewünschten Sicherheitsgrad. Bei der Prüfung der Überschlagsspannung wird besonderer Wert auf die Prüfung in der betriebsmäßigen Lage gelegt, und bei der Regenprüfung ein höherer Leitwert des Wassers verlangt. Die Durchschlagsspannung soll ganz allgemein das 1·3fache der Überschlagsspannung betragen, was für die Kettenisolatoren eine kleine Verschärfung bedeutet. Für diese war nämlich mit Rücksicht auf die Hewlettisolatoren nur vorgeschrieben, daß der Durchschlag erst nach dem Überschlag erfolgen dürfe. Erfreulich für den Übernahmsbeamten ist die Aufnahme einer zulässigen Streuung der Durchschlagswerte, da Verschiedenheiten in diesen Werten zu Auseinandersetzungen zwischen Erzeugern und Übernehmer führen konnten. Für die mechanische Prüfung ist der Begriff der Nenn- oder Grenzlast aufgenommen, worunter diejenige mechanische Belastung unter gleichzeitiger elektrischer Spannung verstanden ist, die ein Isolator dauernd, ohne Schaden zu nehmen aushalten muß. Sie ist, je nach dem Erzeugnis, von der Bruchlast verschieden. Die Vornahme der Stoßprüfung ist der freien Vereinbarung überlassen worden, da die Ansichten über ihren Wert noch nicht endgültig geklärt sind. Alles zusammen zeigen die neuen Vorschriften das deutliche Bestreben, möglichst allgemein gültig zu sein, so daß die Hoffnung besteht, einmal zu zwischenstaatlich gültigen Abnahmebedingungen zu gelangen. V. H.

(Mitt. der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H., Heft 35, 1927.)

Die deutsch-englischen Fernsprechleitungen. Von Ministerialrat K. Höpfner. Der Fernsprechverkehr zwischen Deutschland und England ist am 15. März 1926 in beschränktem Ausmaß eröffnet worden. Dank der Verlegung von zwei neuen Seekabeln an Stelle eines älteren Kabels zwischen Holland und England war es schon im Herbst 1926 möglich geworden, 12 Stromkreise für den Fernsprechverkehr zwischen Deutschland und England bereit zu stellen. Alle 12 Leitungen sind durchwegs in Kabeln geführt; zwischen Aldeburgh in England und Domburg in Holland übersetzen sie das Meer, erreichen bei Emmerich das deutsche Kabelnetz und verzweigen sich von Dortmund aus nach den deutschen Städten.[1]) Mit Ausnahme der englisch-holländischen Seekabel und der holländischen Teilstrecke Rotterdam—Domburg der beiden Leitungen nach Köln und Düsseldorf, die in Zweidrahtschaltung betrieben werden, sind sämtliche Leitungen als Vierdrahtleitungen geschaltet. Zur Verringerung der Einschwingvorgänge hat man namentlich für den Durchgangsverkehr so weit als tunlich schwach pupinisierte Leitungen verwendet; doch ließ sich dies nicht überall durchführen. Der Ersatz der starken Pupinisierung durch schwache ist auch mit Rücksicht auf die Verbreiterung des übertragenen Frequenzbandes über 2000 Hertz hinaus für die Sprachverständlichkeit von Vorteil. Die Echowirkungen sind durch Echosperren unterdrückt. Die starke Dämpfung der zwischen Holland und England verlegten Krarup-Seekabel machte eine erhebliche Verstärkung in beiden Sprechrichtungen notwendig, wobei infolge der größeren Dämpfung der hohen Frequenzen deren Verstärkung gegenüber jener der niedrigeren Frequenzen zum Ausgleich der Verzerrungen wesentlich erhöht werden mußte. Die 12 Leitungen vermitteln bereits einen ziemlich regen Durchgangsverkehr. Es wurde auch schon mit Erfolg versucht, London auf diesem Wege mit Stockholm, Wien und Kopenhagen zu verbinden. Auf Grund dieser Versuche soll in absehbarer Zeit auch ein beschränkter Fernsprechverkehr von London mit den drei letztgenannten Orten eingerichtet werden. Dr. Ste.

(Europäischer Fernsprechdienst, Heft 4, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 32, S. 661.

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Elektrische Akkumulatorenlokomotive mit benzinelektrischer Hilfsmaschine. Die Chicago & Northern Eisenbahnges. hat eine zirka 100 t schwere Verschiebelokomotive in Dienst gestellt, die Züge bis 1500 t Gewicht mit einer Geschwindigkeit von 16 km/h schleppen kann. Die Lokomotive besitzt vier Achsen (2 Drehgestelle), die je von einem Trammotor angetrieben werden. Die Motoren können 1000 PS als Höchstleistung abgeben. Die Stromlieferung erfolgt durch eine Akkumulatorenbatterie, zu welcher ein benzin-elektrisches Aggregat parallel geschaltet ist. Wenn die Benzindynamo imstande ist, mehr Strom zu liefern, als gerade benötigt wird, so ladet sie mit der Überschußenergie die Batterie. Die Batterie kann auch von einer ortsfesten Ladestation geladen werden, doch ist eben durch das benzinelektrische Aggregat auf der Lokomotive die Möglichkeit geschaffen, daß die Lokomotive mehrere Tage hindurch nicht die Ladeanlagen aufsuchen muß.

B. G.

(Verkehrstechnik 1927, Nr. 25.)

Die elektrische Briefpost-Untergrundbahn zwischen dem Hauptbahnhof und dem zentralen Postamt München. H. Knorr beschreibt diese im Jahre 1911 errichtete eigenartige Anlage zur Beförderung der Briefpost zwischen den genannten Stellen, welche 360 m auseinander liegen und durch eine belebte Straße getrennt sind, welche eine Beförderung auf der Straße unmöglich macht. Ein zweigleisiger Tunnel von 2·34 m Breite, 1·18 m Höhe über den beiden Fahrbahn und mit einer 0·6 m tiefen und 0·5 m breiten Rinne schen diesen, die als Begehungssteig dient, wurde bis zu 6·8 m unter der

Digitized by Google

Straßenoberfläche und damit bis tief unter den Grundwasserspiegel geführt. Von dieser tiefsten Stelle steigt das Gleis von 450 m Spurweite beiderseits mit einer größten Steigung von 41 vT an. Die Bahn wird mit Drehstrom 150 V, 50 Per/s, betrieben und hat zwei Fahrdrähte von 100 mm² Kupfer an Deckenaufhängungen und die Schienen als Rückleitung. Die gleichen Phasen beider Gleise sind jeweils miteinander verbunden. Auf jedem Gleis pendelt ein Zug bestehend aus einer Lokomotive von 900 kg Gewicht, die in der Mitte von vier einrädrigen Karren gekuppelt ist, welche je 150 kg wiegen und 100 kg Ladung fassen. Die zweiachsige Lokomotive hat zwei durch Kuppelstangen verbundene Achsen, von denen eine durch einen 3 PS Kurzschlußankermotor in Tramaufhängung angetrieben wird. Die Fahrtrichtung wird an einem Umschalter gestellt, der in der Mittellage den Motor ausschaltet. Die Bremsung erfolgt durch Federkraft, das Lösen der Bremse durch Druckluft, die einem bei Betriebsbeginn aus einer stationären Anlage gefüllten Behälter entnommen wird. Während der Fahrt wird durch einen mechanisch angetriebenen Kompressor Luft nachgepumpt. Im Postamt sind zwei Stationen eingerichtet. Die Fahrdrähte aller Stationen sind durch Streckentrenner stromlos gehalten. Soll ein Zug abfahren, so wird sein Fahrtrichtungshebel gestellt und die Stationsfahrleitung von Hand eingeschaltet, so daß sich der Zug in Bewegung setzt. Hat er den Ausfahrts-Streckentrenner überfahren, so kann der Streckenschalter wieder ausgelassen werden und macht die Station wieder spannungslos. Sobald der Motor Strom bekommt, öffnet ein elektrisch gesteuertes Ventil die Verbindung zwischen Luftbehälter und dem Bremsfederzylinder. Die durch die Druckluft zusammengepreßte Feder löst die Bremse. Fährt der Zug in die stromlose Station ein, wird das Ventil stromlos, der Bremszylinder entleert sich ins Freie und die Feder zieht die Bremse an. Der Streckentrenner ist so angeordnet, daß der Zug an der richtigen Stelle stehen bleibt. Soll ein Zug die mittlere Station durchfahren, so kann die den Zug abfertigende Stelle deren Fahrleitung mittels Schützen unter Spannung halten, was durch ein besonderes Lichtsignal dort kenntlich gemacht wird. Diese nach Angabe von Ministerialdirektor Dr. Gleichmann von den SSW und der Lokomotivfabrik Krauß & Co., München, gebaute Bahn befördert im Tag durchschnittlich 87 t Postgut, wobei rund 105 km zurückgelegt werden. Die Spitzenleistungen sind um 35 vH höher. Der Zugsabstand auf einem Gleis beträgt durchschnittlich 6 min und soll durch selbsttätige Wagenentladevorrichtungen und Förderroste für die Briefsäcke künftighin noch vermindert werden. Wl.

(Elektrische Bahnen, 3. Jahrg., Heft 7, 1927.)

Elektrische Apparate.

Anwendung der Röntgenstrahlen in der Schweißtechnik. Dipl. Ing. C. Kantner und Dipl. Ing. A. Herr berichten über Untersuchungen an Schweißstücken, die in der schweißtechnischen Versuchsanstalt zu Wittenberge vorgenommen wurden. Die Güte der Schweißarbeit hängt in höherem Maße als irgend eine andere von einer Reihe schwer kontrollierbarer Einflüsse und Nebenumstände ab, wozu nicht zuletzt die Geschicklichkeit und Sorgfalt des Arbeiters zu zählen sind. Physikalische, chemische und metallographische Untersuchungen geben zwar die gewünschten Aufschlüsse doch oft nur bei Zerstörung oder mindestens Schwächung des Werkstückes, so daß sie in der Mehrzahl der praktischen Fälle und besonders dann, wenn von der Güte der Schweißung viel abhängt, versagen. Die in den letzten Jahren ausgebildeten Prüfungsmethoden unter Anwendung von Röntgenstrahlen zeigen diesen Nachteil nicht und erscheinen dadurch geeignet, künftig einen wichtigen Platz unter den Methoden der Werkstoffuntersuchung einzunehmen. Die Untersuchung mit Röntgenstrahlen kann nach dreierlei Richtung erfolgen, als Kristallstrukturuntersuchung, als chemische Analyse (Röntgenspektroskopie) und als Werkstoffdurchleuchtung. Praktisch sind die erste und insbesondere die letztgenannte von Bedeutung. Der Untersuchung der Schweißstellen mußte ein Studium des Aussehens ungeschweißter Werkstoffe bei Röntgendurchleuchtung vorangehen. Hiebei erscheinen verschiedene Metalle in gleicher Dicke mit steigendem Atomgewicht in der Aufnahme dunkler, die Reihenfolge zunehmender Schwärzung (im Positivbild) ist also Gußeisen, Stahl, Messing, Kupfer, Unregelmäßigkeiten der Struktur werden in Körpern bis zu 40 mm Dicke, Hohlräume auch in bedeutend größeren Querschnitten festgestellt. Es ist infolgedessen auch möglich, die Dichtigkeit und Gleichmäßigkeit einer Schweißnaht zu beurteilen. Mangelhafte Stellen sind als lichte Flecken leicht kenntlich, die Form derselben gestattet, in einem Teil der Fälle die Ursache des Fehlers unmittelbar zu erkennen. Als Röntgenanlage für derartige Untersuchungen ist eine leistungsfähige Einrichtung unerläßlich. Zur Erlangung der nötigen Durchdringungsfähigkeit muß mit hohen Spannungen bis 200 oder 250 kV und langen Belichtungszeiten bis zu 5 Stunden gearbeitet werden können, was auch an die Röhren hohe Anforderungen stellt und große Stromstärken zur Zeitersparnis bei den Untersuchungen außerordentlich wünschenswert macht, da die Belichtungszeit der Stromstärke etwa umgekehrt proportional ist; 30 mA sind daher für viele Zwecke notwendig und für kurzzeitige Aufnahmen wird auch wesentlich mehr angewendet. Wichtig ist auch der Schutz des Personals vor der Einwirkung der Strahlen bei den langdauernden Untersuchungen, der hinsichtlich der sogenannten Dauerschädigung vor dieselbe, im wesentlichen noch ungelöste Aufgabe stellt wie bei den medizinischen Anwendungen. Gn.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 17, 1927.)

Fernanzeigen von Flüssigkeitshöhen mit induktivem Geber. Dr. Ing. P. M. Flier. Die Veränderung des Scheinwiderstandes eines Solenoides durch Verschieben seines Kernes wird bekanntlich zum Fernanzeigen von Niveauänderungen, sowie für Ferndruckmessungen, Fernwägungen und ähnliches, wofern nur die Meßgrößen in Bewegungsänderungen übersetzt werden, verwendet. Innerhalb gewisser Grenzstellungen ist nämlich der Solenoidwiderstand linear proportional der Kernstellung. Um nun einerseits gleichmäßige Meßskalen, andererseits aber auch Unabhängigkeit von der Spannung und Frequenz der speisenden Stromquelle zu erzielen, verwendet man zwei in gewissem Abstand voneinander

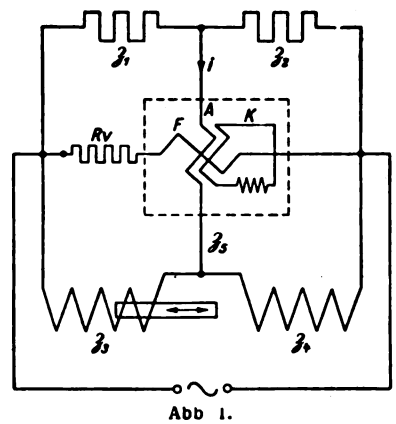


Abb 1.

koaxial angeordnete Spulen Z_3, Z_4 mit gemeinsamem beweglichen Kern (Abb. 1). Das Verhältnis der Widerstände der beiden Spulen wird mittels einer Brücke gemessen (konstante Widerstände Z_1, Z_2), deren Ausgleichstrom i innerhalb eines bestimmten Bereiches (etwa ± 60 mm) verhältnisgleich der Kernstellung ist und in einem elektrodynamischen Doppelinstrument mit elektro-

Digitized by Google

magnetischer Richtwirkung[1]) zum Anzeigen gebracht wird. Steht der Eisenkern in der Mitte, so ist die Brücke im Gleichgewicht, bei Verschiebung des Konus ändert sich der Scheinwiderstannd des betreffenden Brückenzweiges und es fließt Strom über das Ablenkungsrähmchen *A*, dessen Größe eine Funktion der Kernstellung ist. *F* ist die Feldwicklung des Instrumentes, das über den Widerstand R_v am Netz liegt. Statt der bei gewöhnlichen Instrumenten zur Einstellung verwendeten Federn besitzt das genannte Instrument, wie es auch die Abb. 1 zeigt, zur Erzielung des Bremsdrehmomentes eine Kurzschlußwicklung *K*, so daß geringe Spannungs- und Frequenzschwankungen ohne Einfluß bleiben, da das Einstellmoment ja in gleichem Sinne von diesen abhängig ist. Dem elektrodynamischen Charakter wiederum ist die gleichmäßige Skalenteilung zu danken. —hw—

(Siemens-Zeitschrift, 7. Jahrg., Heft 7, 1927.)

Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Neuzeitliche Entwicklung des Elektroofens im Eisenhüttenbetrieb unter besonderer Berücksichtigung des Lichtbogen-Hochleistungsofens. Von R. Groß. Die Anwendungsmöglichkeit des Elektroofens ist nur durch wirtschaftliche Gesichtspunkte beschränkt, die einerseits billigen Strom und andererseits möglichst geringen Stromverbrauch im Elektroofen erheischen. Für letztere Forderung dient die Maßnahme des Arbeitens mit verschiedener Energiedichte. Während der Schmelzperiode wird mit höherer Energiedichte gearbeitet als während des Raffiniervorganges, was durch Umschalten der Ofentransformatoren von Dreieck auf Stern erreicht wird. Das Arbeiten mit hoher Energiedichte verlangt gute Abdichtung des Ofenraumes, insbesondere der Elektrodeneintrittsstellen. Bei richtiger Abdichtung erzielt man eine Energieersparnis von 20 bis 30 vH gegenüber nicht abgedichteten Ofen und eine Verminderung des Elektrodenabbrandes um rund 20 vH. Ein von Siemens & Halske gebauter Ofen von 8 t Fassungsraum für die Herstellung von hochwertigem Konstruktions- und Werkzeugstahl, der für eine Transformatorenleistung von 3000 bezw. 1700 kVA und eine Ofenspannung von 175 V bezw. 101 V eingerückt ist (je nachdem mit hoher Energiedichte während der Schmelzzeit oder mit niedriger während des Feinens und Legierens gefahren wird) verarbeitet bei festem Einsatz vier Chargen in 24 Stunden bei einem Kraftverbrauch von 580 bis 630 kWh für 1 t fertigen Stahles, und bei flüssigem Einsatz (vorgefrischt) 8 bis 10 Chargen in 24 Stunden bei einem Kraftverbrauch von 180 bis 220 kWh für 1 t fertigen Stahles. Um die bei schlechter Regelung das 2·7 bis 3fache der Nennleistung erreichenden, unvermeidlichen Stromstöße auf ein erträgliches Maß herabzudrücken, werden Drosselspulen in die Zuleitungen eingebaut, die zusammen mit einer guten Elektrodenregelung es ermöglichen, das Höchstmaß der Stromschwankungen auf das 1·6fache der normalen Stromstärke zu beschränken und bei festem Einsatz eine Empfindlichkeit der Regelung auf ± 25 vH, bei flüssigem Einsatz auf 10 vH zu erreichen. L.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 31, 1927.)

Baustoffe.

Thermisilid. Die chemische Industrie braucht vielfach Maschinen, Gefäße und Geräteteile, die selbst bei höherer Temperatur möglichst wenig von Säuren und anderen scharfen Stoffen angegriffen werden, die aber andrerseits auch oft erheblichen Drücken standhalten müssen. Je nach dem gewünschten Hauptzweck verwendet man hiezu Blei, Aluminium, keramische Erzeugnisse, Halb- oder Ganzedelmetalle, wie Nickel, säurefeste Bronce oder Platin. Jedem der einzelnen dieser Stoffe haften aber bestimmte Nachteile an, die ihn für eine allzeitige Verwendbarkeit ungeeignet erscheinen läßt: sie sind entweder zu teuer, oder ungeeignet für hohe Erwärmung oder nicht genügend säure- und laugenfest. Ein Stoff, der allen Forderungen in außerordentlich hohem Maße entspricht, ist die von der Firma Krupp herausgebrachte Eisensiliziumlegierung „Thermisilid" und „Thermisilid Extra" („E"). Letzteres hat bei größerem Siliziumgehalt höhere Säurebeständigkeit, größere Härte und Sprödigkeit, die aber durch ein besonderes Herstellungsverfahren noch vermindert werden kann. Aus diesen Stoffen können Gußstücke für Maschinen und Geräte mit verwickelten Formen, wie Pumpenschieber, Ventile, Rohrleitungen in den verschiedensten Größen verfertigt werden. Sie werden sich insbesonders dort einbürgern, wo scharfe Flüssigkeiten unter Druck oder hoher Temperatur gefördert werden müssen. V. H.

(Kruppsche Monatshefte, Bd. 8, Juni/Juli 1927.)

Über das magnetische Verhalten von Stahl bei Torsion berichtet R. Cazaud. Bei der Untersuchung wird eine Torsionsmaschine von Amsler von 6 kgm mit Handantrieb verwendet. Der Probekörper hat die Form eines Zylinders von 250 mm Länge und 7 mm Durchmesser, der drei Spulen trägt: eine primäre von 750 Windungen, gespeist von einer Akkumulatorenbatterie, erzeugt ein magnetisches Feld, eine Sekundärwicklung ist an ein Galvanometer, eine zweite an ein Fluxmeter, System Grassot, angeschlossen. Die Ablesungen beider Instrumente erfolgen photographisch auf einer rotierenden Trommel. Man konstatiert bei jeder Änderung der Torsion eine Veränderung des magnetischen Flusses und einen hiedurch induzierten Strom. Der vom Galvanometer gemessene, induzierte Strom ist proportional $\frac{d\Phi}{dt}$, der Ausschlag des Fluxmeters entspricht der Größe $\frac{d\Phi}{R}$, der Elektrizitätsmenge im Kreise vom Gesamtwiderstand *R* einschließlich des großen Eigenwiderstandes des Fluxmeters. Die theoretische Erklärung fußt auf Webers Theorie der Elementarmagnete, wodurch jede mechanische Beanspruchung auf die innere Reibung einwirkt und dadurch den magnetischen Zustand verändert. Die Erscheinungen werden zunächst in Abhängigkeit von der primären Feldstärke untersucht. Bei einem starken Feld ($H = 200$ Gauss) bewirkt die Torsionsspannung eine Entmagnetisierung; der Ausschlag des Galvanometers zeigt abnehmende induzierte Spannung an. Ist andererseits kein äußeres Feld vorhanden, die Primärspule unterbrochen und lediglich der Erdmagnetismus und eventueller remanenter Magnetismus der Einspannung der Maschine vorhanden, so nimmt der Stab bei Torsion positive Magnetisierung $\left(\frac{d\Phi}{dt} > 0\right)$ an und erreicht einen Sättigungszustand. Läßt man den Strom auf weichen Stahl kräftig magnetisieren, unterbricht ihn und beansprucht auf Torsion, so zerstört die Torsion den remanenten Magnetismus; bei wiederholter Torsion erzeugt nur die erste einen starken Ausschlag des Galvanometers, die folgenden sind ohne Wirkung. Für ein Feld mittlerer Stärke ist der Ausschlag zuerst positiv, dann negativ; der Stab magnetisiert sich durch Torsion, dann entmagnetisiert er sich und nimmt eine der ursprünglichen entgegengesetzte Magnetisierung an. Es ist das die zuerst von Villari bei Zug beobachtete Erscheinung der Umkehrung des Flusses. Bei hoher Feldstärke verschwindet diese Erscheinung. Zur genauen Analyse wurden jeweils drei Kurven gleichzeitig aufgenommen: das Torsionsmoment, der Fluß Φ und seine Variation $\frac{d\Phi}{dt}$. Dabei wurde die Torsion während der Dauer des Versuches gleichförmig variiert. Alle drei Größen werden so als Funktion der Zeit erhalten. Von Interesse ist das Verhalten von Kohlenstoffstahl verschiedener Zusammensetzung. Es wurden geglühte Stäbe von 0·3, 0·5, 0·8 und 1·1 vH C Gehalt untersucht. Weiters hartgezogene und gehärtete Proben. Jede dieser Proben zeigt ein charakteristisches Verhalten, welches dazu dienen kann, Stähle verschiedener chemischer Zusammensetzung durch eine magnetische Prüfung voneinander zu unterscheiden. Zum Beispiel verhalten sich gewöhnlicher Stahl (gehärtet) und ein Nickel-

[1]) Vgl. Kafka, E. u. M. 1924, S. 1 ff.

Digitized by Google

Chrom-Spezialstahl, gehärtet und nachgelassen, mechanisch gleich. Während aber für den ersteren der durch Torsion variierte magnetische Flux positiv ist, ist er für den zweiten negativ. Verfasser ist der Meinung, daß sich darauf ein Torsionsmesser zur Messung des von einer Welle übertragenen Drehmomentes begründen ließe. Co.

(Revue Générale de l'Electricité, Bd. 21, Nr. 23, 1927.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Die Aufladung von Nichtleitern durch hochgespannte Leiter behandelt Andreas Gyemant im Anschlusse an die Arbeit „Der dielektrische Effekt hochgespannter Felder"[1]), die sich auf die von einem geladenen Leiter auf eine ihn zum Teile umgebende dielektrische Flüssigkeit (Öl) ausgeübte Anziehung bezog. Dieser Effekt ließ sich nur bei Wechselspannung messen; bei Gleichspannung verschwand er rasch infolge Aufladung der Flüssigkeit. Diese Aufladung ließ sich nachweisen, wenn man den geladenen Leiter aus der Flüssigkeit entfernte. Befand sich die Flüssigkeit in einem gut isolierenden Gefäße, so machte die Windwirkung einer der Flüssigkeitsoberfläche genäherten geerdeten Spitze die zurückgebliebene Ladung ersichtlich. Ein in der Flüssigkeit der Gefäßwand anliegender Metallring lädt sich auf. In ein mit einem solchen Ringe versehenes Gefäß von 6·5 cm innerem Durchmesser wurde eine auf 15 kV = 50ESE aufgeladene Kugel von 1 cm Durchmesser eingetaucht. Nach Entfernung der Kugel wurde der Ring alle 2 min entladen, bis er alle Ladung abgegeben hatte. Die Gesamtladung betrug $4 \cdot 10^{-7}$ Coulomb = 1200 ESE; die scheinbare Kapazität also 24 cm. Betrachtet man selbst die ganze Flüssigkeitsmenge als Leiter, so würde die Kapazität nach der Schätzung des Verfassers nur etwa 3 cm betragen haben. Er sieht daher die dünne Gasschicht zwischen Metall und Dielektrikum als Quelle der Aufladung an. Die durch Ionisation dieser Gasschicht entstehenden gleichnamigen Ionen — die ungleichnamigen gehen sofort an den Leiter — stellen eine bewegliche Fortsetzung der Metallelektrode dar, werden in das Dielektrikum getrieben und verkleinern so den Abstand der wirksamen Kondensatorbelegungen. Der Verfasser führt eine theoretische Berechnung für den ebenen Plattenkondensator unter Vernachlässigung der Ionisierung im Innern der Flüssigkeit und der Diffusion durch. Ist x der Abstand einer ebenen Parallelschicht von der positiven Platte, so ist die Feldstärke an jeder Stelle, wenn J und J' die positiven und negativen Ladungen je Flächeneinheit zwischen der Schicht x und der positiven Platte sind,

$$(4\pi/\varepsilon) \cdot (J - J')$$

(ε = Dielektrizitätskonstante). Die positiven und negativen Raumladungen sind dJ/dx und dJ'/dx: der Strom der positiven Ionen sei i, jener der negativen i'; die Ionenbeweglichkeiten seien σ und σ'. Dann ist mit $\lambda = \varepsilon i/4\pi\sigma$ und $\lambda' = \varepsilon i'/4\pi\sigma'$:

$$(J - J') \cdot (dJ/dx) = \lambda; \quad (J - J') \cdot (dJ'/dx) = \lambda' \quad . (\cdot)$$

und hieraus mit $\nu = i'\sigma/i\sigma'$:

$$J' = \nu (J - J_0); \quad J - J' = J_0 \sqrt{1 + 2(1-\nu)\lambda x/J_0^2} \quad . (2).$$

An den Grenzen $x = 0$ und $x = \vartheta$ bestehen bestimmte Beziehungen zwischen der Konzentration der gleichnamigen Ionen und der Feldstärke; als erste Annäherung kann man zunächst Proportionalität annehmen und erhält so die Gleichungen

$$(dJ/dx)_0 = \alpha (J - J')_0; \quad (dJ'/dx)_\vartheta = \beta (J - J')_\vartheta \quad (3).$$

In Wirklichkeit dürfte jedoch eher eine exponentielle Beziehung bestehen. An der positiven Belegung sei nun $J' = 0$, dann ist aus (1) und (3) $\alpha J_0^2 = \lambda$ und analog mit $dJ'/dx = \nu\alpha J_0/\sqrt{1 + 2(1-\nu)\lambda x/J_0^2}$ aus (1) und (3), wenn man $\lambda = \alpha J_0^2$ einsetzt,

$$\nu = \beta (1 + 2\alpha\vartheta)/\alpha (1 + 2\beta\vartheta); \quad i_g = (4\pi/\varepsilon)(\sigma + \nu\sigma')\alpha J_0^2;$$

$$J_0 = 2\varepsilon\alpha(1-\nu) \cdot V/4\pi \left(\sqrt{1 + 2\alpha(1-\nu)\vartheta^2} - 1\right)$$

(V = Gesamtspannung zwischen den beiden Platten). Überwiegt das Eindringen der positiven Ionen ($\alpha > \beta$), so ist $\nu < 1$ und die Konzentrationen dJ/dx sowie dJ'/dx nehmen mit wachsendem x ab. Für große ϑ oder auch für $\alpha = \beta$ ist $\nu = 1$, das heißt es treten keine Raumladungen auf. Durch die Ausbildung von Raumladungen erscheint die Kapazität im Verhältnisse

$$3\alpha\vartheta(1-\nu)\sqrt{1 + 2\alpha\vartheta(1-\nu)}/\left(\sqrt{1 + 2\alpha\vartheta^3(1-\nu)} - 1\right)$$

erhöht. Nach den obigen Gleichungen ist J_0 proportional V und der Gesamtstrom i_g proportional J_0^2 also auch proportional V^2. (Der Verfasser vernachlässigt stillschweigend die Möglichkeit einer Wiedervereinigung der sich von beiden Belegungen aus gegeneinander bewegenden positiven und negativen Ionen. Berücksichtigt man auch diese Möglichkeit, so ergeben sich sowohl für $\alpha = \beta$, als auch für große ϑ an beiden Belegungen zu deren Ladungen gleichnamige Raumladungen, die sich an einem in der Mittelebene geteilten festen Dielektrikum unmittelbar nachweisen lassen. Siehe R. Hiecke, „Stromdurchgang durch feste Isolatoren"; E. u. M. 1926, S. 537 und 788. D. Ber.) Der Verfasser führt die Rechnung auch an einem konzentrischen Zylinderkondensator (Kabel) durch und findet, daß die Raumladung in diesem Falle zu einer mehr minder beträchtlichen Erniedrigung der Feldstärke am Innenleiter führt. Für $\alpha(1-\nu) = 1/r_0$ (r_0 = Radius des Innenleiters) wird die Feldstärke im ganzen Dielektrikum konstant. Bezüglich des Durchschlages wurde die Theorie von Townsend, der die Ionisierung in der ganzen Funkenstrecke hiefür als maßgebend ansieht, schon von Rogowski bei Stoßspannungen in einer Gasstrecke als unzulänglich erwiesen. In Flüssigkeiten wurde von J. Sorge eine beträchtliche Abhängigkeit der Durchschlagsspannung vom Elektrodenmaterial festgestellt. Der Verfasser bemerkte ferner auch in bestgereinigten Flüssigkeiten eine weitere Erhöhung der Durchschlagsspannung bei gründlicher Entgasung der Elektroden. Ebenso zeigte sich der geringe Einfluß des Ionenstromes an Lösungen von Pikrinsäure in Benzol. Während sich die Leitfähigkeiten von reinem Benzol und Pikrinsäurelösung von der Konzentration 10^{-3} wie 1 : 10 verhielten, nahm die Durchschlagsfestigkeit infolge des Pikrinsäuregehaltes nur um 20 vH ab. Es wird daher sowohl die Ausbildung von Raumladungen, die vom Elektrodenmetall, dem Gasgehalte der Elektroden und des Dielektrikums, der Feuchtigkeit und dem Luftdrucke abhängen, als auch das Durchtreiben der geladenen Schicht durch die Flüssigkeit, das von ihren thermischen und mechanischen Eigenschaften beeinflußt wird, beim Durchschlage mitwirken. Die Durchschlagsfestigkeit von Kabeltränkmassen wächst zum Beispiel unter sonst gleichen Umständen mit der Viskosität. Isolierpapier ist umso durchschlagsfester, je weniger gasdurchlässig es ist. Quantitative Prüfungen dieser Anschauungen stehen allerdings noch aus.

R. H.

(Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. V, Heft 3, S. 87; 1927.)

[1]) Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. V, Heft 2, S. 55; 1926.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	14. XI. 1927	17. XI. 1927	18. XI. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	128½	130	130

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	91—97	91—97	92—97

Digitized by Google

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 18. November 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	64	0	0	64	10	0
Wire bars	64	10	0	—	—	
Standard Kassa	59	16	3	59	17	6
Standard 3 Monate	59	17	6	59	18	9
Zinn:						
Engl. ingots	262	0	0	263	0	0
Standard Kassa	264	0	0	264	5	0
Standard 3 Monate	259	5	0	259	10	0
Blei:						
Engl. pig common	22	5	0	—	—	-

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Zink:						
Ordinary brands	26	10	0	26	5	0
Remelted	26	0	0	—	—	—
English Swansea	27	0	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 14, Pf. 13 15 sh 9d p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, giltig ab 16. November 1927.)
(Grundpreise in S per 100 kg)

Halbharte und harte Kupferdrähte	309
Weiche Kupferdrähte	311
Kupferstangen	311

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

DONNERSTAG, den 1. Dezember d. J., um halb 7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Hofrat Prof. Ing. Carl Hochenegg (Wien) über: **„Die Schnellbahn Hütteldorf-Hacking—Heiligenstadt—Leopoldau."** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Beschreibung der Strecke und der Betriebsmittel; Wahl und Begründung der Stromart und Stromzuführung; voraussichtliche Verkehrsvorteile und deren Einfluß auf die Stadtentwicklung; Mitteilung der an das Bundesministerium für Verkehr und an die Gemeinde Wien-städtische Straßenbahnen erstatteten Vorschläge bezüglich Durchführung des geplanten Unternehmens.

Öst. Verein deutscher Ingenieure (ÖVDI). Montag, den 5. Dezember 1927, 3/4 6 Uhr: Vortrag des Herrn Dr. Ing. A. Herzfeld, Wien, **„Die Wärmeverluste durch das Kühlwasser und der Wirkungsgrad schnellaufender Motoren"** (mit Lichtbildern). Der Vortrag findet im Öst. Museum für Kunst und Industrie, WienI., Wollzeile 41, statt. — Die Mitglieder des El.-V. sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Normblattentwürfe von Rundfunkgeräten.

Einspruchsfrist: 31. XII. 1927.

Im Nachfolgenden gelangen folgende Normblattentwürfe von Rundfunkgeräten zur Veröffentlichung:

Prot. Nr. 294/2 ÖNORM E 9500 Röhrensockel und Buchse. Einfachstecker und Buchse.

Prot. Nr. 391/1 ÖNORM E 9505 Steckspulen.

Prot. Nr. 392/1 ÖNORM E 9510 Drehkondensatoren. Potentiometer, Heizdrehwiderstände. Niederfrequenztransformatoren.

Prot. Nr. 393/1 ÖNORM E 9515 Hochohmige Widerstände.

Prot. Nr. 394/1 ÖNORM E 9520 Drehknöpfe ohne Skalen.

Prot. Nr. 395/1 ÖNORM E 9521 Drehknöpfe mit Skalen.

Zu den Entwürfen ist zu bemerken:

ÖNORM E 9500 Röhrensockel und Buchse. Einfachstecker und Buchse.

In diesem Normblattentwurf werden die Längen und Durchmesser der Stifte bei den Röhren und Steckern sowie die Bohrungen der zugehörigen Buchse festgelegt.

Auf Grund der im Heft 12 der E. u. M. 1925 erfolgten Veröffentlichung langten verschiedene Abänderungsvorschläge ein, welche eine nochmalige Umarbeitung dieses Normblattentwurfes bedingten.

ÖNORM E 9505 Steckspulen.

Der Entwurf enthält Angaben über bevorzugte Windungszahlen, einheitlichen Wickelsinn und über die Anordnung bei der Prüfung auf richtigen Wickelsinn. Durch Umstecken der Spule wird die Richtung des elektrischen Feldes nicht geändert.

ÖNORM E 9510 Drehkondensatoren. Potentiometer, Heiz-Drehwiderstände. Niederfrequenztransformatoren.

Bei den Drehkondensatoren, Potentiometern und Heiz-Drehwiderständen werden nur die Achsstümpfe genormt, während die Befestigungsart des Gerätes dem Konstrukteur überlassen wird.

Der Unterschied in der Länge der Achsstummeln wurde mit Rücksicht darauf getroffen, daß für diese beiden Schaltgeräte verschiedenartige Knöpfe in Frage kommen, und zwar wird man die Heiz-Drehwiderstände und Potentiometer mit kleinen Skalenscheiben oder sogar mit Drehknöpfen ohne Skalen versehen, während für Drehkondensatoren mit Rücksicht auf bequeme scharfe Einstellung möglichst große Skalenscheiben verwendet werden.

ÖNORM E 9515 Hochohmige Widerstände.

Genormt werden nur die Abmessungen und die einheitliche Bezeichnung des Widerstandes in Megohm.

ÖNORM E 9520 Drehknöpfe ohne Skalen.

Die Normung wird nur auf die Anschlußmaße beschränkt und die Formgebung selbst dem persönlichen Geschmacke überlassen.

ÖNORM E 9521 Drehknöpfe mit Skalen.

Auch hier werden nur die Anschlußmaße genormt und im Interesse einer leichten und genauen Einstellungsmöglichkeit ein ziemlich großer Knopfdurchmesser zum Anbringen der Skala gewählt. Das Blatt enthält drei Beispiele für die Skalenteilung. Die mittlere, am meisten verwendete Skala kommt vor allem für die Drehkondensatoren in Betracht, während die linksstehende für Koppler und die rechtsabgebildete für Heizwiderstände zweckmäßig ist.

Einsprüche und Abänderungsvorschläge wollen bis spätestens **31. Dezember d. J.** dem Vereinssekretariate (Wien VI., Theobaldgasse 12) übermittelt werden.

Wien, am 1. Dezember 1927.

Der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

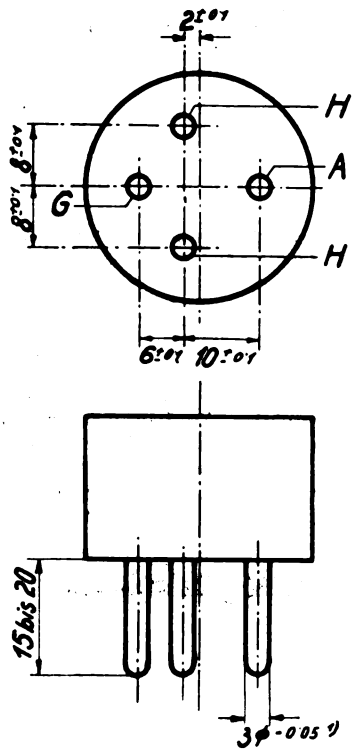
Im Auftrage der Vereinsleitung:

Digitized by Google

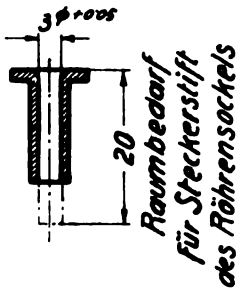
ÖNIG GES. GESCH.	**Rundfunkgeräte** *Röhrensockel und Buchse. Einfachstecker und Buchse*	ÖNORM Entwurf 2 E 9500

Maße in mm

Röhrensockel

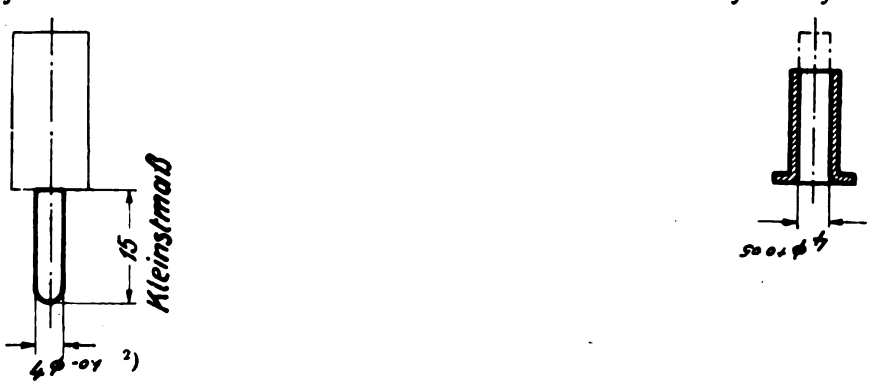


Buchse für Röhrensockel



Einfachstecker

Buchse für Einfachstecker



[1]) *Schlitzen oder sonstige Federung der Stifte nicht vorgeschrieben; Abmaß gilt für den nicht geschlitzten Stift.*

[2]) *Ausführung des Stiftes gefedert oder geschlitzt; Abmaß gilt für den nicht geschlitzten Stift.*

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.

Prot.-Nr. des ÖNIG: 294/2 Ausgabetag:	*Elektrotechnischer Verein in Wien.*	Frei für den Benützer

Digitized by Google

ÖNIG GES. GESCH.	*Rundfunkgerät* *Steckspulen* *Windungszahlen Wickelsinn*	ÖNORM Entwurf 1 E 9505

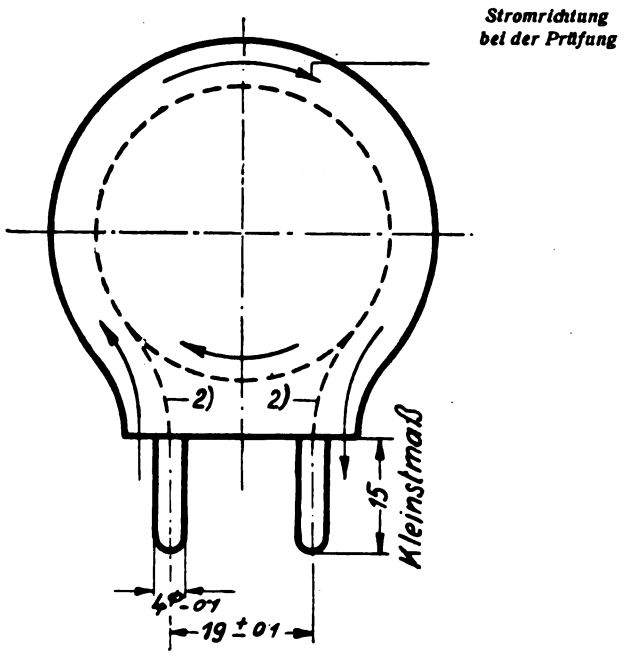
Maße in mm

Windungszahlen[1]

15	20	25	30	40	50	75	100
150	200	250	300	400	500	750	1000

[1]) *Sind nur bevorzugte Windungszahlen.*

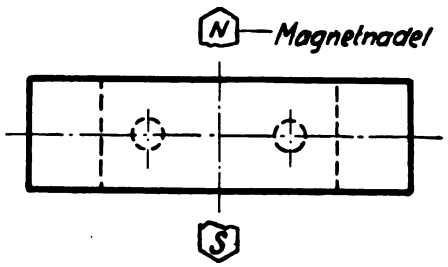
Wickelsinn.



Fehlende Maße sind frei Konstruktionsmaße.

[2]) *Die Zuführungsdrähte von der Wicklung zu den Steckern dürfen sich nicht kreuzen.*

Prüfung auf richtigen Wickelsinn.



Beim Durchgang von Gleichstrom in Pfeilrichtung soll die Spule ein magnetisches Feld erzeugen, dessen Richtung (N - S) beim Prüfen mit der Magnetnadel dem Bild entspricht.

Ausführung der Steckerstifte wie ÖNORM E 9500, Einfachstecker.

Prot.-Nr. des ÖNIG 391/1	*Elektrotechnischer Verein in Wien.*

Digitized by Google

ÖNIG GES. GESCH.

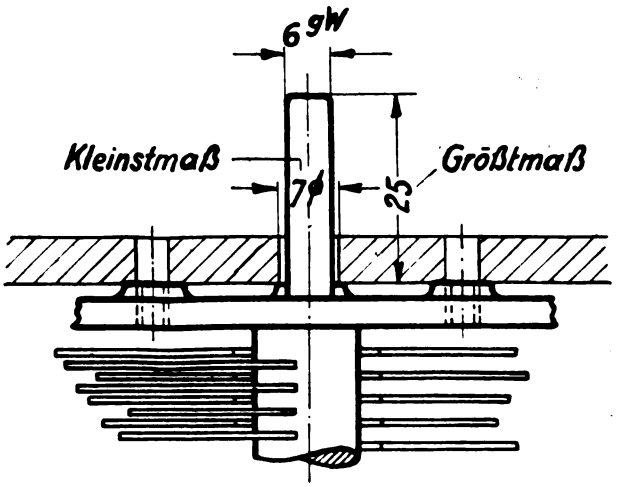
Rundfunkgeräte

Drehkondensatoren. Potentiometer, Heiz-Drehwiderstände. Niederfrequenztransformatoren.

ÖNORM Entwurf 1 **E 9510**

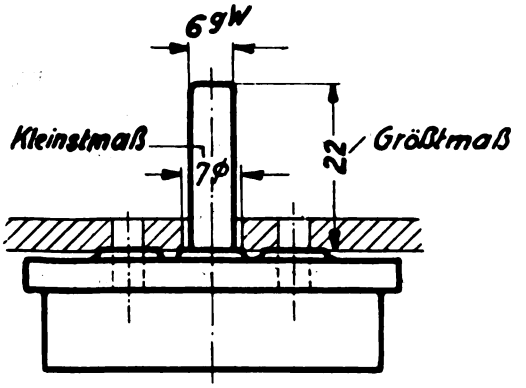
Maße in mm

Drehkondensatoren[1])



Es wird empfohlen, Anfangs- und Endkapazität auf dem Kondensator haltbar anzugeben.

Potentiometer, Heiz-Drehwiderstände[1])



Drehung im Uhrzeigersinn bewirkt Widerstandsabnahme.

Stellung „Aus" liegt nur vor Stellung auf größten Widerstand.

Bei Verwendung von Skalen nach ÖNORM E 9521 ist die Skala so aufzusetzen, daß der Widerstand bei „O" bereits ausgeschaltet ist.

Es wird empfohlen, die letzten Windungen bei der Stellung auf kleinsten Widerstand kurzzuschließen.

[1]) *Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.*

Niederfrequenztransformatoren

Klemmenbezeichnung[2])

Enden der Wicklung	durch Buchstaben[3])	durch Farben
Primärwicklung inneres Ende	I P	weiß
Primärwicklung äußeres Ende	O P	gelb
Sekundärwicklung inneres Ende	I S	rot
Sekundärwicklung äußeres Ende	O S	blau

Bei der Bestellung ist anzugeben, ob die Klemmen durch Buchstaben oder Farben zu bezeichnen sind.

[2]) *Innen und außen bezogen auf den Eisenkern.*

[3]) *Die Buchstaben P und S kennzeichnen Primär- oder Sekundärwicklung, die Buchstaben I und O das innere oder obere Ende der betreffenden Wicklung.*

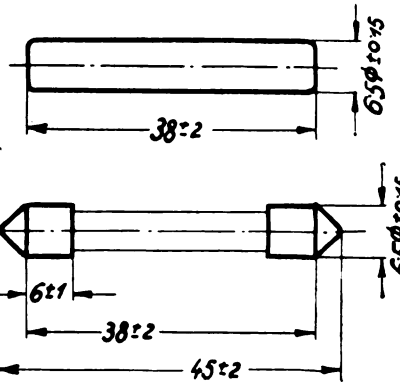
Prot.-Nr. des ÖNIG 392/1

ÖNIG GES. GESCH.

Rundfunkgerät

Hochohmige Widerstände

ÖNORM Entwurf 1 **E 9515**



Maße in mm

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.

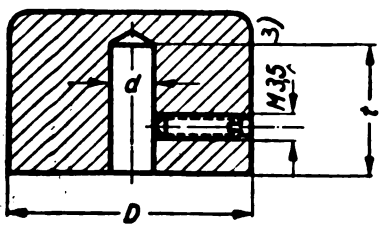
Der Nennwiderstand ist in Megohm (MΩ) auf dem Widerstand haltbar anzugeben.

Prot.-Nr. des ÖNIG 393/1 *Elektrotechnischer Verein in Wien*

Digitized by Google

ÖNIG GES. GESCH.	*Rundfunkgerät* *Drehknöpfe ohne Skalen*	ÖNORM Entwurf 1 E 9520

Maße in mm



Anstelle der Gewindestifte können auch andere Schrauben nach ÖNORMEN verwendet werden. Die Schrauben müssen vertieft liegen.

Durchmesser D[1])	*Tiefe t*	*Bohrung d Passung g2*
16[2])	*10*	*3*
20[2])		
25	*17*	*6*
32		
40		
50		

Bezeichnung eines Drehknopfes ohne Skala von Durchmesser D = 25 mm:

Drehknopf 25 ÖNORM E 9520

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.

Drehknöpfe mit Skalen siehe ÖNORM E 9521.

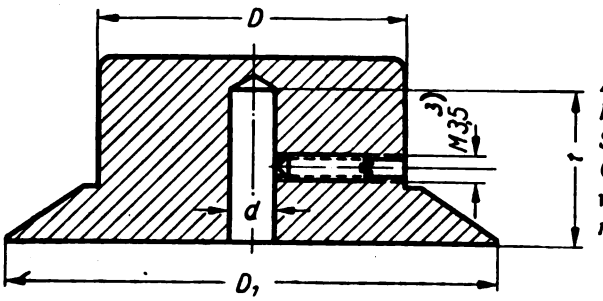
[1]) *Gilt bei vieleckigen Köpfen als Durchmesser des umschriebenen Kreises.*
[2]) *Für Feineinstellung.*
[3]) *Metrisches Gewinde nach ÖNORM M 1501.*

Prot.-Nr. des ÖNIG 394/1	*Elektrotechnischer Verein in Wien.*

Digitized by Google

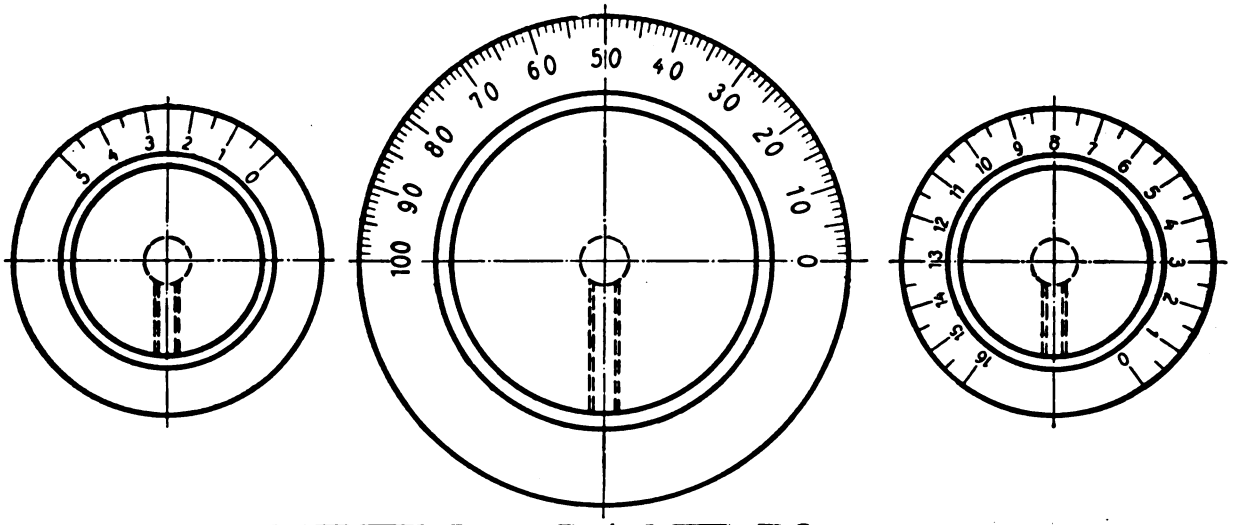
ÖNIG GES. GESCH.	Rundfunkgerät Drehknöpfe mit Skalen	ÖNORM Entwurf 1 E 9521

Maße in mm



Anstelle der Gewindestifte können auch andere Schraubenarten nach ÖNORMEN verwendet werden. Die Schrauben müssen vertieft liegen.

Beispiele für die Skalenteilung 2)



Bezeichnung eines Drehknopfes mit Skala von Durchmesser E = 32 mm

Drehknopf 32 ÖNORM E 9521

Durchmesser		Tiefe t	Bohrung d Passung g2	Skalenteilung 2)
Skala D_1	Knopf 1) D			Vollkreis geteilt in Teile
40	25	17	6	20
50	32			
64	40	20		200
80	56			
100	64			

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße

Drehknöpfe ohne Skalen siehe ÖNORM E 9520

1) *Die Zuordnung des Knopfdurchmesser D zum Skalendurchmesser D_1 gilt als Richtlinie. Sollen dem Skalendurchmesser andere Knopfdurchmesser zugeordnet werden, so sind diese nach ÖNORM E 9520 zuwählen. Bei vieleckigen Knöpfen gilt D als Durchmesser des umschriebenen Kreises.*

2) *Stets in Uhrzeigergegensinn steigend. Halbkreisteilung 0 bis 10 oder 0 bis 100 ist zu bevorzugen. Wird ein beliebiger Teil der Vollkreis-Skala benützt, so soll die Skala möglichst bei einem bezifferten Teilstrich enden.*

3) *Metrisches Gewinde nach ÖNORM M 1501.*

Prot.-Nr. des ÖNIG 395/1	Elektrotechnischer Verein in Wien.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 4. Dezember 1927 | Heft 49

INHALT: *Zur Frage der wirtschaftlichen Auswahl, Konservierung und Regenerierung der Isolieröle im Transformatorenbetrieb. Von Ing. Karl Bayer, Wien. S. 1009. / Das Spullerseekraftwerk mit dem Unterwerk Danöfen. Von Ministerrialrat Ing. Dr. techn. Artur Hruschka. (Fortsetzung). S. 1015. / Die Mikromechanik. Von Dr. Ludwig Flamm. S. 1020. RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 1022. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 1022. / Elektrische Meßkunde. S. 1023. Stromverteilung. S. 1024. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 1024. CHRONIK. S. 1025. LITERATURBERICHTE. S. 1026. VEREINSNACHRICHTEN. S. 1027: WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN S. 1028.*

Zur Frage der wirtschaftlichen Auswahl, Konservierung und Regenerierung der Isolieröle im Transformatorenbetrieb.

Von Ing. Karl **Bayer**, Wien.

In gleichem Maße, als man bei der elektrischen Arbeitsübertragung durch das Größerwerden der Leistungen und Entfernungen aus wirtschaftlichen Gründen gezwungen ist, mit der Fernleitungsspannung immer mehr hinaufzugehen, steigen auch die Anforderungen, die man an die Qualität und Lebensdauer der Isolierstoffe und unter ihnen besonders der Isolieröle des Hochspannungs-Großtransformators stellt. Die Folge ist, daß in allen Ländern die eingehendsten Untersuchungen dieser Öle hauptsächlich bezüglich ihres Verhaltens im Betrieb angestellt werden.

Es herrscht wohl darüber schon vollkommene Klarheit, daß jedes Isolieröl ständig Veränderungen[1]) unterworfen ist, durch welche seine ursprünglichen Eigenschaften verloren gehen; man ist bis heute jedoch nicht überall einig, welche Gesichtspunkte für die Wahl und Prüfung[2]) eines Öles beim Ankauf maßgebend sein sollen, damit es einerseits die größte Durchschlagsfestigkeit und beste Kühlwirkung und andererseits die möglichst lange Erhaltung dieser Eigenschaften während des Betriebes gewährleistet. Die engere Auswahl unter den Mineralölen, von denen die verschiedensten Sorten verwendet werden, wird noch dadurch erschwert, daß es noch nicht gelungen ist, ein Öl herzustellen, welches wenigstens den gewöhnlich gestellten Anforderungen in allen Punkten vollkommen entspricht. Selbst bei Verwendung jenes Spezialöles, das für einen bestimmten Transformator als das geeignetste befunden wurde, lassen sich die Verwässerung, Verschlammung und Versäuerung nicht vollkommen verhindern. Interessant ist auch die Feststellung, die im Laufe einer Diskussion auf der IV. Internationalen Konferenz für Fragen der Hochspannungskraftübertragung,[3]) die kürzlich in Paris getagt hat, gemacht wurde, nämlich die, daß der Preis eines Öles in keinem Zusammenhang mit der Güte und Verwendbarkeit desselben für elektrische Zwecke zu stehen braucht, sondern dafür die Aufarbeitung des Öles maßgebend ist. Es ist nun tatsächlich möglich, ein Öl zu erhalten, welches im Betrieb zum Beispiel wenig Verschlammung erleidet, dafür aber eine erhebliche Säurebildung aufweist, während wieder andererseits Öle hergestellt werden können, die nur wenig versäuern, dafür aber umsomehr verschlammen.

Diese Schwierigkeiten in der richtigen Auswahl und in der großen Lagerhaltung der verschiedensten Öle haben schließlich zur Forderung nach dem „Einheitsöl"[4]) geführt. Dabei ist aber noch immer die unter anderem wichtige Voraussetzung, daß nur solche Baustoffe für den Transformator in Betracht gezogen werden sollen, die eine Wechselwirkung mit dem Öl ausschließen, wegen der Mannigfaltigkeit der gebräuchlichen Isolierstoffe schwer zu erfüllen. Es wird daher auch das Einheitsöl, das bestimmungsgemäß eine individuelle Anpassung an die jeweilige Beschaffenheit des Transformators ausschließt, im Gebrauch gleichfalls mannigfaltigen Veränderungen unterliegen und mithin ständig kontrolliert und öfter aufbereitet werden müssen. Beim Festhalten an der Forderung nach dem Einheitsöl gewinnt daher auch die systematische Pflege der Isolieröle eine erhöhte Bedeutung und die Frage der wirtschaftlichen Auswahl der Transformatoröle wird letzten Endes eine befriedigende Lösung nur unter der

[1]) Vgl. Dr. v. d. Heyden. und Dr. Typke, E. u. M. 1927, Heft 15, S. 292.

[2]) Vgl. Dr. Stäger, Deutscher Verb. f. d. Materialprüfungen d. Technik, Heft 77, Aug. 1926, S. 7. Vgl. a. E. u. M. 1927, Heft 34, S. 695.

[3]) Vgl. Dr. Konstantinowsky, E. u. M. 1927, Heft 40, S. 832.

[4]) Vgl. G. Schendell, Deutscher Verb. f. d. Materialprüfg. d. Technik, Heft 77, Aug. 1926, S. 15.

Digitized by Google

Voraussetzung einer betriebsmäßigen Anwendung wirksamer Konservierungsmethoden finden. Es ist somit mit Rücksicht auf den hohen Materialwert und auf das beschränkte Naturvorkommen der Mineralöle nicht nur jede verantwortungsvolle Betriebsleitung gezwungen, die Lebensdauer der Isolieröle durch rechtzeitige Bekämpfung der Ermüdungserscheinungen zu verlängern, sondern es soll auch schon der Projektant von großen Umspannwerken in höherem Maße als bisher der Isolierölkonservierungsfrage sein Augenmerk schenken.

Bekanntlich sind für die Verschlechterung der Öleigenschaften hauptsächlich die oxydierende Einwirkung des Luftsauerstoffes[5]) und die damit verbundene Bildung von Wasser, Säuren und Schlamm bestimmend. Selbst vollkommen geschlossene Transformatoren können trotz Ausstattung mit sogenannten Ölschützern, welche noch mitunter im Luftraum mit einem Lufttrockner verbunden werden, den Zersetzungsprozeß nicht verhindern; denn durch die Fähigkeit des Öles, 16 bis 18 Volumsprozent Sauerstoff zu lösen,[6]) kann auch bei vollkommenem Luftabschluß Sauerstoff im Öl von vornherein enthalten sein. Das einmal gebildete Wasser setzt nun die Durchschlagsfestigkeit des Öles sehr stark herab. Die Anwesenheit von 0·01 vH Wasser kann bewirken, daß die Durchschlagsfestigkeit vom Maximalwert von 240 kV/cm auf zirka 30 kV/cm — welcher Wert auch bei Wassersättigung nur wenig unterschritten wird — herabsinkt.[7]) Es ist nun ohneweiters klar, daß aus Gründen der Betriebsicherheit beim Gebrauch des Öles das Hauptaugenmerk auf eine rechtzeitige und vollkommene Entwässerung gerichtet sein muß. Außerdem muß auch auf die Entfernung der festen mechanischen Verunreinigungen sowie aller ins Öl gelangten ölfremden Substanzen, die ebenfalls die Durchschlagsfestigkeit des Öles herabsetzen, gesehen werden. So bilden zum Beispiel ins Öl gelangte Faserteilchen von Isolierbaumwolle, wenn sie sich mit Feuchtigkeit angesogen haben, sogenannte „Brücken" zwischen den elektrischen Potentialen und können somit Ursache eines Durchschlages sein. Überdies wirken metallische Verunreinigungen als Katalysatoren des Oxydationsvorganges, wodurch die Einleitung des Versäuerungs- und Verseifungsprozesses besonders begünstigt wird.

Als die in betriebstechnischer Hinsicht idealste und wirtschaftlichste Ölkonservierungsanlage muß nun jene bezeichnet werden, die durch eine zweckmäßig geschlossene, eventuell mit einem Ölschützer ausgestattete Bauart des Transformators und durch Verwendung eines womöglich über die ganze Betriebsdauer des Transformators verlaufenden kontinuierlichen und ohne besondere Wartung leicht durchführbaren Reinigungsprozesses jeder unzulässigen Verwässerung, Verunreinigung und Veränderung des Öles von vornherein wirksam begegnet.

Bis vor einigen Jahren stand nun für die Trocknung der Isolieröle nur das umständliche Auskochen zur Verfügung. Die dazu nötige Apparatur ist sehr teuer und kompliziert. Das Öl muß dabei meist in die Werkstätte gebracht und in großen Heizkesseln einer langwierigen Behandlung unterzogen werden, die noch dazu, wenn sie wirksam sein soll, unter Vakuum vorgenommen werden muß. Diese Art der Ölentwässerung, die naturgemäß für den obigen Vorschlag einer täglichen Reinigung nicht in Frage kommen kann, brachte auch durch die Anwendung hoher Temperaturen eine neue Gefahrquelle für den Gefügebestand des Öles.[8]) Die Ölkochanlagen beschränken sich daher heute mehr auf ein spezielles Anwendungsgebiet und treten zum Beispiel für jene Zentralstellen in Funktion, wo man der konservierenden periodischen Ölentwässerung der Netztransformatoren enträt und daher die Spulenisolation der Transformatorwicklung, die sich dann mit Feuchtigkeit vollsaugt, getrocknet werden muß.

Weiters ist auch die Verwendung von Filterpressen weder in der Reinigungswirkung einwandfrei noch über eine längere Betriebsdauer durchführbar; zunächst bleibt die Entfeuchtung hinter dem Auskochen zurück und auch die Entfernung fester Verunreinigungen kann wegen der Möglichkeit des Mitreißens von Filterfasern, die wieder eine Gefahr für einen Durchschlag sind, nicht mehr als ideal bezeichnet werden. Außerdem ist durch das nötige oftmalige Auswechseln der Filtereinlagen ein kontinuierlicher Reinigungsvorgang unmöglich. Mit Tonzellenfilter lassen sich wohl bessere Reinigungsresultate erzielen, doch ist deren Leistung für die praktische Verwendung viel zu klein.

In den letzten Jahren hat nun die Zentrifuge trotz anfänglicher Anfeindungen von ernst zu nehmender wissenschaftlicher Seite in der Ölbehandlung immer mehr und mehr Anwendung gefunden. Rogowski,[9]) Niethammer[10]) und viele andere bezeichnen heute die Zentrifuge als die geeignetste Maschine, verschmutzte Isolieröle schnell und bequem auf eine weit über die durch die Vorschriften des V. D. E. verlangten Werte hinausgehende Durchschlagsfestigkeit zu bringen. Nach den jüngsten Versuchsresultaten[11]) wurde zum Beispiel mit dem „De Laval"-Separator durch zweimaliges Zentrifugieren und zwar durch Purifikation (das ist Reinigung mit besonderem Wasserablauf) und Klarifikation (Feinreinigung) ein Öl

[5]) Vgl. Prof. Dr. Frank, Deutscher Verb. f. d. Materialprüfg. d. Technik, Heft 77, Aug. 1926, S. 34.

[6]) Vgl. Dr. Stäger, Deutscher Verb. f. d. Materialprüfg. d. Technik, Heft 77, Aug. 1926, S. 6.

[7]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 34, S. 696.

[8]) Vgl. Ing. Müller, E. u. M. 1927, Heft 10, S. 194.

[9]) Vgl. Rogowski, E. u. M. 1926, Heft 33, S. 600.

[10]) Vgl. Niethammer, E. u. M. 1927, Heft 29, S. 596.

[11]) Vgl. Ing. Müller, E. u. M. 1927, Heft 10, S. 194.

Digitized by Google

von der ursprünglichen Durchschlagsfestigkeit von 135 kV/cm auf eine solche von 240 kV/cm, den höchst erreichbaren Wert, gebracht. Durch die Fähigkeit des Separators, Emulsionen zweier spezifisch verschieden schwerer Flüssigkeiten sicher zu brechen und mikroskopische Verunreinigungen auszuschleudern, werden selbst Wasserspuren und die feinsten festen Verunreinigungen ausgeschieden. Außerdem ist aber die Zentrifuge zufolge ihrer großen Leistungsfähigkeit und geringen Ansprüche bezüglich Wartung die einzige Maschine, die in einfacher Weise eine kontinuierliche Reinigung während des Transformatorbetriebes gestattet.

Die Anwendung des kontinuierlichen Reinigungsverfahrens macht nun bei den großen Hochspannungstransformatoren keine Schwierigkeiten mehr. Gewöhnlich ist ja hier ein Ölkreislauf, der die Kühlung des im Betrieb erwärmten Öles besorgt, vorgesehen und es ist nun naheliegend, einen womöglich luftdicht abgeschlossenen Spezial-Feinreiniger, zum Beispiel einen Separator der Konservatortype, in das Kühlsystem einzubauen. Bei Verwendung einer solchen Zentrifuge kommt das Öl mit der Außenluft nicht in Berührung. Eine automatische Regulierung sorgt bei der Separierung für die Einhaltung richtiger Zuflußmengen, sodaß die Trommel immer mit Öl gefüllt ist. Außerdem steht das ausgeschleuderte Öl fortwährend unter Druck, wodurch ein Schäumen desselben verhindert wird. Die Anordnung des Separators kann dabei vorteilhaft so geschehen, daß die Reinigung vor der Kühlung erfolgt, wobei der bei den Betriebstemperaturen kleinere Viskositätsgrad des Öles die Wirkung günstig beeinflußt. Eine Reinigung der Trommel, die verhältnismäßig nur kurze Zeit in Anspruch nimmt, wird, wenn das Öl dauernd gereinigt wird und nur wenig verschmutzt ist, nur einmal im Tag notwendig sein. Um nun einerseits die Kühlung in dieser Hinsicht von der Reinigung unabhängig zu machen und andererseits mit der gegebenen Separatorleistung (ca. 2000 l/St.) durchzukommen, wird man wegen der verhältnismäßig großen Fördermenge, die die Ölzirkulationspumpe des Kühlkreislaufes gewöhnlich zum bewältigen hat, häufig gezwungen sein, den Separator im Nebenstrom zum Kühlkreislauf zu schalten.

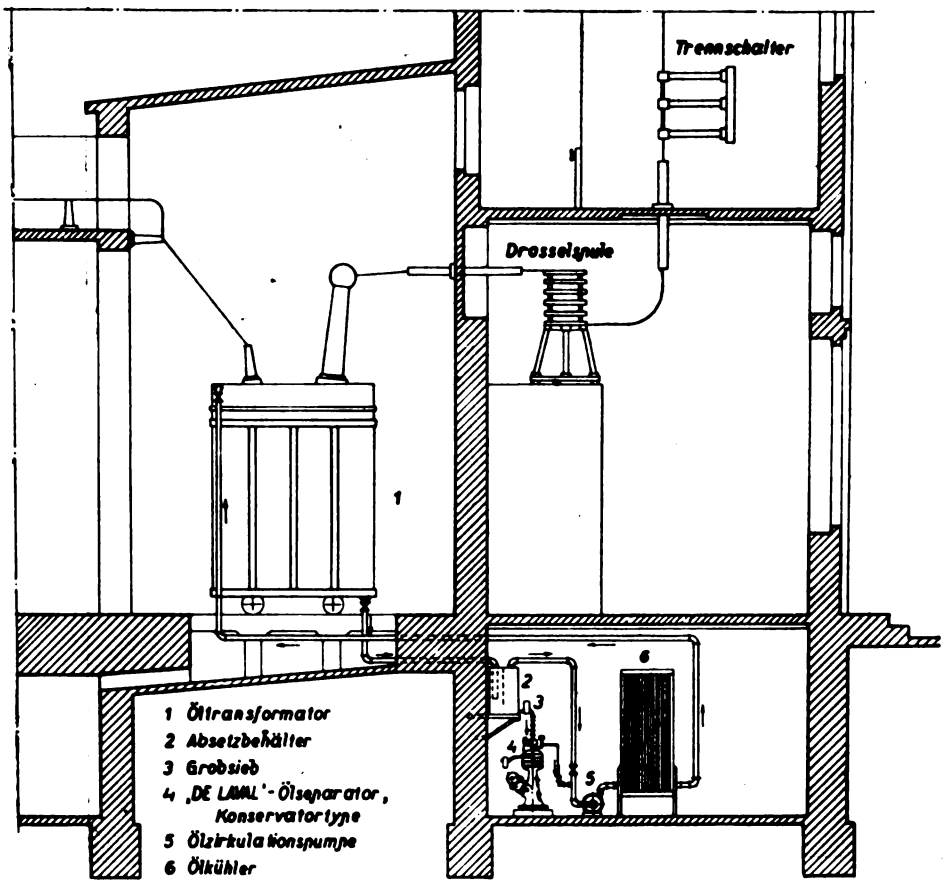


Abb. 1. Schnitt durch einen Teil der Umspanneranlage eines Großkraftwerkes. Eine „De Laval"-Konservatorschleuder im Kühlkreislauf des Transformators, umschaltbar auf eine ganze Gruppe.

Der Einbau einer solchen Reinigungsanlage in das Kühlsystem eines Großtransformators, der im Falle der Zirkulationsaußenkühlung auch ohne Ölkonservator ausgestattet sein kann, ist aus Abb. 1 ersichtlich. Die Reinigung und Kühlung geschieht dabei in der Weise, daß das gesamte Öl des Hauptkreislaufes durch einen mit Führungswänden versehenen Absetzbehälter geleitet wird, wobei das Öl Zeit gewinnt, die schweren Verunreinigungen abzusetzen, die dann eventuell durch einen besonderen Schlammablaß am Boden des Behälters entfernt werden können. Von einer etwas höheren Stelle des Behälters erfolgt über ein Grobsieb die Zuleitung zum Separator. Die Reinigung kann so-

Digitized by Google

mit leicht über die ganze Dauer des Transformatorbetriebes erstreckt werden, doch kann auch schon nach einer gewissen Zeit, wenn etwa der gesamte Ölinhalt des Transformators 1 bis 2 Mal durch den Separator gereinigt wurde, derselbe vom Kühlkreislauf abgeschaltet und der Reihe nach für alle Transformatoren einer ganzen Gruppe verwendet werden, was mit Hilfe verbindender Durchgangsleitungen ohneweiters möglich ist.

Diese Ausführung einer ortsfesten Ölkonservierungsanlage, deren Anwendung sich — wie bereits erwähnt — wohl nur bei den Großtransformatoren mit zirkulierendem Kühlsystem (mit einer Leistung von über 10 000 kVA) empfiehlt, erscheint

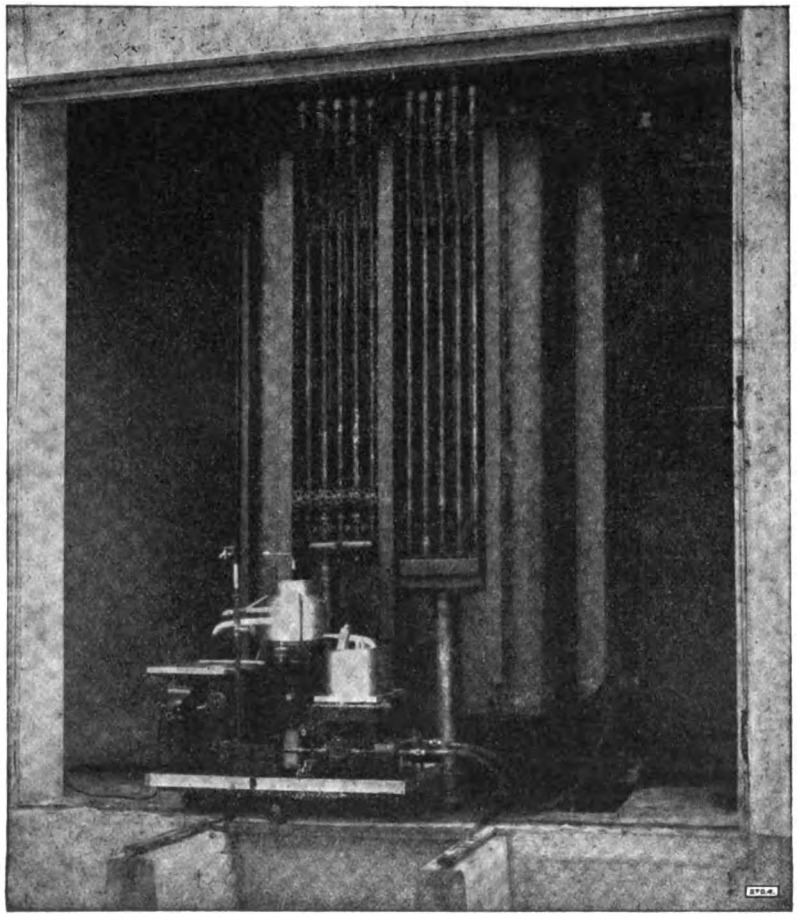


Abb. 2. Periodische Ölreinigung eines Transformators mittels eines fahrbaren „De Laval"-Separatoraggregates in der Kraftzentrale Västerås, Schweden.

als die einfachste Art für eine wirksame Vorbeugung gegen die frühzeitigen Ermüdungserscheinungen des Öles und kommt den schon oben aufgestellten Bedingungen für eine ideale Ölkonservierungsanlage am nächsten. Durch die rechtzeitige Ausschleuderung aller ölfremden Substanzen, die bei der Oxydation als Katalysatoren auftreten könnten, wird dabei auch die frühzeitige Verseifung und das Sauerwerden des Öles verhindert. Die Ausscheidung des Wassers erfolgt noch, bevor sich die Wicklungsisolation des Transformators mit Feuchtigkeit ansaugen kann, so daß eine gesonderte Auftrocknung des bewickelten Transformatorkernes, wenn überhaupt, so doch nur äußerst selten nötig sein wird.[12])

Für Transformatoren mittlerer Größe kommt diese Art der Ölkonservierung, die für jeden Transformator oder wenigstens für jede Transformatorgruppe eine Schleuder braucht, wohl nicht in Betracht. Es empfiehlt sich hier vielmehr eine periodische Reinigung, für die etwa wiederholte, in gewissen Zeitabständen entnommene Ölproben bestimmend sind, während nach entsprechend längerer Gebrauchszeit des Öles eine vollkommene Regenerierung, über die noch später gesprochen werden soll, durchzuführen wäre. Bei der Ölkontrolle dürfte eine Prüfung auf Wasser-, Säure- und Schlammgehalt hinreichend sein[13]) und zwar soll dabei von den zwei Gesichtspunkten ausgegangen werden, daß einerseits die Anreicherung an Wasser nicht so groß sein darf, daß die Durchschlagsfestigkeit des Öles unter einen gewissen Wert, der womöglich höher liegen soll als der durch die Sicherheitsvorschriften des VDE geforderte von 65 kV/cm, etwa nicht unter 120 kV/cm, sinkt, und andererseits eventuell ins Öl gelangte Fremdkörper

[12]) Vgl. E. u. M. 1926, Heft 44, S. 816.

[13]) Vgl. G. Schendell, Deutscher Verb. f. d. Materialprüfg. d. Technik, Heft 77, Aug. 1926, S. 17; vgl. a. E. u. M. 1927, Heft 15, S. 292.

Digitized by Google

noch rechtzeitig entfernt werden, um den Säuerungs- und Verseifungsprozeß, wenn auch nicht ganz zu verhindern, so doch zu verlangsamen.

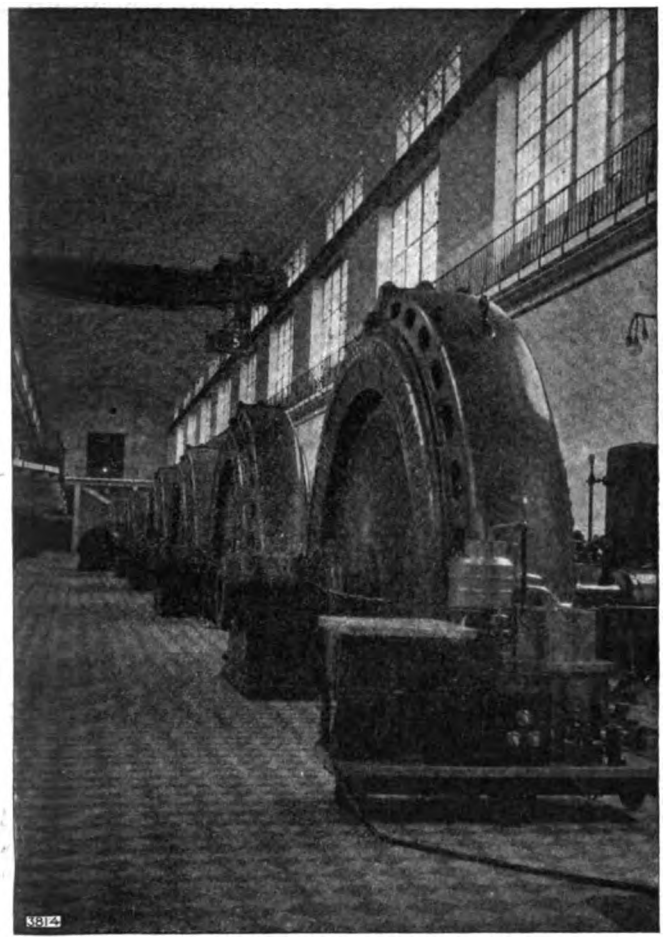


Abb. 3. Fahrbares Ölreinigungsaggregat im Kraftwerk Augst, Basel.

Die systematische Ölkontrolle erfordert wohl speziell bei den vielen über ein ganzes Versorgungsgebiet der Überlandwerke zerstreuten Netztransformatoren eine gewisse Mühewaltung, doch läßt sich die Reinigung selbst wieder in einfacher Weise mit der Zentrifuge bewältigen, die dann vorteilhaft gleich für mehrere Stellen des Kraftnetzes verwendet werden kann. Der Separator ist in einem solchen Fall transportabel zu einer fahrbaren Ölreinigungsanlage ausgebildet, welche diverse Nebenapparate — wie Grobsieb, Pumpen, elektrisch geheizten Ölvorwärmer, Entlüftungsbehälter, Antriebsmotor, etc. — enthält.

Abb. 2 zeigt die Aufstellung eines solchen fahrbaren Ölreinigungsaggregates neben einem Transformator während der Reinigung. Das Öl wird dabei durch Schlauchanschluß am Boden des Ölbehälters dem Transformator entnommen und mittels Pumpe über ein Grobsieb und den Ölvorwärmer zum Separator befördert. Nach der Reinigung durchfließt das Öl bei den Aggregaten der Normalausführung, das heißt bei Verwendung eines Separators mit freiem Zu- und Ablauf, einen sogenannten Entlüftungsbehälter, in welchem das Öl durch besondere Führung längs Zwischenwänden von etwaigen bei der Separierung ins Öl gelangten Luftblasen befreit wird. Eine zweite Pumpe besorgt die Rückförderung des Öles zum Deckel des Ölbehälters. Für die Erzielung eines befriedigenden Separierungsresultates genügt ein ein- bis zweimaliger Durchlauf des gesamten Ölinhaltes des Transformators durch den Separator, wobei zuerst wieder zweckmäßig und vor allem dann, wenn das Öl stark verwässert ist, die Entwässerung und Grobreinigung und nachher die Feinreinigung und Klärung vorgenommen wird. Eine Vorwärmung des Öles auf zirka 50° C, welche Temperatur sich nach eingehenden Versuchen für das Separierungsresultat als besonders günstig erwiesen hat, ist zu empfehlen, wenn auch auf kaltem Wege schon sehr befriedigende Resultate erzielt worden sind.[14])

Aus der Abb. 3 ist die Aufstellung eines Aggregates in einem Kraftwerk, welches die Zentrifuge auch zur Reinigung der Schalteröle und Schmieröle der Kraftmaschinen vorteilhaft verwendet, ersichtlich.

Obwohl schon bei entsprechender Verwendung der Nebenapparate eine einwandfreie Entlüftung des Öles erzielt wird, ist bei Spezialausführungen von Aggregaten mitunter noch eine Nachbehandlung unter Vakuum vorgesehen. Das Öl wird dabei durch einen unter Vakuum stehenden Behälter geleitet. Für die Reinigung des Öles von Transformatoren, welche mit einem Ölkonservator ausgestattet sind, wäre ein transportables Aggregat mit einem Separator der Kondensatortype zu verwenden.

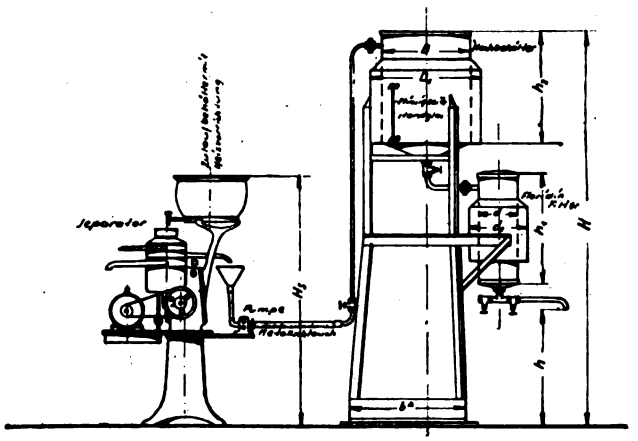
Dort wo zur Trocknung der Transformatorkerne samt ihren Wicklungen Vakuumkochanlagen im Betrieb sind, wird heute gerne zur restlosen Reinigung und Entfeuchtung der Öle als wirksame Ergänzung der Anlage die Vakuumausführung des Separators mit hineingenommen. Durch besonders starke Abdichtung des Blechdeckelaufsatzes und gewisser anderer Teile des Separators, die mit dem Ölschleuderraum in Verbindung stehen, ist es möglich, das Öl während der Separierung unter Vakuum zu halten.

Die bisher erwähnten Reinigungsmethoden, dauernd oder zeitgerecht periodisch und zweckentsprechend angewendet, ermöglichen eine wirksame Pflege und Konservierung der Isolieröle. Hat jedoch bei der Durchführung der Ölkontrolle die Prüfmessung ergeben, daß das Öl bereits derart angefallen ist, daß der starke Säuregehalt für die Beständigkeit des Isolationsmaterials des Transformators bedenklich erscheint, so wäre das Öl auszuwechseln und einer besonderen Behandlung zu unterziehen, um es wieder gebrauchsfähig zu machen. Diese Regenerierung, die sich nur umständlich und mit geringerer Sorgfalt beim Transformator selbst durchführen läßt, wird am besten im Werk vorgenommen. Nach dem Ab-

[14]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 10, S. 195.

Digitized by Google

setzenlassen des Öles in sogenannten Absetzbehältern, wodurch die gröbsten Verunreinigungen ausgeschieden werden, wird das Öl unter Vorwärmung einer Behandlung mit der Zentrifuge unterzogen, dadurch entwässert und selbst von den feinsten Verunreinigungen befreit. Anschließend daran muß nun die Entfernung der noch im Öl enthaltenen gelösten sauerstoffhältigen Verbindungen und hochmolekularen Polymerisationsprodukte erfolgen. Dazu haben sich jene Bleicherden als geeignet erwiesen, deren Reinigungswirkung auf der Adsorption dieser Verbindungen beruht, zum Beispiel Fullererde oder „Floridin", ein Aluminium-Silizium-Hydrosilikat.[15]) Diese Nachbehandlung des Öles, welche sich zweckmäßig gleich an die Schleuderung anschließt, erfolgt in Behältern, die mit dem

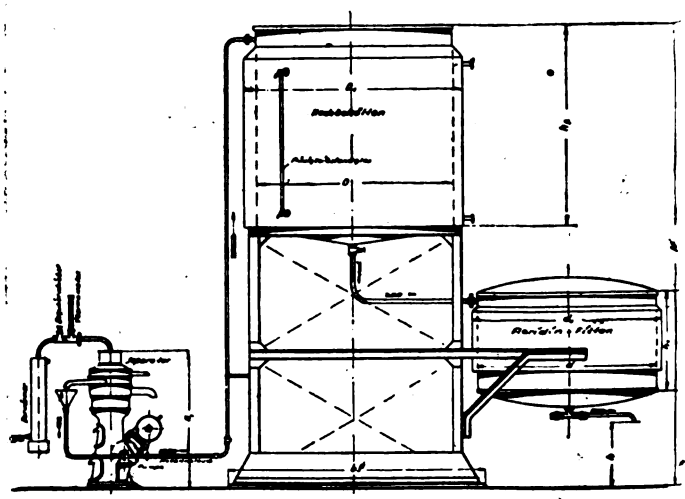


Floridin — Filter											Separator	
Type	Lkg	D	D_1	d	d_1	H	h_1	h_2	h_3	b	Type	H_s
B25	25	320	420	160	290	1950	650	600	350	500	100	1154
B50	50	400	500	160	290	2050	650	600	450	600	100	1154
B100	100	480	580	220	320	2150	650	600	600	700	100	1154

Abb. 4. Zusammenstellung einer Ölregenerierungsanlage für kleinere Leistungen (25 bis 100 kg pro Tag Transformatorenöl).

fällt. Eine solche ortsfeste Regenerierungsanlage, in ihren Hauptelementen bestehend aus Zentrifuge und Floridinfilter, stellt zufolge der Einfachheit in der Wartung und der großen Wirtschaftlichkeit, die sich aus der Wiederverwendbarkeit auch schon ursprünglich ausgeschiedener Öle ergibt, die idealste Lösung der Ölbehandlungsfrage für große Elektrizitätswerke dar.

Durch die hiermit aufgezeigten Konservierungs- und Regenerierungsmethoden sollte auf Grund der besonderen Pflege und Schonung, die dabei dem Isolieröl im Gebrauch geschenkt wird, der Praxis — als Gegenstück zu den vielen anderen wertvollen theoretischen Untersuchungen — der



Floridin — Filter											Separator	
Type	Lkg	D	D_1	d	d_1	H	h_1	h_2	h_3	b	Type	H_s
B1000	1000	1100	1200	700	800	3400	G50	900	1150	1400	500	1050
B3000	3000	1600	1700	1200	1300	3900	G50	900	1550	2000	700	1250
B5000	5000	1900	2000	1600	1700	4200	G50	900	1850	2300	700	1250

Abb. 5. Zusammenstellung einer Ölregenerierungsanlage für größere Leistungen (1000 bis 5000 kg Transformatorenöl pro Tag).

Absorptionsmittel, über welches das Öl gefiltert wird, gefüllt sind.

Die Abb. 4 und 5 stellen die Kombination eines „De Laval"-Separators mit einer Bensmann'schen Floridinfilteranlage dar. Die Leistung der Zentrifuge ist dabei so gewählt, daß sie die gesamte Tagesleistung der Filteranlage in 1 bis 2 Stunden bewältigt. Eine Pumpe fördert das entwässerte und gereinigte Öl in den Hochbehälter, worauf tagsüber in einem zweiten Behälter die Filtrierung über Floridin erfolgt. Hochbehälter und Floridinfilter sind mit einem Heizmantel ausgestattet, so daß das Öl auch während der Filtrierung ständig auf einer erhöhten Temperatur gehalten werden kann, wobei jede besondere Bedienung der Apparate ent-

[15]) Vgl. Kvetensky, E. u. M. 1927, Heft 2, S. 29

Weg zu einer rationellen Ölwirtschaft und zu einer dauernd im gleichen Maße betriebsicheren Umspannung gewiesen werden. Wenn einmal alle Elektrizitätsgesellschaften in der systematischen Ölbehandlung so weit sein werden, daß im Transformatorbetrieb immer mit dem Optimum der Durchschlagsspannung gerechnet werden kann, dann wird auch der Konstrukteur schon beim Berechnungsentwurf des Hochspannungstransformators nicht mehr in solchem Maße wie bisher bei der Unterbringung der Isolation Schwierigkeiten haben und es wird sich durch sparsamere Isolierung eine Möglichkeit ergeben, den bei den Höchstspannungstransformatoren bekanntlich sehr kleinen Kupferfüllfaktor auf einen wirtschaftlich günstigeren Wert zu bringen.

Digitized by Google

Das Spullerseekraftwerk mit dem Unterwerk Danöfen.

Von Ministerialrat Ing. Dr. techn. Artur **Hruschka**, Abteilungsvorstand in der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

(Fortsetzung aus Heft 48, Seite 985.)

8. Eigenbedarfsmaschinen.

Die Eigenbedarfsanlage ist infolge Anwendung einer mittelbaren Spannungsregelung und wegen Mitverwendung des für Bauzwecke verwendeten Drehstrom von 10 kV und 50 Per/s aus dem Litzwerk im Montafonertal (Schruns) als Reserve im Betrieb einigermaßen umfangreich. Der Bedarf ist 200 kW Gleichstrom von 120 V für 14 Öl- und Wasserpumpen, Fernsteuerungen und Lampen für 16 Ölschalter und viele Trennmesser, für Erregung, Beleuchtung, Werkstättenbetrieb, zwei Laufkrane und Batterieladen. Es sind daher zwei Hauptumformer aufgestellt, die Wechselstrom bezw. Drehstrom erhalten, nebst einem Zusatzladeumformer. Abb. 51 zeigt diese drei Maschinen nebst der zugehörigen Hilfsbetriebeschalttafel.

Zwei Wechselstromumspanner für je 150 kVA und 6000/232 V der Manteltype speisen den einen Umformer und die elektrische Hei-

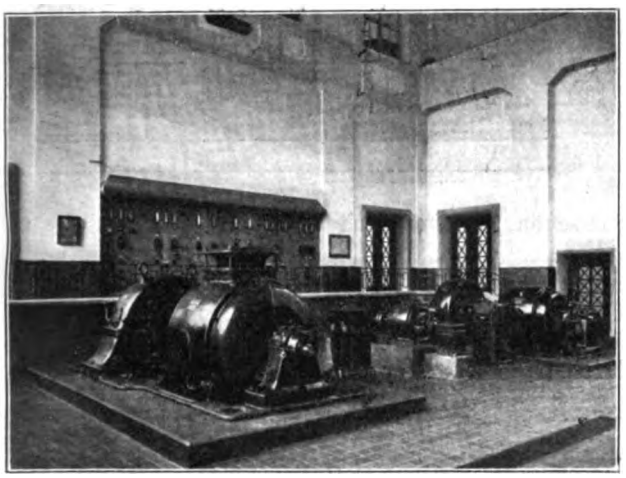


Abb. 51. Maschinen für Eigenbedarf: links der Wechselstromgleichstromumformer, rechts der Drehstromgleichstromumformer, dazwischen der Zusatzladeumformer: hinten die Hilfsbetriebeschalttafel, oben die Maschinenkommandolampen und hinter ihnen der Befehlsraum.

zung. Sie stehen mit ihren Ölschaltern am Ende des 6 kV-Schalthauses. Ein Drehstromumspanner von 300 kVA und 10 000/380/220 V der Kerntype speist den anderen Umformer. Für Wechselstrom und Drehstrom betragen die Anschlußwerte 381 bezw. 366 kVA, die Spitzen 372 bezw. 320 kVA.

Der Wechselstromgleichstromumformer hat einen vierpoligen Induktionsmotor mit Kurzschlußanker von 300 PS und 6 kV bei 493 U/min und cos $\varphi = 0{\cdot}91$ mit Wirkungsgraden von 90·8 und 89·8 vH bei Voll- bezw. Halblast und einen achtpoligen Gleichstromgenerator mit Wendepolen für 200 kW. Angelassen wird von der Gleichstromseite, synchronisiert wird mit Hilfe eines Stroboskopes; am Wellenende sitzt das eine Kreuz, ihm gegenüber gleichachsig auf der Welle eines ganz kleinen Asynchronmotors mit sehr kleiner Schlüpfung sitzt das zweite Kreuz. Bei stehendem Malteserkreuz ist praktisch synchroner Lauf erreicht. Ein kleiner Stromzeiger für den Hilfsmotor von 30 W gestattet zu prüfen, ob nicht etwa durch zufälliges Abbremsen der Stroboskopscheibe (es genügt hiezu ein Druck mit der Hand) der Hilfsmotor über den Kippunkt gelangt und daher etwa nur die halbe Drehzahl erreicht hat (bei entsprechend größerer Stromaufnahme).

Der Drehstromgleichstromumformer besteht aus einem sechspoligen Induktionsmotor für 300 PS, 975 U/min, 50 Per/s mit cos $\varphi = 0{\cdot}89$ und einem sechspoligen Gleichstromgenerator für 200 kW. Während des Baues wurde der Umformer zeitweise verkehrt betrieben und speiste bis zu 90 kW als Asynchrongenerator in das 10 kV-Drehstromnetz bei Wassermangel im Litzwerk. Allerdings zeigten sich bei dem rauhen Baubetrieb infolge der Belastungsstöße häufige Schalterlösungen. Der Baubetrieb benötigte bis zu 358 kW.

Zu erwähnen ist noch der vierpolige Zusatzladeumformer für 23·5 kW bis zu 130 V bei 1650 U/min, der die Zusatzspannung für den Wechselstromumformer liefert (der Drehstromumformer erzeugt sie selbst); ferner eine Speicherbatterie von 125 Tudorelementen für 864 Ah und 228 A größten dreistündigen Strom.

Für die mittelbare Erregung dienen endlich zwei Doppelhilfserregerumformer mit 1430 U/min. Jeder besteht aus einem vierpoligen fremderregten Gleichstromgenerator für 220 V und 17·6 kW, der entweder von der einen Seite durch einen vierpoligen Gleichstrommotor von 44 PS oder nach Wahl von der anderen Seite durch einen vierpoligen Drehstrommotor von 40 PS und 380 V angetrieben werden kann. (Weiteres über die Schaltung siehe im nächsten Abschnitt.)

9. Schaltanlage.

a) Hauptschaltung.

Das Schaltbild für insgesamt (nach dem Vollausbau) 44 Generatoren und Motoren, 13 Umspanner und 29 Ölschalter, bei insgesamt 4 Wechselspannungen, 4 Drehstromspannungen und 2 Gleichstromspannungen wurde für die folgende Betrachtung in die charakteristischen Hauptstromkreise zerlegt. Abb. 52 zeigt zunächst die Schaltung der Hochspannungsstromkreise. Die Generatoren sind mit ihren Umspannern zu je einer Gruppe zusammengefaßt und arbeiten auf Doppelsammelschienen für 55 kV. Auf der 6 kV-Seite sind drei Hilfsschienen durchgezogen, an welche neben den Eigenbedarfsumspannern stets nur ein Generator angeschaltet wird, der dann die selbst-

Digitized by Google

tätigen Spannungsregler, System Dick, über zwei Wandler mit Spannung und Strom versorgt. Hiebei ist angenommen, daß Wirk- und Blindlast stets auf alle laufenden Generatoren im gleichen Maß aufgeteilt sind. Die beiden Sammelschienen können über einen Kupplungsschalter verbunden werden; von ihnen zweigen die beiden Übertragungsleitungen, westlich gegen Feldkirch, östlich gegen das Ruetzwerk, ab, und sie speisen schließlich auch das eigene Unterwerk Danöfen, welches die Spannung auf 16·5 kV herabsetzt. Von dessen drei Sammelschienen zweigen schließlich die Fahrleitungen und Verstärkungsleitungen gegen Westen und Osten und zur eigenen Bahnstation Danöfen ab. Normal wird von den Doppelsammelschienen das eine System als Maschinensystem, das andere als Übertragungsleitungssystem benützt; man kann dann mit dem Kupplungsschalter das ganze Werk abschalten und überdies an dieser Stelle Gesamtenergie und Gesamtleistung messen. Der hier eingesetzte Zähler hat Rücklaufhemmung und zählt daher die beim Phasenschieben vom Ruetzwerk hineingespeiste Energie nicht.

Auf die in Abb. 55 vollständig wiedergegebene Schaltung eines Generator- und Umspannersatzes wird im Späteren eingegangen werden.

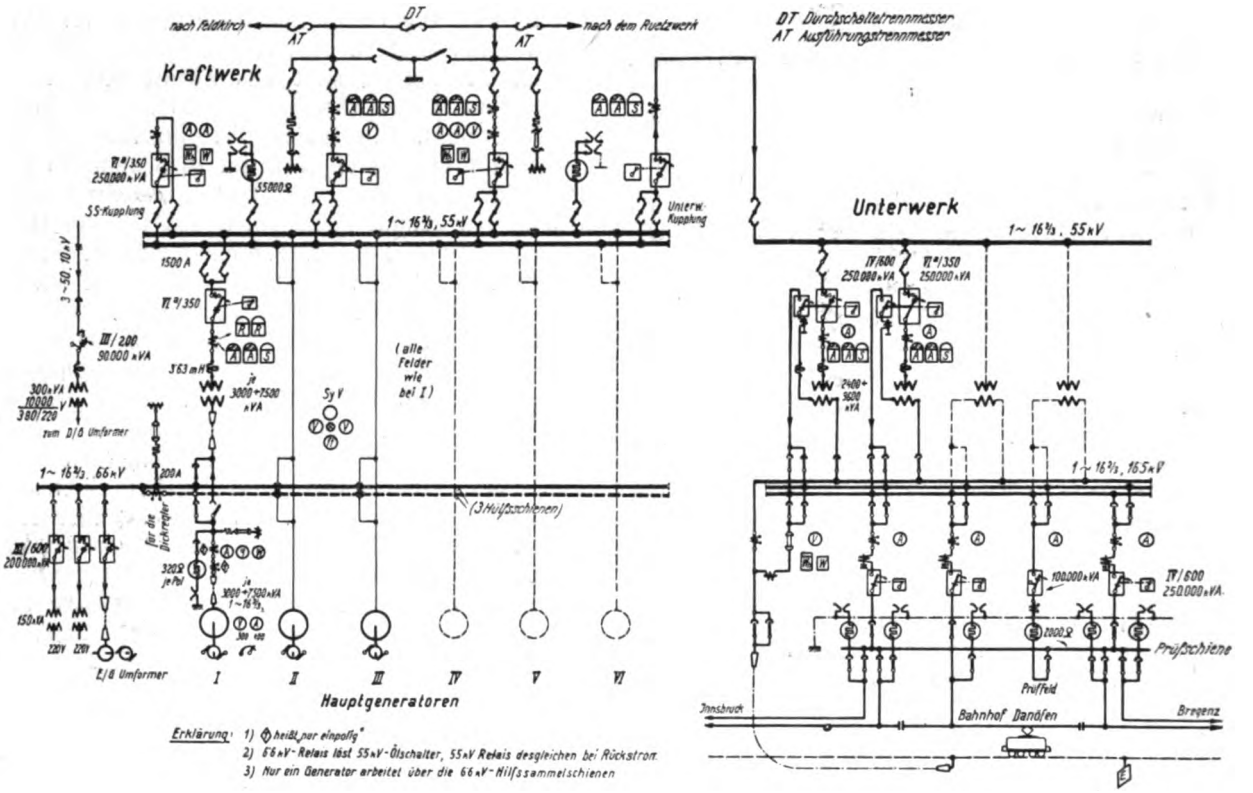


Abb. 52. Schaltbild der Hochspannungskreise im Kraftwerk und Unterwerk.

b) Erregerstromkreise.

Die früher genannten Hilfserregerumformer (einer als Reserve) erregen über zwei Paar Erregerschienen mittelbar die mit den Hauptgeneratoren gekuppelten Haupterreger. Die besondere Schaltung der von der Batterie fremderregten Erregerumformermotoren ist in der Abb. 53 gekennzeichnet. Die beiden Motoren eines Satzes werden so eingestellt, daß nach Wahl der eine antreibt, der andere leer mitläuft, beim Spannungsloswerden des ersteren aber sofort den Antrieb übernimmt. Der Umformer wird mittels des Anlaßreglers *AR* angelassen und eingestellt. Der Drehstromölschalter S_d hat nebst seiner Zeitaus-

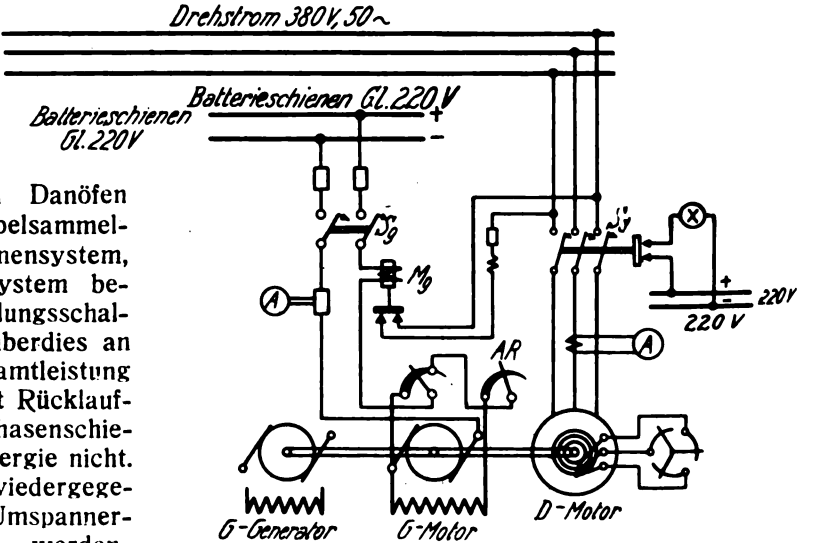


Abb. 53. Motorenschaltung eines Hilfserregerumformers.

lösung auch einen Nullspannungsauslöser, dessen Stromkreis über den Überstromausschalter S_g des Gleichstrommotors führt. Tritt eine Überlastung im Drehstromkreis durch Kurzschluß oder

Digitized by Google

starke Frequenzsteigerung oder großen Spannungsabfall ein, so öffnet S_d und der Gleichstrommotor übernimmt den Betrieb; sinkt aber die Frequenz stark, so übernimmt der Gleichstrommotor von dem entlasteten Drehstrommotor einen Teil der Leistung. Da hiebei der Drehstrommotor unter Umständen als Asynchrongenerator zurückspeisen könnte, wäre eine Überlastung des Gleichstrommotors möglich; tritt sie ein, so öffnet der Gleichstromauslöser M_g den Kreis des Nullspannungsauslösers und schaltet so den Drehstrom durch S_d ab. Sollte der Drehstrom einpolig unterbrochen sein, so kann infolge der größeren Schlüpfung des einphasig weiterlaufenden Drehstrommotors der Gleichstrommotor mitbelastet werden. Tritt übermäßige Rückspeisung von Wechselstrom

so kann man diese Feldwiderstände mechanisch kuppeln, doch ist auch Einzelregelung möglich.

β) Mittelbare Handregelung: Die Batterieschienen geben Fremderregung an den Generator des jeweils benützten Erregerumformers (EU_I oder EU_{II}), und erst der letztere speist die Felder der Haupterreger, wobei Einzelregelung durch die Nebenschlußregler möglich ist.

γ) Selbsttätige Regelung: Die Batterieschienen geben Fremderregung an den Umformergenerator, jedoch über eine in deren Feldkreis eingeschaltete Dickreglergruppe, und der so beeinflußte Hilfserreger speist die Felder der Haupterreger; die Spannungsänderung geschieht bei fester Einstellung der Feldregler des Erregerumformers nur durch die Dickregler selbsttätig über einen diesen

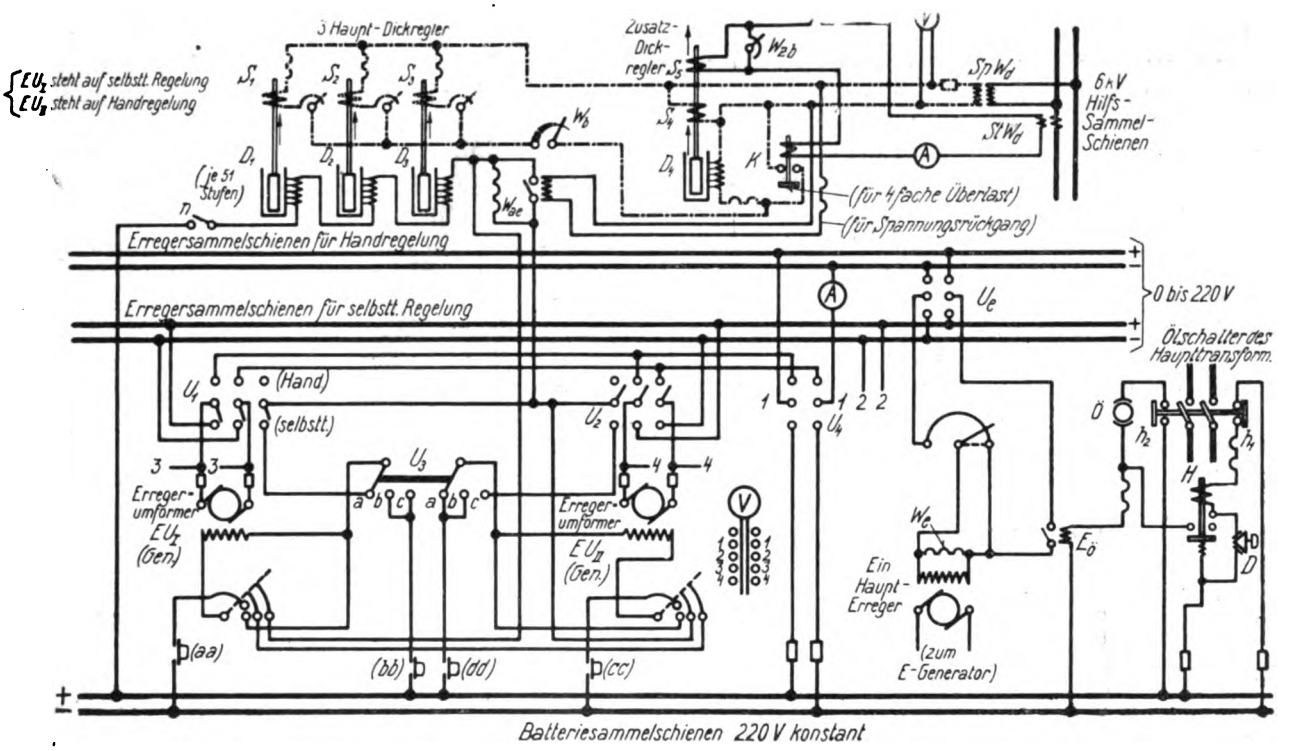


Abb. 54. Schaltung für Spannungsregelung.

und dadurch eine Überlastung des Gleichstrommotors ein, so tritt S_d, wie vorhin beschrieben, in Wirksamkeit und öffnet den Drehstromkreis.

Abb. 54 zeigt das Zusammenarbeiten der Hilfserregerumformer und der Dickregler. Von den beiden Gleichstrom zwischen 0 und 220 V führenden Erregersammelschienen dient eine zur Handerregung, die andere zur selbsttätigen Erregung. Das Feld jedes Haupterregers kann im stromlosen Zustand durch einen Umschalter U_e wahlweise auf die einen oder anderen Schienen geschaltet werden. Es sind nun drei Arten der Spannungsregelung möglich:

α) Unmittelbare Handregelung: Die Batterieschienen speisen mit 220 V konstant alle Haupterregerfelder, und die Haupterreger werden nur durch ihre eigenen Nebenschlußregler geregelt; sollen alle Generatoren gleichmäßig erregt werden,

Regiern vorgeschalteten, normal kurzgeschlossenen Aberregungswiderstand W_{ae}.

Bei Beschädigung eines Haupterregers ist es nicht möglich, seinen Generator unmittelbar aus der Batterie zu erregen. In den Fällen β und γ sind die Läufer der jeweils parallellaufenden Hauptgeneratoren durch den Anker des Hilfserregergenerators elektromagnetisch gekuppelt.

An Spannungsreglern, System Dick, sind, wie wir aus Abb. 54 erkennen, einerseits drei mit den Spannungsspulen S_1 bis S_3 parallel und mit den Tauchwiderständen in Reihe geschaltete Hauptregler D_1 bis D_3, anderseits ein Zusatzregler D_4 für die Compoundierung (+ 10 bis — 25 vH) vorhanden. Drei Regler wurden wegen des großen Regelbereiches (109 bis 450 A Erregerstrom) gewählt. Ihre Spannungsspulen werden von dem Dickspannungswandler SpWd an den

Digitized by Google

6 kV-Hilfsschienen gespeist. Der Regelwiderstand W_b gestattet in empfindlicher Weise die Blindstromverteilung einzustellen. Der Tauchkolben des Zusatzreglers ist den Spulen S_1 bis S_3 vorgeschaltet. Dieser Regler D_4 hat selbst zwei Spannungsspulen S_4 und S_5. Normal wird er von S_4 beeinflußt, das über einen Stromzeiger von den 6 kV-Schienen durch einen Stromwandler gespeist wird. Ein Reihen- und ein Parallelwiderstand erlauben die Einstellung des Compoundierungsgrades. Die Spule S_5 hat nur den Zweck, den Zusatztauchkolben auch bei einem Strome Null, wo S_4 gar nicht wirkt, in Schwebe zu halten. Erwähnt sei noch, daß die Gleichspannung des Wechselstromgleichstromumformers durch zwei weitere Dickregler konstant gehalten wird. Dies war angesichts der starken Spannungs- und Frequenzschwankungen im Wechselstromnetz ratsam.

Die Wahl des Umformersatzes und die Einstellung einer bestimmten Spannungsregelungsart geschehen mittels des Wählumschalters U_3, der unterbrechungslosen Übergang gestattet, und mittels der Umformerschalter U_1 U_2 und des Sammelschienenumschalters U_4.

α) Steht U_3 in der Mitte und U_4 nach unten, so wird durch die Batterie das obere Schienenpaar für Handregelung erregt (unmittelbare Handregelung). Die Stellung von U_1, U_2 ist gleichgiltig.

β) Steht U_4 oben, so kann man unmittelbar von Hand regeln. Stellt man U_1 nach oben und U_3 nach rechts, so kann man mittels EU_I regeln; denn die Batterie erregt das Feld von EU_I. Wird U_3 nach links und E_2 nach oben gestellt, so geschieht das gleiche mittels EU_{II}. In der Mittelstellung von U_3 sind beide Hilfserreger parallelgeschaltet (Übergangsstellung).

γ) Öffnet man U_4 und stellt U_3 nach links und U_1 nach unten und öffnet die Trennmesser *b b* und *d d*, so fließt der Batteriestrom vom positiven Pol über *n* durch die Stufenwiderstände D_1 bis D_3, durch den normalen kurzgeschlossenen Widerstand W_{ae} über U_1 und U_3 durch das Generatorfeld des Hilfserregers nach *a a* zum negativen Pol; es findet also selbsttätige Regelung mit Benützung von EU_I statt. Analog kann man beim Stellen von U_3 nach rechts EU_{II} heranziehen. Es ergibt sich also, daß bei selbsttätiger Regelung ein Übergang zwischen den Umformern nur auf dem Wege über die mittelbare Handregelung (Mittelstellung von U_3) möglich ist. Vor dem Übergang auf selbsttätige Regelung wird der Feldwiderstand des Umformergenerators langsam kurzgeschlossen oder auf eine bestimmte Marke eingestellt, wodurch die Dickregler mit den Tauchkolben frei zu spielen beginnen. Beim Übergang von einem Umformer zum anderen werden umgekehrt die Tauchkolben vorerst durch Betätigung des Feldreglers langsam zum Aufsitzen gebracht und erst nachher wieder zum Anheben veranlaßt. Die Trennmesser *a a* bis *d d* sind gleichzeitig Sicherungen.

Beim Anlassen des ersten Generators nach allgemeinem Stillstand wird er an die 6 kV-Schienen angeschlossen, mittelbar von Hand geregelt und erst dann an die 55 kV-Schienen, allenfalls nach erfolgtem Synchronisieren, angeschaltet und schließlich die Dickanlage in Betrieb gebracht. Beim Zuschalten weiterer Sätze müssen die schon laufenden vorher auf mittelbare Handregelung (wegen der zu erwartenden Spannungsschwankungen im Betrieb) gestellt werden. Alle Umschaltungen an den Hilfserregern können vom Befehlsraum gemacht werden; nur das Betätigen der Trennmesser für 6 und 50 kV geschieht über telephonischen Auftrag durch den Wärter im Erdgeschoß.

Trotz aller Selbsttätigkeit der Dickregler muß doch zeitweise im Betriebe eine zusätzliche Einstellung der Blindlastlieferung von Hand, also der Übercompoundierung, vom Befehlsraum aus möglich sein und zwar aus zwei Gründen:

1. weil die Streckenbelastung beständig ihren Ort wechselt, also auch das Compoundierungsausmaß ein zeitweise wechselndes sein muß;

2. zur Vermeidung von Stromüberlastungen im Spullerseewerk, welches ja zwecks Lieferung des größten Teiles des Blindstromes höher erregt ist als das Ruetzwerk. Tritt eine bedeutende Laststeigerung auf, so wird durch die eintretende Übercompoundierung die ohnehin bedeutende Stromaufnahme durch den hinzukommenden Wirkstrom noch mehr vergrößert und kann zur Aberregung des Werkes und infolge unvermeidlicher Rückwirkung auf das nunmehr mit dem vollen Blindstrom belastete Ruetzwerk auch zu dessen Stromüberlastung und damit schließlich zum Herausfallen beider Kraftwerke führen. Diese Zusammenhänge treten in Erscheinung, wenn die größten Streckenbelastungen westlich vom Spullersee oder nahe bei ihm auftreten. Daher muß der Wärter vor dem planmäßigen Erscheinen solcher Höchstbelastungen die Compoundierung mittels der Regelwiderstände W_b und W_{zb} entsprechend herabsetzen; hiebei ist die Verstellung von W_b wesentlich empfindlicher.[13]) Deshalb mußten die Handräder der genannten Widerstände auf das Schaltpult gesetzt werden.

Selbsttätige Aberregung. Öffnen die Leitungschalter, so findet eine Aberregung nicht statt, wohl aber in den nachstehenden 4 Fällen (siehe Abb. 54 und 55):

1. Wenn der Generatorstrom den vierfachen Grundwert, also 1904 A, überschreitet, zieht das Relais *K* an und schließt den Tauchkolbenwiderstand des Zusatzdickreglers D_4, sowie einen Teil des Einstellwiderstandes der 3 anderen Regler kurz, die Hauptregler bekommen zu hohe Spannung und regeln auf die der 1·1 fachen Leerlaufspannung (6600 V) entsprechende Erregerstromstärke herab. Fällt unterdessen der Überstrom, so erholt sich die Generatorspannung wieder. Die Aberregung wirkt auf alle Generatoren.

[13]) Diese Verhältnisse sind in dem früher erwähnten Aufsatz des Verfassers über die Lastverteilung, E. u. M. 1926, Heft 2, ausführlich erörtert.

Digitized by Google

2. Wird der Dickspannungswandler $Sp.W_d$ untauglich oder sinkt allgemein die Spannung an den 6 kV-Schienen unter die Hälfte ihres normalen Betrages, so muß aberregt werden, weil sonst die Regler auf höchste Spannung arbeiten

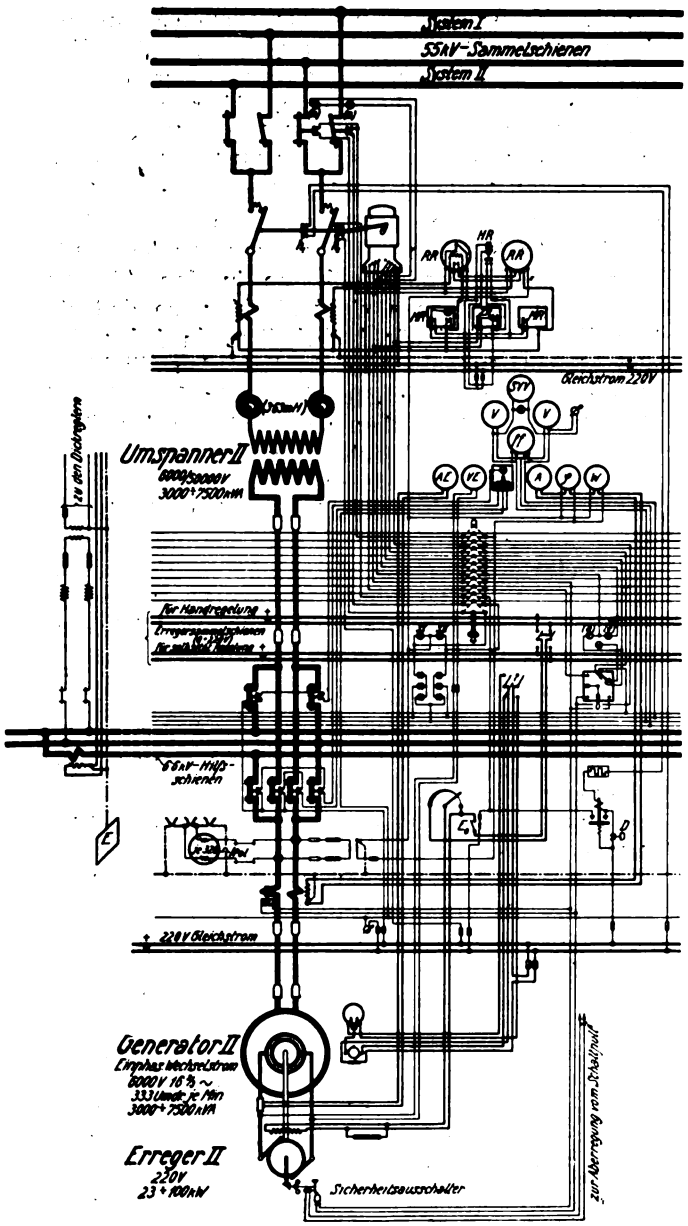


Abb. 55. Vollständige Schaltung eines Generatorabzweiges.

würden. Der normal kurzgeschlossene Widerstand W_{ae} wird eingeschaltet und dadurch wieder die unter *a* genannte Leerlaufspannung erreicht. In der gleichen Aberregungsstellung ist der Widerstand, solange alle Generatoren abgeschaltet sind. Steigt die Spannung auf $^3/_4$ ihres normalen Wertes, so wird der Widerstand selbsttätig kurzgeschlossen und die Generatorspannung erholt sich.

3. Öffnet ein Umspannerölschalter (von Hand oder wegen Überstromes oder zu hoher Öltemperatur selbsttätig), so wird auch aberregt. Solange der Schalter geschlossen ist, bleibt der Feldkreis des Haupterregers beim Erregungsschützen E_δ geschlossen; öffnet er, so wird bei h_2 dieser Hilfskreis geöffnet und das Feld abgeschaltet, wobei es sich über den Parallelwiderstand D_e entladen kann. Beim Anlassen eines Satzes könnte man nun, da E_δ offen steht, nicht erregen. Um dies zu ermöglichen, drückt man vorübergehend auf den Druckknopf D; dadurch zieht, über h_1 erregt, der Hilfsanker K an und gibt Strom an E_δ, wobei H sich selbst verriegelt; nach dem Schließen des Ölschalters bleibt E_δ trotzdem unter Spannung, weil der Hilfsstrom nunmehr über h_2 fließt. Es wird also nur der betreffende Generator vollständig und dauernd entregt.

4. Beim Durchgehen eines Satzes veranlaßt der Sicherheitsschalter, wie schon im Abschnitt *V* beschrieben, nach dem Einschwenken des Strahlablenkers das Auslösen des Ölschalters.

Das Aberregen dient als Überstromschutz, hat aber auch den Nachteil, daß das mitlaufende Ruetzwerk gezwungen wird, den ganzen Blindstrom zu übernehmen, und dabei, wenn es schon vollbelastet war, ebenfalls herausfällt.

c) Generatorstromkreise.

Abb. 55 gibt die vollständige Schaltung einer Einheit. Im Bedarfsfall kann eine Kreuzung zwischen einem Generator und einem anderen Umspanner mittels einer Umschaltwalze mit 11 Kontakten und 2 Stellungen vorgenommen werden; in diesem Fall muß der gekreuzte Generator gleichzeitig derjenige sein, der die Dickregler steuert (wegen der Benützung der Hilfsschienen). Die elektrischen Größen werden auf der 6 kV-Seite gemessen. Alle Stromwandler sind kurzschlußsicher.

In dem besonderen 6 kV-Schalthaus sind oben die 3 Hilfsschienen (an die auch ein Belastungswiderstand angeschlossen werden kann), darunter die Generatortrennmesser für Schaltstangenbedienung und die Spannungswandler.

(Schluß folgt.)

Digitized by Google

Die Mikromechanik.

Von Dr. Ludwig **Flamm**, o. ö. Professor der Technischen Hochschule in Wien.

„Abhandlungen zur Wellenmechanik“[1]) lautet der Titel des Buches, in welchem ein der Wiener Schule entstammender, zuletzt aber an der Züricher Universität wirkender Physiker, E. Schrödinger, seine im ersten Halbjahr 1926 hauptsächlich in den „Annalen der Physik“ erschienenen bahnbrechenden Arbeiten gesammelt veröffentlicht hat. Die starke Nachfrage nach Sonderabdrücken hatte diesen Neudruck veranlaßt; denn das Interesse der Physiker und Mathematiker an diesen Arbeiten war ein ungemeines. Schwierigkeiten, mit denen die Physik der letzten Dezennien hart zu kämpfen hatte, erscheinen hier in einer geradezu verblüffenden Weise überwunden. Es handelt sich um grundlegende Fortschritte der Physik, welche gewiß nicht bloß für die engsten Fachgenossen von Bedeutung sind, sondern auch für jene weiten Kreise Interesse haben, welche mit angewandter Physik auf Schritt und Tritt zu tun haben. Darum seien die folgenden Zeilen einer kurzen Besprechung dieser neuesten Entwicklung der Physik gewidmet.

Wie aus dem Titel des Buches bereits hervorgeht, handelt es sich um einen Ausbau der Mechanik. Allen dynamischen Erscheinungen glaubte man bis vor kurzem die Gesetze der Newtonschen Mechanik zugrundelegen zu können. Diese war ihrer Entstehung nach eigentlich eine Himmelsmechanik. Aber auch die terrestrische Dynamik zeigte sich denselben Gesetzen unterworfen. Ja, es gab eine Zeit, wo man alles physikalische Geschehen auf die Gesetze der Newtonschen Mechanik begründen zu können glaubte. Diese Bestrebungen wurden zuerst mit der Entwicklung der Maxwell-Hertzschen Theorie für die elektromagnetischen Erscheinungen fallen gelassen. Doch die Lorentzsche Elektronentheorie knüpfte ein neues Band zwischen Mechanik und Elektromagnetismus. Den Abschluß dieser Entwicklung bildete das Einsteinsche Relativitätsprinzip, durch welches sich die Mechanik wohl einige Abänderungen gefallen lassen mußte, welche aber erst bei solchen mechanischen Geschwindigkeiten eine Rolle spielen, die schon nahe an die Lichtgeschwindigkeit heranreichen.

Schwierigkeiten grundlegender Natur brachte erst die Mechanik der Atom- und Molekülmodelle. Aus Experimenten hatten Rutherford und Lenard den Schluß gezogen, daß die Atome aus einem positiv geladenen, schweren Zentralkern bestehen, der von einer Hülle negativ geladener Elektronen umgeben wird. In den Molekülen und in den Kristallen der Festkörper hat man sich die Einzelatome mit ihren Elektronenhüllen aneinandergereiht zu denken. Mit der Mechanik dieser Elektronenhüllen befaßte sich die Bohrsche Atomtheorie.[2]) Nach ihr beschreiben die Elektronen unter dem Einfluß der wirkenden Kräfte Bahnen um den Kern, ebenso wie die Planeten um die Sonne. Diese Bahnen lassen sich nach den Gesetzen der Newtonschen oder genauer der relativistischen Mechanik berechnen. Aber nicht die ganze kontinuierliche Mannigfaltigkeit mechanisch möglicher Bahnen tritt wirklich auf, sondern nur eine diskrete Anzahl unter ihnen, welche durch sogenannte Quantengesetze ausgewählt werden. Auch sollen im Gegensatz zur Maxwell-Hertzschen Elektrodynamik die in den Atomen kreisenden Elektronen nicht strahlen, so daß sie ihre Energie stationär beibehalten. In jeder der diskreten Quantenbahnen besitzt das Elektron eine ganz bestimmte „quantenmäßig festgelegte“ Energie. Nur bei spontanen Übergängen der Elektronen aus einer Quantenbahn in eine andere kann nach der Bohrschen Theorie Energie mit der Umgebung ausgetauscht werden. Auch die Ausstrahlung von Energie erfolgt nur mittels dieser Elektronensprünge und zwar in Form von Strahlung ganz bestimmter Frequenz ν, welche mit dem abgegebenen Energiequantum W in der Plankschen Beziehung steht

$$W = h\nu.$$

Der Proportionalitätsfaktor h ist eine universelle Konstante und heißt das „Plancksche Wirkungsquantum“.

Die Bohrsche Theorie hatte ganz gewaltige Erfolge zu verzeichnen, insbesondere in der Berechnung der Linien- und Bandenspektren. Auch zeigte sie der Experimentalforschung ganz neue fruchtbare Wege. Darum setzte sie sich durch, unbeschadet all ihrer logischen Mängel. Man empfand es nur als Schönheitsfehler, daß sie die Gesetze der klassischen Physik teilweise als Grundlage heranzog, teilweie aber außer Geltung setzen mußte. Als man sich schließlich an kompliziertere Probleme heranwagte, Mehrelektronenprobleme und Einwirkung gekreuzter elektrischer und magnetischer Felder auf ein Elektron, stellten sich Mißerfolge ein. Geringfügige Korrekturen an den Resultaten waren auch sonst vielfach nötig. So wurde es offenbar, daß die Bohrsche Theorie noch nicht die wahre Grundlage der Physik der Atome und Moleküle darstellen konnte.

Die Bohrsche Theorie hatte aber die Überzeugung wachgerufen, daß ein prinzipieller Unterschied bestehe zwischen der Mikromechanik der Atome und Moleküle und der gewöhnlichen Mechanik, die man im Gegensatze dazu als Makromechanik bezeichnen wird, nämlich das Auftreten der Atom- und Molekülzustände in diskreten Energiestufen im Gegensatz zu der kontinuierlichen Mannigfaltigkeit möglicher mechanischer Energie der Makroobjekte. Diesem Umstande trug

[1]) E. Schrödinger, Professor, in Zürich. — 139 Seiten mit 12 Abb., Leipzig 1927, Verlag von Joh. Ambr. Barth, Preis geh. 5·70 Mk., geb. 7·50 Mk.

[2]) Vgl. E. u. M. 1918, S. 402 ff.

Digitized by Google

die Theorie von Heisenberg in radikaler Weise Rechnung.[3]) Die bisherigen Differentialgleichungen der Mechanik werden nach ganz bestimmten Vorschriften in Differenzengleichungen umgewandelt. In diesen treten als Unbekannte solche Größen auf, welche die Quantenniveaus und die Übergänge zwischen ihnen darstellen sollen. Die Rechenoperationen müssen noch besonders vorgeschrieben werden und man hat schließlich unendlich viele Gleichungen mit unendlich vielen Unbekannten aufzulösen.

Ihr logisch einwandfreier Aufbau hat der Heisenbergschen Theorie bald begeisterte Anhänger gebracht, welche deren weiteren Ausbau kräftig förderten. Aber die Rechenmethode war ungebräuchlich und mühsam. Auch fehlte der Heisenbergschen Theorie so gut wie jeder anschauliche Vorstellungsinhalt. Doch zeigte sich, daß die gewonnenen Resultate mit der Erfahrung in Einklang standen.

Bald nach Aufstellung der Heisenbergschen Theorie erschienen die eingangs erwähnten Arbeiten Schrödingers. In diesen wurden gleichfalls die Grundgesetze der Mikromechanik formuliert, aber ganz in entgegengesetzter Weise wie nach Heisenberg. Nach Schrödinger gehen die sogenannten Quantenzustände der Mikromechanik auf etwas zurück, was den diskreten Eigenschwingungen der Makromechanik gleicht. Das bekannteste Beispiel hiefür stellt die eingespannte Saite dar, welche nur in ihrem Grundton und deren Obertönen schwingt. Auch eine eingespannte Membran besitzt bloß eine diskrete Anzahl von Eigenschwingungen. Sowohl für die Saite wie für die Membran ergeben sich nach der klassischen Mechanik die Eigenschwingungen durch Lösung einer bestimmten Art von Differentialgleichungen. Die Quantenzustände der Mikromechanik erhält Schrödinger auf gleiche Weise durch Auflösung einer Differentialgleichung vom gleichen Typus, welche sich wieder nach bestimmten Vorschriften aus den Grundgleichungen der klassischen Mechanik bilden läßt.

Die aus der Schrödingerschen Theorie sich ergebenden Energieniveaus stimmten genau mit den aus der Heisenbergschen Theorie erhaltenen überein. Schließlich konnte Schrödinger sogar zeigen, daß die Grundgesetze und Rechenregeln der Heisenbergschen Theorie aus seiner eigenen Theorie sich herleiten liessen, ja daß völlige Äquivalenz zwischen den beiden Theorien bestehe, woraus die Übereinstimmung der Resultate mit Notwendigkeit folgt. Die Schrödingersche Theorie hat aber vor der Heisenbergschen Theorie den unbestreitbaren Vorzug, daß sie sich der einfacheren und geläufigen Rechenmethoden der klassischen Physik bedient.

Aber die Schrödingersche Theorie weist noch einen anderen wichtigen Unterschied gegenüber der Heisenbergschen Theorie auf, sie ist aus anschaulichen Vorstellungen erwachsen. Vor hundert Jahren schon hat Hamilton durch Einführung von Wellenvorstellungen in die Punktmechanik den höchsten Aufschwung des Ausbaues der klassischen Mechanik erzielt. In jüngster Zeit hatte L. de Broglie gezeigt, daß man auf Grund solcher Wellenvorstellungen notwendig zu den Quantengesetzen gelangt, welche die stationären Elektronenbahnen der Bohrschen Theorie bestimmen. Dadurch angeregt hat Schrödinger seine Theorie als eine Wellenmechanik aufgestellt.

Nach diesen Wellenvorstellungen hat man jeden Massenpunkt als das Schwingungszentrum eines Wellenpaketes zu betrachten, das sind Wellen, welche auf einen engen Bereich beschränkt sind. Solche Wellenpakete lassen sich auch auf die geläufigeren unbegrenzten Wellenzüge zurückführen. Ein System unbegrenzter Wellenzüge von verschiedener Wellenlänge und Fortpflanzungsrichtung löscht sich im allgemeinen überall durch Interferenz aus bis auf einen engen Bereich, in welchem Phasenübereinstimmung herrscht. Ein äußeres Kraftfeld erzeugt nach der Wellenmechanik eine variable Wellengeschindigkeit, derzufolge die Wellen auch nicht mehr geradlinig laufen und das Wellenpaket dieselben Bewegungen ausführt, wie nach der klassischen Mechanik ein Massenpunkt in diesem Kraftfeld.

Auch ein Elektron ist als ein Wellenpaket zu betrachten. Die Elektronen, welche den Kern eines Atomes umhüllen, stehen unter der Wirkung des vom Kerne erzeugten Zentralkraftfeldes. Ein solches hat nach der Wellenmechanik das Herumlaufen der Elektronenwellen um den Kern zufolge. Unter diesen Verhältnissen können aber nur in sich geschlossene Wellenzüge bestehen, da alle anderen durch Interferenz sich aufheben. Die möglichen in sich geschlossenen Wellenzüge findet man als die eindeutigen, stetigen und endlichen Lösungen der Differentialgleichung dieser Wellen. Solcher Lösungen gibt es aber nur eine diskrete Anzahl, da diese Differentialgleichung eben den auf Eigenschwingungen führenden Typus besitzt.[4])

Darin besteht also nach der Schrödingerschen Theorie der Unterschied zwischen Mikromechanik und Makromechanik, daß man für die Atom- und Molekülphysik notwendig erst die Schrödingersche Wellengleichung lösen muß, um jene diskreten Schwingungen zu finden, in denen ein Elektron auftreten kann, während die Makromechanik keine solchen Einschränkungen vorschreibt. Darum ist auch die Wellenmechanik für die makromechanischen Probleme entbehrlich und dies ist der Grund, daß Hamiltons Wellenvorstellungen sich gar nicht eingebürgert haben. Die mikromechanischen Probleme aber machen die Wellenmechanik unentbehrlich.

Das Elektron kann nach der Schrödingerschen Theorie im Atom oder Molekül entweder in einer einzigen Eigenschwingung auftreten, dann tritt keine Ausstrahlung ein. Das Elektron kann aber auch in Form von zwei oder mehr Eigenschwingungen auftreten, dann aber strahlt das Atom oder Molekül Energie aus in Form elektromagnetischer Wellen, deren Frequenz den Differenzschwingungen entspricht. Treffen umgekehrt auf ein Atom

[3]) Vgl. a. Heft 1 d. J., S. 10.

[4]) Elementare Darstellung von L. Flamm. Die neue Mechanik. „Naturwissenschaften" 15, 569, 1927.

Digitized by Google

oder ein Molekül elektromagnetische Wellen mit einer Frequenz, welche einer Eigenschwingungsdifferenz gleichkommt, so tritt Energieabsorption auf, wobei gleichzeitig die tiefere der zugehörigen Eigenschwingungen geschwächt und die höhere verstärkt wird. Analog zeigt sich, daß verschiedene Atome oder Moleküle gekoppelt nur dann miteinander Energie austauschen, wenn sie in einer Eigenschwingungsdifferenz wenigstens miteinander übereinstimmen.[5])

Die Schrödingersche Theorie führte also zu dem bemerkenswerten Resultat, daß die sogenannten Quantenerscheinungen sich auch ohne alle Quantenvorstellungen der Bohrschen Theorie erklären lassen. Es ist gar nicht nötig anzunehmen, daß die Elektronenenergie in den Atomen und Molekülen nur in diskreten Stufen auftritt und nur um endliche Quanten ausgetauscht werden kann. Nach der Schrödingerschen Theorie können die Energieänderungen ganz stetig vor sich gehen und das Diskrete sind bloß die Frequenzen der Eigenschwingungen. Die experimentell bestätigten Quantenrelationen ergeben sich aber als formale Beziehungen aus den Differentialgleichungen der Schrödingerschen Theorie.

Die Krise der Physik, welche in der Mechanik der Atom- und Molekülmodelle in Erscheinung trat, scheint nunmehr überwunden zu sein. Es existieren heute sogar zwei verschiedene einwandfreie Systeme der Mikromechanik, die Heisenbergsche Theorie und die Schrödingersche Theorie. Nur darin könnte man noch im Zweifel sein, was man mehr bewundern soll, den mathematischen Scharfsinn, mit welchem Heisenberg und seine Anhänger die formalen Gesetzmässigkeiten der Mikromechanik zu konstruieren wußten, oder die schöpferischen Ideen, durch welche Schrödinger die Mikromechanik unserem Verständnisse erschloß. Die Behandlung derselben Erscheinungen auf so ganz entgegengesetzte Weise ist in der Physik nicht neu. In einem ähnlichen Verhältnisse zueinander wie die Heisenbergsche und die Schrödingersche Theorie stehen auch zum Beispiel die Thermodynamik und die kinetische Theorie der Materie. Von zwei bestehenden äquivalenten Theorien hat noch immer die Entwicklung der einen mehr oder weniger Nutzen aus der anderen gezogen, was auch hinsichtlich der Heisenbergschen und der Schrödingerschen Theorie sich wieder zeigt.

Wohl kann man aber sagen, daß einem allgemeineren Verständnis zugänglicher die Schrödingersche Theorie ist, auf welche sich darum auch die restlichen Erörterungen beziehen sollen. Die Mikromechanik stellt offenbar nur den ersten Schritt dar, den wir mit Hilfe der Schrödingerschen Ideen auf dem Wege zu einer Mikrophysik zurücklegen. Die von den Atomen und Molekülen ausgestrahlte Energie tritt ja in Form von elektromagnetischen Wellen auf. Es ergibt sich also die Notwendig einer organischen Verknüpfung der Mikromechanik mit dem elektromagnetischen Feld, welche aber bis jetzt noch nicht in befriedigender Weise gelungen ist.[6])

[5]) E. Schrödinger, Energieaustausch nach der Wellenmechanik. Ann. d. Physik (4), 83, 956, 1927.

[6]) E. Schrödinger, Der Energieimpulssatz der Materiewellen. Ann. d. Physik (4), 82, 265, 1927.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

100 at Lavaldampfturbinen. Laval hat schon bei seinen ersten Versuchen die Zweckmäßigkeit der Verwendung hochgespannten Dampfes erkannt und bereits 1897 auf einer Stockholmer Ausstellung mit 110 at Dampf arbeitende Turbinen vorgeführt. Schwierigkeiten ergaben sich nur bei den Dampfkesseln und erst deren neueste Entwicklung hat es ermöglicht, daß hochgespannter Dampf dauernd betriebsmäßig verwendet werden kann. Die A.-B. de Lavals Angturbin hat kürzlich zwei 480 kW, 100 at Turbinen gebaut, die beide bei 400° Dampftemperatur und 6 at Gegendruck zufriedenstellend arbeiten und 12 bis 13 kg Dampf je kWh verbrauchen. Die Turbinen laufen mit 15 000 U/min, sie sind mit Drehstromerzeugern für 525 V, 50 Per/s gekuppelt, die mit 3000 U/min laufen. Die Turbinen bestehen aus zwei einkränzigen Gleichdruckstufen von 293 und 295 mm mittlerem Raddurchmesser, entsprechend einer mittleren Umlaufsgeschwindigkeit von 232 m/s. Die beiden mit der Welle und dem Antriebsritzel aus einem Stück bestehenden Räder sind fliegend angeordnet, eine Hochdruckstopfbüchse entfällt daher. Ein etwaiger Axialdruck wird durch ein beiderseitig wirkendes Michell-Lager aufgenommen. Für die Düsenregelung sind gewöhnlich 4 Ventile vorgesehen, bei der einen Turbine aber nur zwei, von welchen bei Halblast eines bereits voll geöffnet wird. Bei weiterer Steigerung der Belastung wird nur mehr das zweite Ventil vom Regler beeinflußt, so daß die Drosselverluste auf die zu diesem Ventil gehörende Düsengruppe beschränkt sind. Bis zur halben Belastung ist dieses Ventil hingegen ganz geschlossen. Bei Überdrehzahl wird die Dampfzufuhr durch einen auf der Dynamowelle sitzenden Sicherheitsregler gänzlich abgesperrt. Das Turbinengehäuse und die Ventilkörper sind aus Stahlguß, die Wand zwischen den beiden Stufen ist aus Stahl geschmiedet. (In dem Aufsatze sind auch genaue maßstäbliche Zeichnungen der Düsen und Schaufeln enthalten. Der Ber.) J.

(Engg., Bd. 124, Nr. 3212, 1927.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Eine Einrichtung zur Änderung des Übersetzungsverhältnisses von Transformatoren ohne Stromunterbrechung bespricht A. Palme. Der Artikel behandelt die Anwendungsmöglichkeiten der Schaltung, gibt eine kurze Erklärung derselben und einige Beispiele für typische Anlagen. Der einfachste Anwendungsfall ist eine einphasige, industrielle Anlage, bei der eine häufige Änderung der Sekundärspannung unter Last verlangt wird, wie zum Beispiel bei elektrischen Schmelzofenanlagen. Dort wird oft eine große Zahl von Anzapfstufen verlangt, eine Spannung bis 20 V ist nichts Ungewöhnliches. Der dadurch bedingte große Regulierbereich, mit vielen Schaltgängen und die häufig sehr staubige Atmosphäre, in welcher die Regulierapparate untergebracht sind, setzen bei diesen eine sehr kräftige Ausführung voraus. Normalerweise sind die Regulierschalter nur für 12 Stufen ausgebildet. Durch eine entsprechende Wicklungsanordnung beim Transformator kann die Stufenzahl vermehrt werden[1]). Für die Transformation hoher Spannungen bis

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 684.

Digitized by Google

zirka 66 kV bei großen Leistungen kann zwischen Dreiphasen-Transformatoren und einem System, bestehend aus drei Einphasen-Transformatoren gewählt werden. Anlagen für höhere Spannungen werden in der Regel aus Einphasen-Transformatoren zusammengebaut. Die Schalteinrichtung für diese beiden Fälle ist, obwohl sie dieselbe Aufgabe erfüllt, in ihrer Ausführung verschieden. Außerdem ist es zweifelhaft, daß die Anordnung der Anzapfungen an der Hauptwicklung des Transformators selbst die wirtschaftlichste Lösung für einen dreiphasigen Transformator darstellt. Nicht ohne weiteres kann bei einem aus drei Einphasen-Transforma-

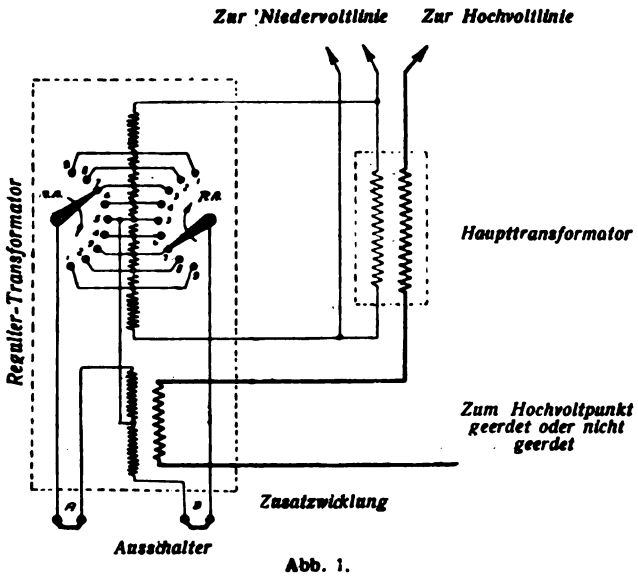


Abb. 1.

toren bestehenden System die Reguliermethode gewählt werden. In diesem Fall hat jede Phase ihren eigenen Transformator mit der für die Spannungsregulierung erforderlichen Apparatur.

Nach einer anderen Methode haben die drei Haupttransformatoren keine Anzapfungen, sondern einen besonderen Reguliertransformator in Serie, welcher von den Haupttransformatoren erregt wird. Die Anzapfungen sind an der Wicklung des Reguliertransformators angeordnet und werden durch eine entsprechende Schalteinrichtung reguliert (siehe Abb. 1). Diese Anordnung

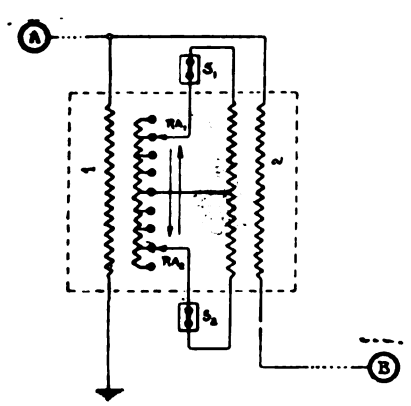


Abb. 2.

hat viele Vorteile. Die Wicklung der Haupttransformatoren ist wesentlich einfacher, ebenso die ganze Schalteinrichtung. Diese Vorteile kompensieren die höheren Kosten der Schaltung, die durch den Reguliertransformator entstehen. Ein anderes Anwendungsgebiet für Spannungsregulierung unter Last ergibt sich bei Transformatoren, welche zwei Netze mit verschiedenen und variablen Spannungen kuppeln. Abb. 2 stellt das Schaltschema für diesen Fall dar. *A* und *B* sind die beiden Zentralen.

Zusammenfassung: Es gibt verschiedene Methoden, die eine Spannungsregulierung unter Last ermöglichen. Folgende drei darunter sind am besten bekannt:

1. Die Wicklungsanzapfungen sind zu einer geraden Kontaktbahn geführt, auf welcher eine Doppelbürste gleitet. Die beiden Teile der Bürste sind zu den Enden einer Reaktanz geführt, welche den Kurzschlußstrom, der beim Übergang von einem zum anderen Kontakt entsteht, begrenzt. Bei kleineren Leistungen und rascher Bürstenbewegung ist dieser Kurzschlußstrom ungefährlich. Diese Methode wird sehr häufig für Transformatoren elektrischer Lokomotiven in Europa angewandt. Sie ist geeignet für Leistungen von einigen Tausend kVA bei mäßigen Spannungen.

2. Die unter 1. kurz skizzierte Methode kann so abgeändert werden, daß jede Anzapfung zu einem Ölschalter geführt wird. Eine Reaktanz begrenzt wieder den Kurzschlußstrom, der beim kurzzeitigen Schluß zweier aufeinander folgender Schalter entsteht.

3. Der Transformator ist mit zwei Wicklungen versehen, jede hat die notwendigen Anzapfungen und zugehörigen Schalter. Bei normalem Betrieb sind beide Wicklungen parallel geschaltet. Diese Schaltung kann dem Anwendungszweck entsprechend modifiziert werden und entweder die Schaltung nach Abb. 1 oder die Schaltung nach der Abbildung, der obzitierten Stelle, Jahrgang 1926, S. 684, verwendet werden. Diese Methode eignet sich für jede Leistung und Spannung.

In Amerika haben nur die Methoden 2. und 3. Eingang in die Praxis gefunden. F. T.

(Journal A. I. E. E., Bd. 48, August 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Einheitswechselstromzähler. E. Evans. Dieser neuerdings beliebte Ausdruck will besagen, daß es sich um einen Zähler für Wohnungsanlagen handelt, der infolge günstiger Fehlerkurve mehrere nach Stromstärken unterteilte Zählergrößen ersetzt. Der Bergmannzähler Type 5 A ersetzt zum Beispiel die bisherigen Ausführungen für 1·5 bis 3 und 5 A; da er bis auf die doppelte Nennstromstärke überlastbar ist, ohne daß die Fehlerkurve abfällt, entspricht er auch den durch Einschalten von Heiz- und Kochapparaten gelegentlich vorkommenden Überlastungen. Diese Überlastbarkeit wird durch einen magnetischen Nebenschluß zum Hauptstromfluß erreicht. Bisher zeigten die Zähler bei zunehmender Überlast verhältnismäßig immer weniger an, zum Schaden des stromliefernden Werkes. Der neue 5 A-Zähler hat eine fast horizontale Fehlerkurve bis 200 vH der Nennlast. Durch den magnetischen Nebenschluß konnte auch der Abfall der Kurve bei kleiner Last vermindert werden. Hiedurch ergibt sich ein guter Anlauf und größere Meßgenauigkeit bei Belastungen zwischen 1 und 5 vH der Nennlast. Zur Kompensierung der Reibung beim Anlauf verwendete man bisher ein an der Spannung liegendes Hilfsdrehmoment. Ebenso wie die Reibung wirkt auch die Permeabililtätskurve des für den Hauptstromtriebkern benützten Eisens. Durch den magnetischen Nebenschluß wird diese Permeabilität günstig beeinflußt; andererseits ist bei neueren Zählern die Reibungsänderung so gering, daß das Hilfsdrehmoment sehr klein gehalten werden kann, wodurch wieder ein Spannungsleerlauf fast gänzlich verhindert wird. Die Hemmvorrichtung gegen Leerlauf würde sich vollständig erübrigen, man zieht sie wegen größerer Sicherheit vor. Die Anlaufsempfindlichkeit ist so groß, daß man auf Zählerausführungen unter 5 A gänzlich verzichten kann, wodurch ein wesentlicher Schritt in Richtung der Vereinfachung, Lagerhaltung usw. getan erscheint. Co.

(Bergmann-Mitteilungen, 4. Jahrg., Nr. 6, 1926.)

Die Messung von scheinbaren Widerständen mit der abgeschirmten Owen-Brücke. J. G. Ferguson zeigt, daß sich die Owen-Brücke in der abgeschirmten Ausführung sehr gut für die präzise Messung von Selbstinduktionen und effektiven Widerständen mit Wechselstrom bis zu 3000 Hertz eignet. Das Prinzip der Owen-

Digitized by Google

Brücke besteht darin, daß als Vergleichnormalien in den einzelnen Brückenzweigen nur Kapazitäten und Ohmsche Widerstände verwendet werden, wodurch die Abgleichbedingungen abhängig von der Frequenz werden. Bei der Messung von Selbstinduktionen in der Größe von 0·1 bis 3 H ist es möglich, den auftretenden Fehler kleiner als 0·1 vH und bei Selbstinduktionen bis zu 10 H kleiner als 0·25 vH zu halten. Bei der Messung von effektiven Widerständen kann eine Genauigkeit von 2 vH erreicht werden. Da die Brückenelemente keine Selbstinduktionen enthalten, so kann eine magnetische Kopplung sehr leicht durch die Anwendung von Eingangs- und Ausgangstransformatoren geeigneter Form vermieden werden. Der Eingangstransformator muß so dimensioniert werden, daß selbst bei dem Maximum der zugeführten Energie eine Sättigung des Eisenkernes nicht eintritt. Die Unschädlichmachung der elektrostatischen Kopplung erfordert bei der Anwendung von Abschirmungen außerordentlich große Sorgfalt, da durch Abschirmbleche leicht zusätzliche Kapazitäten in die Anordnung hineingebracht werden können, welche dann Anlaß dazu geben, Fehler der Meßresultete zu verursachen. Die Sekundärwicklung des Eingangstransforators ist mit einem Metallmantel umgeben der mit einem Pol der Wicklung verbunden ist. Außerdem müssen beide Transformatoren sowohl nach außen hin als auch zwischen den Wicklungen abgeschirmt sein. Die einzelnen Brückenelemente als auch die Leitungsverbindungen müssen ebenfalls abgeschirmt sein und mit entsprechenden Punkten der Brücke verbunden werden. Ein Teil der Abschirmungen muß geerdet sein. Kelch.
(The Bell System Technical Journal, Bd. 6, Heft 3, 1927.)

Stromverteilung.

Die Spannungsregelung von Hochspannungsübertragungen durch Beeinflussung der Blindlast behandeln E. Thoma und L. Bargero an Hand von zwei Beispielen: Fall 1: Übertragung von 8000 kW über 30 km mit 35 kV, zwei Generatoren und je zwei Umspanner im Kraftwerk und im Umspannwerk; Fall 2: Übertragung von 80 000 kW über 150 km mit 135 kV (Kapazitätserscheinungen) vier Generatoren und je vier Umspanner. Sie untersuchen insbesondere den Einfluß, den das Abschalten von Umspannern bei Teillast auf die Regelung ausübt. Der Leistungsfaktor der Verbraucher wird für alle Teillasten mit 0·8 angenommen. Ohne Phasenschieber im Umspannwerk muß im Falle 1 die Generatorspannung um 21·0 vH bezw. 20·6 vH bei Abschalten von Umspannern geregelt werden, um bei allen Lasten gleiche Verbraucherspannung zu bekommen. Der Leistungsfaktor ist fast durchwegs 0·69. Im Falle 2 wird der Regelbereich beim Abschalten von 33·5 auf 42·5 vH vergrößert. Bei Teillasten tritt eine Verbesserung des Generator - cos φ ein, im Leerlauf müssen diese sogar voreilenden Blindstrom liefern. — Sind im Umspannwerk Phasenschieber aufgestellt, so kann eine Regelung auf gleichbleibende Verbraucherspannung und gleichbleibenden Generatorleistungsfaktor stattfinden. Der Regelbereich der Generatorspannung verkleinert sich auf rund 10 vH im Falle 1 (mit und ohne Abschalten) bezw. 12·2 vH ohne Abschalten und 5·5 vH mit Abschalten im Falle 2. Es zeigt sich also ein ganz bedeutender Einfluß des Abschaltens von Umspannern bei Teillasten. Schwierig ist jedoch die Beeinflussung der selbsttätigen Regler. Wird auf gleichbleibende Generator- und gleichbleibende Verbraucherspannung geregelt (einfachste Beeinflussung der selbsttätigen Spannungsregler) so zeigt sich, daß ohne Abschalten von Umspannern ein übermäßiges Untererregen der Phasenschieber nötig wäre, so daß diese kippen würden. Werden jedoch bei Teillasten Umspanner abgeschaltet, so treten keine Schwierigkeiten auf. Nachteilig könnte höchstens das Ansteigen der Oberspannungen im Kraftwerk und im Unterwerk, um 6·5 bezw. 3·1 vH im Falle 2, empfunden werden, soferne an diese Sammelschienen außer den betrachteten noch andere Verbraucher angeschlossen sind. f. f.
(Siemens-Zeitung, Bd. 7, Heft 6, 1927.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Über die zweckmäßigste Pupinisierung von Fernkabeln. Dr. F. Lüschen und K. Küpfmüller berichten über Arbeiten, die im Zentrallaboratorium des Wernerwerkes von S. & H. angestellt wurden. Die Untersuchungen bezogen sich auf Lautstärke, Störungsfreiheit und den Grad der Verzerrung in Pupinkabeln. Bei Betrachtung der Lautstärke mußte berücksichtigt werden, daß deren Hebung durch weitgehende Verminderung der Dämpfung auf der Fernleitung eine vermehrte Wirkung der Echostörungen zur Folge hat, deren Beseitigung die Kosten der Fernleitung nicht unbedeutend erhöht. Dieser Umstand, sowie Rücksichten auf die Betriebssicherheit derartiger Leitungen zwingen, bei einer bestimmten Restdämpfung für die Leitung stehen zu bleiben. Die Verfasser halten eine Herabsetzung der Restdämpfung auf $b = 1$ unter den heutigen Verhältnissen bereits für allgemein möglich. In zweiter Linie werden in dem Aufsatz die von außen in die Kabelleitung eindringenden Störungen betrachtet. Solche Störungen ergeben sich zunächst durch das Nebensprechen zwischen benachbarten Leitungen, welche von den Verstärkeranordnungen auf der Leitung ja mitverstärkt werden. Nach Ansicht der Verfasser ist bei den heutigen Fernkabeln eine Erhöhung der Dämpfung für das Nebensprechen auf $b_w = 8·5$ ohne Weiteres möglich. Die zahlenmäßige Betrachtung des Vorganges, auf dem das Nebensprechen zwischen zwei benachbarten Leitungen über die Verstärkeranordnungen zustande kommt, ergibt dann ungefähr für die zulässige Dämpfung eines Verstärkerfeldes einen Wert für b kleiner als 1·5. Ähnliche Betrachtungen, die die Verfasser für die Vierdrahtverbindungen anstellen, führen sie zu einem Dämpfungswerte für das Verstärkerfeld von nicht mehr als $b = 3·5$. Dieser Dämpfungswert liegt über der bisher zugelassenen Grenze; die Herabsetzung dieses Grenzwertes ist daher wünschenswert. Da die Sprache aus einer großen Zahl von Schwingungen verschiedener Frequenzen besteht, ist es von Wichtigkeit festzustellen, welche dieser Frequenzen zur Erzielung einer guten Verständlichkeit übertragen werden müssen. Die vorgenommenen Untersuchungen über die Verständlichkeit der übermittelten Sprache in ihrer Abhängigkeit von der Breite des übertragenen Frequenzbandes hatten das Ergebnis, daß die Verfasser mit Rücksicht auf die Übertragungsgüte einerseits, auf die Wirtschaftlichkeit der zu treffenden Einrichtungen andererseits, die Übertragung des Frequenzbandes von 300 bis 2400 Hertz für alle Arten von Leitungen für zweckmäßig erachten. Es ist auch in Betracht zu ziehen, daß diese verschiedenen Frequenzen verschieden lang brauchen, um sich am fernen Ende voll, das heißt unverzerrt auszubilden. Diese Verzerrungen verändern das Bild der übertragenen Laute und können auf diese Weise die Güte der Sprachübertragung benachteiligen. Je näher die übertragene Frequenz der Grenzfrequenz der Leitung liegt, desto länger dauert die Einschwingzeit, die eben die beklagten Verzerrungen verursacht. Bei den Zweidrahtleitungen vermengen sich diese Verzerrungen mit den Echowirkungen, die bei Vierdrahtleitungen durch Echosperren[1]) in praktisch genügender Weise unterdrückt werden können, während dies bei den Zweidrahtleitungen in so einfacher Weise nicht möglich ist. Da auch diese Art der Störungen mit der Annäherung an die Grenzfrequenz der Leitung ziemlich rasch anwächst, so ist es zweckmäßig, die Grenzfrequenz der Leitung genügend hoch zu machen. Für die Praxis ist es zweckmäßig, einige wenige Leitungsarten auszuwählen und für diese die zu wählenden Grenzfrequenzen festzulegen. Von dieser und dem Grad der Dämpfung, die die Leitung haben soll, ausgehend, lassen sich die Bestimmungsstücke der Leitung, wie Leitungsstärke, Spulenabstand unter Einhaltung der geringsten Kosten festlegen. An diese Betrachtungen knüpfen die Verfasser eine Reihe von Vorschlägen über wirtschaftlichste Bemessung der Leitungen und ihrer Ausrüstung mit Pupinspulen und Verstärkern. Es ergibt sich, daß Zweidraht-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 269, 429.

Digitized by Google

leitungen durchschnittlich um etwa 25 vH billiger sind als Vierdrahtleitungen, daher ihre Verwendung auf möglichst weite Entfernungen in Aussicht genommen werden sollte. Dr. Ste.

(Europäischer Fernsprechdienst, Heft 4, 1927.)

Chronik.

Österreichischer Verband für Materialprüfung und Internationaler Materialprüfungskongreß in Amsterdam. Bei der kürzlich abgehaltenen Versammlung des Österreichischen Verbandes für Materialprüfung verwies der Vorsitzende, Präsident des Technischen Versuchsamtes Ing. Dr. Wilhelm Exner, darauf, daß er die Entwicklung der internationalen Beratungen auf dem Gebiete der Materialprüfung, von ihrer Vorbereitung durch Professor Bauschinger an bis zur jähen Unterbrechung durch den Weltkrieg miterlebt habe und mit den führenden Männern Bauschinger, Tetmayer, Martens u. a. m. in engen freundschaftlichen Beziehungen gestanden sei. Er stellte einen Rückblick hierauf in Aussicht und gab nur einen kurzen Überblick über die derzeitigen Aufgaben des österreichischen Verbandes und dessen weitere Ziele: Auch das verkleinerte Österreich mit seinem halben Dutzend Materialprüfungsanstalten müsse trachten, mit den an persönlichen Kräften und technischen Behelfen reicheren Nachbarländern, Deutschland und der Schweiz, so gut es eben geht, Schritt zu halten. Diesem Erfordernis würde am besten durch Vereinbarung einer Arbeitsteilung entsprochen. Dabei kämen als österreichische Aufgaben die Untersuchung der natürlichen Gesteine, insbesondere der Straßenbaustoffe, die Prüfung des Kautschuks, insbesondere der Pneumatiks und anderer Fertigerzeugnisse, sowie die Erforschung des Drahtseiles in Betracht. Alles dies seien Gebiete, auf welchen noch viel zu leisten wäre und für deren Bearbeitung bei uns die natürlichen Voraussetzungen gegeben seien. Ganz besonders sei die Erforschung des Straßenmaterials für uns von größter Bedeutung.

Das geschäftsführende Vorstandsmitglied des Verbandes, Ziv.-Ing. Hönigsberg, berichtete sodann über die auf dem Materialprüfungs-Kongreß in Amsterdam vollzogene Wiederbegründung des Internationalen Verbandes für Materialprüfung, für welche sich überall, auch in den angelsächsischen Staaten und Frankreich, ein ungemein starkes Interesse gezeigt habe. Der Verband und Kongreß werden von einem ständigen Internationalen Ausschuß geleitet werden, dessen ehrenamtliche Geschäftsführung der Direktor der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt in Zürich, Professor Roš übernommen hat. In Zürich werde auch der nächste Kongreß im Jahre 1930 oder 1931 stattfinden.

Zivil-Ing. Hönigsberg berichtete sodann über die Verhandlungen der Vollversammlung, der Sektion „Metalle" und der Sektion „Diverse Materialien":

Die Berichterstattung ist durch den improvisierten Charakter des Amsterdamer Kongresses außerordentlich erschwert. Während sonst die Arbeiten noch vor dem Kongreß gedruckt vorlagen,[1]) standen diesmal nur kurze Ankündigungen der Verfasser zur Verfügung.

Als erster Redner sprach auf dem Begrüßungsabend Dr. Holst über die Arbeiten des naturkundlichen Laboratoriums (wie es holländisch heißt) der Glühlampenfabrik Philips. Die Fabrik erzeugt, wie bekannt, außer Glühlampen auch Röntgenröhren und Radio-Lampen. Sie beschäftigt 10 000 zum großen Teil hochbezahlte Arbeiter und hat aus dem kleinen holländischen Landstädtchen Eindhoven eine blühende Industriestadt gemacht. In dem naturkundlichen Laboratorium sind die Ausscheidung reinster Metalle in Kathodenröhren, die photographische Registrierung von Röntgen-Spektren dieser Metalle, Versuche mit Einkristallen, die Untersuchung von Rekristallisationserscheinungen usw. laufende tägliche Arbeiten.

Die Vorträge in den Vollversammlungen waren auf die vier bedeutendsten Länder verteilt. Der Vortrag von Lynch von der amerikanischen Westinghouse-Gesellschaft behandelte das Thema „Materialprüfung als Ansporn der Forschung" mit sehr interessanten Beispielen aus der eigenen Praxis. Mesnager, Paris, sprach über „Bruch der festen Körper" unter Zugrundelegung des Verhaltens der in den meisten Körpern vorhandenen Bläschen und Inhomogenitäten. Rosenhain, Teddington, der zuerst die Gleitverschiebungen in den Kristallkörnern der Metalle beobachtet hat, gab in einem Vortrag über plastische Deformation und Bruch der Metalle einen Bericht über seine gegenwärtige Auffassung auf Grund der in den letzten Jahren gewonnenen Beobachtungen und Erkenntnisse.

Das aktuellste Thema hatte Prof. Körber, Düsseldorf, gewählt, nämlich das Problem der Streckgrenze. Bei der Streckgrenze, der Beanspruchung, bei der das Material, und zwar im strengsten Sinne nur Stahl, nachzugeben beginnt, ist man auf die alte Beobachtung von Bach zurückgekommen, daß sich zuerst eine höhere Beanspruchung, die obere Streckgrenze, einstellt und dann erst nach mehr oder weniger Schwankungen eine tiefere Stufe, die untere Streckgrenze. Bisher wurde ausschließlich die obere Streckgrenze als die leichter bestimmbare ermittelt. Wir wissen aber seit kurzem, daß sie stark von Nebenumständen abhängig ist, von der Reißgeschwindigkeit, von der Form der Stabköpfe usw., während die untere Streckgrenze bisher nur laboratoriumsgemäß und mit großem Zeitaufwand bestimmt werden kann. Körber zog daraus den Schluß, daß man von einer Vorschreibung der Streckgrenze ganz absehen müsse, welche Schlußfolgerung der Berichterstatter für ganz unzulässig hält. Würden wir jede Prüfungsart, bei der sich Schwierigkeiten herausstellen, sofort aufgeben, so hieße das auf jede zeitgemäße Entwicklung verzichten. Die Technik hat ihre größten Erfolge dadurch erzielt, daß sie Schwierigkeiten nicht ausweicht, sondern sie so gut löst, als es eben nach dem augenblicklichen Stand der Theorie und Praxis möglich ist. Würde die ungeheure Summe von Hilfsmitteln, Fähigkeiten und Intelligenz, wie sie die Versuchsanstalten der ganzen Welt darstellen, auf derartige Fragen konzentriert, so wären sie zweifellos in der kürzesten Zeit gelöst. Es wäre auch nicht unmöglich, entweder die Nebenumstände bei der Bestimmung der oberen Streckgrenze so zu normen, daß die Ergebnisse vergleichbar werden, oder vielleicht doch ein Verfahren der Schnellbestimmung der unteren Streckgrenze zu finden.

Die Frage der Streckgrenzenbestimmung hat auch eine bei uns noch nicht sichtbare, in Deutschland aber bereits starke wirtschaftliche Bedeutung durch die in den letzten Jahren immer mehr verwendeten Si-reichen, C-armen Stähle, welche durch ihre höhere Streckgrenze höhere Beanspruchung gestatten. Ein großer Teil der Überlegenheit dieser Stähle liegt in der Streckgrenze. Von diesen höherwertigen Baustählen handelte auch der erste Vortrag in der Sektion Metalle. Prof. Gehler, Dresden, warnte in der Diskussion davor, mit den Beanspruchungen und der Gewichtsverminderung noch weiter zu gehen als bisher, da die Formänderungen, die bekanntlich für alle Stähle nahezu ganz gleich sind, bereits eine bedenkliche Größe annehmen. Prof Roš wies darauf hin, daß nach seinen Versuchen bei den Si-Stählen nur die Streckgrenze, nicht aber auch die Elastizitätsgrenze gehoben sei. Eine eingehende Erörterung fanden in mehreren Berichten die rost- und hitzebeständigen Stähle.

Großes Aufsehen machten ganz herrliche mikrophotographische Aufnahmen von Lucas aus dem Laboratorium der Bell-Telephon-Gesellschaft in New-York. Diese Aufnahmen, welche bis zu 5250-facher Vergrößerung gehen und im ultravioletten Licht mit einer von Zeiß gelieferten Einrichtung gemacht sind, betreffen teils einzelne Gefügebestandteile des Stahls, teils die Verfol-

[1]) Die Berichte dürften gedruckt etwa im April 1928 vorliegen. Bestellungen beim Sekretariat des Kongresses, Amsterdam, Valckenierstraat 2.

Digitized by Google

gung der Rißbildung an Dauerbruchproben, welche bei den Schwingungsfestigkeitsversuchen von Moore erhalten wurden. Von den Spezialfachleuten wurde eine Anzahl von Einwendungen erhoben, insbesonders wurde bestritten, daß dadurch die Grenzen der Helmholtz-Abbe'schen Mikroskoptheorie überschritten werden. Es wurde auch eingewendet, daß bei diesen starken Vergrößerungen nicht wesentlich mehr zu sehen sei, als bei schwacheren Vergrößerungen und es wurde das Hauptgewicht auf die außerordentliche Vollkommenheit in der Vorbereitung der Schliffe und in der Ausführung der Photographien gelegt. Es scheint auch, daß die Aufnahmen trotz ihrer großen Anzahl bisher nur ein ganz enges Arbeitsgebiet decken, daß sie sich nur auf zwei ganz reine Stahlsorten und auf wenige Stücke beschränken. Die Klarheit und Schärfe der Details verspricht aber noch große Erfolge. Ebenso ist es von vornherein einleuchtend, daß diese unsichtbaren ultravioletten Strahlen vermöge ihrer kürzeren Wellenlänge geeignet sind, schärfere und klarere Bilder zu geben und damit auch stärkere Vergrößerungen zuzulassen. Der Berichterstatter erinnert hiezu an den schönen Vergleich des englischen Physikers Tyndall mit Wellen in einem See, die schrag an kleine Felsen anprallen. Große Wellen werden an den kleinen Felsen zersplittert, kleine Wellen aber ungestört zurückgeworfen.

Für die mechanische Prüfung von Gußeisen an den Gußstücken selbst trat Portevin, Paris, ein, und zwar für die in Frankreich verbreitete Prüfung nach Frémont an kleinen herausgebohrten Probestücken auf Biege- und Abscherfähigkeit, verbunden mit Kugeldruckprobe. Roš gab hiezu Ergebnisse der an seiner Anstalt durchgeführten Gußeisenprüfungen.

Spindel, Innsbruck, gab einen Bericht über das Wesen des Prüfungsvorganges bei Abnützung und über sein eigenes Abnützungsprüfverfahren, das auch in einem Bericht des bekannten Gußeisenforschers Prof. Piwowarsky, Aachen, über vergleichende Verschleiß-Versuche an verschiedenen phosphorhaltigen Gußeisensorten behandelt war.

Einen Bericht über Untersuchungen zur Erforschung der Kerbschlagprobe und über Gesichtspunkte für die Normung dieses Prüfverfahrens gab Professor Schwinning, Dresden. Zwei sehr bemerkenswerte Arbeiten behandelten die praktische Anwendung der Kerbschlagprobe, und zwar von Forcella über die Beziehungen des mikroskopischen Bildes zur Kerbzähigkeit und zu Dauerversuchen auf Grund von Versuchen in der Versuchsanstalt der italienischen Staatsbahnen und von Steccanella über die Anwendung der Kerbschlagprobe bei der Übernahme der Materialien für Neubau und Reparatur der Fahrbetriebsmittel.

Die wichtige Frage der Schwingungsbeanspruchung, das ist der wiederholten zwischen entgegengesetzten Werten wechselnden Beanspruchung, kam in Amsterdam nicht hinreichend zur Geltung und fiel auch ganz ohne Debatte aus. Die Berichte hierüber waren von Prof. Moore von der Universität Illinois und von Mc. Adam von der Marineversuchsanstalt in Annapolis. Bedauerlich ist, daß trotz der großen deutschen Beteiligung am Kongreß — 21 Vorträge — gerade die deutschen Schwingungsforscher nicht vertreten waren. Der Berichterstatter hatte Gelegenheit, in Darmstadt bei der Maschinenfabrik Schenck sehr brauchbare Prüfungsmaschinen für Schwingungsbeanspruchung zu besichtigen, von denen bereits zwei in Österreich laufen. Das Prinzip dieser Maschinen besteht darin[2]), diejenige Beanspruchungsgrenze zu messen, bei der das Material anfängt, ein größeres Maß von Arbeit aufzunehmen, das man als Dämpfung und, auf die Einheit bezogen, als Hysteresis bezeichnet. Bei Messung der Durchbiegung, der Temperatur und der Leistung des elektrischen Antriebsmotors mit zunehmender Belastung ergibt sich ungefähr an derselben Stelle ein Knick in der Kurve als Grenze für die Wechselbelastung, welche das Material ohne Zerstörung aushält.

Besonders hervorzuheben sind noch ein Vortrag von Professor Memmler vom Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem über Eichung und Prüfung von Festigkeitsmaschinen, der die von seiner Anstalt vertretene Überlegenheit der Kontrollstäbe und Meßdosen betonte, ferner die Vorträge über Schweißung von Füchsel über die Erfahrungen der deutschen Reichsbahn und von Direktor Sonderegger (Escher, Wyss & Co.). Der letzte Vortrag war von Daeves, Düsseldorf, dem wissenschaftlichen Berater der Phönix-Stahlwerke, über Auswertung und Anwendungsmöglichkeit von Materialprüfungsdaten mittels statistischer Methoden oder wie es Daeves nennt, mittels „Großzahlforschung".

In der Sektion über diverse Materialien wurden sehr wertvolle Berichte über Kautschuk, Holz, Schmiermittel und Anstriche, besonders von deutscher, über Kautschuk von holländischer Seite vorgelegt, welche die Umwälzung in den Anschauungen über die Art der Prüfung und die Auslese der bereits hervortretenden neuen Prüfungsverfahren im Anschluß an das praktische Verhalten sehr klar zum Ausdruck brachten.

Anschließend an diesen Bericht sprach noch Prof. Dr. Ing. Romanowicz über die Verhandlungen der Sektion Baustoffe des Amsterdamer Kongresses. Das Arbeitsgebiet dieser Sektion umfaßte unter anderem Eisenbeton, Zemente, Straßenbaustoffe, Mauerziegel und natürliche Steine usw.

Zufolge einer von Professor Roš, Zürich, eingelangten Aufforderung wurde für den ständigen internationalen Ausschuß als österreichisches Mitglied Zivil-Ing. Hönigsberg gewählt.

Weltkongreß der Technik. Im Oktober 1929 soll in Tokio ein allgemein zugänglicher Kongreß abgehalten werden, der nach dem vorläufigen Programm neben allgemeinen Problemen des Ingenieurwesens (Ausbildung, Normung u. a. m.), sowie den theoretischen Grundlagen wie Wärmelehre und Festigkeitslehre, alle Gebiete der Technik umfassen soll. Näheres wird später bekanntgegeben werden. Auskünfte erteilt der Veranstalter Kōgakkai (Ingenieur-Verein in Japan), Marunouchi Building, Tokio, wohin auch sonstige Zuschriften zu richten sind.

Literaturberichte.

1396 **Versuche an Dampfmaschinen, -Kesseln, -Turbinen und Verbrennungskraftmaschinen.** Von Franz Seufert. Achte Auflage, 101 Seiten, 55 Abb. Verlag von J. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 3·60.

Das Buch des bekannten Verfassers gibt über sämtliche Wärmeverbrauchsmessungen dem Betriebsmann reichhaltigen Aufschluß. Nicht zu unterschätzen sind die praktischen Winke und die vielen Versuchsbeispiele, welche das Verständnis der nur im notwendigsten Umfang angewendeten Formeln wesentlich fördern. Gegenüber der siebenten Auflage wurde die Anzahl der im dritten Teil (Größere Versuche an Dampfmaschinen- und Kesselanlagen) enthaltenen Zahlentafeln vermindert, dafür aber die Durchführung eines Betriebsversuches an einem gasgeheizten Wasserrohrkessel neu aufgenommen[1]). Im Vergleich zu den Dampfmaschinenversuchen erscheinen die Versuche an den Dampfturbinen etwas stiefmütterlich behandelt. Trotzdem ist das Buch allen Wärmekraftbetrieben nicht zuletzt wegen der allgemeinverständlichen Darstellung bestens zu empfehlen. Stipernitz.

3565 **Electric Switch and Controlling Gear.** Von Charles C. Garrard, Ph. D., M. I. E. E., A. Am. I. E. E., London, Ernst Benn Ltd., Third edition, 1927. 783 Seiten mit 649 Abb. Preis 63/— sh.

Das Buch ist seiner ganzen Anlage nach ein wesentlich englische Verhältnisse berücksichtigendes, umfassendes Sammelwerk, das sich naturgemäß weniger

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1020.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 626.

Digitized by Google

mit Theorie befaßt, auf die jedoch in zahlreichen Bezugsstellen hingewiesen wird. Der Stoff ist übersichtlich gegliedert und wird durch zahlreiche Bilder und Zeichnungen sowie durch leichtfaßliche Berechnungen veranschaulicht. Das Buch zerfällt in die Abschnitte: Material und Arbeitsverfahren, sozusagen die Maschinenelemente der Schalttechnik, Schaltgeräte, Sicherung gegen Überströme, Geräte zur Stromregelunng, Geräte zum Anlassen und Regeln der Maschinen, Nieder- und Mittelspannungs-Schaltwände, Hoch- und Höchstspannungs-Schaltwände und schließlich Schutzmaßnahmen gegen außerordentliche Betriebsbedingungen (Überspannungen). Für den Festländer sehr bemerkenswert sind die Ausführungen über die gekapselten Schaltanlagen, zumal sie ja auch hier schon angewendet werden. Nach Ansicht des Verfassers sind aber auch in England ihre Vorzüge durchaus nicht unbestritten. Der für sie erforderliche Raum ist zum Beispiel nicht kleiner als bei der Zellenbauart, da schwere, viel Raum füllende Krane zur Montage dieser Panzerkästen notwendig sind. Die angeführten Geräte zur Ableitung von Überspannungen zeigen im Gegensatz zu den bei uns so starken Bestrebungen nach möglichster Einfachheit eine große Anzahl von Arten, von denen vielleicht manche schon nicht mehr so häufig angewendet werden, wie denn überhaupt vielfach auf Ausführungen aus der Zeit vor 1917, dem Erscheinen der ersten Auflage, zurückgegriffen wird. Man vermißt auch, trotzdem festländische Bauarten aufgenommen sind, nähere Ausführungen über Löscher. Für alle, die sich für den englischen Markt interessieren, sei auf den außerordentlich reichhaltigen Anhang englischer Normen der British Engineering Standards Assosiation hingewiesen, die der Verfasser nach dem Vorbilde der VDE-Vorschriften noch erweitert sehen möchte. Druck und Ausstattung sind ganz vorzüglich. Als Übersichtswerk über das weite Gebiet der Schaltgeräte kann das Werk ein ausgezeichnetes genannt werden.

Ing. V. Horwatitsch.

3574 **Einführung in die praktische Nomographie.** Von H. Schwerdt. Band 6 der Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Bücherei, herausgegeben von Dr. phil. Ewald Wasserloos und Dr. phil. Georg Wolff. 122 Seiten, 62 Abb. Verlag von Otto Salle, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 3·—.

Dieses Buch des auf dem Gebiete der Nomographie wohlbekannten Autors behandelt sein Thema in vollem Umfange, also: Leitern, Funktionsnetze, Netztafeln und Leitertafeln. Es bringt dazu noch die Lösung theoretischer Fragen, wie namentlich die projektiven Verzerrungen, die Bedeutung der Dualität. Beispiele für Sondertafeln, ein Verzeichnis der einschlägigen Literatur, der Hilfsmittel (logarithmische Papiere und Maßstäbe), gebrauchsfertige Tafeln und von Lichtbildern über Nomographie, endlich ein Sachregister beschließen das Buch. Prinzipiell sind jeder der Aufgaben die Bereiche der in Betracht kommenden Größen vorangestellt. Wer sich durch ihre Lösung zum Praktiker in diesem Fache heranbilden will, kann daher nicht in die peinliche Lage geraten, daß ihm die zur Verfügung stehende Zeichenfläche für das Nomogramm zu klein wird. Neben diesem Wink gibt es noch andere für den Entwurf wichtige Winke, die jedenfalls jedes Problem vom Beginn an mit Sicherheit auszuarbeiten gestatten. Die Aufgaben sind der Geometrie, Physik und Technik entnommen, die zugehörigen Abbildungen klar und übersichtlich gezeichnet, Papier und Druck gut. Studierende aber auch in der Praxis Stehende werden das Buch mit Nutzen verwenden können.

J. Ondracek.

Eingelaufene Bücher.

3596 Arbeitsvorbereitung. Ausarbeitung und Verwaltung der konstruktiven Unterlagen. Ausgearbeitet vom Ausschuß für Arbeitsvorbereitung, Gruppe Vorbereitung der technischen Unterlagen des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung (AWF) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. 24 Seiten. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927[1]). Preis brosch. Mk. 1·—. (Auch als Tafel erhältlich.)

In dem Heft wird der Konstrukteur auf all das aufmerksam gemacht, was er — abgesehen von den rein konstruktiven Voraussetzungen — bei der Wahl des Werkstoffes, konstruktiven Gestaltung, Ausgestaltung der Zeichnung, Ausgestaltung der Stückliste, Durchsicht und Prüfung der Zeichnungen beobachten muß, ferner wird auf die Verwaltung der technischen Unterlagen und deren Bereitstellung für die Arbeitsausführung eingegangen. Auch der Betriebsingenieur und der Betriebskaufmann werden daraus manche Anregung erhalten.

3573 Die Abgabe für die Benutzung eines Patentes. Beiträge zur Beurteilung der angemessenen Höhe. Von Dr. L. Fischer. 27 Seiten. Carl Heymanns Verlag, 1927. Preis

Die Schrift behandelt eine sowohl beim Abschluß von Lizenzverträgen als auch bei Streiten über die Höhe der Abgabe für eine bereits geschehene Benutzung immer auftauchende Frage und gibt Anhaltspunkte zur Lösung dieser Frage. Auch der Fall wird erörtert, in welchem der Erfinder Angestellter des die Erfindung Ausführenden oder des sie Benützenden ist. Man wird die Schrift gegebenenfalls mit Nutzen zu Rate ziehen können. —k.

Neue Preislisten.

Siemens-Schuckert-Werke A. G., Berlin-Siemensstadt.

Druckschriften: Nr. 2910. IV. Neue Anwendungsmöglichkeiten asynchroner Großmaschinen. IV. 12 S. mit 13 Abb. (M. Schenkel, ETZ 1927, H. 17 u. 18.) — Nr. 3296. Neue Drehstrommotoren von 0·33 bis 5·5 kW bei 1500 U/min. 7 S. mit 14 Abb. (W. Peinecke, ETZ 1927, H. 9 und Siemenszeitschrift Febr. 1927.) — Nr. 2192. Der elektrische Antrieb in Buchdruckereien. 30 S. mit 35 Abb. (Ing. R. Mohr, „Archiv für Buchgewerbe und Gebrauchsgraphik", 1927, Nr. 1, 3 und 4.) — Nr. 3386. Münzzähler für Stromstärken bis 20 A. 12 S. mit 17 Abb.

Kontakt A.-G., Wien.

Preisblätter: P. B. 46. Wanddurchführungen mit geradem Flansch (für Innenräume) für Spannungen bis 44 000 V und Stromstärken bis 1000 A. — P. B. 48. Freiluftdurchführungen mit schrägem Flansch für Spannungen bis 24 000 V und Stromstärken bis 1000 A. — P. B. 71. Freiluft-Karborundum-Widerstände (einpolig) für Spannungen bis 15 000 V.

Fabrik elektrischer Starkstrom-Apparate Scheiber & Kwaysser G. m. b. H., Wien.

Liste M 3, Erster Teil. Okt. 1927. Patent-Motorwächter und Transformatorenwächter Phylax für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom bis 500 V und für 10 bis 200 A mit Wärmezeitauslöser und Schnellauslöser für Kurzschluß. (Beschreibung der Apparate in den Druckschriften P 64 b bezw. P. 58.)

[1]) Auslieferungsstelle für Österreich, C. Jahoda, Wien, III., Radetzkystraße 11.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

MITTWOCH, den 7. Dezember d. J., um halb 7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Hofrat Prof. Ing. Carl Hochenegg (Wien) über: **„Die Schnellbahn Hütteldorf-Hacking—Heiligenstadt—Leopoldau."** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Beschreibung der Strecke und der Betriebsmittel; Wahl und Begründung der Stromart und Stromzuführung; voraussichtliche Verkehrsvorteile und deren Einfluß auf die Stadtentwicklung; Mitteilung der an das Bundesministerium für Verkehr und an die Gemeinde Wien-städtische Straßenbahnen erstatteten Vorschläge bezüglich Durchführung des geplanten Unternehmens.

Digitized by Google

Österr. Verein deutscher Ingenieure (ÖVDI).

Montag, den 12. Dezember 1927, um 5¾ Uhr, Vortrag des Herrn Baurates Ing. P. Bretschneider, Wien, **„Internationale Gemeinschaftsarbeit auf dem Gebiete wirtschaftlicher technischer Fertigung,"** (mit Lichtbildern). Der Vortrag findet im Festsaal des Industriehauses, Wien III, Schwarzenbergplatz 4, I. Stock, statt. Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrage eingeladen.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Entwicklung der amerikanischen Eisen- und Stahlindustrie bespricht Th. W. Robinson in „Engineering" Nr. 3219. Während dieser Industriezweig in den Vereinigten Staaten bis über die Mitte des vorigen Jahunderts hinaus wenig Bedeutung hatte, begann mit der Einführung des Bessemerprozesses im Jahre 1864 der Aufschwung, wenn auch der Ersatz von Eisen durch Stahl erst etwa 10 bis 15 Jahre später einen größeren Umfang annahm. Die Gründung der Illinois Steel Company im Jahre 1889 mit 25 Mill. Doll. Aktienkapital stellt den ersten Schritt zur Großerzeugung von Roheisen und Stahl dar, doch war die Gesellschaft hinsichtlich der Erz- und Kohlenbeschaffung noch von anderen Unernehmungen abhängig. Dagegen umfaßte die 1898 mit 200 Mill. Doll. gegründete Federal Steel Company bereits auch diese Industriezweige. Etwa gleichzeitig begann auch der Zusammenschluß der Fertigwalzwerke nach deren einzelnen Erzeugnissen (Draht, Rohre, Bleche, usw.). Die größten Fortschritte sind aber etwa seit dem Beginn dieses Jahrhunderts zu verzeichnen. In diesem Zeitraum hat sich das Gesamteinkommen der Vereinigten Staaten fast verdoppelt, es ist also stärker gewachsen, als der Bevölkerungszunahme entspricht. Gewachsen ist auch der Wert der Erzeugung auf den einzelnen Arbeiter umgerechnet, und zwar für die gesamte Industrie von 3214 Doll. i. J. 1904 auf 4682 Doll i. J. 1925 (beides auf den Kaufwert des Dollars i. J. 1914 bezogen). Dies ergibt insgesamt 12·3 Milliarden Doll. Mehrwert der Erzeugnisse für 1925 gegen 1904 durch die Erhöhung der durchschnittlichen Leistung, welcher Betrag andererseits der Arbeit von 2·628 Mill. Menschen entspricht. Bei diesen Forschritten in der Industrie im allgemeinen ist es nicht verwunderlich, daß die Stahlerzeugung der V. St. A. von 13·5 Mill. t i. J. 1901 (44 vH der Weltstahlerzeugung) auf über 48 Mill. t i. J. 1926 (51 vH) gestiegen ist. Im gleichen Zeitraum stieg bei den Süd-Chicago-Werken der Illinois Steel Company die durchschnittliche Tageserzeugung eines Hochofens von 318 t auf 679 t, die monatliche Erzeugung an Bessemerstahl von 70 000 auf 100 000 t, das wöchentliche Ausbringen der basischen Herdfrischöfen von 586 t auf 1379 t. Einer monatlichen Schienenerzeugung von 60 000 t bei dem Süd-Chicagoer Schienenwalzwerk im Jahre 1901 steht eine Erzeugung von 100 000 t i. J. 1926 bei dessen Nachfolger, dem Gary Schienenwalzwerke gegenüber. Sehr interssant ist auch ein Vergleich der Leistungen je Arbeitsstunde in den Jahren 1902 und 1926 bei der Illinois Steel Company. Diese Leistungen betragen in t bei der Erzverladung 2·087 und 16·835 (+ 706·7 vH), bei den Hochöfen 0·185 und 0·698 ((+ 277·3 vH), bei den Bessemerblöcken 0·421 und 0·841 (+ 99·8 vH), bei den Herdfrischblöcken 0·252 und 0·418 (+ 66 vH) und bei Schienen 0·189 und 0·416 (+ 120·1 vH). In diesen Zahlen spiegeln sich natürlich auch die Fortschritte der Technik auf diesem Gebiete wieder. Von bedeutendem Einfluß auf diese Erhöhung der Leistungen ist selbstverständlich auch die zunehmende Verwendung von motorischer Kraft gewesen, die heute in der Eisen- und Stahlindustrie 16 PS je Arbeiter gegen 4¼ PS für alle Industriezweige im Durchschnitt beträgt. Die gesamte jährliche Erzeugungsfähigkeit der amerikanischen Stahlindustrie beläuft sich heute nach den großen Erweiterungen der Anlagen seit dem Kriege auf etwa 58 Mill. t. Da die Leistungsfähigkeit aber derzeit noch nicht ausgenützt wird, beschränken sich die Werke auf Investitionen, um die Erzeugungskosten herabzusetzen und die Güte der Erzeugnisse zu verbessern. Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhange auch die Bestrebungen der United States Steel Corporation zur Erhöhung der Betriebssicherheit mit dem Erfolg einer Herabminderung der Zahl der Unfälle von 1912 bis 1926 um 84·15 vH. Die genanne Gesellschaft ist bekanntlich das größte Unternehmen auf diesem Gebiete. Im Jahre 1901 mit einem Aktienkapital von 1·5 Milliarden Doll. durch den Zusammenschluß zehn großer Gesellschaften gegründet, hat sie damals 9·5 Mill. t (65 vH der Erzeugung der V. St. A.) erzeugt, im Jahre 1926 aber 23 Mill. t (45 vH). Die Stahlerzeugung je Kopf der Bevölkerung stieg in den V. St. A. von 126 kg im Jahre 1900 auf rund 340 kg im Jahre 1926. Da die Eisen- und Stahl-Ein- und -Ausfuhr im gleichen Zeitraum nur von 200 000 und 1 Mill. t auf 1 und 2 Mill. t gestiegen ist, ist die Mehrerzeugung zum allergrößten Teile für den inländischen Bedarf bestimmt. Einen bedeutenden Anteil an diesem Mehrbedarf hat die etwa 15 vH der Erzeugung verbrauchende Automobilindustrie. —k.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	21. XI. 1927	23 XI. 1927	25. XI 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	130¾	130¾	130¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	92—97	91—97	91—97

Londoner Börse

(Nach „Mining Journal" vom 25. November 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	64	5	0	64	15	0
Wire bars	64	15	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	59	2	6	59	3	9
Standard { 3 Monate .	59	6	3	59	7	6
Zinn:						
Engl. ingots	265	0	0	266	0	0
Standard { Kassa . .	266	5	0	266	10	0
Standard { 3 Monate .	264	10	0	264	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	22	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	12	6	26	5	0
Remelted	26	0	0	—	—	—
English Swansea . .	27	2	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export, Pf. 175.
Platin: Pf. 14, Pf 13 15 sh 9 d p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, gültig ab 23. November 1927.)

(Grundpreise in S per 100 kg)

Halbharte und harte Kupferdrähte	314
Weiche Kupferdrähte	316
Kupferstangen	316

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 11. Dezember 1927 | Heft 50

INHALT: *Soll die Elektrifizierung der ÖBB.-Linien östlich Salzburg bis Wien fortgesetzt werden? Von Baurat Dr.-Ing. E. Seefehlner. S. 1029. / Das Fernkabel Meran—Bozen. Von Direktor-Ing. E. Zikeli, Meran. S. 1037.*

RUNDSCHAU: Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 1040. Maschinenelemente. S. 1041. / Elektrische Maschinen, Transformatoren. S. 1041. Leitungen und Leitungsbau. S. 1042. / Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen. S. 1043. / Telegraphie, Telephonie, Signalwesen. S. 1045. / Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elekrometallurgie. S. 1045.

CHRONIK. S. 1046.

LITERATURBERICHTE. S. 1047.

VEREINSNACHRICHTEN. S. 1048.

Soll die Elektrifizierung der ÖBB.-Linien östlich Salzburg bis Wien fortgesetzt werden?

Von Baurat Dr. Ing. E. **Seefehlner**, a. o. Professor der technischen Hochschule Wien, Vorsitzender des Direktoriums der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft[1]).

Der Beschluß des Vorstandes der ÖBB, die Umstellung des Betriebes auf elektrische Zugförderung in Salzburg, also etwa halbwegs zwischen Wien und der westlichen Landesgrenze, abzubrechen, hat in der Öffentlichkeit lebhafte Erörterung erfahren und wegen der plötzlichen Wandlung in der Beurteilung der Vorteile dieser Betriebsart lebhafte Überraschung hervorgerufen. Die interessierte Industrie hat sich bislang einer Stellungnahme enthalten, weil eine Begründung seitens der Generaldirektion der ÖBB noch nicht vorlag.

Seither hat sich die Generaldirektion bestimmt gefunden[2]), in einer Pressekonferenz eine Begründung ihrer Entschlüsse zu geben. Es erscheint somit der Zeitpunkt gegeben, um die bislang nur einseitig informierte Regierung und Öffentlichkeit darüber in Kenntnis zu setzen, wie die auf Grund ihrer grundlegenden Vorarbeiten und langjährigen technischen Mitarbeit hiezu gewiß berufene Industrie die gegenständliche Frage beurteilt.

Der Umstand jedoch, daß ich in der Elektrizitätsindustrie stehe, die an der Fortsetzung der Elektrifizierung der ÖBB interessiert ist, scheint geeignet zu sein, die Objektivität meiner Ausführungen abzuschwächen und meine Beweisführung zu entkräften. Um diese Möglichkeit zu bekämpfen, sei vorweg festgestellt, daß die Elektrotechnik niemals Anwendungen anstrebt oder angestrebt hat, die unwirtschaftlich sind und daher geeignet erscheinen, die auf lange Frist gesteckten Ziele zu gefährden. Die angewandte Elektrotechnik ist und war überall, wo sie in Erscheinung getreten ist, schlechtweg „Rationalisierung". In Verfechtung der Anwendung der elektrischen Triebkraft kann man sich daher ruhig den Luxus der Objektivität leisten.

Wenn aber das Interesse an der eigenen Industrie geeignet erachtet werden sollte, meine Beweisführung zu schwächen, so sei dem entgegengehalten, daß die Elektrizitätsindustrie an der zur Erfassung der Elektrizität als Triebkraft aufgewendeten Summe nur verhältnismäßig wenig, mit etwa höchstens 17 bis 20 vH des erforderlichen Bauaufwandes, beteiligt ist. Beim Bau der Kraft- und Unterwerke, Verteilungsanlagen, Fahrleitungen und Triebfahrzeuge finden eben zahlreiche andere Industrien, wie die Hoch- und Tiefbau-Unternehmungen, Eisenkonstruktionswerkstätten, Maschinenfabriken, Eisengießereien und Metallwerke, Lokomotivfabriken, zahlreiche Erzeuger von Zwischenprodukten für diese, also ein großer Teil unserer Industrie ihre lohnende Beschäftigung. Mit dieser Feststellung erscheint zugleich der wichtigste Gesichtspunkt des uns heute beschäftigenden Problems angeschnitten.

Die Elektrifizierung ist zu beurteilen einerseits vom volkswirtschaftlichen Standpunkt. Für diesen ist maßgebend, ob durch die für die Elektrifizierung nötigen Aufwendungen im Bau und Betrieb die Volkswirtschaft mehr alimentiert wird als durch den Dampfbetrieb.

Vom privatwirtschaftlichen Standpunkt ist die Rentabilität des Betriebes entscheidend.

Die Elektrifizierung der Linien westlich Salzburg und der Salzkammergutlinie erforderte einen Aufwand von rund 280 Mill. S. Von diesen gehen höchstens 10 vH für Kupfer und Porzellan, also im Inlande nicht oder in nicht genügender Menge vorkommende Rohstoffe, ins Ausland, der Rest 252 Mill. S im Äquivalentwerte von mindestens

[1]) Aus einem Vortrag, gehalten im Wiener Industriellen Klub am 1. Dezember 1927.

[2]) Österr. Volkswirt, 26. November 1927.

Digitized by Google

ebensoviel, das sind 252 Mill. Lohnstunden, befruchtet die Volkswirtschaft Österreichs. Ein mittlerer Verdienst von Angestellten und Arbeitern von S 2700 je Jahr eingesetzt, entspricht obigem Betrag für die Erfassung und Veredlung der in Österreich vorhandenen Rohstoffe bis zur betriebsfertigen Elektrifizierung der genannten Linien der ÖBB während fünf Baujahren eine Anzahl von rund 18 600 Personen, die dauernd beschäftigt waren. Die Rechnung ist äußerst vorsichtig gestellt, es besteht kein Zweifel, daß sich bei einläßlicher Prüfung eine wesentlich höhere Anzahl feststellen ließe.

Aus dieser Schilderung geht hervor, daß die Elektrifizierung einen großen Teil der Industrie dauernd zu beschäftigen imstande ist.

Die Erfassung jeder in der Erde ruhenden Kraftquelle erfordert Investitionen, die für die nutzbare Arbeitseinheit bei rationeller Anlage für die verschiedenen Arten der Kraftquellen: schwarze oder weiße Kohle, Rohöl, Gas nicht wesentlich verschieden sind. Welche Kraftquelle, also welche Betriebsart für die ÖBB von diesem Gesichtspunkte aus zu wählen ist, muß der Umstand entscheiden, wo die Investitionen für die Erfassung der Kraftquellen aufgewendet, ob also die eigene Wirtschaft durch die erforderlichen Investitionen alimentiert wird.

Auf den Vorteil unserer eigenen Volkswirtschaft bedacht, können wir kein Interesse an einer Betriebsart haben, bei welcher die Investitionen einer fremden Volkswirtschaft zugute kommen, wie dies bei Bezug der zur Lokomotivheizung unentbehrlichen Edelkohle aus dem Auslande der Fall ist.

Die elektrische Zugkraft, ihre leichte und sichere Übertragung auf alle in unserem Lande in Betracht kommenden Entfernungen ermöglicht die Erschließung der Bodenschätze unseres Landes; das hiefür aufgewendete Geld wird somit im Lande durch Arbeit in wertbeständige Produktionsanlagen umgewandelt. Dabei ist es gleichgültig, ob Wasserkräfte ausgebaut werden oder unsere geringwertigen Kohlen, die in auf etwa vier Jahrzehnte ausreichenden Mengen vorhanden sein sollen und die keinen Transport vertragen, in hochwertigen Stabilanlagen verheizt werden.

Die ÖBB sind der Form nach ein privatwirtschaftliches Unternehmen, tatsächlich gehören sie dem Bund und dürfen daher bei der Entscheidung über ihre Gebarung die oben geschilderten volkswirtschaftlichen Interessen des Bundes nicht außeracht lassen; schließlich kommt den ÖBB die Prosperität der Industrie durch die in diesen arbeitenden Auslandsgelder auch zugute.

Immerhin hat auch jene Auffassung ihre volle Berechtigung, die die elektrische Triebkraft nur auf Grundlage einer privatwirtschaftlichen Rentabilität angewendet sehen will.

Damit gelangen wir auf das Gebiet der Betriebskosten, die einer näheren Betrachtung unterworfen werden sollen. Amtliche Zahlen hiefür stehen in sehr dürftigem Maße zur Verfügung. Die ÖBB unterscheiden sich in diesem Belange wesentlich von anderen ausländischen Verkehrsanstalten, insbesondere den Schweizerischen BB und der Deutschen Reichsbahn, deren ausführliche Veröffentlichungen der Verallgemeinerung der wirtschaftlichen Erkenntnis und dem technischen Fortschritt ausgezeichnete Dienste geleistet haben.

Auf die Tatsache, daß genaues Zahlenmaterial nur den unmittelbar Beteiligten der Generaldirektion zugänglich ist, und diese urbi et orbi die Unwirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes verkünden, ist es wohl zurückzuführen, daß wir in der einläßlichen Erörterung des gegenständlichen Problems nur eine ganz spärliche, zaghafte und selbst von dazu Berufenen abwegige Behandlung der Frage der Rentabilität des elektrischen Betriebes begegnen.

Für mich besteht kein Zweifel darüber, daß es ein Denkfehler ist, von unrentabler Elektrifizierung zu sprechen, denn elektrifizieren heißt schlechtweg rationalisieren, unwirtschaftlich rationalisieren wäre ein Widerspruch in sich. Die elektrische Triebkraft wurde und wird angewendet, um wirtschaftlich, oder wirtschaftlicher als mit einem anderen Agens zu arbeiten. Weil die Elektrifizierung wirtschaftlich ist und nur wirtschaftlich sein kann, dringt die elektrische Triebkraft in alle möglichen Gebiete der Anwendbarkeit ein. Ein solches „mögliches" Gebiet ist aber, wie das Beispiel der Elektrifizierung anderer Länder: Deutschland, Frankreich, Spanien, Schweden und nicht zu vergessen die Schweiz beweist, das Vollbahnwesen.

Ich hebe die Schweiz absichtlich hervor, weil es stark tendenziös zu sein scheint, wenn man in halb offiziellen Äußerungen der ÖBB zu lesen bekommt, die Elektrifizierung in der Schweiz sei unrentabel!

Die Öffentlichkeit wird in diesem Sinne informiert in einem Zeitpunkt, wo aus allen Veröffentlichungen der SBB das Gegenteil zu lesen ist und erst vor einigen Tagen hat der Präsident der SBB, Herr Schrafl, erklärt[3]): „Die Elektrifizierung sei schon im Jahre 1927, also noch unfertig, mit 1·7 Mill. schw. Frk. aktiv und wird im nächsten Jahre einen Überschuß, wohl verstanden nach vollem Zinsendienst, von 2·7 Mill. bringen, außer einigen Rationalisierungsmaßnahmen, die nur der elektrische Betrieb ermöglichte."

Die eingetretene Unwirtschaftlichkeit bei den SBB wird auch dadurch angedeutet, daß gesagt wird, die Schweiz beabsichtige in Zukunft in der Elektrifizierung ein langsameres Tempo einzuschlagen. Letzteres ist richtig und selbstverständlich, denn die Schweiz hat bis Ende 1928 1560 km, darunter alle Hauptlinien, elektrifiziert. Die Schweiz ist mit ihrem Programm praktisch fertig, was zu tun bleibt ist ohne Belang.

Bei uns bedeuten die Absichten der Bundesbahnen einen Abbruch auf halbem Wege mit allen schädlichen Folgen.

[3]) Neue Züricher Zeitung, 16. November 1927.

Digitized by Google

Wenn es also den ÖBB als einziger Bahnunternehmung vorbehalten geblieben ist, unwirtschaftlich zu elektrifizieren, wobei die Eignung aller in Frage kommenden Hauptlinien, dank ihres hohen spezifischen Kohlenverbrauches (Wien—Salzburg 875 t Kohle je Bahn-km und Jahr, Wien—Graz 900 t je Bahn-km und Jahr, Linien des ersten Programmes 675 t je Bahn-km und Jahr) für den elektrischen Betrieb außer Frage steht, so kann dies ausschließlich auf folgende Möglichkeiten zurückzuführen sein:

1. Die Anlagen sind zu reichlich erstellt worden, oder sie sind sonst ungeeignet.

Die 623 Bahn-km der Linien westlich Salzburg und die Salzkammergutlinie kosten bezw. werden kosten S 280 Mill., somit S 450 000 je km. Die erste Frage findet mit dieser Feststellung ihre befriedigende Antwort, denn in der Schweiz und anderwärts war der Aufwand beträchtlich höher.

2. Der Betrieb ist zu teuer. Wenn auch die Personalkosten der ÖBB vergleichsweise hoch sind, so besteht kein Zweifel darüber, daß im Endresultat, wegen dem höheren Schweizer Index, das Ergebnis nicht verschieden sein kann. Zum Nachteil der ÖBB ist allerdings die Zinsenlast mit etwa 8 bis 10 vH für die Völkerbundanleihe fast doppelt so hoch wie in der Schweiz, die ihre Anleihen mit 5·5 vH zu verzinsen hat.

Es erscheint durchaus gerecht, diese auf besondere mit der Gebarung der ÖBB nicht zusammenhängende Umstände zurückzuführende Last, ein Überbleibsel aus der Inflationszeit, ihr abzunehmen, umsomehr als die Laufzeit dieser Anleihe vergleichsweise kurz ist (1943).

Es kann darüber kein Zweifel bestehen, daß zukünftige Anleihen zu wesentlich günstigeren Bedingungen zur Verfügung stehen werden. Die neue Wiener Gemeindeanleihe konnte mit 6·8 vH Verzinsung plaziert werden.

3. Wenn also zumindest für die Zukunft die vorstehend behandelten beiden Quellen als Ursache der Unwirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes ausscheiden, bleibt als Erklärung für den Mißerfolg nur die Tatsache der unzutreffenden bezw. übertrieben pessimistisch erstellten Errechnung übrig.

In diesem Belange verdient Beachtung, daß bislang auf keiner in Österreich elektrifizierten Linie stabilisierte Verhältnisse vorliegen. Die so erzielten Grundlagen unterliegen den mannigfaltigsten Störungsquellen und verleiten zur Spekulation, deren Einstellung natürlich nicht mehr objektiv sein kann. Die Rechnung darf sich nicht, wie es ein Verfasser getan hat, auf Baujahre stützen, in welchen Aufwendungen in den Anlagekosten aufscheinen, die sich zum Teil auf erst in Anfertigung befindliche Einrichtungen oder solche, die erst kurze Zeit fruchtbringend arbeiten, beziehen.

Die objektive Behandlung dieses Problems setzt auch voraus, daß zur Berechnung der Rentabilität der Elektrifizierung dieser jene Kosten nicht angelastet werden, die aus anderen Ursachen so wie so nötig geworden wären, und nur aus Anlaß der Elektrifizierung, aufgewendet wurden.

Dies vorausgeschickt, kann die Rentabilitätsberechnung für die Linie Wien—Salzburg, rund 315 Bahn-km, wie folgt angestellt werden:

Tabelle I. Anlagekosten. (Wien—Salzburg, 315 Bahnkilometer.)

	Mill. S	je Bahn-km S
Ö. B. B.	182	577 000
Auf Grund der Schweizer B. B.	135	430 000
Voranschlag der Österr. Elektro-Industrie	150	477 000

Spezifikation der Baukosten:

	Millionen S
5 Unterwerke je 3 × 7500 kVA	5·15
Fahrleitung	26·00
240 km zweigleisig	
160 „ eingleisig	
170 „ Umgehungsleitung	
Fahrzeuge	70·00
138 Lokomotiven 10 000 t	
20 Triebwagen	
Elektr. Heizung	6·00
Zugförderungsanlagen u. Werkstätten	6·00
Umbau der Schwachstromanlagen	11·00
„ „ Tunnels	0·90
„ „ Lichtanlagen	0·50
„ „ Brücken	3·00
	128·55
Bauzinsen und Aufrundung	11·45
Bauleitung	6·00
Unvorhergesehenes	4·00
Summe	150·00

Dieser Aufwand verlangt einen Kommentar. Nach eigenen Berechnungen würde mit einem Aufwand von höchstens 120 bis 130 Mill. S das Auslangen gefunden werden können. Der erhöhte Betrag wurde der Rechnung zugrundegelegt, um den höchsten Anforderungen der ÖBB Rechnung zu tragen und einen Angriff gegen die Richtigkeit dieser Rechnung durch den Vorhalt von zu niedrigen Anlagekosten vorzubeugen.

In der Schweiz kostet ein Bahn-km einschließlich Kraftwerke S 590 000. Der unserer obigen Annahme entsprechende Aufwand je Bahn-km errechnet sich auf Schweizer Basis zu höchstens S 430 000 gleich insgesamt 135 Mill. S, Differenz 15 Mill. S = 10 vH. Aus den Anlagekosten ist die Betriebsrechnung mit 8 vH für Zinsen und Tilgung, das sind 12 Mill. S zu belasten.

Von einer Berechnung der Tilgung könnte abgesehen werden, weil dieser Aufwand im entsprechenden Zugang am Kapitalskonto seinen Gegenwert findet, andererseits vorausgesetzt wird, daß die Instandhaltung und Erneuerung insbesondere auch der Lokomotiven, auf Kosten des Betriebes wie bisher erfolgt. Da die gegenüber zu stellenden Anlagekosten der beiden Betriebsarten verschieden sind, soll für den Vergleich der Aufwand für die Tilgung laut ÖBB mit (rund 1·00 vH) berücksichtigt werden.

Dieser Zinsenlast und Kapitalstilgung für die Kosten der elektrischen Einrichtung sind für den Dampfbetrieb die Kosten der für Zugförderung und Kohlenzufuhr nötigen Anlagen gegenüberzustellen.

Digitized by Google

Die Rentabilitätsrechnung der ÖBB setzt für diese den Dampfbetrieb selbstverständlich belastenden und den elektrischen Betrieb entlastenden Kosten zu niedrige Beträge ein.

Zur Feststellung dieser Kosten stütze ich mich auf die Angaben, die der Vorstand des Zugförderungsdienstes der ÖBB, Ing. Swiczinsky (Neue Freie Presse 20. Nov. 1926), veröffentlicht hat. Hiernach ersetzen 150 Elektrolokomotiven 330 Dampflokomotiven mit einem Werte von rund 70 Mill. S! Ein gewiß nicht zu hoher Preis je Dampflokomotive S 210 000.

Trotzdem anzunehmen ist, daß der Vorstand der Zugförderung der ÖBB, die Preise der Dampflokomotiven kennt und richtig angibt, sollen nur S 180 000 je Lokomotive in die Rechnung eingeführt werden. Der erforderliche Betrag errechnet sich aus dem hiefür ausgewiesenen Zinsendient zu $\frac{2\,271\,000}{0{\cdot}826} = 27{\cdot}5$ Mill. S, das heißt, wenn man je Dampflokomotive den Preis von je durchschnittlich nur S 180 000 ansetzt, würden 152 Dampflokomotiven entfallen. Tatsächlich sind dieser Strecke 249 Dampflokomotiven zugeteilt, die einen Kostenaufwand von geringst gerechnet 45 Mill. S darstellen.

Tabelle II. Wert der für den Dampfbetrieb erforderlichen Einrichtungen.

	Millionen S
249 Dampflokomotiven, das ist 1 Lok. für 1·27 Bahn-km à S 180 000	45
750 Kohlenwagen in ständigem Umlauf je S 8000	6
Summe . . .	51

Laut Geschäftsbericht (1925) der ÖBB leistet eine Dampflokomotive im Mittel 5 450 000 Brutto-tkm je Jahr. Für 2 700 000 000 Brutto-tkm wären demnach nötig 495 Dampflokomotiven.

Aus dem hiefür von den ÖBB vorgesehenen Betrag könnten nur 158 Dampflokomotiven beschafft werden oder die der Strecke zugeteilten 249 Dampflokomotiven erscheinen mit je nur S 110 000 bewertet!

In der Vorkriegszeit mittlere Leistung einer Dampflokomotiven 7 450 000 Brutto-tkm, nach diesem um 50 (!) vH besseren Schlüssel wären 183 Dampflokomotiven nötig.

Wie niedrig diese Anzahl ist, geht daraus hervor, daß für die veranschlagten Kosten 138 elektrische Lokomotiven und 20 Triebwagen angeschafft werden können, die mit einem Aufwand von 70 Mill. S veranschlagt sind.

Der Bestand der für den eigenen Kohlenverbrauch zirkulierenden Wagen belastet mit seinen Kapitalszinsen ebenfalls die Betriebsrechnung. Für den Kohlenverkehr stehen, ungerechnet die fremden Wagen, laut Angabe des Herrn Betriebsdirektor Sedlak (Neue Freie Presse vom 9. Februar 1927) 4500 Wagen im Dienst.

Vom gesamten Kohlenverbrauch Österreichs entfallen mindestens ein Sechstel auf die ÖBB, somit sind für den Kohlentransport 750 Kohlenwagen bereit zu halten. Die Anschaffungskosten dieser Wagen sind niedrigst mit S 2 je kg, somit S 16 000 je Wagen, insgesamt mit 12 Mill. S anzusetzen.

Weitere für den Kohlentransport erforderliche Aufwendungen vernachlässige ich, ebenso soll — um nicht dem Einwand, eine zu hohe Zahl eingesetzt zu haben, zu begegnen — auch hier nur mit der halben Summe gerechnet werden.

Für den Dampfbetrieb sind somit Anlagen im Werte von, gering gerechnet, 51 Mill. S nötig. Hiefür Zinsen und Tilgung S 4 080 000, somit Saldo des Zinsendienstes zu ungunsten der Elektrifizierung S 7 920 000.

Wie optimistisch diese Rechnung für den Dampfbetrieb erstellt ist, bestätigen die Berichte der Schweizer Bundesbahnen.

Die Schweizer Bundesbahnen entlasten das Elektrifizierungskapital von 681 Mill. Frk. mit 168 Mill. Frk., also 24·5 vH. Diesen Betrag hätte man für die Beschaffung von Dampflokomotiven für den durch die Elektrifizierung bewältigbaren Verkehr aufwenden müssen.

Dem Einwand, daß die Dampflokomotiven vorhanden und abgeschrieben sind, daher aus diesem Titel keine Zinsenkosten zu tragen sind, muß entgegen gehalten werden, daß die freiwerdenden Dampflokomotiven ihren Wert wieder gewinnen, indem sie als Ersatz für wertlose alte Maschinen auf die weiters mit Dampf betriebenen Linien überführt werden können und daher den Ankauf neuer Lokomotiven für die Verbesserung der Kohlenwirtschaft überflüssig machen. Die freigewordenen Kohlenwagen können für Parteien- und Frachtenverkehr nutzbringend herangezogen werden.

Hiezu kommen die Stromkosten. Der spezifische Verbrauch mit reichlich 35·0 Wh/t Brutto-tkm gerechnet, wird für den um 20 vH — wie von den ÖBB vorausgesetzt — erhöhten Verkehr (2700 Mill. Brutto-tkm) 94 Mill. kWh benötigen, von welchen rund 25 Mill. kWh aus den bestehenden Kraftwerken der ÖBB zur Verfügung stehen. Diese kosten den ÖBB nichts, bezw. wenn sie mit etwa 5 g eingesetzt werden, verbessern um S 1 250 000 den Erfolg der bisherigen Elektrifizierung. Die restlichen kWh rechne ich mit 6·5 g, denn es steht außer Zweifel, daß dieser Preis im Verhandlungswege erzielbar ist, somit Stromkosten S 5 735 000. Zusammen mit dem Saldo vom Zinsendienst von 7·92 Mill. S ergibt sich 13·655 Mill. S. Hievon sind die Kohlenkosten mit 9·93 Mill. S, wie nachstehend errechnet, abzuziehen. Bleibt somit ein Rest von 3·725 Mill. S.

Besonders genaue Prüfung erfordern die von den ÖBB angegebenen Kohlenkosten.

Im Geschäftsbericht für 1925 werden diese Kosten in Übereinstimmung mit der am 23. Nov. d. J. in der Pressekonferenz erfolgten Verlautbarung mit 50·9 Mill. S beziffert. Hier fehlt die Angabe, ob dies die Gestehungskosten loko Grube, loko Grenze, loko Heizhaus oder loko Tender zu verstehen sind. Als Betriebskosten kommen natürlich die Kosten loko Tender in Frage.

Für die Privatbahnen rechnen die ÖBB einen Zuschlag für Inlandstransport und Lagerhaltung von

Digitized by Google

15 vH. Hieraus darf wohl mit Recht geschlossen werden, daß der im Geschäftsbericht 1925 genannte Kohlenpreis von S 27·65 Normalkohle loko Grenze bezw. bei der Inlandskohle loko Grube zu verstehen ist. Somit sind die 50·9 Mill. S auch in diesem Sinne zu deuten. Vom Jahre 1925 bis zum Jahre 1927 ist auf Normalkohle bezogen eine Preisermäßigung von 23 vH erzielt worden, die ich trotzdem diese auf eine katastrophale Lage des Kohlenmarktes zurückzuführen ist, der Rechnung zugrunde legen will, Kohlenpreis somit S 22·50 und der Gesamtaufwand hiefür 6·75 Mill. S.

Aus dem Geschäftsbericht geht weiters hervor, daß die reinen Zugsförderungskosten je 1000 Bruttotkm S 13·15, die gesamten Ausgaben S 39 betragen und daß im Güterverkehr 2·24 Brutto-tkm auf einen Netto-tkm zu befördern sind. Die reinen Traktionskosten der Kohle betragen somit je 1000 Brutto-tkm S 29·6, von den übrigen, 194 vH ausmachenden Ausgaben, nur 25 vH hinzugerechnet, errechnen sich die tatsächlichen Selbstkosten zu mindestens S 36·25 je 1000 Netto-tkm oder g 3·625 je Netto-tkm Kohle.

In einer Denkschrift der ÖBB über die Kohlenwirtschaft, erschienen in der „Lokomotive". Heft vom September 1926, findet man die Tarife für Kohle und Lignit der ÖBB angeführt, und zwar:

Entfernung	50	100	150	200	350	500
Steinkohle, Braunkohle g	9·17	6·55	5·80	5·38	4·70	4·09
Lignit g	7·4	5·18	4·38	3·90	3·14	2·94

Zu diesen Sätzen wird gesagt, daß sie „auf größere Entfernungen nicht nur weit unter unseren Selbstkosten liegen, sondern auch die reinen Traktionskosten mehr oder minder weit unterschreiten". Ein Beweis, daß der von mir errechnete Selbstkostensatz von g 3·625 je Netto-tkm bestimmt nicht zu hoch gegriffen ist.

Tabelle III. Kohlenkosten.

Verbrauch 1926	275 000 t Normalkohle
für	2 250 000 000 B-tkm
Verbrauch je B-tkm	123 g Normalkohle
Betrieb elektrisiert:	
Leistung + 20 vH	2 700 000 B-tkm
Verbrauch je B-tkm	110 g Normalkohle
Gesamtverbrauch	298 000 t
rund	300 000 t

	S
Preis S 22·50 loko Grenze bezw. österr. Grube somit reine Kohlenkosten	6 750 000
Transportkosten: Entfernung 250 km Eigenkosten: gr 4·25/tkm Transportkosten für 300 000 t	3 180 000

Tarif für Braunkohle, Lignit:

	bei 200 km	bei 350 km
	Groschen	
Stein-, Braunkohle	5·38	4·70
Lignit	3·90	3·14[1])

[1]) Lt. Denkschrift der Ö. B. B. nicht nur unter Selbstkosten, sondern decken auch Kosten der Zugförderung nicht.

Geschäftsbericht 1925:

	Groschen
Selbstkosten je Brutto-tkm	3·90
je Netto-tkm	8·73
Ö. B. B. rechnen Regiesatz-tkm	1·5–2·0

Angenommen der mittlere Transportweg der Kohle sei nur 250 km, so sind die Transportkosten je t Kohle S 9·08; hiezu sind die Verladekosten bis zum Tender mit S 1·50 gering gerechnet hinzuzufügen, so daß der Einkaufspreis der Kohle rund mit S 10·58 belastet ist.[4])

Der Preis der Eigenkohle loko Tender beträgt somit S 33·10.

Die ersparten Kohlenkosten sind demnach richtig mit 300 000 × 33·1, das sind 9·93 Mill. S, statt wie von den ÖBB anläßlich der Pressekonferenz mit 7·5 Mill. S angegeben, also um 2·43 Mill. S höher in die Rentabilitätsberechnung einzusetzen, die im Vergleich der Kosten, erstellt von den ÖBB fehlen.

In der Begründung der Ablehnung der weiteren Elektrifikation wird auf den wesentlich herabgesetzten Kohlenverbrauch hingewiesen. Dieser ist in meiner Rechnung berücksichtigt worden. Logischer und objektiverweise hätte jedoch gesagt und gewertet werden müssen, daß der absolut und spezifisch geringere Kohlenverbrauch, neben der nicht zu leugnenden besseren Gebarung der Mannschaft und der Vollkommnung der Lokomotiven in mehrfacher Beziehung dem viel gelästerten elektrischen Betrieb zu danken ist.

Die Linien westlich Innsbruck hatten im Frieden einen Normalkohlenverbrauch von etwa 350 kg je 1000 Brutto-tkm. Durch den Entfall dieses hohen spezifischen Wertes mit einer beträchtlichen Kohlenmenge verbessert sich ohne technische Verbesserung die spezifische Verbrauchszahl je Brutto-tkm. Es besteht daher kein Zweifel darüber, daß der Minderverbrauch an Effektivkohle von rund 100 000 t vom Jahre 1924 auf 1925 im wesentlichen auf den Entfall des Verbrauches der elektrifizierten Linien und deren hohen spezifischen Verbrauch zurückzuführen ist.

Von den bislang elektrifizierten Linien sind zum überwiegenden Teil hochwertige Dampflokomotiven frei geworden und konnte eine entsprechende Anzahl minderwertiger Maschinen abgebaut werden; auch dieser Umstand verbesserte die Ökonomie der mit Dampf betriebenen Linien.

Eine gerechte Bewertung der Ökonomie des elektrischen Betriebes müßte dies der Betriebsrechnung gutbringen.

	S
Nach eigenen Angaben der ÖBB beträgt die Ersparnis an Personal eine Summe, die durch die Schweizer Ergebnisse weit übertroffen wird.	3 291 000
Weiters soll an den Erhaltungskosten der Lokomotiven ein Betrag von nur erspart werden, das heißt, die ÖBB berechnet die Kosten der Erhaltung mit 12 vH, ein geradezu exorbitanter Betrag, wenn man bedenkt, daß die Schweiz ihre elektrischen Lokomotiven mit 4·2 vH vom Anschaffungswert instand hält. Selbst	2 415 000

[4]) Die Schweizer Bundesbahnen errechnen hiefür S 13·60 je t, ein Beweis, daß meine Rechnung vorsichtig, den Dampfbetrieb eher begünstigend, erstellt ist.

Digitized by Google

	S
wenn man den doppelten Schweizer Satz rechnet, kommt man nur auf insgesamt 4·8 bis 5 Mill. S, so daß die Ersparnisse in diesem Belange nicht 2·4 Mill. S, sondern	6 000 000
erreichen.	
Unsere Rechnung können wir hiermit ohne Berücksichtigung weiterer noch vorhandener Ersparungsquellen schließen, indem diese mit einem Überschuß von	5 565 000
schließt.	
Alle weiteren Ersparnisse verbessern die Wirtschaft der Bundesbahnen noch weiter, zum Beispiel:	
Minderkosten an Schmier- u. Putzmaterial	295 000
Wasserbeschaffung	123 000
Aufsicht u. Erhaltung der Signalleitungen	300 000

Unbewertet sollen bleiben die Ersparnisse bei Erhaltung der Fahrzeuge, der Gebäude und Tunnels, und schließlich nicht zu vergessen die Steigerung der Frequenz durch die Bevorzugung des elektrischen Betriebes.

Tabelle IV. Vergleich der Betriebskosten. Wien—Salzburg. 315 Bahn-km = 6·5 vH des Gesamtnetzes, Verkehr etwa 16·5 vH des Gesamtverkehrs.

	Elektr. Betrieb Ö. B. B.	Dr. See.	Dampfbetrieb Ö. B. B.	Dr. See.
	Millionen Schilling			
Anlagekosten	182	150	7·5	51
Zinsen und Tilgung	16·520	12·000	2·271	4·080
Stromkosten bezw. Kohle	8·260	5·735	7·500	9·930
Kesselspeisewasser	—	—	0·123	0·123
Erhaltungskosten	8·620	5·000	11·035	11·035
Putz- u. Schmiermaterial	0·240	0·240	0·535	0·535
Personaldifferenz	—	—	3·291	3·291
Betriebskosten der Leitung und Unterwerke	0·700	0·700	—	—
Oberbau-Mehrerhaltung	0·150	—	—	0·150
Besondere Vorteile	—	—	1·000	1·000
Minderkosten der Erhaltung der Signalleitung 25 vH von S 3800/km	—	—	—	0·300
	34·490	23·675	25·755	30·444
Lt. Ö. B. B. Defizit	8·735			
Überschuß zu Gunsten des elektr. Betriebes			6·765	

Bei 8 vH Zinsen können noch weitere rund 85 Mill. S investiert werden, bevor der elektrische Betrieb passiv wird.

Das heißt, trotz ungewöhnlich hoch angesetzter Anlagekosten für die Elektrifizierung der ÖBB Linie Salzburg—Wien, trotz den für die Elektrifizierung äußerst ungünstig gestellten Betriebskosten-Vergleich erweist sich die Elektrifizierung, wie es für mich niemals zweifelhaft sein konnte, als durchaus rentabel, und zwar rentabel im privatwirtschaftlichen Sinne.

Wenn ich zu diesem Ergebnis gelange, darf ich keinen Anspruch auf Priorität erheben, denn Berufenere als ich sind zu dem gleichen Resultat bezüglich der Linien westlich Salzburg gelangt.

In der bereits zitierten Abhandlung des Vorstandes der Zugförderung der ÖBB, Ing. Swiczinsky, wird nachgewiesen, daß diejenigen Unrecht haben, die die „Überlegenheit der Kohle über die Elektrizität" behaupten.

Weiters „dem Kapitalsdienst der Elektrifizierung von 316 Mill. S steht eine ersparte Summe von 336 Mill. S gegenüber" und so fort.

Diese Feststellung bezieht sich zwar auf die Linien westlich Salzburgs. Der Verkehr und Kohlenverbrauch östlich Salzburgs ist wesentlich stärker, somit gilt das vorhin Gesagte in viel höherem Maße.

In Bezug auf die fruchtbringende, die Inlandswirtschaft alimentierende Verwendung der Anlagekosten dem auf Auslandskohle gestützten Dampfbetrieb ohne Zweifel überlegen, ist der elektrische Betrieb in Bezug auf die Betriebskosten dem Dampfbetrieb überlegen oder zumindest gleichwertig, selbst wenn zahlreiche besondere Vorteile des elektrischen Betriebes rechnungsgemäß nicht gewertet werden.

In weiterer Folge besteht zwischen den beiden Betriebsarten auch kein wesentlicher Unterschied, wenn man die Beeinflussung unserer Zahlungsbilanz gegenüber dem Auslande betrachtet. In einem Fall wandert unser Geld ins Ausland für die Kohle und für die Zinsen, den für die Nachbeschaffung von Dampflokomotiven erforderliche Betrag, etwa 20 bis 25 vH des zur Elektrifizierung erforderlichen Kapitales; im zweiten Falle für Zinsen und Tilgung des Leihkapitals. In beiden Fällen kann jener Teil der jährlichen Lasten dem Inlande vorbehalten bleiben, welcher der Beteiligung des Inlandkapitales oder der Inlandkohle entspricht.

Bei Dampfbetrieb besteht die Tributpflicht an das Ausland für immer und ist großen Schwankungen unterworfen, nicht zu vergessen die zweifellos steigende Richtung der Kohlenpreise. Die Willkür unserer Kohlenlieferanten muß auch Erwähnung finden.

Der Zinsen- und Tilgungsdienst für das Auslandskapital ist zeitlich begrenzt, währt im allgemeinen nicht länger als 25 Jahre, den ÖBB verbleiben dann lastenfreie, wertbeständige Anlagen. Einer Zinsfußsteigerung kann vorgebeugt, eine Konvertierung bei Verbilligung des Geldes vorbehalten werden.

Tabelle V. Handelsbilanz. (Wien—Salzburg.)

a) der Anlagekosten.

Aufwendungen im	Elektr. Betrieb	Dampfbetrieb
	Millionen Schilling	
Inland	135	45[1])
Ausland	15	5

[1]) Zum Teil vorhanden.

b) der Betriebskosten.

	Elektr. Betrieb Inland	Ausland	Dampfbetrieb Inland	Ausland
	Millionen Schilling			
Zinsen und Tilgung	—	12	—	4·08
Stromkosten	1·2	—	—	—
Kohle und Transport	—	—	3·2	6·7
Der Volkswirtschaft zugeführt in 20 Jahren	159·0	240	89	260·0
Mehraufwand	70·0	—	—	20·0

Zusammenfassend kann gesagt werden: Die Elektrifizierung der hierzu geeigneten Linien

Digitized by Google

der ÖBB, das sind: Salzburg—Wien und Wien—Graz, ist fortzusetzen weil:

1. die Elektrifizierung vom Standpunkte der Bundesbahnen privatwirtschaftlich rentabel gestaltet werden kann,

2. die erforderlichen Investitionen einen großen Teil der heimischen Industrie fruchtbringend beschäftigen und wertvermehrende Anlagen beschaffen. Als moralisches Moment der Bindung ist zu sagen, daß

3. sich die Industrie auf Grund des seinerzeitigen sämtliche Linien südlich der Donau der ÖBB umfassenden Programmes bei Beginn der Elektrifizierung für diese durch bedeutende Kapitalaufwendungen eingerichtet hat. In der verflossenen kurzen Zeit konnten diese nicht getilgt werden, wozu auch die unter scharfer Auslandskonkurrenz erstellten Preise nicht ausreichten. Diese Einrichtungen ebenso wie das inzwischen herangebildete Personal würde selbst bei vorübergehender Einstellung der Arbeiten brachliegen bezw. müßten sonst Arbeiter in katastrophalem Umfange abgebaut werden, und

4. schließlich weil durch die Elektrifizierung einem grundlegenden volkswirtschaftlichen Axiom in dem Sinne Rechnung getragen wird, daß das volkswirtschaftlich äußerst wichtige Instrument unseres Staates — die Bundesbahnen — sich auf die Bodenschätze des eigenen Landes stützen und sich damit von fremden Interessen befreien kann.

Wenn also noch vor kurzem im Rahmen der neuen Investitionsanleihe 200 Mill. S für die Fortsetzung der Elektrifizierung verlangt wurden und jetzt urplötzlich eine Sinnesänderung zugunsten anderer Investitionen eingetreten ist, so glaube ich bewiesen zu haben, daß hiefür das Argument der Unwirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes nicht herangezogen werden kann.

Diskussion.

Im Anschluß an den vorstehend wiedergegebenen Vortrag entwickelte sich eine lebhafte Diskussion. Zu dem sachlichen Teil der Ausführungen haben die Herren Direktoren Ing. Rudolf Föst und Ing. Oskar Taussig das Wort ergriffen. Wegen vorgeschrittener Zeit war die Möglichkeit einer Erwiderung genommen. Der Vortragende gibt daher an dieser Stelle unter Anführung der erhobenen Einwendungen seine Gegenargumente bekannt.

Herr Dir. Föst: Die beim erstmaligem im Jahre 1920 zugunsten der Elektrifizierung gefaßten Beschluß gehegten Erwartungen sind nicht in Erfüllung gegangen. Die im betreffenden Gesetze enthaltenen Rechnungen haben sich als unrichtig erwiesen, da einerseits die tatsächlichen Investitionskosten sich weitaus höher herausgestellt haben als erwartet wurde. Andererseits fußte die damals errechnete Wirtschaftlichkeit auf einen ganz unverhältnismäßig hohen Kohlenpreis und Kohlenverbrauch. Diese Übelstände sind in der Hauptsache behoben, wodurch allein schon die finanziellen Vorteile der Elektrifizierung entfallen sind. Es habe sich aber auch während der Durchführung der zweiten Etappe (Linien östlich Innsbruck) gezeigt, daß wesentliche Überschreitungen der veranschlagten Kosten zu gewärtigen sind, welche mit etwa 40 vH beziffert werden können.

Auf diese Einwände erwidert der Vortragende: Alle Berechnungen, die wie der Voranschlag für die Elektrifizierung, in der Zeit der stärksten Inflation entstanden sind, waren und mußten unzuverlässig sein, weil schon während der zur Erstellung der Entwürfe und der Voranschläge unvermeidlich erforderlichen Zeit wesentliche Schwankungen der Preise und daher der Goldbasis eingetreten sind, so daß die im Gesetz abgedruckten Zahlen mit einem ganz anderen, im allgemeinen zweifellos höheren Goldwert einzusetzen sind als ein solcher sich nach dem Tag der Vorlage des Gesetzes oder gar der Gesetzwerdung entsprechend errechnen läßt. So weit die Elektroindustrie in Frage kommt, sind alle Lieferungen zu vertraglich fest umschriebenen Bedingungen mit Berücksichtigung der Inflation vergeben worden. In diesem Belange ist die Feststellung von Interesse, daß die ÖBB im Jahre 1923 einen Substanzgewinn aus diesem Titel von 3 Mill. Goldkronen errechnet haben.

Wenn aber Überschreitungen der intern veranschlagten Summen eingetreten sein sollten, so können diese nur auf die sich geradezu katastrophal auswirkende Streckung des Baufortschrittes zurückzuführen sein. Beispielsweise dauerte der Bau der Fahrleitung der Westrampe am Arlberg wegen Geldmangel 3½ Jahre; normalerweise hätte man die Leitungsanlage dieser 26 km langen Strecke in einer Bausaison fertigstellen können. Daß eine solche Bauweise ungeheure Regiekosten verschlingt, wird jedem Einsichtigen klar sein. Bei den anderen baulichen Herstellungen war es auch nicht anders. Die Verteuerung der Anlagen aus Ursache des Geldmangels, also einer höheren Gewalt, darf nicht der Elektrifizierung angelastet werden. Die von Herrn Dir. Föst hervorgehobene Verbesserung der Kohlenwirtschaft der ÖBB wird von mir nicht bestritten, diese ist vielmehr meiner Rentabilitätsberechnung zugrunde gelegt worden. Das durch meine Rechnung erwiesene Ergebnis wird durch die gebesserte Kohlenwirtschaft nicht umgestoßen. Es sei hier nochmal wiederholt, daß das von mir errechnete Akitvum auf Grund:

1. des von der Bundesbahn tatsächlich erzielten Preises von S 22·50 je t Normalkohle errechnet wurde;

2. habe ich den spezifischen Kohlenverbrauch von 110 g Normalkohle je Brutto-tkm in meine Rechnung eingeführt. Zur Kennzeichnung dessen, wie niedrig diese spezifische Verbrauchszahl ist, seien die spezifischen Verbrauchszahlen für effektive Kohle, die die ÖBB veröffentlicht haben, angeführt und den entsprechenden Zahlen für Normalkohle gegenübergestellt:

Betriebsjahr	Gramm Brutto-tkm		Wertigkeit der Kohle
	Effektivkohle	Normalkohle	
1923	157	198·5	1·265[1])
1924	126	164·1[3])	1·333
1925	113	154·3[3])	1·397
1926	107	153·0	1·430
1927	104	149·0	1·430[2])

[1]) Aus einer Denkschrift der Ö. B. B. Siehe „Die Lokomotive" 1926, H. 9.
[2]) Aus dem Geschäftsbericht der Ö. B. B. 1925.
[3]) Geschätzt, Angabe fehlt.

Der spezifische Kohlenverbrauch auf der gegenständlichen Linie soll niedriger sein als der Mittelwert, und zwar 123 g/Brutto-tkm. Ich habe des weiteren angenommen, daß bei dem um 20 vH gesteigerten Verkehr eine in den letzten drei Jahren allerdings nicht nachweisbare Verringerung des Kohlenverbrauches von 10 vH erzielt wird. Die Schweizer BB verheizen viel höherwertige Kohle als die ÖBB, trotzdem können sie den spezifischen Verbrauch (auf österreichische Normalkohle umgerechnet) auch nicht unter 119 g/Brutto-tkm drücken.

Herr Direktor Föst schilderte in seinen Ausführungen die Schwierigkeiten, mit welchen die Generaldirektion der ÖBB zu kämpfen hat und welche Erfolge bisher erzielt wurden. In meinem Vortrage habe ich mich mit diesen Fragen nicht zu befassen gehabt. Gegenstand meiner Betrachtungen war die Rentabilität und die neue Werte schaffende, also produktive Wirkung der Elektri-

Digitized by Google

fizierung der Linie Wien—Salzburg nachzuweisen. Ich komme daher nur auf diejenigen Bemerkungen des Herrn Direktor Föst zurück, die mit dieser Frage in Zusammenhang stehen.

Herr Direktor Föst hob die hohen Aufwendungen für die Arlbergstrecke hervor und die zu diesen in keinem Verhältnis stehenden geringen Einnahmen, er sprach aber nicht davon, wie niedrig die Einnahmen und wie hoch die Ausgaben dann gewesen wären, wenn man weiter mit Dampf gefahren wäre, nicht zu vergessen den Umstand, daß die jetzt gefahrenen Fahrpläne mit Dampflokomotiven überhaupt nicht bewältigt werden können! Daß der Betrieb dieser Strecke passiv ist und mit den Auslandslinien im Wettbewerb schwer standhalten kann, ist an sich bedauerlich. Diese Tatsache kann jedoch niemals als Argument für eine noch teurere und technisch unzulänglichere Betriebsart, die den Abgang nur noch vermehrt, ins Treffen geführt werden. Wenn der Verkehr der Linien westlich Innsbruck bis Bregenz, wie Herr Direktor Föst sagt, von 466 Mill. Brutto-tkm im Jahre 1924 auf etwa 300 Mill. Brutto-tkm abgenommen hat, also auf weniger als die Hälfte der Vorkriegszeit (667 Mill. Brutto-tkm), so müssen eben Maßnahmen erwogen und getroffen werden, um in diesem seit jeher bestandenen Konkurrenzkampf nicht zu unterliegen. Der elektrische Betrieb mit der praktisch unerschöpflichen Triebkraft ist hiezu ein geeignetes Mittel. Wenn die Generaldirektion die Rationalisierung bislang mit ansehnlichem Erfolg angestrebt hat, so wird und würde ihr dies in Zukunft unter gleichzeitiger Wahrung der Interessen der Angestellten im elektrischen Betriebe mit viel weniger Mühe gelingen. Das Personal kann bei elektrischem Betriebe ohne körperliche Mehranstrengung und ohne längere Dienstzeit höhere Verkehrsleistungen erzielen. Wenn die Tarife der ÖBB noch nicht voll valorisiert sind, so ist dies in Hinblick auf die ÖBB gewiß ungerecht, wenn auch unserer Volkswirtschaft hiedurch vorübergehend ein Scheinvorteil erwächst. Letzten Endes müssen für die Abgänge die Steuerzahler aufkommen. Vernünftiger ist es, mit angemessenen Tarifen zu fahren. Kein Zweifel kann darüber obwalten, daß angemessene Tarife eher erreichbar sind, wenn die Reisenden schnell und bequem fahren, als wenn jeder zu klagen hat.

Der Einwand des Herrn Dir. Ing. Taussig, daß die Elektrifizierung der Schweizer BB mit einem Überschuß von nur 1·7 Mill. Frk. im Jahre 1927 bezw. 2·7 Mill. Frk. im Jahre 1928, nach voller Deckung der Verzinsung und der Tilgung, nicht lukrativ ist, wird wohl in einer Zeit, wo die wenigsten Industrien in der Lage sind, die unumgänglich nötigen Neuerungen zu verdienen oder für Rationalisierungen die erforderlichen Rücklagen zu machen, wenig Zustimmung finden, ganz abgesehen davon, daß es niemals Aufgabe von im staatlichen Besitz befindlichen Bahnen sein kann, Dividenden aus der Volkswirtschaft zu verdienen.

Der Unterschied im Zinsfuß in der Schweiz und in Österreich kann das von Herrn Dir. Ing. Taussig befürchtete Defizit nicht herbeiführen, weil, wie die durchgeführte Rechnung zeigt, tatsächlich — selbst wenn man so manches in meiner Rechnung bestreiten sollte — ein Überschuß zu erzielen ist. In Österreich sind die Anlagekosten wesentlich geringer. Den höheren Zinslasten in Österreich hält die wesentlich bessere Ausnützung der Anlagekosten das Gleichgewicht. Die Linie Wien—Salzburg hatte im Jahre 1926 einen Verkehr von 7·1 Mill. Brutto-tkm je Bahn-km gegen nur 4·35 Mill. Brutto-tkm auf den elektrifizierten Linien der Schweiz! Der $8{\cdot}0 : 5{\cdot}5 = 1{\cdot}45$ mal so großen Zinsenlast in Österreich steht der $7{\cdot}10 : 4{\cdot}35 = 1{\cdot}63$ fache Verkehr gegenüber, selbst wenn man die in der Rechnung der ÖBB berücksichtigte 20 vH Verkehrssteigerung außer Acht läßt. Die Zinslast in der Schweiz ist also relativ größer als in Österreich.

Die niedrige Verkehrsziffer in der Schweiz begründet es, warum die Schweiz nach Beendigung der Elektrifizierung auf den Hauptlinien bei der weiteren Elektrifizierung Vorsicht walten läßt. Der Verkehr auf den restlichen Linien ist so schwach, daß sich die Elektrifizierung nicht mehr rentieren kann. Sie wird nur fortgesetzt, weil die Bevölkerung sie verlangt und weil der Dampfbetrieb die Passivität dieser Linien nur steigert.

Der elektrische Betrieb erkämpft sich die Rentabilität in der Schweiz noch aus einem anderen Grund viel schwerer als in Österreich. Der Dampfbetrieb der Schweizer BB war viel vollkommener und wies beträchtlich höhere Verkehrsleistungen auf als dies in Österreich der Fall ist.

Eine Schweizer Dampflokomotive fördert jährlich im Mittel 12·4 Mill. Brutto-tkm gegenüber dem österreichischen Durchschnitt von nur 5·455 Mill. Brutto-tkm, also weniger als die Hälfte. Bei der Leistung der elektrischen Lokomotiven besteht zwischen den beiden Bahnverwaltungen kein Unterschied, indem diese in beiden Fällen eine Verkehrsleistung von etwa 17·5 Mill. Brutto-tkm zu bewältigen haben. In der Schweiz kann man demnach auch in diesem Belange weniger einsparen als in Österreich.

Die Mitteilungen der Herren Dir. Föst und Ing. Taussig bestätigen die Richtigkeit meiner Berechnung der Kohlenkosten, insbesondere der Transportkosten. Denn wenn sich die ÖBB die „Itala"-Tarife als Selbstkostensatz rechnen, berechnen sie sich weniger als die wirklichen Kosten, die sich unanfechtbar aus ihrem Geschäft als Selbstkosten errechnen lassen. Die ÖBB erleiden auf diese Art einen Verlust, dem sie bei elektrischem Betrieb entgehen. Wenn die von mir angenommene Entfernung des Kohlentransportweges zu hoch gegriffen ist und etwa 150 km richtig wären, so verringert sich der von mir errechnete Ertrag der Elektrifizierung um rund S 890 000, es verbleibt trotzdem ein reichliches Aktivum. Herr Dir. Ing. Taussig bekämpft die von mir vorgenommene Herabsetzung der von den ÖBB errechneten Erhaltungskosten der Elektrolokomotiven und beansprucht dasselbe für die Dampflokomotiven. Die ÖBB besorgen die Erhaltung ihrer Dampflokomotiven seit Jahrzehnten, ich muß annehmen, daß dies mit der erreichbaren größten Vollkommenheit geschieht; es lag daher für mich kein Grund vor, die Rechnung der ÖBB in diesem Belange zu ändern. Bezüglich der Elektrolokomotiven liegt der Fall anders: 12 vH von den Anschaffungskosten, wie von den ÖBB ohne ausreichende Grundlagen angegeben wird, sind nach anderwärts vorliegenden Erfahrungen viel zu hoch. 4 bis 5 vH sind und müssen in einem geordneten Betrieb ausreichen; ich habe mit 8 vH gerechnet.

Ein Gegenbeweis zu meiner Feststellung, daß die in Frage stehende Elektrifizierung rentabel ist, ist von keinem der beiden Vorredner erbracht worden, dagegen boten mir ihre Einwendungen die erwünschte Gelegenheit, nachzuweisen, daß der niedrige Zinssatz in der Schweiz die Elektrifizierung mehr belastet, als dies bezüglich der österreichischen Elektrifizierung durch den höheren Zinsfuß der Fall ist. Der diesbezügliche zahlenmäßige Nachweis dürfte zur Klarstellung des Problems nicht unwesentlich beigetragen haben.

Im übrigen erscheint mir die wiederholte Versicherung der Herren Dir. Föst und Ing. Taussig, daß sie keine Gegner der Elektrifizierung sind und nach entsprechender Atempause weiter elektrifiziert werden soll, nicht schlüssig; denn wenn die Elektrifizierung so passiv ist, wie dies die ÖBB behaupten, und zwar in vollem Gegensatz zu den vor nicht zu langer Zeit erfolgten Verlautbarungen, dann darf nicht elektrifiziert werden und dann liegt auch keine Aussicht vor, daß diese Betriebsart jemals aktiv wird.

Die österreichische Elektroindustrie ist durch Unterbreitung einer entsprechenden Offerte in der Lage, für Einhaltung der gemachten Angaben auch einzutreten.

Digitized by Google

Das Fernkabel Meran—Bozen.

Von Direktor Ing. E. **Zikéli**, Meran.

Die „Etschwerke", Elektrizitätswerke der Städte Bozen und Meran, erbaut im Jahre 1897, hatten eine über alle Voraussicht günstige Entwicklung. Schon im Jahre 1903 ergab sich die Notwendigkeit, die für die Stromversorgung von Bozen und Umgebung erbaute Fernleitung zu verstärken oder eine zweite derartige Leitung zu erstellen. Die erste Fernleitung vom Kraftwerke Töll der „Etschwerke" bei Meran bis Unterstation Gries bei Bozen mit einer Länge von 35 km wurde mit 3×28 mm² Kupfer für 10 000 V Endspannung gebaut und besaß eine noch wirtschaftliche Übertragungsleistung von 335 kW.

Auf Grund verschiedener Betrachtungen und Studien erwies sich im Jahre 1903 die Verlegung eines armierten Erdkabels wirtschaftlicher als der Bau einer neuen Freileitung gleicher Leistung, weil die Betriebskosten, auch bei höheren Anschaffungskosten für das Kabel, bei einer mit 30 Jahren angenommenen Lebensdauer sich in der Berechnung niedriger stellten als diejenigen für eine Freileitung, wie damals üblich auf Holzmasten geführt. Im Weiteren mußte aus betriebstechnischen Gründen einer allen atmosphärischen Einflüssen und sonstigen Einwirkungen entzogenen unterirdischen Fernleitung der Vorzug gegeben werden. Aus diesem Grunde wurde dem Verwaltungsrat der „Etschwerke" der Vorschlag unterbreitet, als zweite Fernleitung ein eisenbandarmiertes Bleikabel mit 3×70 mm² Kupferquerschnitt, für 10 000 V Endspannung, geeignet für die Übertragung von 1500 PS = zirka 1000 kW, zu verlegen.

Der Ausführung stellten sich jedoch anfänglich gewisse Schwierigkeiten entgegen, weil zu dieser Zeit die Kabelwerke ein Kabel für 10 000 V Endspannung mit einer Länge von zirka 35 km und einer am Ende abgenommenen gewissen Energiemenge noch nicht hergestellt, verlegt und montiert hatten und die geforderte Garantie für den störungsfreien Betrieb, sowie die Haltbarkeit eines solchen Kabels nicht glaubten übernehmen zu können. Nach längerem Studium hat sich die Siemens-Halske A. G., Kabelfabrik, Wien bereit erklärt, ein Kabel von zirka 35 km Länge mit 3×70 mm² Kupferquerschnitt, für 10 000 V Endspannung, zu liefern, zu verlegen und zu montieren und es den „Etschwerken" für die Dauer von zwei Jahren, gegen eine Verzinsung des investierten Kapitals und die Verpflichtung der Übernahme nach anstandslosem Betrieb während dieser Zeit, zur Verfügung zu stellen.

Mit Rücksicht auf die Entfernung der Unterstation Bozen—Museum vom Kraftwerke Töll von zirka 35 km war die Regulierung der Spannung für den Bezirk Bozen im Kraftwerke sehr schwierig und liessen außerdem die häufigen Störungen in der oberirdischen Betriebstelephonleitung zwischen Meran und Bozen eine Besserung dieser Zustände als dringend notwendig erscheinen. Aus diesem Grunde entschlossen sich die „Etschwerke", mit dem neuen Fernkabel Kraftwerk Töll-Unterstation Bozen—Museum gleichzeitig ein induktionsfreies zehnadriges Meß- und Sprechkabel zu verlegen.

Die Konstruktion, sowie die gegebenen elektrischen Garantien waren die folgenden:

Querschnitt in mm², Anzahl und Durchmesser der Drähte:

1 Mitteldraht, sektorförmig, hierüber 30 Runddrähte von je 1·55 mm Durchmesser in 2 Verseillagen (12+18) } = 70 mm².

Isolationsstärke Leiter gegen Leiter: 12 mm.

Isolationsstärke Leiter gegen Bleimantel: 12 mm.

Isolationsmaterial: Imprägniertes Papier.

Stärke des Bleimantels = 3 mm.

Gewicht des Bleimantels per lfd. m = 6·65 kg.

Äußerer Durchmesser des Bleimantels = 65 mm.

Kompoundierung 3 mm, bestehend aus:

1 Lage Kompoundmasse,
1 „ Papier,
1 „ Kompoundmasse,
1 „ imprägnierte Jute,
1 „ Kompoundmasse.

Eisenpanzer: 2 Lagen Bandeisen 1 mm, 45 mm breit. Stoßfuge 16 mm.

Äußerer Durchmesser des Eisenpanzers = 75 mm.

Gewicht per lfd. Meter = 2·05 kg.

Äußere Kompoundierung: 2 mm, bestehend aus:

1 Lage Kompoundmasse,
1 „ imprägnierte Jute,
1 „ Asphalt.

Äußerer Durchmesser des fertigen Kabels = = 79 mm.

Gewicht des fertigen Kabels per lfd. m = zirka 15·5 kg.

Prüfspannung in der Fabrik Leiter gegen Leiter und gegen Blei = 40 000 V.

Garantierter Ohmscher Widerstand per 1000 m bei 15° C, = 0·25 Ohm.

Garantierter Isolationswiderstand in der Fabrik per 1000 m, bei 15° C, = 500 Megohm.

Mit der Verlegung und Montierung des Fernkabels nebst Meß- und Sprechkabel wurde im September 1903 beim Kraftwerke Töll begonnen, jedoch wurden die Arbeiten infolge der vorgeschrittenen Jahreszeit abgebrochen und im Frühjahr 1904 wieder aufgenommen. Die Inbetriebsetzung der Kabellinie erfolgte hierauf am 1. August 1904.

Der Festlegung der Kabelkonstruktion, sowie der Anfertigung der Kabel gingen jedoch wichtige Untersuchungen über das Zusammenarbeiten eines derartig langen Kabels, also eines Gebildes mit gewissen Werten für den Ohm'schen Widerstand, die Selbstinduktion, vor Allem aber die Kapazität, mit den Maschinen und Transformatoren der „Etschwerke" voraus. Hierbei darf nicht vergessen werden, daß die Generatoren und Transformatoren vor zirka 30 Jahren noch ohne Berück-

Digitized by Google

sichtigung der Spannungskurven gebaut wurden. Um nun ein Fernkabel als Verbindungsleitung zwischen den Generatoren im Kraftwerke Töll bei Meran und den Transformatoren in der Unterstation Bozen-Museum betriebssicher herstellen zu können, mußten eine Reihe von theoretischen Berechnungen vorgenommen werden. Dieselben erstreckten sich auf die Kapazität des Fernkabels, die Selbstinduktion der Generatoren, sowie diejenige der Transformatoren. Sie ergaben gewisse Unsicherheiten mit Bezug auf die diesen Berechnungen zugrunde gelegten Konstanten und hier-

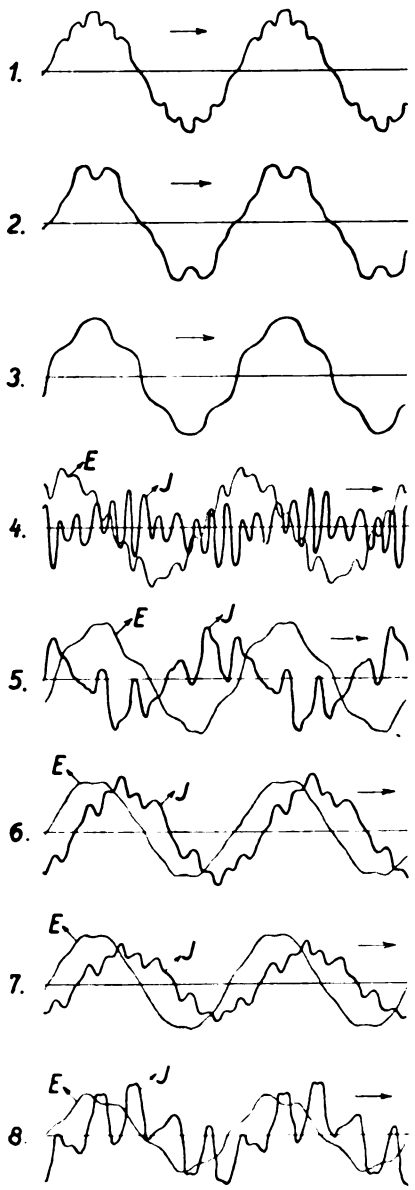


Abb. 1. Oszillogramme.

durch die Unmöglichkeit der Bestimmung der Größe der das Kabel gegebenenfalls gefährdenden Oberschwingungen. Es schien jedoch durch die Berechnungen erwiesen, daß eine Kurzschlußgefahr beim Sinken der Frequenz, sowie eine Resonanz mit dem 5. Oberton zu gewärtigen sei.

Aus vorstehenden Gründen ging man daran, in erster Linie die Spannungskurven der leerlaufenden Generatoren im Kraftwerke Töll zu untersuchen. Diese sind in den Oszillogrammen 1, 2 und 3 der Abb. 1 dargestellt. Es zeigt sich eine erhebliche Abweichung von der reinen Sinuslinie durch besonderes Hervortreten der 5. Harmonischen; es bestand somit Resonanzgefahr dieser Frequenz beim Anschluß des Kabels.

Die weiteren Oszillogramme für Spannung und Strom (4, 5, 6, 7, 8) der Abb. 1 sind nun in mehrfacher Hinsicht bemerkenswert.

Oszillogramm Nr. 4 bezieht sich auf den Generator II mit 5·38 km Fernkabel, endigend in der Unterstation Meran-Theater, und zwar aufgenommen bei offenem Kabelende.

$$E = 11000\,\text{V},\ I = 5{\cdot}78\,\text{A},\ \text{Per/s} = 47{\cdot}2.$$

Beachtenswert hierbei ist das Anschwellen des 11. Obertones, dessen Ladestrom nahezu das Doppelte desjenigen der Grundschwingung ist. Da die vorgenannte Kabelstrecke den ungefähr 6·5ten Teil der Gesamtstrecke darstellt, so mußte man bei weiteren Resonanzannäherungen auf einen sehr großen Wert für den Ladestrom des gesamten Kabels gefaßt sein.

Oszillogramm Nr. 5 zeigt Spannung und Strom für die gleiche Maschine mit 17·65 km Kabel bis zur Unterstation Gargazon, gleichfalls bei offenem Kabelende.

$$E = 11000\,\text{V},\ I = 8{\cdot}96\,\text{A},\ \text{Per/s} = 46{\cdot}7.$$

In diesem Oszillogramm tritt im Besonderen der 5. Oberton hervor, dessen Ladestrom etwas mehr als die Hälfte desjenigen der Grundschwingung beträgt. Es ist aber eine Verflachung und Ausrundung der Spannungskurve schon deutlich zu bemerken, welche Tatsache in der nicht im Längenverhältnis gegenüber Oszillogramm Nr. 4 gestiegenen Ladestromstärke zum Ausdrucke kommt.

Oszillogramm Nr. 6 für Spannung und Strom bezieht sich auf den gleichen Generator mit 34·3 km Kabel bis Unterstation Bozen-Museum bei offenem Kabelende.

$$E = 9900\,\text{V},\ I = 11{\cdot}33\,\text{A},\ \text{Per/s} = 41{\cdot}4.$$

Hierbei beträgt der durch den 5. Oberton bewirkte Ladestrom nur noch zirka $^1/_6$ desjenigen der Grundschwingung.

Oszillogramm Nr. 7 für Spannung und Strom gilt wiederum für den Generator II mit 34·3 km Kabel und dem Transformator in der Unterstation Bozen-Museum.

$$E = 9900\,\text{V},\ I = 8{\cdot}59\,\text{A},\ \text{Per/s} = 41{\cdot}1.$$

Der Ladestrom des 5. Obertones beträgt hierbei zirka $^1/_6$ desjenigen der Grundschwingung. Derjenige des 11. Obertones ungefähr $^1/_7$.

Oszillogramm Nr. 8 für Spannung und Strom zeigt die beiden Generatoren II und IV mit den Spannungskurven im Leerlauf, laut den Oszillogrammen 1 und 2 mit 34·3 km Kabel und dem Transformator in der Unterstation Bozen-Museum.

$$E = 6700\,\text{V},\ I = 9{\cdot}06\,\text{A},\ \text{Per/s} = 42{\cdot}5.$$

Der durch den 5. Oberton bewirkte Ladestrom

Digitized by Google

ist etwas mehr als $^2/_3$ desjenigen der Grundschwingung.

Für die Zerlegung in Spannung und Strom diente ein besonders zu diesem Zwecke konstruierter Obertonmesser.

Zusammenfassend kann aus den acht Oszillogrammen ersehen werden, daß das Fernkabel ausgleichend wirkt und sich bei der vergrößernden Kabellänge die Spannungskurve der Sinusform nach und nach nähert. Auch wurde bewiesen, daß bei Zusammenarbeiten von Generatoren, Fernkabel und Transformatoren eine Kurzschlußgefahr bei sinkender Frequenz nicht vorhanden ist. Dieses günstige Ergebnis bot eine gewisse Gewähr für einen störungsfreien Betrieb.

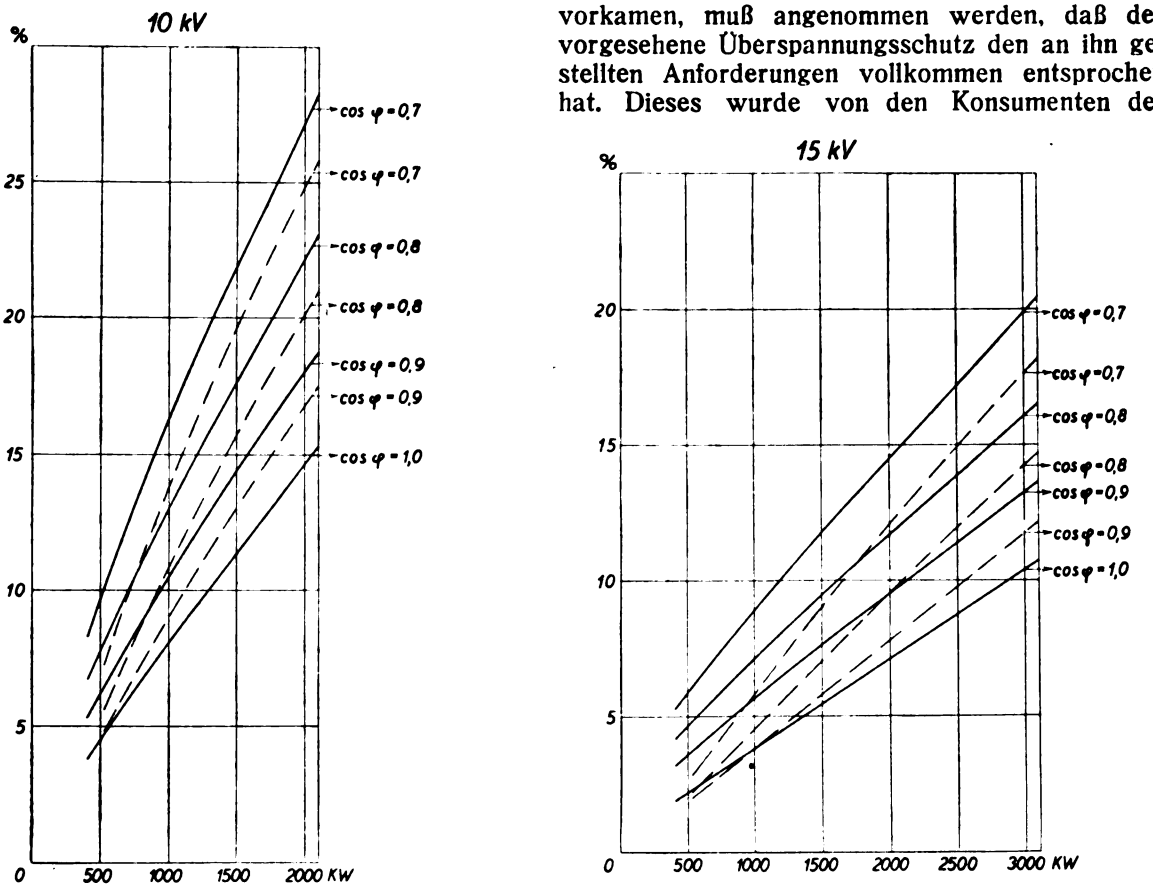


Abb. 2.

Der Betrieb mit dem neuen Kabel wurde jedoch noch weiterhin durch die Notwendigkeit erschwert, mit der eingangs erwähnten, für die Stromversorgung des Bozener Bezirkes vorhandenen alten Freileitung von zirka 35 km bis zur Unterstation Gries bei Bozen parallel arbeiten zu müssen, wodurch naturgemäß alle atmosphärischen Beanspruchungen der Freileitung über die gemeinsamen Sammelschienen auf das Kabel übertragen wurden. Aus diesem Grunde mußte die Durchschlagfestigkeit des Kabels höher bemessen werden, als wenn es sich nur um einen reinen Kabelbetrieb gehandelt hätte. Außerdem wurden aber noch entsprechende Überspannungs-Schutzeinrichtungen vorgesehen, nach den damaligen Anschauungen gebildet durch eine Kombination von durch einen Ölwiderstand gedämpften, von einer Stufendrosselspule abgezweigten, gegen Erde arbeitenden 5 Hörnerblitzableitern in 3 Stationen und zwischen den Leitern geschalteten und ebenfalls durch einen solchen Widerstand gedämpften 3 Hörnerblitzableitern in 2 Stationen des Kabels, sowie von einem Wasserstrahlerder im Kraftwerke zur Abführung der statischen Ladungen. Der Parallelbetrieb des Kabels mit der Freileitung dauerte vom 1. August 1904 bis zu der durch den Krieg bedingten Beschlagnahme des Kupfers der Freileitung im Jahre 1917. Da nun auch nach besonders schweren Hochgewittern Störungen nicht vorkamen, muß angenommen werden, daß der vorgesehene Überspannungsschutz den an ihn gestellten Anforderungen vollkommen entsprochen hat. Dieses wurde von den Konsumenten des Bozener Bezirkes, welche in den früheren Jahren über die alte Freileitung mit Strom versorgt wurden, besonders wohltuend empfunden, weil vorher fast bei jedem Gewitter oder großen Schneefällen Störungen in der Stromversorgung eintraten.

Aus den Betriebsaufzeichnungen ab 1. August 1904 bis zum 27, Juli 1921, also für 17 Betriebsjahre, sind insgesamt 4 Betriebsstörungen, als deren Ursache das Kabel angesehen werden kann, zu ersehen. Hiervon scheidet jedoch eine Störung aus, welche auf eine gewaltsame Beschädigung einer Verbindungsmuffe anlässlich der Verlegung einer Straße zurückzuführen ist. Weder bei dieser noch den drei folgenden waren Durchschläge des Kabels zu verzeichnen; die drei übrigen hatten ihren Grund in dem Eindringen von Bodenfeuchtigkeit in die Verbindungsmuffen nach der im

Digitized by Google

Jahre 1903/04 allgemein üblichen Konstruktion, ohne innere verlötete Bleimuffen usw. Dieser Umstand bot den „Etschwerken" Veranlassung, nach 17jährigem Betrieb die Verbindungsmuffen des Kabels einer Revision bezüglich Eindringen von Erdfeuchtigkeit, Schwund der Ausgußmasse usw. zu unterziehen; von dieser Zeit an waren Störungen nicht mehr zu verzeichnen.

Die vorstehenden, günstigen Betriebserfahrungen und die seit dem Jahre 1904 auf mehr als das Dreifache gesteigerten Spitzenbelastungen, sowie die hiermit verbundenen, sehr bedeutenden Leistungs- und Spannungsverluste, ließen den Gedanken als naheliegend erscheinen, die Endspannung für das Fernkabel in der Unterstation Bozen-Museum auf 15 000 V zu erhöhen. Die Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke, Kabelwerk, Wien, (als Nachfolgerin der Siemens & Halske A. G., Kabelfabrik, Wien), haben im Jahre 1926, also nach 22 Betriebsjahren, den Umbau des Kabels durch Auswechslung der in der langen Zwischenzeit konstruktiv überholten Verbindungsmuffen und Endverschlüsse vorgenommen. Die alten Verbindungsmuffen wurden gegen solche moderner, langgestreckter Form mit dreifach in der Vertikalen geteilten und verlöteten Bleimuffen, in Hinblick auf die Beanspruchung durch Kurzschlußströme verschraubten und verlöteten Leiterverbindungen, Aufwickeln des Leiterdielektrikums über diese usw. ersetzt. Als Endverschlüsse kamen nun nicht mehr runde, sondern flache Typen mit den vom V. D. E. vorgeschriebenen Dimensionen und Porzellandurchführungen zur Anwendung. Der Umbau vollzog sich innerhalb von drei Monaten. Das Kabel Kraftwerk Töll bei Meran bis Unterstation Bozen-Museum kam am 26. Oktober 1926 mit einer um 50 vH erhöhten Betriebsspannung, also mit 15 000 V in Bozen und zirka 17 000 V Anfangsspannung im Kraftwerke neuerlich in Betrieb.

In Abb. 2a und 2b sind die Leistungsverluste am Kabelende Bozen bei kapazitiver (voll ausgezogen) und induktiver (gestrichelt) Belastung bei 10 und 15 kV und bei verschiedenen Werten (0·7 bis 1·0) des cos φ dargestellt.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Sonderausführungen von Hochdruckdampfturbinen der Bergmann-Elektrizitätswerke. Von W. Pape. Die neuen Turbinen kommen als normale Maschinen für den Fall in Frage, wo in den vorhandenen Maschinen und Kesseln volle Leistungsreserve vorhanden ist, mit geringen Abänderungen können sie aber auch dann verwendet werden, wenn die volle Leistungsreserve nicht vorhanden ist. Das wesentliche Kennzeichen der Bauart ist, daß die Turbine sowohl mit Hochdruckdampf als auch mit Dampf niedrigerer Spannung (unter 20 at) wirtschaftlich die volle Leistung erzeugen kann. Besondere Ausbildung haben dabei die Turbinengehäuse (es handelt sich in der Regel um zwei- oder dreigehäusige Turbinen), die Laufschaufelbefestigung und die Dampfeinlaßsteuerung erfahren. In das Hochdruckgehäuse ist ein Innengehäuse eingebaut, das die dampfführenden Teile umschließt und das allein dem Hochdruckdampf ausgesetzt ist. Als Vorteile dieser Bauart sind anzuführen, daß die Wärmedehnungen des Innenzylinders in gleicher Größe und in gleicher Richtung auftreten, wie die Dehnungen des Läufers und daß der Druckunterschied zwischen dem Dampfdruck im Innenzylinder und dem Luftdruck außerhalb des Außengehäuses unterteilt wird und dadurch die Beanspruchungen beider Gehäuse niedrig gehalten werden. Die Niederdruckturbine ist eine für sich allein gelagerte Räderturbine, deren erster Stufe ein ein- oder mehrkränziges Laufrad, gegebenenfalls auch ein mehrstufiger Teil, vorgeschaltet ist. Dieser Vorschaltteil kann getrennt von dem übrigen Dampfdurchfluß mit Frischdampf niedrigerer Spannung beaufschlagt und bei normalem Hochdruckbetrieb von dem aus dem Hochdruckteil kommenden Dampf umgangen werden, also leer mitlaufen. Bei größeren Leistungen wird der Dampfstrom in den drei letzten Stufen geteilt. Die halbe Dampfmenge durchströmt die mit dem Mitteldruckteil im gleichen Gehäuse untergebrachten drei Niederdruckstufen, die andere Hälfte leistet in drei Stufen Arbeit, die einem gesonderten Gehäuse untergebracht sind, wobei im Gegensatz zu der meist üblichen Ausführung die Richtung der Dampfströmung in beiden Niederdruckteilen und somit in der ganzen Turbine die gleiche ist. Diese Anordnung des dritten Gehäuses ermöglicht eine besonders kurze Bauart und erleichtert auch den Zusammenbau der Abdampfstutzen mit den Kondensatorkörpern. Die Befestigung der Laufschaufeln mit aus dem Vollen gefrästen Kanälen geschieht durch Umfassen des T-förmigen Laufradkranzes, der als Besonderheit seitliche ringförmige Vorsprünge mit parallel zur Radebene liegenden Begrenzungsflächen aufweist, die ein Aufbiegen der beiden Lappen des Schaufelfußes unter der Wirkung der Fliehkraft verhindern. Diese Schaufelbefestigung ermöglicht auch, die Abmessungen des Laufradkranzes kleiner zu halten als bei den üblichen Ausführungen ohne Vorsprünge. Im Gegensatz zu der gewöhnlichen Anordnung der Düsenregelventile sitzen bei der Dampfeinlaßsteuerung der Bergmann E.-W. sämtliche Ventile auf derselben Spindel übereinander, so daß nur eine einzige Stopfbüchse erforderlich ist. Bei sehr großen Dampfmengen werden zwei Ventilgehäuse verwendet, um die Abmessungen der Gehäuse nicht übermäßig groß werden zu lassen. Die Ventile werden bei zunehmender Belastung der Turbine wie üblich nacheinander geöffnet. Mit den beschriebenen Turbinen ist folgender Betrieb möglich: 1. mit Hochdruckdampf allein; 2. mit Frischdampf hoher und Frischdampf niedriger Spannung und 3. mit Frischdampf niedrigerer Spannung allein. Bei reinem Hochdruckdampfbetrieb wird nur die Dampfzufuhr zum Hochdruckdampfgehäuse gesteuert, die erwähnte Zuschaltstufe im Niederdruckteile läuft leer. Steht nicht mehr genügend Hochdruckdampf zur Verfügung, so wird durch das Sinken der Kesselspannung ein Druckregler in Tätigkeit gesetzt, der einerseits ein teilweises Schließen der Hochdruckeinlaßventile bewirkt, anderseits aber den Dampfzutritt aus der Reservekesselanlage (mit niedrigerem Druck) in die Zuschaltstufe freigibt. Treten bei diesem Betriebe Belastungsänderungen auf, so wird nur der Dampfzutritt in die Niederdruckturbine gesteuert. Erst wenn die Hochdruckkesselanlage wieder den Dampfbedarf voll decken kann, das heißt wenn der Hochdruckkesseldruck wieder steigt, wird durch den Druckregler auf reinen Hochdruckbetrieb zurück umgestellt. Es ist auch möglich, unter Verwendung getrennter Dampfeinströmkammern zur Zuschaltstufe, diese bei Belastungssteigerungen auch noch zusätzlich mit Hochdruckdampf zu betreiben, falls solcher über den Normal-

Digitized by Google

bedarf hinaus noch verfügbar ist. Vorteilhaft werden bei solchen Anlagen auch Speicher eingeschaltet. Wird die Hochdruckkesselanlage ganz ausgeschaltet, zum Beispiel bei Ausbesserungen, so schaltet der Druckregler auf reinen Niederdruckbetrieb um, wobei auch der Hochdruckteil mit Dampf und niedrigerer Spannung beaufschlagt und somit das Mitlaufen der Hochdruckräder in stagnierendem Dampf vermieden wird. Schließlich kann auch der Hochdruckteil ganz abgekuppelt werden und der Niederdruckteil arbeitet mit der Vorschaltstufe dann allein. Es ist ferner noch möglich, die betriebenen Turbinen überhaupt mit Hochdruckdampf derart zu betreiben, daß bei Überlastung der Vorschaltstufe des Niederdruckteiles Frischdampf zugeführt wird. Auch in diesem Falle kann die Niederdruckturbine, bei abgekuppelter Hochdruckturbine, allein die volle Leistung erzeugen. Die Maschine ist — wenn sie nur mit Hochdruckdampf arbeitet — besonders zur Deckung von Leistungsspitzen, gegebenenfalls unter Verwendung von Dampfspeichern, geeignet, besondere Speicherturbinen sind nicht erforderlich. J.

(Bergmann-Mitteilungen 5. Jg. 1927, Nr. 4.)

Maschinenelemente.

Gleitlager mit verringertem Reibungsverlust. Von Prof. Dr. Ing. e. h. G. Dettmar. Da der Lagerreibungsverlust bekanntlich der Lagerlänge proportional ist, wäre durch deren Verkürzung ein Mittel zur Verminderung dieses Verlustes gegeben. Dieses Mittel versagt aber bei gewöhnlichen Lagern, weil, abgesehen von dem Fall, wo die Achsen der Schale und der Welle wirklich genau zusammenfallen, nur ein Teil der Schale trägt, wobei als Folge davon eine Verminderung der Stärke der Ölschicht und damit wieder eine Erhöhung der Reibung eintritt. Die neue Bauart der Lagerschalen des Verfassers (D. R. P. Nr. 426999, Ö. P. Nr. 107213) setzte die Reibungsverluste stark herab, ohne aber die Betriebssicherheit zu vermindern. Die neuen Lagerschalen weisen im mittleren Teile eine zylindrische Form auf, die sich nach den Enden hin nach beiden Seiten schwach kegelig erweitert. Es nimmt also die Schmierölschichtdicke nach den Enden hin zu und damit nimmt die Reibung in diesen Teilen ab. Es ergibt sich, daß bei Schrägstellungen oder Durchbiegungen der Welle bei dieser Lagerschalenform die Größe der tragenden Fläche ungefähr die gleiche bleibt; man kann daher mit der Flächenspannung höher gehen als bisher. Die neue Bauart macht auch die Verwendung von Kugelschalen (Sellerslager) überflüssig, sie kann sowohl bei vorhandenen Lagern leicht hergestellt werden als auch bei neuen ohne Änderungen der Konstruktion. Die Bauart ist besonders für kleine und mittlere elektrische Maschinen geeignet. Die Reibungsverluste sind etwa die gleichen wie bei Wälzlagern. Versuche mit verschiedenen Maschinen von 8 bis 37 kW bei Drehzahlen von 870 bis 1500 in der Min., sowie mit zwei 70 mm Transmissionslagern, die mit 500 U/min liefen, ergaben Ersparnisse an Lager- und Luftreibungsarbeit (gegenüber gewöhnlichen Lagerschalen) von 20 bis 45 vH, eine Verminderung der Temperaturzunahme der Lager um etwa 20 vH und eine beträchtliche Erhöhung der Auslaufzeit. —k.

(ETZ, 48. Jg., H. 40, 1927.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen als Anodengeneratoren. E. Rappel. Die Erzeugung der vollen Spannung in einer Maschine, wobei meist mit Rücksicht auf die Höhe der zulässigen Lamellenspannung zwei getrennte, in Serie zu schaltende Wicklungen mit je einem Kollektor aufgebracht werden, hat wohl den Nachteil, daß die beiden Wicklungen, die ja in den gleichen Nuten liegen, für die volle Maschinenspannung gegen einander isoliert werden müssen; dem steht aber nebst der größeren Wirtschaftlichkeit der Vorteil günstigerer Kommutierung und leichterer Beherrschung der Oberwellen gegenüber. Als Wicklung kommt fast ausschließlich die Schablonenwicklung in Betracht, die Teilspulen werden auf Schablonen hergestellt und einzeln mit feinem Seidenband umbandelt, gegebenenfalls durch besondere Umwicklung zu einer ganzen Spule zusammengefaßt. Bis 5000 V besteht die Nutenisolation aus an der Nutöffnung geschlitzten Mikarohren; man hat dann besonders ausgebildete Kappen einzuziehen. Für Spannungen über 5000 V wird jede Spulenseite vor dem Einlegen mit Mikanit gesondert umpreßt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, das Blechpacket isoliert auf die Welle aufzusetzen, um hiedurch die Nutenisolation zu entlasten. Doch bereitet diese Konstruktion Schwierigkeiten.[1]) Zur Vermeidung von Lufteinschlüssen, die zu Glimmentladungen führen können, wird der Anker wiederholt getränkt für Spannungen bis 5000 V, darüber hinaus ist die Wicklung mitsamt der Umpressung zu asphaltieren. Wesentliche Vorteile bietet der Ringanker dadurch, daß Überkreuzungen an den Wickelköpfen wegfallen, weiters durch die einfachere Isoliermöglichkeit der Wicklung und des Ringes gegenüber der Welle, durch seinen größeren Ankerdurchmesser, so daß man meist nur mit einem Kollektor auskommt, geringe Baulänge wegen Entfallens der Wickelköpfe und durch die günstigere Ventilation. Dagegen ist die Notwendigkeit, die Wicklung von Hand aufzubringen, der größere Materialaufwand und die im allgemeinen gegenüber dem Trommelanker teurere Konstruktion nachteilig. Der Kollektor unterscheidet sich meist nicht von der normalen Bauart. Neuartig ist ein von der GEC für einen 12 kV-Generator gebauter Stromwender mit trapezförmigen Lamellen, die auf einem metallischen Träger, isoliert durch ein Papierrohr, sitzen. Zwischen den Preßringen und den Lamellen sind acht abwechselnde Lagen von Mikanit und Baumwolle, die unter einem Druck von 1400 at stehen. Durch die Mikanitringe ist der Kriechweg wesentlich vergrößert, während die Baumwollelagen durch ihre Elastizität ein Nachspannen bei Erwärmung entbehrlich machen. Die Erreichung günstiger Kommutierung bei diesen Maschinen ist äußerst schwierig, da man mit sehr hohen Lamellenspannungen zu rechnen hat (bei der 12 kV-Maschine der GEC sogar 90 V). Meist findet man nur mit den Wendepolen das Auslangen. Als Wanderwellenschutz sind diese vielfach zu beiden Seiten des Ankers wie Drosselspulen vorgeschaltet. Nur in schwierigen Fällen sind Kompensationswicklungen erforderlich. Der Verfasser verwendete ein vierpoliges Maschinenmodell, das als zweipolige Spaltpolmaschine mit je zwei benachbarten gleichnamigen Polen geschaltet ist. Die Kommutierung wird durch diese Maßnahme begünstigt, da hiedurch die Ausbildung des Ankerquerfeldes und damit der Feldverzerrung erschwert ist. Ferner sind im Joch Löcher vorgesehen, so daß der Querfluß über die gesättigten Pole und über den geschwächten Jochquerschnitt seinen Weg nehmen muß. Als Bürstenmaterial gelangen besonders harte Sorten zur Verwendung, um Staubbildungen am Kollektor zu verhindern, weshalb auch Auskratzen des Glimmers unterbleiben soll. Obwohl meist schon eine Bürste für die auftretenden Stromdichten genügen würde, sieht man doch zwei Bürsten je Pol vor, da die unvermeidlichen Vibrationen der Kohlen hiedurch unschädlich gemacht werden, die bei Verwendung nur einer Bürste durch Abreissen des Stromes zu Anbrennungen und aperiodischen Spannungsschwankungen führen. Eine wesentliche Bedingung für Anodengeneratoren ist die möglichste Reinheit der Gleichspannung.

Neben den soeben erwähnten aperiodischen können eine ganze Reihe periodischer Spannungsschwankungen auftreten, die einesteils durch zeitliche und örtliche Flußschwankungen hervorgerufen werden. Das Kraftlinienbündel pendelt je nach der Nutenstellung hin und her, reißt von einem Zahn ab und springt zum nächsten über. Bei einer geraden Nutenanzahl je Pol ändert sich überdies der magnetische Widerstand zeitlich. Andererseits tritt in der Wendezone neben den

[1]) Vergl. E. u. M. 1926, S. 627.

Digitized by Google

gleichen Erscheinungen wie unter den Hauptpolen Schwankungen mit der Nutenfrequenz im kommutierenden Bündel auf, die den Stromübergang beeinflussen. Spannungssprünge beim Ablaufen der Lamellen haben ihre Ursache in der eigenartigen Form des Spannungspolygones. Die abgenommene Spannung schwankt ständig mit der Nutfrequenz zwischen zwei Grenzwerten. Bei Verwendung einer ungeraden Nutzahl je Polpaar werden die Verhältnisse günstiger als bei gerader Anzahl, da die Amplituden viermal so klein werden und die Frequenz etwa auf das Doppelte ansteigt, wie aus dem Potentialdiagramm hervorgeht. Aus ähnlichen Ursachen entstehen auch Schwankungen mit der Lamellenfrequenz. Oberwellen wirken umso weniger störend, je höher ihre Frequenz und je kleiner ihre Amplituden werden. Dementsprechend geht die Abhilfe gegenüber den periodischen Schwankungen dahin, die Nut- und Lamellenanzahl möglichst hoch zu wählen. Weiters soll, wie schon erwähnt, die Nutzahl je Polpaar eine ungerade Zahl sein, desgleichen die Lamellenzahl je Nut, damit der Übergang von einer Lamelle zur nächsten nicht bei positiver und negativer Bürste gleichzeitig stattfindet. Neben Nutschrägung und Schiefstellung der Polschuhe besteht ein weiteres Verfahren zur Unterdrückung von Oberschwingungen bei Doppelkollektormaschinen darin, die beiden Bürstensätze ein wenig gegen einander zu verschieben und zwar bis zu einem Punkt, wo sich die in beiden Wicklungen induzierten Oberschwingungen gerade aufheben. Eine Erhöhung der Drehzahl ist gleichfalls günstig, wenn auch der Durchmesser der Maschine und damit die Nuten- und Lamellenzahl geringer wird, da bei gleicher Leistung, Länge und Ausnützung der Ankerdurchmesser im umgekehrten Verhältnis zur Wurzel der Drehzahl steht. —hw—

(ETZ, Bd. 48, Heft 36, 1927).

Der größte synchrone Phasenschieber der Welt. L. W. Riggs. Drei 50 000 kVA 3phas. 50 Per/sec, 13 200 V, 600 U/min synchrone Phasenschieber, welche zur Spannungsregulierung der 220 kV Übertragungsleitung Big Creek—Los Angeles Verwendung finden, werden in nächster Zeit an die Southern California Edison Company abgeliefert werden. Diese Maschinen sind die größten Phasenschieber, die je gebaut worden sind. Das gesamte Gewicht jeder Maschine mit Erreger beträgt 170 t. Jede Maschine hat einen Oberflächenkühler unter der Maschine. Dieses Ventilationssystem verhindert Verschmutzung der Maschine und fördert die Verwendung von Gasfeuerlöschern. Für kräftige Ventilation sorgen zwei am Rotor befestigte Ventilatoren. Zur Vermeidung von Wirbelungen sind alle Luftwege möglichst glatt ausgeführt. Charakteristisch für diese Maschinen ist die geringe Verwendung von Gußeisen; lediglich die Grundplatte mit den Lagern ist aus Gußeisen. Die Polendplatten sind aus Stahlguß. Womöglich wurden runde Stahlplatten verwendet, wodurch die Ausgabe von Gußmodellen erspart wurde. Das Statorgehäuse wurde auch aus Stahlplatten zusammengeschweißt und horizontal wegen des Transportes geteilt. Die Füße sind ebenfalls am Gehäuse angeschweißt. Diese Art von Gehäusen werden jetzt viel verwendet. Die Bleche sind aus hochlegiertem Stahl hergestellt und beiderseitig durch eine bei hoher Temperatur eingebrannte Masse isoliert. Die Ausnehmungen der Bleche sind derart gleich, daß kein Befeilen der Nuten nötig ist, wodurch die Eisenverluste sehr verringert werden. Die Endfinger der Bleche sind aus unmagnetischem Material, von großem elektrischem Widerstand und größter Festigkeit. Die Stäbe bestehen aus einer großen Zahl mit Asbest isolierter Litzen. Außer der normalen kompoundierten Isolation sind die Stäbe mit Eisenasbest isoliert. Diese Isolation ist nachgiebig und bricht nicht. Die zulässigen Erwärmungsgrenzen werden bei weitem nicht erreicht. Die Stirnverbindungen sind stark versteift. Interessant ist beim Rotor die Verwendung von Federn, welche die Pressung, trotz Austrocknung der Isolation, während des Betriebes durch die ständige Erwärmung konstant halten. Der Rotor besitzt eine starke Dämpferwicklung; die Stäbe sind aus Bronze, welche mit Kupfersegmenten verboltzt und verlötet und am Ende durch einen Stahlring verbunden sind. An diesem Ring sind auch die äußeren Enden der Ventilatorflügel angeschraubt. Die Pole sind in dem aus vier Stahlringen bestehenden Rotorkörper durch Schwalbenschwänze gehalten. Die Lager haben Kugelsitz, Ringschmierung und nur zum Anfahren ist eine Preßschmierung vorgesehen. Ein Lager ist gegen Lagerströme isoliert. Die direkt verbundene Erregermaschine ist für 165 kW; auch bei der Erregermaschine wurde Gußeisen lediglich für den Ankerkörper und für den Bürstenstern verwendet. Hum.

(General Electric Rev., Bd. 30, Nr. 37, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Gleichzeitige Übertragung von Drehstrom und Einphasenbahnstrom auf den Freileitungen des allgemeinen Drehstrom-Hochvoltnetzes. Zur Ersparung eigener Hochspannungsfreileitungen für den Bahnstrom schlägt E. Jacob vor, die Einphasenspannung dem Drehstromübertragungsnetz zu überlagern. Da es sich um verschiedene Frequenzen, 50 und 16²/₃ Per/s, handelt, vollzieht sich die Superposition in bekannter Weise ohne gegenseitige Beeinflussung bezüglich Spannung, Leistung und Energierichtung. Einführung und Abnahme der Einphasenspannung hat natürlich an Punkten gleichen Potentials des Drehstromsystemes zu erfolgen, wobei folgende zwei Anordnungen gewählt werden können: Das Einphasenpotential wird dem Sternpunkt des Drehstromsystemes aufgedrückt oder man führt die Einphasenspannung den gleichnamigen Phasen zweier parallel geschalteter Drehstromleitungen zu. Im ersten Falle müssen die Drehstromtransformatoren zwei gleiche Oberspannungswicklungen besitzen, zwischen deren Sternpunkte die Einphasenspannung gelegt wird. Beide Wicklungen speisen je eine von zwei parallel geführten Freileitungen, von denen die eine dem Einphasenstrome als Hin- und die andere als Rückleitung dient, wobei sich der Einphasenstrom gleichmäßig auf die drei, für ihn parallel geschalteten Phasen verteilt. Die Anordnung des Windungssinnes der beiden Wicklungen ist hierbei so getroffen, daß sich die durch den Einphasenstrom in beiden erzeugten magnetischen Feldern aufheben. Es kann sich dann kein Einphasenfluß ausbilden und der zusätzliche Spannungsabfall des Einphasenstromes beim Durchgang durch den für ihn als Drossel wirkenden Transformator bleibt gering. Verwendet man eine Drosselspule, die die gleiche Schaltung wie die Oberspannungswicklungen des soeben besprochenen Transformators aufweist, so kann die Speisung und Abnahme auch über einen künstlichen Nullpunkt erfolgen. Die prinzipielle Schaltung des zweiten Falles zeigt die Abb. 1. Statt des vier- oder fünfschenkeligen Transformators *n* bezw. *o* verwendet man jedoch meist unterspannungsseitig parallel geschaltete Einphasentransformatoren. Da in diesem Falle nicht einmal der geringe zusätzliche Spannungsabfall, wie bei

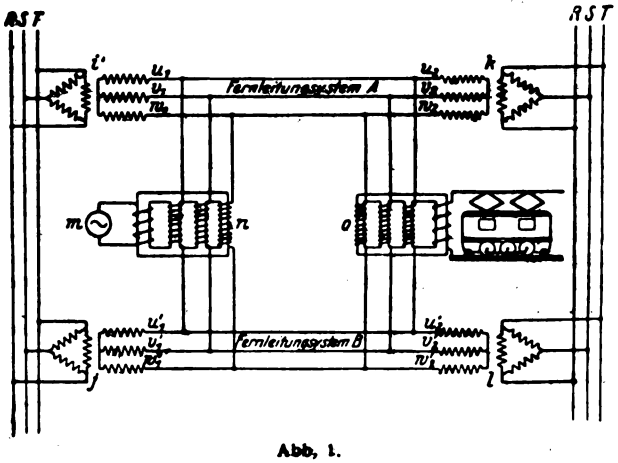


Abb. 1.

Digitized by Google

der ersten Lösung infolge des Durchganges durch die Drehstromwicklung, auftritt und hiedurch auch der Wirkungsgrad der letztgenannten Anordnung günstiger ist, stellt diese die für die Praxis richtige Lösung dar, die deshalb für die folgenden Erörterungen vorwiegend betrachtet werden soll. Wie sich sowohl aus Überlegung ergibt, als auch durch den Versuch nachgewiesen wurde, sind die beiden Systeme trotz der gemeinsamen Übertragungsleitungen vollkommen unabhängig voneinander. Selbst in Störungsfällen des einen Systemes (Erdschluß oder Kurzschluß) ist ein Betrieb des anderen Systemes mit voller Leistung möglich. Tritt beispielsweise ein Kurzschluß zwischen zwei Phasen des einen Drehstromsystemes auf, so schaltet das kranke System sofort ab, das gesunde arbeitet allerdings über die Einphaseninduktivitäten auf den Kurzschluß zunächst stark gedämpft weiter, während die Bahnstromübertragung unbetroffen bleibt, da die beiden kurzgeschlossenen Leiter für den Einphasenstrom ja gleiches Potential besitzen. Für die Erdschlußlöschung kommt man mit den einfachen Apparaten wie Löschspule und Löschtransformator aber nicht mehr aus, sondern ist gezwungen, frequenzabhängige Reaktanzen zu verwenden, so zwar, daß durch Parallelschaltung von Drossel und Kapazität für die eine Frequenz der nötige induktive Kompensationsstrom geliefert wird, während die Einrichtung für die andere Frequenz einen Sperrkreis bildet. Es ist also für beide Frequenzen je eine Einrichtung, zum Beispiel an je einem Ende der Übertragungsleitung vorzusehen. Der Anschluß erfolgt in der Mitte einer Einphasendrossel, die die beiden Sternpunkte verbindet. Die Vorteile des neuen Systemes sind auf der Hand liegend: Ersparnis an Leitungsbaukosten (etwa 30 vH der gesamten Leitungsbaukosten), Verkleinerung der Leitungsverluste (bei Verwendung des gleichen Kupfergewichtes für die Simultanleitung wie für die Drehstrom- und Einphasenleitung zusammen sinken die Gesamtverluste auf die Hälfte; bei gleichem Kupfergewicht, wie vorher für die Drehstromleitung allein, erhält man dieselben Drehstromübertragungsverluste, aber um ein Drittel kleinere Einphasenleitungsverluste), geringere Unterhaltungs- und Verwaltungskosten. Dagegen sprechen folgende Faktoren zu ungunsten des Simultanbetriebes: Mehrausgaben für die Erhöhung des Isolationswertes der Schaltanlagen, Vergrößerung der Glimmverluste sowie Mehrkosten für die Erdschlußlöschung. Eine wesentliche Begünstigung für das neue System bedeutet daher die direkte Nullpunktserdung. Immerhin dürfte der Simultanbetrieb von einer gewissen Mindestlänge an, bei welcher die Ersparnis an Leitungsbaukosten durch die Mehrkosten für die Schaltungsanlagen gerade ausgeglichen werden, wirtschaftlicher sein. Weiters wird selbstverständlich der Simultanbetrieb um so überlegener, je höher Spannung und Leistung des Drehstromsystemes im Verhältnis zum Einphasensystem werden. —hw—

(ETZ, Bd. 48, Heft 35, 1927.)

Elektrische Antriebe. Arbeitsmaschinen.

Der elektrische Antrieb von Dreschmaschinen. Für den inneren Betrieb einer Landwirtschaft, in erster Linie also für das Dreschen, bietet der elektrische Antrieb die größten Möglichkeiten, die durch die überaus weite Verbreiterung dieser Kraftquelle noch begünstigt werden.

Als Norm für die Wahl der Größe eines Dreschmotors hat nun folgende Tabelle zu gelten, die auf Erfahrungsgrundsätzen der AEG beruht.

Hektar unter dem Pflug	Mit Halmfrucht bestellt	Leistung des Dreschmotors PS	Dreschzeit im Jahre Stunden
5	3	2	80
8	4	2	100
12	6	4	120
25	15	5·5	140
50	30	10	100
125	80	13	130
250	175	20	180

Der Kraftbedarf und die Leistungen ergeben sich aus folgenden Tabellen:

a) Stiftendreschmaschinen.

Durchm. der Stiftentrommel	Breite	Drehzahl	Stündl. Körnerleistung kg	Kraftbedarf PS	Bemerkungen
330	460	1200	200—250	1·5	ohne Reinigung
330	460	1300	250—300	2·0	
330	560	1300	350—400	2·5	
400	560	1200	300—350	3·0	mit Teilreinigung
430	660	1200	350—400	4·0	
450	740	1200	500—600	5·0	

b) Schlagleistendreschmaschinen.

330	1750	1400	500—600	5·0	
440	1750	1250	800—1000	7·5	mit Vollreinigung
475	1750	1200	1000—1250	10·0	
520	1750	1150	1250—1500	12·0	
560	1680	1100	1500—1750	25	m. marktfertiger Reinigung u. Sortierung
620	1680	1000	2000—2500	35	
710	1680	900	3500—4000	45	

c) Für Hilfsgeräte sind zu obigem Kraftverbrauch noch hinzuzurechnen:

für Kurzstrohgebläse . . . . . 3 bis 5 PS
„ Spreubläser . . . . . 2 „ 3 „
„ Strohpressen für Ballen je nach Pressung 5 „ 15 „
„ „ „ Langstroh, leichte Pressung mit Garnbindung . . . . . 2 „ 3 „
„ Strohpressen für Langstroh, für mittlere Pressung mit Garnbindung . . . . . 4 „ 5 „
„ Strohpressen für Langstroh, für feste Pressung mit Drahtbindung . . . . . 5 „ 8 „
„ Strohpressen für Langstroh, für schwere Pressung mit Drahtbindung . . . . . 8 „ 10 „

d) Kleereiber.

Durchmesser des Reibmantels	Länge mm	Drehzahl	Stündliche Leistung an Pollen kg	Kraft PS
210	590	700	100	1·5
230	800	600	125	3·0
350	1000	400	175	4·0
500	1120	400	350	8·0

Mit vollständiger Reinigung erfordern diese Maschinen etwa 1·5 PS Kraftaufwand mehr.

Es kann nun heute nicht mehr bezweifelt werden, daß der elektrische Dreschbetrieb äußerst wirtschaftlich ist. Der Hauptvorteil des Elektromotors liegt nun darin, daß er bei richtiger Anwendung jederzeit und von jedermann in Betrieb gesetzt werden kann und daß er seine Betriebseigenschaften niemals verändert. Diese Vorteile weist außer dem Elektromotor keine andere Antriebsmaschine auf. Man kann nun den Stromverbrauch für 100 kg marktfähiges Getreide nicht im allgemeinen festlegen, es sind hier vielmehr eine ganze Reihe von Umständen mitbestimmend. Besonders von Einfluß ist hierbei die Art des zu dreschenden Getreides und auch die Feuchtigkeit, die ihm anhaftet. Der Stromverbrauch wird aber im wesentlichen bestimmt durch das Korngewicht, welches in 100 kg Gesamtmenge vorhanden ist.

Normalerweise enthalten nun 100 kg Gesamtmenge an marktfähigen Körpern:

Art des Getreides	lufttrocken kg	klamm kg	feucht kg
Roggen	27 bis 32	24 bis 29	22 bis 27
Weizen	35 „ 40	31 „ 36	29 „ 34
Hafer	20 „ 24	17 „ 21	15 „ 19
Gerste	32 „ 45	29 „ 42	27 „ 40

Es ergibt sich also daraus, daß der Stromverbrauch umso höher sein wird, je geringer die im Getreide enthaltene Kornmenge ist. Natürlich hat auch die Art und Weise der Bedienung einen großen Einfluß auf den Stromverbrauch, denn je flotter und ohne Pausen die Arbeit vor sich geht, desto weniger Betriebspausen werden entstehen und eine umso bessere Ausnützung der Dreschmaschinen wird gesichert. Je gleichmäßiger nun das Einlegen erfolgt, desto leichter werden natür-

Digitized by Google

lich auch Stockungen vermieden, so daß dann mit dem geringsten Kraft- bezw. Stromverbrauch die größte Leistung zu erzielen sein wird.

Zum Ausdreschen von 100 kg Körnern sind nun erfahrungsgemäß im Mittel folgende Strommengen erforderlich:

Art des Getreides	Mindestens kWh	Durchschnittl. kWh	Höchstens kWh
Roggen	0·86	1·00	1·20
Weizen	0·70	0·85	1·00
Hafer	0·75	0·80	0·96
Gerste	0·66	0·75	0·90

Wenn man eine Strohpresse verwendet, dann erhöht sich der Stromverbrauch durchschnittlich um 0·2 kWh für 100 kg Körner. Kurzstroh- und Strohbläser kommen nur bei großen Dreschmaschinen zur Verwendung, so daß deren Stromverbrauch keine bemerkenswerte Erhöhung gegen obige Ziffern bedingt.

Bei Motoren von mehr als 15 PS verwendet man einen Dreschmotorwagen. Der Motor selbst wird vorteilhaft mit einer Bürstenabhebevorrichtung und mit einem Schaltwalzenanlasser ausgerüstet, der den großen Vorteil hat, daß ein Schalthebel überflüssig wird und daß bei der Betätigung der Schalter keinerlei Fehler vorkommen können, da diese vollkommen zwangläufig in der richtigen Reihenfolge vorgenommen wird. Wenn man nämlich das Steuerrad dieses Schaltwalzenanlassers dreht, dann springt zunächst ein Schütz ein, der den Strom in den Motor fließen läßt, beim weiteren Drehen des Steuerrades läuft dann der Motor an, bis die Betriebsstellung des Anlassers erreicht ist. Wenn aber durch zu starkes Einlegen von Getreide oder dergleichen der Motor überlastet wird, dann schaltet der Schütz ganz selbsttätig aus, so daß ein Durchbrennen der Sicherungen keinesfalls eintreten kann. Wenn dann die Überlastungsursachen beseitigt sind, braucht man nur von neuem mit dem Steuerrad anzulassen, man muß es dazu zwangläufig erst in die Anfangsstellung zurückdrehen. In einer ähnlichen Weise wirkt nun auch dieser Schütz, wenn durch irgend eine Störung im Netz der Strom unterbrochen wird.

Wenn auch die Ausführung dieser Schaltwalzenanlasser teurer ist als die der gewöhnlichen und sonst gebräuchlichen Schalter, so ist sie doch unter allen Umständen zu empfehlen, weil eben dadurch irgendwelche Fehler in der Bedienung des Motors nicht gemacht werden können und infolgedessen auch Beschädigungen desselben durch ungeschulte Bedienung und das Durchbrennen der Sicherungen ausbleiben. Man kann bei dem Schaltwalzenanlasser den Motor auch durch eine Fernbetätigung mittels eines Fußkontaktes ausschalten, der zum Beispiel direkt an der Dreschmaschine liegt. Wenn man eine Unregelmäßigkeit bemerkt, dann betätigt man diesen Kontakt durch Darauftreten mit dem Fuße. Der Kontakt ist mit dem Motorwagen durch eine dünne Leitung verbunden.

Ein großer Wert muß bei den Motorwagen auf die Unterbringung des Kabels gelegt werden, da dieses durch ungeeignete Behandlung sehr leicht leidet. Es ist daher vorteilhaft, das Kabel auf einer Trommel mit Sperrklinke aufzurollen, so daß es sich nie verwickeln kann und ohne alle Knicke gelagert ist. Aber auch der Antriebsriemen sollte stets innerhalb des Wagens geführt werden, damit man ihn nach Möglichkeit den nachteiligen Einflüssen der Witterung entziehen kann. Die Deichsel des Wagens wird vorteilhaft so ausgebildet, daß man sie am hinteren Wagenende aufrecht anschrauben kann, um an ihrem oberen Ende eine elektrische Lampe zu tragen, welche bei Dunkelheit dann den Dreschplatz ausreichend beleuchtet.

Die vorteilhafteste Umdrehungszahl der Dreschmotoren ist nun in den meisten Fällen 1450 U/min, es können aber auch Fälle eintreten, wo eine Drehzahl von 950 U/min zu bevorzugen sein wird, besonders aber dann, wenn dieser Motor noch für andere Zwecke des landwirtschaftlichen Betriebes verwendet werden soll. Bei den schnellaufenden Motoren würde man nämlich dann oft zu kleine Riemenscheiben erhalten, die wieder sehr unvorteilhafte Übertragungen zur Folge haben.

Für die ortsbeweglichen Motoren bis zu etwa 10 PS Kraftleistung kommen auch vorteilhaft die sogenannten Motorschleifen zur Verwendung die aus einem kräftigen Holzschlitten bestehen, auf den der Motor mitsamt dem Schaltwalzenanlasser montiert wird. In diesem Falle wird dann der Anlasser durch eine Kurbel betätigt. Der Schaltwalzenanlasser ist gegen alle Witterungseinflüsse vollkommen geschützt und auch ganz unempfindlich gegen Erschütterungen. Für die ordnungsmäßige und knickfreie Aufwickelung des Kabels, die auch hier von großer Wichtigkeit ist, wird an der Schleife oder am Motor ein Sattel vorgesehen. Die Festlegung der Schleife beim Arbeiten des Motors erfolgt dann durch eine Kette, welche an zwei Haken befestigt ist und einen in den Erdboden getriebenen Keim umschlingt, so daß auf diese Weise der Motor am Verrutschen gehindert und auch eine gleichmäßige Riemenspannung gewährleistet ist.

Kleinere Dreschmaschinen versieht man wohl mitunter auch mit einem direkt angebautem Motor, man hat allerdings dann den Nachteil, daß man den Motor nicht für andere Zwecke des Betriebes verwenden kann, so daß diese Ausführung durchaus nicht immer als wirtschaftlich zu bezeichnen sein wird.

Fritz Hoyer, Cöthen.

Sondersteuerungen für die mit Einphasen-Kommutator-Motoren ausgerüsteten Hebezeuge. E. Altschul beschreibt eine Anzahl von Schaltungen von Repulsionsmotoren bei Verwendung für Hebezeugantriebe. Die Tourenregelung erfolgt ebenso wie die Umsteuerung durch Bürstenverschiebung.

I. Die Sicherheits-Nutz-Senkbremsschaltung für Hubwerke findet bei größeren Leistungen als Schützensteuerung Anwendung, bei kleineren als direkte Steuerwalzenbetätigung. Heben: Die Bewegung des Steuerhebels im Hubsinn schaltet den zweipoligen Ständerschütz, sowie den einpoligen mit ersterem in Serie geschalteten Hubschütz ein, wodurch der Stator an Spannung gelegt wird. Gleichzeitig wird der Bremsmagnet gelüftet. Beim Weiterauslegen des Steuerhebels werden die Bürsten verschoben, wodurch das Motordrehmoment und die Tourenzahl steigt. Um zu verhindern, daß beim Heben des leeren Hakens infolge der Seriencharakteristik des Einphasenkollektormotors die Tourenzahl unzulässig hoch wird, ist ein Zentrifugalschalter vorgesehen, der einen Hilfsstromkreis schließt. Durch diesen wird ein Schütz betätigt, der die Motorbürsten paarweise über einen Grenzzahlwiderstand verbindet. Die Hubbegrenzung erfolgt durch einen Endschalter, der Stator- und Bremslüftschütz schaltet. Senken: Die Bewegung des Steuerhebels im Senksinne schaltet den Ständer- und Bremslüftmagnetschütz, wobei dem Stator zur Verhinderung der Selbsterregung ein Widerstand vorgeschaltet ist. Dieser Widerstand wird durch den Hubschütz kurzgeschlossen, der durch einen Hilfsstromkreis in dem Augenblick betätigt wird, wo durch den Steuerhebel die neutrale Bürstenzone überschritten und somit der Senkkraftbereich erreicht ist.

II. Bei der einfachen Senksteuerung für Hubwerke erfolgt das Senkbremsen im Gegensatz zur vorgeschilderten Steuerung derart, daß der Steuerhebel, nach dem die gewünschte Senkgeschwindigkeit erreicht ist, in die Hublage zurückgedreht wird. Ein Drehrichtungs- und ein Hilfsschalter ermöglichen es, daß beim Durchgang durch die Nullstellung der Statorschutz fällt und an seine Stelle ein ihm parallel liegender Nutzbremswiderstand dem Stator vorgeschaltet wird. Ein Zentrifugalschalter wirkt wie bei der Schaltung I. Als Nachteil der einfachen Senksteuerung gegen die Sicherheits-Nutz-Senkbremsschaltung ist die schwierigere Bedienung hinzustellen.

III. Die Umkehrsteuerung für Fahrwerke kann ausgeführt werden als einfache Umkehrschaltung, oder als Nachlaufbremsschaltung. Das Bremsen erfolgt, indem der Steuerhebel durch die Nullstellung in die der Fahrt entgegengesetzte Richtung gestellt wird. Beim Auslegen des Steuerhebels in eine Fahrtrichtung wird der Stator über einen Widerstand an das Netz gelegt. Ist der Motor in Drehung versetzt, so schaltet ein

Digitized by Google

Drehrichtungsschalter über einen Hilfsschalter einen Schütz, der den Widerstand kurzschließt. Wird der Steuerhebel durch die Nullstellung geführt, arbeitet der Motor als Generator. Zur Verhinderung der Selbsterregung ist der Nutzbremswiderstand dem Ständer vorgeschaltet. Die Fahrbewegung wird durch Endschalter begrenzt, die den Stromkreis eines Nullspannungsmagneten unterbrechen, der den Ständerschalter öffnet. Eine Rückfahrt bei geöffnetem Endschalter ist durch einen Umgehungskontakt am Hilfsschalter ermöglicht. El.

(BBC-Mitteilungen, Heft 2 und 3, 1927.)

Telegraphie, Telephonie, Signalwesen.

Stand des Ausbaues der europäischen Fernkabelnetze. A. Mentz betrachtet zunächst die Entwicklung des deutschen Fernkabelnetzes seit dem Jahre 1925, welches infolge seiner planmäßigen Ausgestaltung im Durchschnitt jährlich um etwa 1000 km Kabel zugenommen hat und bereits auf rund 7400 km Kabellinie angewachsen ist[1]). Dieses große Kabelnetz erstreckt sich auf das gesamte Gebiet des Deutschen Reiches, jedoch ohne Ostpreußen, von dem nur Königsberg angeschlossen ist, und ohne den am linken Stromufer gelegenen Teil der Rheinlande. Von Auslandsanschlüssen konnten bisher die Verbindung mit dem schweizerischen, dem holländischen, dem dänischen Fernsprechnetze und im Jänner 1927 durch Inbetriebnahme des Fernkabels Nürnberg — Wien die Verbindung mit Österreich fertiggestellt werden[2]). Weitere Kabellinien von Dresden nach Prag, von München nach Innsbruck und von Stuttgart nach Zürich sind noch für 1927 in Aussicht genommen. Auch die meisten anderen europäischen Staaten sind bestrebt, ein Fernsprechkabelnetz auszubauen, wobei neben der Entwicklung des eigenen Netzes auch die Herstellung der Verbindungen mit den anderen Staaten berücksichtigt wird. Es werden unter anderen erwähnt die Verbindungen Deutschland—Belgien über die Kabelstrecke Aachen—Brüssel, Deutschland—Frankreich über Appenweier—Straßburg, Deutschland — Schweiz über Basel, dann neben den bereits genannten Verbindungen von Nürnberg nach Wien und von München nach Innsbruck noch eine von Wien über Altenburg nach Budapest. Im Entstehen begriffen sind derzeit noch die Fernkabelverbindungen in und mit Italien, Jugoslawien und der Tschechoslowakei, während Polen und die Oststaaten mit Fernkabelanlagen noch nicht begonnen haben. Zum Schlusse weist der Verfasser darauf hin, daß dort, wo noch nicht genügend Fernkabel zur Verfügung stehen, vorläufig wenigstens durch den weniger kostspieligen Ausbau eines hochwertigen Freileitungsnetzes mit den nötigen Verstärker-Einrichtungen getrachtet werden muß, dem Ziele einer möglichst allgemeinen Einrichtung eines guten zwischenstaatlichen Fernsprechdienstes nahe zu kommen. Dr. Ste.

(Europäischer Fernsprechdienst, Heft 4, 1927.)

Elektrische Heizung, Elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Über geschweißte Wasserabscheider. Von C. Benz, Düsseldorf. Um Brüche an den Rohrleitungen sowie Beschädigungen der Dampfmaschinen durch Wasserschläge zu vermeiden, schaltet man zwischen Kessel und Maschine sogenannte Wasserabscheider ein, deren Wirkungsweise darauf beruht, daß durch Einbauten eine Richtungsänderung des Dampfstromes und damit eine Absonderung des Dampfwassers erzwungen wird. Während bei Leitungen mit kleinerem Durchmesser Wasserabscheider aus Gußeisen bezw. Stahlguß genügen, geht man bei großem Leitungsdurchmesser auf die Kesselform über. Bei den neuesten Anlagen für Höchstdruck verwendet man auch solche in nahtlos geschmiedeter Ausführung, was das Sicherste aber auch das Teuerste darstellt. Bei genieteten Wasserabscheidern besteht die Gefahr, daß die Nietverbindungen infolge der Temperatur und Druckänderungen keine dauernde Dichtheit gewährleisten und auch bei unsachgemäßer Herstellung eine Überbeanspruchung des Materials verursachen. Wasserabscheider mit überlappt feuergeschweißten Nähten gewähren eine vollkommene und dauernde Dichtheit, insbesondere bei Wassergas-Hammer-Schweißung, die auch als einzige für geschweißte Kesselbaumaterialien zugelassen wird. Auf diese Weise werden auch die Hochdrucktrommeln der Firma Thyssen & Co. in Mühlheim an der Ruhr hergestellt, ebenso die Hochdruck-Wasserrohre der deutschen Wassergas-Schweißwerke. Die Anwendung dieser Schweißungsart findet nur eine Grenze in der Blechstärke, die bei modernen Einrichtungen zwischen 40 bis 90 mm liegt. Bei größeren Blechstärken muß man Keilschweißung anwenden. Stumpfschweißung kommt nur bei Behältern in Betracht, die keinem besonderen Druck ausgesetzt sind. Bei geringeren Beanspruchungen besteht kein Bedenken autogene Schweißung anzuwenden, sofern sie von geschulten Schweißern ausgeführt und in entsprechenden Öfen richtig ausgeglüht wird. Da jedoch eine Autogenschweißung bei größeren Wandstärken auch nicht billiger als die bewährte Feuer- bezw. Wassergasschweißung ist, so bleibt stets die letztere vorzuziehen. Die Festigkeit von Stumpf-, Keil- und dergleichen Feuerschweißungen kann für Kesselnähte mit 0·3 vH der Festigkeit des Werkstoffes, bei Überlappung mit 0·8 bis 0·9 und bei Schmelzschweißung mit 0·5 ungefähr festgesetzt werden. Stip.

(Die Wärme, Jahrg. 50, Nr. 27, 1927.)

Über das atomistische Lichtbogenschweißverfahren mit Hilfe von Methanol hat die A. E. G.-Berlin Versuche angestellt, worüber H. Münter berichtet. Das neue Schweißverfahren mit atomarem Wasserstoff[1]) besteht darin, daß das H_2-Molekül im Lichtbogen gespalten wird, die H-Atome bei Berührung mit dem kälteren Werkstück sich wieder vereinigen und dabei Wärme abgeben, die das massige Schweißgut auf wesentlich höhere Temperatur bringen, als dies bei Lichtbogenschweissung in Luft der Fall ist. Hinzu kommt die günstige Wirkung eines die Schweißstelle einhüllenden Gasmantels zum Schutz gegen Oxydation und Nitrierung durch die Atmosphäre. Versuche haben gezeigt, daß in H allein der Lichtbogen sich nur schwer, in CO dagegen leicht halten läßt. Methanol, das ist Methylalkohol (CH_3OH) ist der geeignete Ausgangsstoff für Herstellung dieses Gasgemisches. Methanol verdampft bei 62° und spaltet sich bei 700° in $2\,H_2 + CO$. Man verwendet etwa doppelt so große Schweißspannungen als beim gewöhnlichen Lichtbogenverfahren. Das Methanol wird nicht im flüssigen, sondern im vergasten Zustand mit Hilfe einer Düse dem Lichtbogen zugeführt. Hiezu wurde ein Spezialapparat für die Vergasung unter Druck konstruiert. Der Lichtbogen wird von der bis zu 20 cm langen Gasflamme vollständig eingehüllt. Der Schmelzfluß ist bei diesem Verfahren ganz anders als bei der Lichtbogenschweissung in Luft. Er ähnelt mehr dem Flusse bei der autogenen (Gasschmelz)-Schweissung. Das Material erkaltet nicht sofort, Einschlüsse haben Zeit, an der Oberfläche auszuscheiden; infolge größerer Energiezufuhr und daraus entwickelter Wärme können Bleche bis 15 mm Stärke ohne Zuschärfen der Naht stumpf geschweißt werden. Der Übergang der Schweißnaht zum Werkstoff verläuft allmählicher als bei Schweissung in Luft, das Gefüge ist feiner. Die Zerreißfestigkeit der Schweisse ist höher, die Dehnung etwa 4 mal so groß. Der Wärmefluß in die zu verschweissenden Bleche hinein ist wohl größer, aber noch weit geringer als beim Autogenverfahren. So bleibt der Vorteil geringer Wärmespannungen erhalten. Die Selbstkosten des neuen Verfahrens per Stunde sind das Doppelte des Schweißens in Luft; dafür ist die Schweißgeschwindigkeit etwa doppelt so groß, auch kommt das Anarbeiten der Bleche bis zu 15 mm in Wegfall. Es stellt das neue Verfahren gleichsam eine Brücke zwischen

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 147, 303, 367, 1021.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 3, S. 57 und Heft 14, S. 269 ff. (R. Heider).

[1]) Vergl. E. u. M. 1926, S. 623.

Digitized by Google

dem älteren Autogen- und dem neueren Lichtbogenverfahren her. Die vom Normenausschuß aufgestellte Einteilung in Gasschmelzschweissung und elektrische Lichtbogenschweissung wird sich beim Vordringen des neuen Verfahrens nicht aufrecht erhalten lassen. Co.

(A. E. G. Mitteilungen, Heft 6, 1927.)

Chronik.

Lehrkanzel für Schalter- und Apparatebau an der Technischen Hochschule in Wien. An der Technischen Hochschule in Wien wurde im laufenden Studienjahre 1927/28 eine Lehrkanzel für „Schalter- und Apparatebau" errichtet. Der neue Lehrgegenstand wird in zwei wöchentlichen Vorlesungsstunden im Winter-Semester und im Sommer-Semester, sowie in drei wöchentlichen Übungsstunden (Konstruktionsübungen) im Sommer-Semester behandelt und bildet einen Pflichtlehrgegenstand für die ordentlichen Hörer des dritten Jahrganges der Abteilung für Elektrotechnik.

Mit der Abhaltung der Vorlesungen und Übungen wurde Herr Prof. Ing. Robert Edler als Honorardozent betraut.

In der Antrittsvorlesung am 8. November d. J., zu der sich mehrere Professoren und Assistenten der Hochschule, Vertreter des Unterrichtsministeriums, öffentlicher und privater Betriebe und der Industrie sowie eine außerordentlich zahlreiche Hörerschaft einfanden, wies Prof. Edler darauf hin, daß der Lehrgegenstand „Schalter- und Apparatebau" an der Wiener Hochschule in selbständiger Form bisher noch nicht behandelt worden ist; es fehlen auch noch für den Anfang Hilfskräfte und Lehrbehelfe, die erst beschafft werden müssen.

Auf das Thema selbst eingehend, definiert Prof. Edler das „Schalten" im wesentlichen als die Herstellung, Öffnung oder Änderung von Stromwegen; Entwurf, Berechnung und Konstruktion der damit zusammenhängenden Einrichtungen gehören zum Schalterbau. Geräte und Einrichtungen aber, die durch das „Schalten" erst zur Wirkung gelangen und entweder irgend eine mechanische Wirkung hervorbringen oder selbst wieder einen Schaltvorgang auslösen oder veranlassen, gehören in den Apparatebau. Der Schalter- und Apparatebau muß Einrichtungen schaffen, welche die Sicherheit und Ruhe des Betriebes verbürgen. Kleine unscheinbare Schaltgeräte müssen förmlich „denken", um kranke Stellen störungslos abzutrennen: dies können natürlich die Geräte nur dann tun, wenn ihr Erbauer zuerst selbst daran gedacht hat. Er wird sich dabei auf die allgemeinen Grundlagen der Elektrotechnik, der Physik, des Maschinenbaues, der Festigkeitslehre und der Technologie stützen, den Forderungen des Baues und des Betriebes elektrischer Anlagen entsprechen und auf Einhaltung der Sicherheitsvorschriften und Normen bedacht sein müssen.

An Hand von 40 Lichtbildern erklärte Professor Edler hierauf die Entwicklung der wichtigsten Schalter und Apparate und umschrieb dadurch den Inhalt des zu behandelnden Vortragsstoffes.

Am Schlusse seines mit großem Beifall aufgenommenen Vortrages entwickelte Prof. Edler ein anschauliches Bild von dem verantwortungsvollen und schönen Beruf des akademischen Ingenieurs, insbesondere in der Erfüllung der ihm zugewiesenen sozialen und wissenschaftlichen Aufgaben, und schloß in bewegten Worten mit einem tiefgefühlten Geleitwort an die Hörerschaft.

—t.

Die 19. Hauptversammlung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. In dem schönen Vortragssaal des Langenbeck-Virchow-Hauses in Berlin, dessen Wände mit Ölporträts hervorragender Ärzte und Naturforscher bedeckt sind, fand am 27. Oktober d. J. die obige Hauptversammlung im Rahmen der „Werkstofftagung" statt. Den Vorsitz führte Herr Dr. Köttgen, der Vorsitzende des Direktoriums der Siemens-Schuckertwerke. In seiner Begrüßungsansprache wies er auf die gewaltigen Fortschritte hin, die das Materialprüfungswesen in den letzten Jahrzehnten gemacht hat. Diese Arbeiten würden besonders in den industriellen Betrieben noch weiter anwachsen. Die Entwicklung des Materialprüfungswesen basiere auf der Zusammenarbeit zwischen Physik, Mathematik, Festigkeitslehre, der methodischen Materialprüfung und der industriellen Technik.

Als erster Vortragender sprach Dr. Ing. A. Nadai, Göttingen, über „Die Kinematik der plastischen Formänderungen". Das Fließen der Metalle, besonders des Eisens, ist heute ein besonders aktuelles Kapitel der Forschung. Der Vortrag behandelte die plastischen Formänderungen von Eisen und Stahl bei normaler Temperatur. Als anschauliches Mittel zur Beschreibung der Erscheinungen haben sich die Gleitflächen erwiesen. Ihre Bildungsgesetze lassen sich heute bereits weitgehend mit den Mitteln der Mechanik voraussagen. Da sich die Gleitflächen zur unmittelbaren Beobachtung unter geeigneten Bedingungen eignen, so ermöglicht ihr Studium eine Überprüfung der theoretischen Ansätze durch den Versuch. Die Strukturänderungen im Feingefüge wurden gezeigt. Zu den Versuchen kam eine Festigkeitsmaschine des Losenhausenwerkes, Düsseldorf, welche den Versuchskörper gleichzeitig auf Zug und Torsion beansprucht, in Anwendung. Eine zweite Versuchsreihe betraf plastische Formänderung durch Zug und Innendruck. Hiezu diente eine Zerreißmaschine von Amsler in Verbindung mit einer Hochdruckpumpe. Zur mathematischen Behandlung der Gleichgewichtszustände des Materiales im Zustand der bildsamen Formänderung liegen verschiedene Ansätze vor. Behandelt wurden: Das Pressen zwischen zwei harten, reibenden Platten, das Biegungsproblem, die Verdrehungsbeanspruchung, dann der Fall eines hohen Druckes auf kleiner Fläche.

Es folgte der mit großen Beifall aufgenommene Vortrag unseres Landsmannes Prof. Dr.-Ing. P. Ludwik, Wien, über „Die Bedeutung des Gleit- und Reißwiderstandes für die Werkstoffprüfung". Fußend auf den Arbeiten von E. Schmid über Einkristalle, von Smekal, Moser, Sachs, Fiek, Masing, Polanyi sowie von eigenen Arbeiten Ludwiks und seines Assistenten Scheu wurde zunächst für den Zugversuch gezeigt, daß durch die Zugfestigkeit bei einschnürenden Stoffen lediglich ein Gleitwiderstand, nicht aber ein Reißwiderstand gemessen wird, Spröde Stoffe sind durch einen im Verhältnis zum Reißwiderstand (Kohäsion) hohen Gleitwiderstand gekennzeichnet, dehnbare Stoffe durch hohen Reißwiderstand im Verhältnis zum Gleitwiderstand. Da bei allen Eindruckhärteproben eigentlich nur ein Gleitwiderstand gemessen wird, müssen Zugfestigkeit und Härte in naher Beziehung stehen. Bei der Formänderung bleibt der Gleitwiderstand nicht konstant, sondern steigt in der Regel an. Man spricht dann von Kalthärtung. Zur Erklärung dieses Verhaltens nimmt man an, daß Verzerrungen der Kristallgitterblöcke eine sogenannte Blockierung der Gleitflächen bewirken. Mit fortschreitender Formänderung nehmen diese Störungsherde an Zahl und Größe zu und erschweren immer mehr die Gleitung. Bei wechselnder Beanspruchung erfolgt der Bruch durch eine ganz allmählich fortschreitende Auflockerung des Gitters. Der Gleitwiderstand nimmt auch mit wachsender Gleitgeschwindigkeit zu. Aus diesem Grunde ist oft derselbe Stoff bei ruhender Beanspruchung zähe, bei Stoßbeanspruchung spröd. Für die Beurteilung der Kerbsprödigkeit ist zu beachten, daß der Spannungszustand in der Kerbe ein räumlicher ist, wie Baumann gezeigt hat. Bei dreiachsiger Zugbeanspruchung können Stoffe, die im gewöhnlichen Zugversuch große Dehnbarkeit zeigen, sich wie gänzlich spröde Körper verhalten. Die starke Zunahme des Gleitwiderstandes mit der Gleitgeschwindigkeit ist die Ursache, warum viele Werkstoffe erst bei Stoßbeanspruchung kerbspröde erscheinen. Ein Werkstoff erscheint umso kerbzäher, je mehr Kristallite vor Beginn des Trennungsbruches zu weitgehender Verformung gelangen.

Digitized by Google

Als dritter und letzter Redner sprach Professor Ensslin, Eßlingen, über „Die Grundlagen der theoretischen Festigkeitslehre." Wenn ein Fachgebiet in starker Entwicklung begriffen ist und wenn sich an wesentlichen Punkten Unsicherheiten oder Lücken auftun, ist eine Nachprüfung der Grundlagen gerechtfertigt. Schon die einfachen Begriffe Elastizitäts- und Streckgrenze sind in der letzten Zeit heftig umstritten worden. Grundlegende Fortschritte sind durch die Kristall- und Röntgenforschung sowie in der Frage der Dauerfestigkeit gemacht worden. Zur Aufstellung einer Festigkeitstheorie aus dem Tatbestand des inneren Aufbaues der Materie ist es bisher nicht gekommen. Verschiedene Festigkeitshypothesen wurden entwickelt. Ihre Nachprüfung durch den Versuch setzte erst seit 1900 ein. Es hat sich als dringlich herausgestellt, gegenüber der Tatsache der Werkstofffehler eine klare Stellung zu suchen. Der Vortragende berichtete über eigene Versuche mit Stahl über Zug- und Drehstreckgrenze. Er fand die Hypothese der „elastischen Arbeit" bestätigt, wonach die Streckgrenze erreicht wird, wenn die von 1 cm³ Werkstoff aufgenommene elastische Arbeit einen bestimmten Grenzwert erreicht, der von dem jeweiligen Werkstoff und der Temperatur abhängt.

Am Abend versammelten sich die Teilnehmer zu einem Bankett im Restaurant Rheingold. Auf die herzlichen Begrüßungsworte Köttgens erwiderten die ausländischen Vertreter der Materialprüfungsverbände und zwar Prof. Ros für die Schweiz, Ing. Hönigsberg für Österreich und Prof. Gessner für die Tschechoslowakei. Conrad.

Literaturberichte.

3581 **Controllers for electric motors.** (Steuerapparate für Elektromotoren.) A treatise on the modern industrial controller together with typical applications to the industries. Von Henry Duvall James, B. S., M. E., 2. Auflage. London, Chapman & Hall, Ltd., 1927. V und 522 Seiten mit 444 Abb.

Das Buch beschreibt als Kontroller nicht nur die nach deutschem Sprachgebrauch so genannten Apparate, sondern sämtliche Steuerungseinrichtungen für elektrische Motoren, wie es der englischen Bedeutung des Wortes entspricht. Es behandelt in ausführlicher Weise nicht nur die Apparate an sich, sondern auch ihre Verwendung für die verschiedenartigsten Zwecke. Das Werk, das den Stand der amerikanischen Praxis wiedergibt, besitzt, abgesehen von seiner Vielseitigkeit, einen großen Wert dadurch, daß nicht nur die verschiedenartigsten Konstruktionen von Schaltapparaten eingehend beschrieben werden, sondern auch deren Eignung in kritischen Vergleich gezogen wird und wertvolle Angaben über die Zweckmäßigkeit von Konstruktionseinzelheiten gegeben werden. Es ist dabei für die amerikanische Gepflogenheit charakteristisch, daß der Verfasser, der bei der Westinghouse Company tätig ist, ohne Bedenken Erfahrungen und Einzelheiten im Buch angibt, die europäische Autoren bezw. Firmen bisher nur selten und zurückhaltend veröffentlicht haben. Insbesondere gilt dies für die in Amerika immer schon wesentlich weiter verbreiteten automatischen Anlasser und indirekten Steuerungen. Dadurch gewinnt aber das Buch ganz besonders an Anschaulichkeit und Interesse.

Das Werk gibt ferner eine eingehende und vergleichende Beschreibung der verschiedenen Schaltmethoden sowie der Anwendung der elektrischen Schalteinrichtungen für die verschiedenartigsten industriellen Antriebe. Die letzteren werden, um die für sie gebräuchlichen Schaltanordnungen verständlich zu machen, selbst sehr eingehend beschrieben, wobei mit den Bergwerksfördermaschinen begonnen wird und, um nur die wichtigsten zu nennen, unter anderem Pumpen, Werkzeugmaschinen aller Art, Druckerei- und Papiermaschinen, Stahlwerke, Hebezeuge und Rohölförderanlagen folgen. Die charakteristischen Bedürfnisse dieser industriellen Antriebe werden dargelegt. Schließlich werden auch Schaltapparate für elektrische Bahnen, wenn auch nur zum Teil eingehend, beschrieben. Die Darstellung ist klar und hebt das Wesentliche richtig hervor. Das Buch ist infolge seines reichhaltigen und wertvollen Inhaltes jedem, der mit der Projektierung und Konstruktion von Schalteinrichtungen für elektrische Motoren zu tun hat oder der diese überhaupt gründlich studieren will, wärmstens zu empfehlen. Es ist für das Werk daher auch bei uns eine weitere Verbreitung zu erwarten, wenngleich die europäische Praxis manchmal andere Wege einschlägt, wie in dem Buch beschrieben sind. Zum Beispiel werden zum Anlassen von Kurzschlußläufermotoren nur Statoranlasser, bezw. Anlaßtransformatoren behandelt und Stern-Dreieck-Schalter gar nicht erwähnt. Für eine Neuauflage wäre schließlich zu wünschen, daß die Übereinstimmung zwischen Text und Abbildungen sowie die Hinweise in dem Buch, das im übrigen sehr gut und sorgfältig ausgearbeitet ist, verbessert würden. B. Gerstmann.

Eingegangene Bücher.

3580 25 Jahre VEI. Ein Rückblick auf die 25jährige Tätigkeit des Verbandes deutscher Elektro-Installationsfirmen, 1902 bis 1927[1]). 152 Seiten. Im Auftrage des Verbandes (jetzt „Reichsverband des Deutschen Elektro-Installateur-Gewerbes), herausgegeben von H. Buchwald, Syndikus des Verbandes.

In der Schrift wird ein sehr interessantes Stück aus der deutschen Wirtschaftsgeschichte der letzten Zeit geschildert. Der Verband, über dessen Tätigkeit an dieser Stelle vor einiger Zeit berichtet wurde[2]), und der zu Ende 1926 über 8800 Mitglieder aufwies, hat sich während seines Bestandes neben der elektrotechnischen Industrie, zum Teil in recht scharfen Kämpfen mit der Großindustrie, und neben den Stromerzeugungsanlagen zu einem wichtigen Glied in der Versorgung Deutschlands mit elektrischem Strom entwickelt, er hat ferner Anteil an der Schaffung der Installationsvorschriften des VDE und an der Ausbildung der Facharbeiter auf seinem Arbeitsgebiete genommen. All dies wird neben der internen Tätigkeit des Verbandes auf dem Arbeitgebergebiet und zur Förderung seiner Mitglieder auf privatwirtschaftlichem Gebiete in der Denkschrift sehr anregend geschildert. J.

3596 **Zur Sicherheit des Dampfkesselbetriebes, Berichte aus den Arbeiten der Vereinigung der Großkesselbesitzer E. V. Verhandlungen der technischen Tagung in Cassel 1926 und Forschungen des Arbeitsausschusses für Speisewasserpflege. Herausgegeben von der Vereinigung der Großkesselbesitzer E. V. 189 Seiten 311 Abb. Verlag Julius Springer 1927. Berlin. Preis gebunden 28·50 RM.**

Das Buch bringt eine Zusammenstellung von Abhandlungen namhafter Autoren über die Herstellung und den Betrieb von Dampfkesseln. Insbesondere wird die Frage der Entstehung der Nietlochrisse von mehreren Seiten unter Kritik der bezüglichen Theorien eingehend erörtert. Bei den Kesselbaustoffen, deren Herstellung und Prüfung wird auf das Wesentliche hingewiesen und über die Fortschritte der letzten Zeit berichtet. Auch das wichtige Gebiet der Speisewasserpflege wird in einem eigenen Kapitel behandelt. Das Buch schließt mit einer Abhandlung über die Betriebssicherheit der Höchstdruckkesselanlagen. St.

3217 DIN-Normblatt-Verzeichnis. Stand der Normung Herbst 1927. Herausgegeben vom Deutschen Normenausschuß. 206 S. Preis 2 Mk.

Das Verzeichnis enthält wie die letzte Ausgabe[3]) ein Sachverzeichnis, ein Nummernverzeichnis und Stichwortverzeichnis. Zu begrüßen wäre es, wenn die allgemeine Übersicht über den Stand der Normung, die in den früheren Ausgaben enthalten war, wieder aufge-

[1]) Vgl. Heft 37 d. J., S. 751.
[2]) Vgl. E. u. M. 1925, TWN, S. 198.
[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 682.

Digitized by Google

nommen würde. Gerade jetzt wäre sie am Platze gewesen, da der Normenausschuß auf eine zehnjährige Tätigkeit zurückblickt, die auch schon zu reichen praktischen Erfolgen geführt hat.

Die Starkstromtechnik. Von Arthur Stiller. Handbuch für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen. Herausgegeben von Dipl. Ing. W. Lehmann. 1143 Seiten mit 2045 Abb., 19 Tafeln in besonderer Mappe, darunter fünf in farbiger Ausführung. Als Beilage und Ergänzungsband: Elektrotechnisches Tabellenbuch. Band I: Starkstromtechnik. Von Dipl. Ing. W. Lehmann. Preis: Beide Bände in Leinen geb. Mk. 38·—. Verlag Heinrich Killinger, Nordhausen.

The Propagation of Electric Currents in Telephone and Telegraph Conductors. Von J. A. Fleming. Vierte, revidierte und erweiterte Auflage. 422 Seiten. Verlag Constable & Comp. Ltd., London 1927. Preis S 21·—.

Modes Spéciaux de Traction Electrique a courant continu. Von L. Barbillion. 137 Seiten mit 69 Abb. Verlag Albin Michel, Paris. Preis 10 Fr.

Accumulateurs Electriques. Von A. Castex und L. Barbillion. 296 Seiten mit 225 Abb. Verlag Albin Michel, Paris. Preis 30 Fr.

Interrupteurs et Disjoncteurs dans l'huile. Von P. Pagnon und L. Barbillion. 304 Seiten mit 220 Abb. Verlag Albin Michel, Paris. Preis 30 Fr.

Analysis von Grundproblemen der theoretischen Wechselstromtechnik. Von Prof. Dr. C. Breitfeld. 347 Seiten mit 105 Abb. und einer Tafel. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn A. G., Braunschweig 1927. Preis geh. Mk. 28·—, geb. Mk. 31·—.

Erstes Forschungsheft der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen. Herausgegeben im Auftrage der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V., Berlin-Schöneberg und der Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V., Berlin, von Prof. A. Matthias. Sonderheft: Kathodenoszillograph. Preis Mk. 12·—.

Technische Physik. Für technische Lehranstalten und zum Gebrauch in der Praxis. II. Band: Wärme, Optik, Elektrizität. Mit zahlreichen Musterbeispielen und Übungsaufgaben. Von Prof. Dr. G. Wiegner und Prof. Dipl.-Ing. P. Stephan. Dritte, neubearbeitete Auflage. 350 Seiten mit 352 Textabb. Verlag B. G. Teubner, Leipzig 1927. Preis Mk. 8·80.

Thermodynamische Grundlagen der Kolben- und Turbokompressoren. Graphische Darstellungen für die Berechnung und Untersuchung. Von A. Hinz. Zweite, verbesserte Auflage. 68 Seiten mit 73 Abb. und 20 graphischen Berechnungstafeln sowie 19 Zahlentafeln. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 25·—.

Festigkeitslehre für Ingenieure. Von Dipl.-Ing. H. Winkel †. Nach dem Tode des Verfassers bearbeitet und ergänzt von D. Ing. K. Lachmann. 494 Seiten mit 363 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 26·—.

Einführung in die höhere Mathematik unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse des Ingenieurs. Von F. Wicke. I. Band mit den Abb. 1 bis 231 und einer Tafel. II. Band mit den Abb. 232 bis 404. 921 Seiten. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis je Band geb. Mk. 24·—.

Schaltungen für Hebezeuge. Ein Hilfsbuch für den Montagegebrauch und zum Selbstunterricht. Von G. Esper. 182 Seiten mit 123 Abb. Verlag Hachmeister & Tal, Leipzig 1927. Preis Mk. 9·50.

Gemeinfaßliche Darstellung der gesamten Schweißtechnik. Von P. Bardtke. 280 Seiten mit 250 Textabb. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis geb. Mk. 12·50, für VDI-Mitglieder Mk. 11·25.

Über die Festigkeit der gewölbten Böden und der Zylinderschale. Im Auftrag des Schweiz. Vereines von Dampfkesselbesitzern herausgegeben von E. Höhn. 223 Seiten mit 97 Textabb. und 21 Zahlentafeln. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 10·—.

Vorlesungen über Differential- und Integralberechnung. Von Prof. R. Courant. Erster Band. Funktionen einer Veränderlichen. 410 Seiten mit 127 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 18·60.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 21. Dezember 1927, um ½7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Ing. Dr. techn. Robert Pollak-Rudin (Wien) über: **„Der derzeitige Stand der Radiotechnik".** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Bisherige Entwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen und der Praxis in der Hochfrequenztechnik; kommerzielle Radiotelegraphie und Telephonie und Rundspruch; Störungen und deren Abhilfe; Ausbau der Sender; Entwicklung der Empfangsapparate; Entwicklung der Hochvakuumtechnik und der Elektronenröhren; Ausbildung der Lautsprecher; Bildtelegraphie und Fernsehen; industrielle und medizinische Hochfrequenztechnik.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	29. XI. 1927	1. XII. 1927	2. XII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	130¾	131¾	132½

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	92—97	90—95	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 2. Dezember 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	65	5	0	65	15	0
Wire bars	65	15	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	60	5	0	60	6	3
Standard { 3 Monate .	60	8	9	60	10	0
Zinn:						
Engl. ingots	266	10	0	267	0	0
Standard { Kassa . .	267	17	6	268	0	0
Standard { 3 Monate .	265	0	0	265	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .				—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	10	0	26	5	0
Remelted	26	5	0	—	—	—
English Swansea . .	27	0	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 14, Pf. 13 15 sh 9 d p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 18. Dezember 1927 | Heft 51

INHALT:

Prof. Dr. Johann Sahulka. Von Hofrat Prof. Dr. Reithoffer. S. 1049.

Das Spullerseekraftwerk mit dem Unterwerk Danöfen. Von Ministerialrat Ing. Dr. techn. Artur Hruschka. (Schluß). S. 1053.

Internationaler Straßen- und Kleinbahnkongreß in Kopenhagen. S. 1062.

RUNDSCHAU: Elektrizitätswerke, Anlagen. S. 1065. Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel. S. 1066.

CHRONIK. S. 1066.

LITERATURBERICHTE. S. 1068.

VEREINSNACHRICHTEN. S. 1068.

Prof. Dr. Johann Sahulka.

Am 8. Oktober dieses Jahres ist der Professor der Elektrotechnik der Wiener Technischen Hochschule, Hofrat Dr. Johann Sahulka, nach langem Leiden gestorben. Mit ihm ist ein Altmeister der Elektrotechnik, ein hervorragender Lehrer und ein bedeutender Forscher dahingegangen und in den Fachkreisen wird diese Nachricht mit wahrem, tiefen Bedauern aufgenommen worden sein.

Professor Dr. Sahulka wurde am 25. Dezember 1857 als Sohn des Stationsvorstandes in Deutsch-Wagram, N.-Ö., geboren. Der Vater hat sich entschlossen, ob-

Digitized by Google

wohl er nicht mit Vermögen gesegnet war, ihm, der Liebe und Anlagen zum Studium zeigte, das Gymnasium in Wien besuchen zu lassen. Ein Beweis seiner Begabung ist, daß er bereits als zehnjähriger Knabe an der Prager Technischen Hochschule eine Prüfung aus mathematisch-naturwissenschaftlichen Gegenständen mit vorzüglichem Erfolge abgelegt hat.

Schon während der Mittelschulzeit mußte Sahulka durch Unterricht minder begabter Schüler trachten, die Kosten seines Studiums in Wien wenigstens teilweise hereinzubringen. Nach mit Auszeichnung abgelegter Reifeprüfung ging er an die Wiener Universität, wo er mathematische und vor allem physikalische Studien unter dem vortrefflichen Josef Stefan betrieb. Nachdem Sahulka seiner Militärdienstpflicht Genüge geleistet hatte, legte er an der Wiener Universität die Prüfung für das Lehramt der Mathematik und Physik an Mittelschulen ab und erwarb auch zur gleichen Zeit die Würde eines Doktors der Philosophie auf Grund einer Dissertation über ein physikalisches Thema.

Nach einigen Jahren, die er als Supplent an Mittelschulen und als Präfekt am Theresianum zugebracht hatte, fand er endlich den längst ersehnten Weg zum Hochschullehramte, indem er 1889 eine Stelle als Assistent an der Lehrkanzel für Physik und Elektrotechnik von Prof. Puluj an der deutschen technischen Hochschule in Prag erhielt.

Die Elektrotechnik war damals in den Anfängen ihres Aufschwunges und viel Unklarheiten herrschten noch selbst in den Fachkreisen. Insbesonders in der Wechselstromtechnik gab es eine große Zahl von schwierigen und ungeklärten Aufgaben, an die sich die Fachleute nur ungern und mit großer Unsicherheit heranwagten. Sahulka fühlte sich im Vertrauen auf seine wissenschaftliche Ausbildung von diesen Aufgaben angezogen und habilitierte sich in Prag als Privatdozent, welche Tätigkeit er an der Wiener Technischen Hochschule fortsetzte, als er im Oktober 1891 die Stelle eines Konstrukteurs an dem unter der Leitung v. Waltenhofens stehenden elektrotechnischen Institute in Wien erhielt. Seine venia legendi ließ er sich nach Wien übertragen und hielt hier die vielbesuchten Vorlesungen über „Theorie des Wechselstromes". Mit großer Klarheit und Sicherheit erörterte er in diesen Vorträgen die wichtigsten Fragen des Wechselstromes, behandelte die Apparate und Methoden zur Messung der Wechselstromgrößen, die Eigenschaften, Schaltungen und Regulierprobleme des Transformators, sowie die rechnerische Durchführung von Wechselstromaufgaben. Seine damaligen Hörer, zu denen auch ich mich zählte, werden heute noch mit Dankbarkeit der Fülle von Wissen gedenken, die ihnen diese Vorlesungen übermittelt hatten. Ihr Wert muß um so höher eingeschätzt werden, als Sahulka hiefür kein Vorbild vorfand und sie mit eigenem Können aus dem Nichts schaffen mußte.

Aber die Stellung eines Konstrukteurs konnte nicht als eine Lebensstelle gelten. Es ist bedauerlich, daß ein Mann von solcher wissenschaftlicher Bedeutung und Veranlagung sich bis in sein 37. Lebensjahr mit der minderen und gering besoldeten Stellung eines Konstrukteurs bescheiden mußte. Um in eine sichere Stellung zu gelangen, trat er im Jahre 1894 als Elektrotechniker in die österreichische Normal-Eichungskommission ein. Dort hatte er die Einrichtungen angegeben, welche erforderlich waren, um die genauen elektrischen Messungen für das elektrische Eichwesen durchzuführen. Hier hat Sahulka vieles Wertvolle geschaffen, unter anderem im Verein mit seinen Mitarbeitern die Einrichtungen zur Massenprüfung von Zählern und wertvolle Fingerzeige über die Ausführung der Zähler gegeben; er hat auch als Erster die Normung der Stromstärken in die Wege geleitet. Eine unvergängliche Spur seines Wissens und Könnens bildeten seine später zur Ausführung gelangten Vorschläge für die Errichtung einer modernen Eichstation für Elektrizitätszähler. Nach fünfjähriger Tätigkeit in der Normal-Eichungskommission schied er aus diesem Amt und trat in das österreichische Patentamt als technischer Rat ein. In dieser Eigenschaft hat er sich vor allem als wissenschaftlicher Mentor seiner Mitarbeiter gezeigt.

Erst mit 46 Jahren konnte Sahulka sein lang angestrebtes und heiß ersehntes Ziel erreichen, als er im Jahre 1903 als ordentlicher Professor der Elektrotechnik an die Wiener Technische Hochschule berufen wurde. Damals wurde das neue elektrotechnische Institut eröffnet und man begann den Unterricht aus Elektrotechnik in einer Weise auszubauen, die der Entwicklung und Bedeutung dieses technischen Wissenszweiges Rechnung trägt. Jetzt entfaltete er eine besonders fruchtbare Tätigkeit als Lehrer. Er hatte Vorlesungen aus allgemeiner Elektrotechnik und elektrischer Meßkunde zu halten. Seine Hörerzahl war überaus groß. Namentlich die Vorlesungen aus Elektrotechnik, die gemeinsam für die Hörer der maschinenbaulichen und der bald geschaffenen elektrotechnischen Unterabteilung gehalten wurden, waren überfüllt. Da nun infolge gewisser unglücklicher Bestimmungen der Staatsprüfungsordnung jeder Hörer sich bemüht, vor der zweiten Staatsprüfung aus den gehörten Gegenständen Einzelprüfungen abzulegen, so erwächst daraus für die Professoren mit großer Hörerzahl eine ungeheure Belastung, die sie vielfach ihrer Forschertätigkeit entzieht. Ganz besonders machte sich dies für Sahulka fühlbar, wozu noch seine besondere Genauigkeit und Gewissenhaftigkeit bei Erfüllung dieser Pflicht hinzukam. Durch und durch Lehrer und getragen von Wohlwollen gegen die Studierenden, benützte er auch die Prüfungen zur Belehrung und daher kam es, daß seine Prüfungen den Wert von Seminar-

Digitized by Google

übungen erhielten und sich eines großen Zuhörerkreises erfreuten. So vergrößerte er selbst seine Prüfungsarbeit. Er pochte wohl auf seine kräftige Gesundheit, rühmte er sich doch, nie krank gewesen zu sein und nie einen Arzt nötig gehabt zu haben. Aber die Kriegsjahre hatten den mächtigen Körper untergraben. Im Dezember 1921 erlitt er einen Schlaganfall, von dem er sich trotz vorübergehender Besserung nicht wieder erholen sollte. So lebte er denn seitdem dahin, erst noch getragen von der Erinnerung an seinen Beruf, dessen Schönheit ihn voll erfüllte, und gestützt von Idealismus, der den Kern seines Wesens ausmachte. Er beschäftigte sich da noch mit Fachliteratur und schrieb selbst noch einige kleine Abhandlungen. Aber die durch das Leiden geschwächte Sehkraft legte seine Tätigkeit lahm. Seine Freunde und Verehrer, die ihn in den letzten zwei Jahren besuchten, gingen von ihm, das Herz gekrampft von Wehmut. Obwohl heiteren Gemütes, hat Sahulka nicht viel Freude erlebt, auf seinem Wege wuchsen zu viele Dornen. Es war eine besondere Grausamkeit des Geschickes, daß es dem Manne, der so selbstlos seiner Arbeit und seiner Pflicht lebte und sich so viele Verdienste erwarb, nicht einen ruhigen, sonnigen Lebensabend gewährt hatte.

Als Forscher war Sahulka außerordentlich fruchtbar. Er hat eine große Zahl wissenschaftlicher Abhandlungen, teils theoretischer, teils experimenteller Natur, geschrieben, die in den verschiedenen Fachzeitschriften der Physik und Elektrotechnik Österreichs und Deutschlands erschienen sind. Auch gab er einige Bücher und Druckschriften heraus. Er war der erste, der den Lichtbogen unter gewissen Bedingungen als Gleichrichter erkannte; er verwendete auch eine Quecksilberelektrode, aus welcher grundlegenden Idee schließlich der heute so wertvolle Quecksilberdampfgleichrichter hervorgegangen ist. Es kränkte Sahulka sein ganzes Leben hindurch, daß seine Priorität dabei zu wenig Anerkennung gefunden hatte. Er baute einen Drehfeldmotor, der später als Stanley-Kelly-Motor bekannt wurde. Er ersann einen mechanischen Sender für drahtlose Telegraphie, der voraussichtlich auch für Telephonie geeignet gewesen wäre, und besaß ein Patent auf ein funkentelegraphisches Sendersystem, bei dem der Leitungskondensator nicht entladen, sondern umgeladen wurde. Diese beiden patentierten Erfindungen sind durch die rasende Entwicklung der Radiotechnik bald überholt worden und daher, trotzdem sie einen wesentlichen Fortschritt bedeuten,nicht zur Ausführung gekommen.

Geistreich sind die Methoden, die Sahulka angewendet hatte, um die Augenblickswerte der elektrischen Lichtquellen bei Betrieb mit Wechselstrom aufzunehmen, interessant die Verfahren (Halbperiodenkontakt) zur punktweisen Aufnahme der Form von Wechselstromkurven. Ein anderer von Sahulka ersonnener und für das elektrotechnische Institut gebauter Apparat gestattet die Bestimmung der mittleren räumlichen Lichtstärke von Lichtquellen mittels einer einzigen Messung.

Es würde zu weit führen, auf alle die vielen Veröffentlichungen Sahulkas — die wichtigsten sind am Schlusse zusammengestellt — näher einzugehen. Eine bedeutende Forschungsarbeit ist in ihnen niedergelegt und sie waren fast alle befruchtend für die Entwicklung der Wissenschaft. Sie beschränken sich nicht auf das Gebiet der Elektrotechnik, sondern erstrecken sich auf verschiedene Gebiete der Physik. Sahulka verfaßte auch ein Büchlein, in dem er versuchte, Gravitation, Molekularkraft, Wärme, Licht, Magnetismus und Elektrizität aus einer gemeinsamen Ursache zu erklären. Dieses Werk ist gerade zu einer Zeit erschienen, als durch die Erfolge der Elektronentheorie sich neue Anschauungen über das Wesen der Elektrizität und der Materie Bahn zu brechen begannen, und das ist vielleicht die Ursache gewesen, warum diese Ausführungen Sahulkas in den Kreisen der Physiker nicht jene Beachtung gefunden hatten, die ihnen zu einer früheren Zeit sicher gewesen wären. Aber Sahulka war bis an sein Lebensende überzeugt, daß die Zukunft auf seine Ausführungen zurückgreifen wird.

Auf viele seiner Ideen hat Sahulka Patente genommen, in Österreich allein über 20. Ein Teil davon behandelt Einrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie, andere wieder geben Verbesserungen an Meßinstrumenten, besonders Zählern, und Meßverfahren an, in fünf Patenten ließ er sich Anlaß- und Reguliereinrichtungen für Drehstrom- und Wechselstrommotoren schützen. Geistreich sind auch die Vorschläge, die er zum Betrieb von Bahnen mit Einphasenstrom und Druckluft zum Anlassen machte.

Außerordentlich fühlbar war Sahulkas Tätigkeit im Elektrotechnischen Verein in Wien, wo er des öfteren als Ausschußmitglied wirkte und im Jahre 1891 als Vizepräsident dem Vereine vorstand. Mit Beginn des Jahres 1898 übernahm Sahulka die Schriftleitung des Vereinsorganes, das damals den Titel „Zeitschrift für Elektrotechnik" führte und in der Folge wöchentlich und in vergrößertem Umfang erschien. Nun war ihm Gelegenheit gegeben, seine wissenschaftlichen Arbeiten auf dem ganzen Gebiete der Elektrotechnik vor die Öffentlichkeit zu bringen. Überhäufung mit Amtsgeschäften zwang ihn, nach zweijähriger vom Elektrotechnischen Verein außerordentlich gewürdigter Tätigkeit, diese Stelle niederzulegen, doch hat Sahulka in dieser Zeit den Grundstein für die weitere Entwicklung der Zeitschrift als wissenschaftliches Organ der Elektrotechnik gelegt.

Das Vertrauen, das Sahulka in den Fachkreisen und in der Öffentlichkeit genoß, hat auch dazu geführt, daß er als Delegierter der österreichischen Elektrotechnik zu den Weltausstellun-

Digitized by Google

gen in Chicago 1893 und in Paris 1900 entsendet wurde. Mit offenem Auge und tiefem Verständnis hat er daselbst die Neuerungen studiert und seine Berichte darüber gaben Anstoß zu manchen praktischen Neuerungen in unserem Vaterlande. Aber ebenso zahlreich als seine Veröffentlichungen sind die Geistesblitze, die er flüchtig aufs Papier geworfen und einer späteren Bearbeitung vorbehalten hatte, denn die große Arbeitsbelastung hinderte ihn oft an der Ausarbeitung. So ist er dadurch nicht selten um die Früchte seines Geistes gekommen, indem die Entwicklung der Wissenschaft gar oft das brachte, was er lange vorher geahnt und zur Bearbeitung vorgemerkt hatte. Wie oft war ich Zeuge, daß Sahulka gelegentlich aus einem Stoß von Vormerkungsblättern ein vergilbtes heraussuchte, auf welchem sich Aufzeichnungen fanden, die sich inhaltlich mit einer eben veröffentlichten Neuerung deckten. Sahulka war ein flinker Schreiber und man mußte oft staunen, mit welcher Schnelligkeit seine schwere Hand in zierlicher und gut lesbarer Schrift seine Gedanken zu Papier brachte. Unbeschadet seiner ausgesprochenen Veranlagung zum Lehrer, wäre für ihn und die Elektrotechnik die Stelle eines Forschers an einem wissenschaftlichen Institute, wo er, losgelöst von den vielen Verpflichtungen eines akademischen Lehrers, bloß der Forschung hätte leben können, das Richtigste und Wertvollste gewesen.

Als Mensch zeichnete Sahulka eine außerordentliche Güte und Selbstlosigkeit aus. Diese zeigte sich vor Allem im Verkehr mit den Studenten. Er scheute nicht Zeit und Mühe, um ihnen mit Rat und Tat beizustehen und ihnen während ihrer Studienzeit und auch nachher behilflich zu sein.

Zu Kriegsbeginn schuf er das Notspital der technischen Hochschule. Das Wohl der Kranken und Verwundeten lag ihm sehr am Herzen. Viele werden sich aus jener Zeit der warmen Worte erinnern, mit denen er allen Trost und Erholung zu bringen suchte. Schon der milde Blick seiner guten, blauen Augen wirkte beruhigend. Von äußerem Glücke wurde ihm nicht viel zu Teil, er genoß die Freude, die aus seinem eigenen inneren Lichte floß.

Von seinen Kollegen war er wegen seiner Freundlichkeit und Sachlichkeit hoch geschätzt. Er führte durch zwei Jahre das Amt eines Dekans der Maschinenbauschule und stand im Jahre 1913/14 als Rektor an der Spitze der Technischen Hochschule. An Auszeichnungen wurden ihm verliehen: der Orden der Eisernen Krone, der Orden der französischen Ehrenlegion, das Offizierskreuzzeichen des Roten Kreuzes mit der Kriegsdekoration, die preußische Rote Kreuzmedaille II. Klasse u. v. a. m. Er erhielt den Titel eines Hofrates und wurde im Kriege zum Landsturm-Oberstingenieur ernannt.

Seine zahlreichen Schüler werden mit Liebe und Dankbarkeit seiner gedenken. Bei seinen Freunden und Fachgenossen hat er sich durch seine liebenswürdige und entgegenkommende Art ein bleibendes Andenken gesichert. Ein lieber und wertvoller Mensch ist mit ihm von uns gegangen, ein Mensch voll Pflichttreue, Arbeit und Güte.

Reithoffer

Zusammenstellung der wichtigsten Veröffentlichungen von Prof. Dr. J. Sahulka in chronologischer Folge.

A) Bücher und Broschüren.

Über Wechselstrommotoren mit magnetischem Drehfelde, Wien 1892.

Die Elektrotechnik auf der Weltausstellung in Chicago, offizieller Bericht der k. k. Zentralkommission, Wien 1895.

Erklärung der Gravitation, der Molekularkräfte, der Wärme, des Lichtes, der magnetischen und elektrischen Erscheinungen aus gemeinsamer Ursache, Wien 1907.

Magnetische und elektrische Grundgesetze in 6 Auflagen der „Starkstromtechnik", Taschenbuch für Elektrotechniker, herausgegeben von E. v. Rziha und J. Seidener, Berlin.

B) Originalabhandlungen.

Stereometrische Verwandlungen, Programmbericht der Oberrealschule in Wien-Währing, Wien 1886.

Zurückführung der absoluten Masse physikalischer Größen auf die zwei Grundbegriffe von Zeit und Länge. ETZ 11 (1890), 459.

Bestimmung des mechanischen Äquivalentes der Wärme aus der Wärmeausstrahlung. Ann. f. Phys. u. Ch. (1890).

Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Stromimpulsen und elektrischen Wellen in langen Drähten. ETZ 12 (1891), 92.

Bestimmung der Koeffizienten der Selbstinduktion und gegenseitigen Induktion mit dem Differential-Galvanometer. ETZ 12 (1891), 371.

Theorie des Ferraris'schen Drehfeldes. ETZ 12 (1891), 537.

Über die Feldstärke der Zweiphasenmotoren mit magnetischem Drehfelde. ETZ 13 (1892), 119, 135.

Über Wechselstrommotoren mit magnetischem Drehfelde. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 10 (1892), 5.

Messung der Kapazität der Kondensatoren mit Wechselstrom. Sitz.-Ber. Ak. (mat.-nat.) Wien, 102, IIa (1893), 773. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 12 (1894), 444.

Erklärung des Ferranti-Phänomens. Sitz.-Ber. Ak. (mat.-nat.) Wien, 102, IIa (1893), 793. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 12, (1894), 427.

Verwendung der Kondensatoren im Wechselstrombetriebe. ETZ 14 (1893), 281, 298, 317.

Theorie der Thomsonschen (Brownschen) Motoren für gewöhnlichen Wechselstrom. ETZ 14 (1893), 391.

Bemerkungen zu dem vom Subkomitee für den elektrotechnischen Kongreß in Chicago gemachten Vorschlägen. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 11 (1893), 317.

Untersuchungen über den elektrischen Lichtbogen (Wechselstrom-Lichtbogen als Gleichrichter). Sitz.-Ber. Ak. (mat.-nat.) Wien, 103, IIa (1894). Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 12 (1894), 547, 569.

Bogenlichtdynamos auf der Weltausstellung in Chicago. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 12 (1894), 204, 245.

Verwendung von Kondensatoren bei Telephonlinien mit Zwischenstationen. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 12 (1894).

Untersuchungen über den elektrischen Lichtbogen. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 12 (1894), 547, 569.

Elektrische Lenkung der Automobile. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 16 (1894), 572.

Versuche über die physikalische Beschaffenheit der Röntgenstrahlen. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 14 (1896), 241, 267.

Über eine neue Meßmethode für Laboratoriumszwecke. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 14 (1896), 796.

Digitized by Google

Kontaktvorrichtung für Wechselstromdynamos. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 16 (1898), 4.

Parallelschaltung von Wechselstromdynamos. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 16 (1898), 114.

Untersuchungen über den elektrischen Lichtbogen. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 16 (1898), 213.

Umwandlung von Mehrphasenströmen in Gleichstrom ohne Motorgenerator. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 16 (1898), 405, 429.

Eichung der Elektrizitätszähler in großem Umfange. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 17 (1899), 481, 491, 515, 527.

Über die Gefährlichkeit der Oberleitung elektrischer Bahnen. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 18 (1900), 17, 30.

Über die Ursachen des Erdmagnetismus und des Polarlichtes. Anz. Ak. Wien (1903).

Isolationsmessung mittels des elektrostatischen Voltmeters. ETZ 25 (1904), 547.

Bestimmung des Isolationswiderstandes der Einzelleiter von Gleichstrommehrleiteranlagen während des Betriebes. ETZ 25 (1904), 420.

Betriebssystem für elektrische Kraftanlagen, insbesondere Bahnen. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 22 (1904), 513.

Grundwirkungen elektrischer Ströme, Vorträge des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, 45 (1905).

Energieumwandlung während der Magnetisierung und Elektrisierung von Medien. ETZ 26 (1905), 116, 741.

Messung des Isolationswiderstandes und der Kapazität der einzelnen Leiter von Wechselstromanlagen während des Betriebes. ETZ 28 (1907), 457, 484.

Zwei neue Betriebssysteme für Bahnen mit Benützung von Wechselstrom. ETZ 28 (1907), 774, 852.

Messung der Eisenverluste im Wechselstrombetriebe. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 25 (1907) 808.

Versuch der Erzeugung von Hochfrequenzströmen mit Benützung eines Nernstschen Glühkörpers. ETZ 28 (1907), 1038.

Hochfrequenz-Lichtbogen im Schwingungskreise eines Duddell-Poulsenschen Lichtbogens. ETZ 28 (1907), 1063.

Zur Messung der Koeffizienten der gegenseitigen Induktion. ETZ 28 (1907), 1161.

Erklärung der Entstehung ungedämpfter Schwingungen im Lichtbogen. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 25 (1907), 91.

Messung der Momentanwerte der Lichtstärke von Wechselstromlampen. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 25 (1907), 133, 213.

Sender für elektromagnetische Wellen. Zeitschr. f. Elektr. (Wien) 25 (1907), 275.

Über das Verhalten fester, insbesondere pulverförmiger Körper in bewegten Flüssigkeiten und Gasen. Ann. f. Phys. u. Ch. Bd. 25 (1908).

Erklärung der Erscheinungen der elektrischen und optischen Wellen. Jahrbuch d. drahtl. Telegr. u. Teleph. 1 (1908), 411, 523.

Der Lichtbogen zwischen gleichartigen Elektroden als Gleichrichter. ETZ 29 (1908), 949.

Zur Kenntnis des Quecksilberdampflichtbogens als Gleichrichter. ETZ 29 (1908), 1036.

Abhängigkeit des el. Leitvermögens von Drähten, welche auf Zug beansprucht sind. E. u. M. 27 (1909), 772.

Die elektrische Beleuchtung von 1883 bis 1913. E. u. M. 31 (1913), Jubiläumsheft.

Die momentanen Lichtstärken von Wechselstrom-Bogenlampen. E. u. M. 32 (1914), 7.

Ein Verfahren der stereoskopischen Kinematographie. E. u. M. 32 (1914), 37.

Meßgerät zur Messung der Spannung und Frequenz eines Wechselstromes. ETZ 37 (1916), 348.

Vorrichtung zur Ermittlung der räumlichen Lichtstärke beliebiger Lampen. ETZ 39 (1918), 253.

Über Zusatztransformatoren. E. u. M. 40 (1922), 605.

Prüfung von Streufeldern elektrischer Maschinen. E. u. M. 41 (1923), 187.

Wage zur Bestimmung der erdmagnetischen Elemente. E. u. M. 41 (1923), 262.

Zusatzpuffermaschine. ETZ 44 (1923), 411.

Induktion in einem mit zwei Wicklungen versehenen Ringe. E. u. M. 41 (1923), 383.

Vorrichtung zur Ermittlung der mittleren räumlichen oder halbräumlichen Lichtstärke beliebiger Lampen (Lumenmeter). ETZ 44 (1923), 665.

Vorrichtung zur Ermittlung der räumlichen Lichtstärken beliebiger Lampen. E. u. M. 41 (1923), 530.

Das Spullerseekraftwerk mit dem Unterwerk Danöfen.

Von Ministerialrat Ing. Dr. techn. Artur **Hruschka**, Abteilungsvorstand in der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

(Schluß aus Heft 49, Seite 1015.)

d) Hauptumspannerstromkreise und Hauptsammelschienen.

Verwendet wurden Zweikessel-Ölschutzschalter für 350 A Nennstrom, 65 kV und 250 000 kVA Abschalteleistung, mit 4 Unterbrechungen je Pol und innenliegendem Schutzwiderstand von 620 Ohm je Pol. Der Schalter hat Repelit-Kondensatordurchführungen mit Ringstromwandlern und glatten Repelitisolatoren. Der Schutzwiderstand erhält Kontakt mittels Schleiffedern an der Traverse; diese trägt auch 2 Temperaturschmelzeinsätze mit äußerer Kennscheibe. Von den Nadelkontakten sind 2 länger und 2 kürzer. Die Kessel von Rechtecksquerschnitt hängen an den Deckeln und diese sitzen auf Fahrgestellen. Die Schalter haben Drehmagnetantrieb, die Handräder sind normal abgezogen. Wie aus Abb. 55 (siehe S. 1019) zu ersehen, wird bei Überstrom der Ölschalter durch die Überstromrelais *M R* und das Zeitrelais *Z R* nach der eingestellten Zeit geöffnet, bei Rückstrom aber wird sogleich geöffnet, weil das Hilfsrelais *H R* durch die Rückstromrelais *R R* geschlossen wird und damit das Zeitrelais ausschaltet. Die zu einem Ölschalter gehörige Steuer- und Lampenschaltung ist grundsätzlich in der Abb. 56 dargestellt. Neben Grün (Aus) und Rot (Ein) ist Blau für selbsttätiges Öffnen als Signalfarbe verwendet. Der Steuerungshandgriff hat normal die bezeichnete Zwischenlage. Zum Einschalten wird er im Uhrzeigersinn gedreht, setzt 10 unter Gleichspannung, veranlaßt den normal in der Mittellage stehenden Schütz zur Bewegung nach rechts und betätigt so den Drehmagneten. Der Schütz verbleibt auch nach dem Loslassen des Handgriffes in seiner rechten Lage (Stromfluß über *W*); erst nach erfolgter Schalterbewegung wird der Schütz durch einen Anschlag des Drehmagneten in die Mittellage zurückgeworfen. Der Handgriff nimmt bei

Digitized by Google

der Drehung einen Schleppschalter *SchS* mit. Unabhängig von ihm zeigt die rote Lampe die tatsächlich eingetretene Schalterstellung mittels des Kontaktes 12 auf der Schalterwelle an. Beim

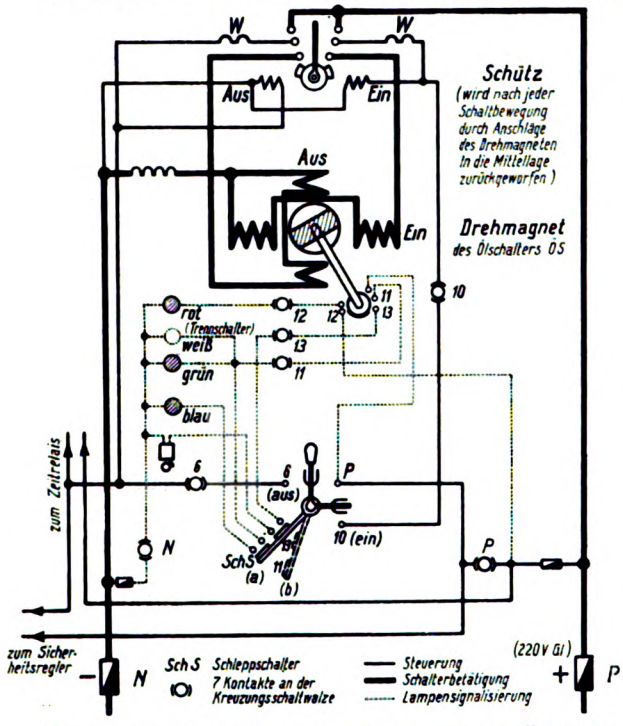


Abb. 56. Schaltung der Fernsteuerung eines Ölschalters.

Ausschalten von Hand kommt 6 unter Spannung und leitet das Ausschalten ein; die grüne Lampe wird über *P* und 13 angeschaltet und der Schleppschalter kommt in die strichlierte Lage. Öffnet der Ölschalter selbsttätig, so ist der Schleppschalter noch vom früheren Einschalten her an die Kontakte gelegt und es wird außer der grünen Lampe auch die blaue Lampe und über 13 eine Alarmglocke eingeschaltet. Gleichzeitig mit der grünen Lampe brennt auch stets die weiße Lampe am zugehörigen Trennschalter.

Die Doppelsammelschienen werden, wie schon

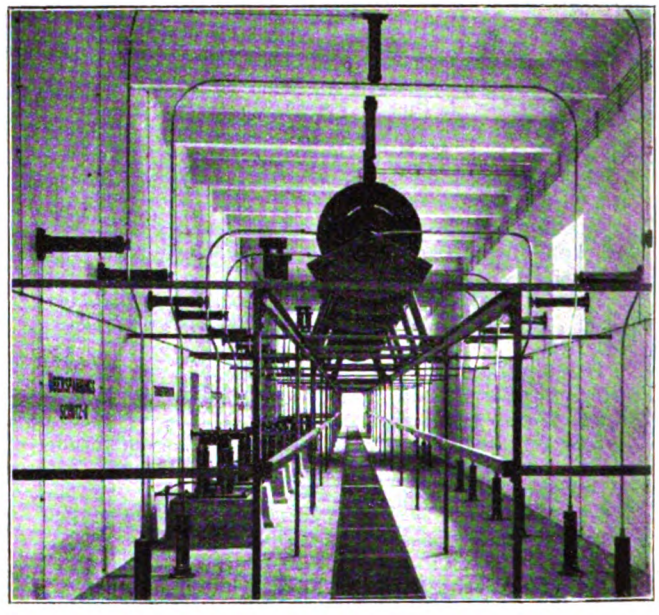


Abb. 57. 55 kV-Drosselspulenraum.

früher gesagt, normal in Hufeisenschaltung betrieben. Abb. 57 zeigt rechts die aus den Umspannerzellen aufsteigenden 55 kV-Leitungen, die Drosselspulen und auf Betonhohlkörpern sitzenden kurzschlußsicheren Stromwandler. Abb. 49 zeigt den zentralen Bedienungsgang im Schalthaus, links

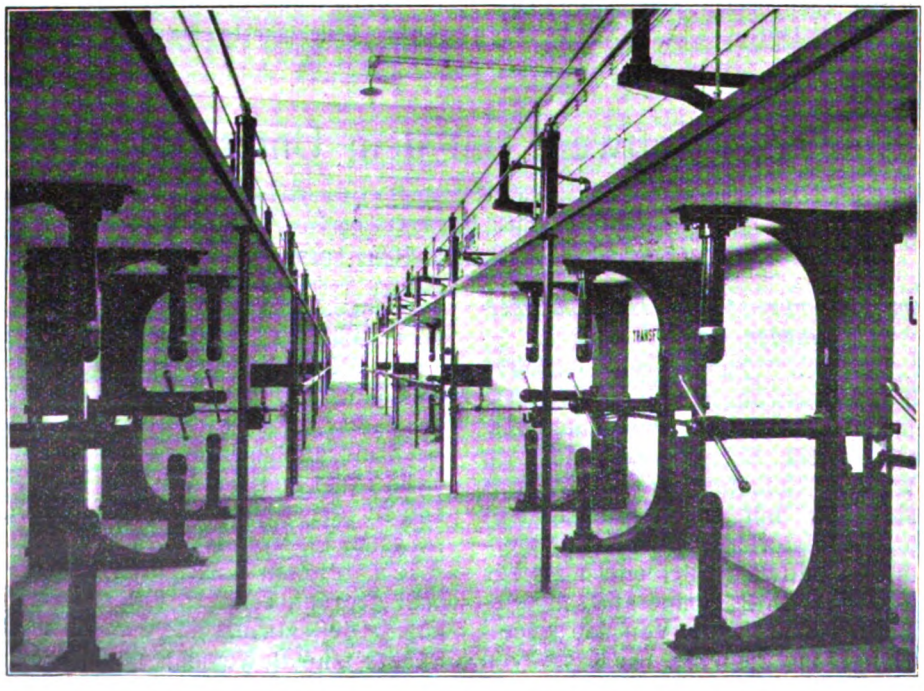


Abb. 58. 55 kV-Sammelschienenraum, Gesamtansicht.

Digitized by Google

mit den Antrieben der Ölschalter vor deren Zellen, rechts mit den vor den Umspannerzellen aufgestellten Ölpumpen, im Hintergrund die gleichen

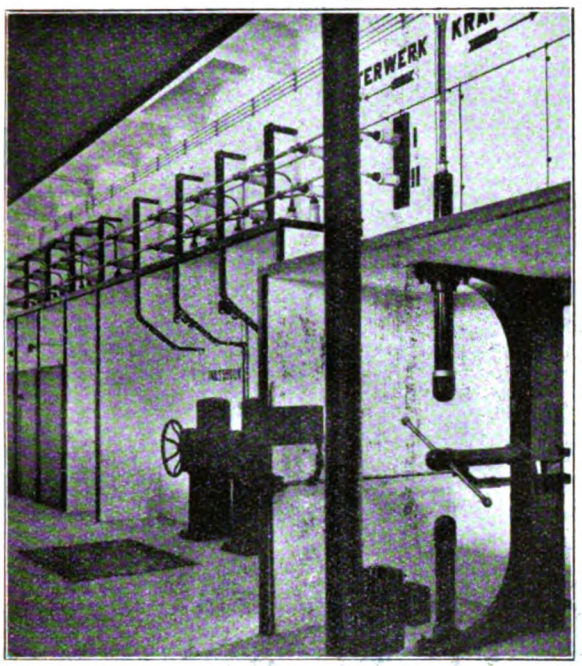


Abb. 59. Ende des 55 kV-Sammelschienenraumes, anschließend der 16·5 kV-Sammelschienenraum.

Apparate für das anschließende Unterwerk. In Abb. 58 finden wir die Doppelsammelschienen und die beiden Reihen der Haupttrennmesser. Der Zutritt erfolgt zwischen je 2 Zellenwänden, innerhalb welcher auch die Handgriffe (zum Schutz gegen einen allfällig auftretenden Flammenbogen) und die Rückmeldelampen (weiß mit grünem Punkt; leuchten, wenn der Ölschalter offen ist) untergebracht sind. Abb. 59 zeigt das Ende der Trennschalterreihe und die anschließenden Dreifachschienen des Unterwerks Danöfen.

e) Übertragungsleitungen und Unterwerksanschluß.

Die Schutzschalter der beiden abgehenden Leitungen haben Widerstände von 1200 Ohm je Pol. Jede Leitung hat zwei Meß- und zwei Relais-Stromwandler und kann geerdet werden. In allen Kraftwerken der Ö. B. B., wie auch in den Unterwerken wird grundsätzlich eine Durchschaltung der Leitungen vorgesehen (mittels der Trennmesser *DT*). Jedes Kraftwerk hat also eigentlich ein Hilfsschienenpaar und drei Sammelschienenpaare. Jenseits der Durchschalteverbindung sind schließlich noch besondere „Ausführungstrennmesser" *AT* knapp vor der Ausführung angeordnet, zu dem Zweck, damit vor dem Beginn von Leitungsarbeiten durch einen einzigen eindeutigen Auftrag, diese Ausführungstrennmesser zu ziehen, die betreffende Leitung sicher abgeschaltet werde und gefährliche Rückspeisungen vermieden bleiben. Die Erdungstrennmesser hingegen dienen nicht sowohl dem Schutz der Leitung, als vielmehr dem Schutz des eigenen Werkes vor dem Zutritt von Spannung aus der Leitung.

Abb. 60 zeigt eine Spannungsmeßgruppe mit Hörnersicherungen und Sicherheitswiderständen, Abb. 61 den Raum mit den Leitungsausführungen noch vor der Anbringung der Trennmesser *DT* und *AT*. Abb. 62 gibt die Außenansicht der abgehenden Leitungen und der westlichen Schalthausfront. Zur Rückleitung des Fahrschienenstromes dient ein (wegen allfälligen späteren Einbaues von Saugumspannern für 1000 V isoliertes) Kabel von 400 mm².

f) Unterwerk Danöfen.

Im Unterwerk sind für jeden Umspanner der zweipolige 55 kV-Ölschalter und der zugehörige einpolige 15 kV-Ölschalter innerhalb einer gemeinsamen Zelle aufgestellt und gemeinsam mechanisch angetrieben (Abb. 63). Die Unterspannungsölschalter für 600 A und 250 000 kVA Abschaltleistung, haben sechs Unterbrechungen, sind druckfest, haben Abzugsrohre, Schaltmagnetantrieb und feste Kupplungen, sowie angebaute Überstromzeitrelais. Nebst den Feldern für die abgehenden Fahr- und Verstärkungsleitungen ist ein besonderes Prüffeld zum Fehlersuchen nach Erdschlüssen und Kurzschlüssen in den Fahrleitungen vorhanden. Es enthält (Abb. 52) einen

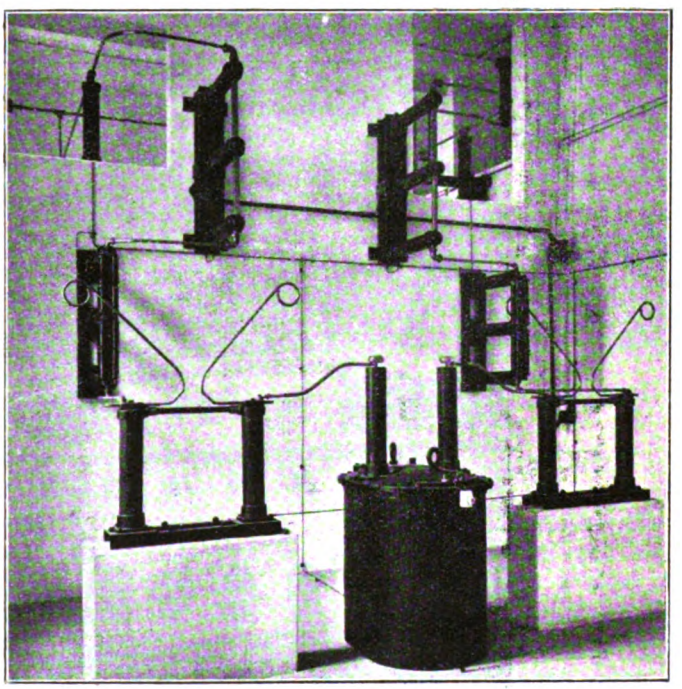


Abb. 60. 55 kV-Spannungsmeßgruppe.

Prüfölschalter für 100 000 kVA mit Freilaufkupplung einen Prüfwiderstand in Öl von 2000 Ohm und einen Prüfstrommesser. Man kann jeden Leitungszweig über eine besondere Prüfschiene in diesen Prüfkreis einfügen und erhält dann im Fall des Kurzschlusses beim Schließen des Prüfschal-

Digitized by Google

ters von Hand einen Ausschlag bis zu 8·25 A. Durch stufenweises Abschalten der Abschnitte auf telephonischen Auftrag und Durchprüfen findet

strom von 220 V geschlossen gehalten. (Wechselstrom eignet sich wegen der Frequenzschwankungen hiezu schlecht). Der eingeschaltete Prüfschal-

Abb. 61. Leitungsausführungen von innen.

man sehr schnell den gestörten Abschnitt heraus. Der Prüfwiderstand ist für dreimaliges Einschalten innerhalb von einer Minute bemessen. Ist der

ter wird spätestens nach Ablauf einer bis 4 sec einstellbaren Zeit durch ein mechanisches Zeitrelais herausgeworfen. Schaltet man spannungslos

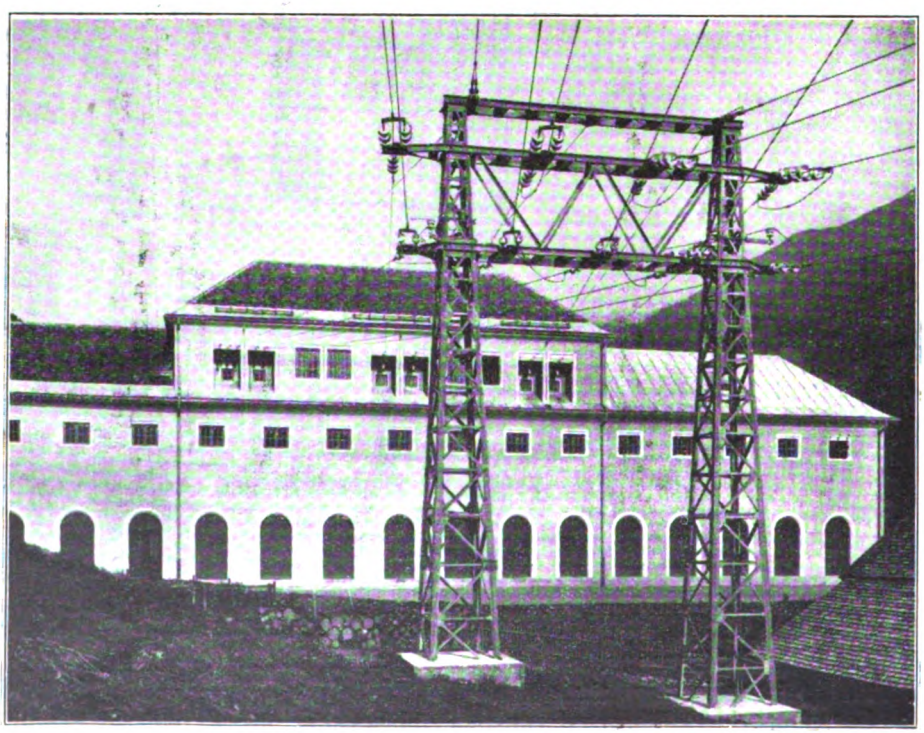


Abb. 62. Leitungsausführungen von außen, mit der westlichen Schalthausfront.

Prüfschalter offen und Spannung vorhanden, so wird die Freilaufkupplung durch einen angebauten Spannungsrückgangsauslöser für Ruhegleich-

ein, so fällt der Rückschalter von selbst heraus. Wenn bei häufigem oder länger dauerndem Einschalten die Temperatur des Ölwiderstandes 80°

Digitized by Google

erreicht, wird durch einen eingebauten Temperaturkontakt über ein besonderes Hilfsrelais unter Heranziehung des genannten Auslösers der Ölschalter herausgeworfen und kann erst nach entsprechendem Sinken der Temperatur geschlossen werden. Abb. 64 zeigt die Schalter selbst mit ihren Fahrgestellen.

g) Überspannungsschutz.

Jeder Hauptgeneratorkreis hat einen Hörnerschutz zwischen den Polen und gegen Erde für 6 kV, eingestellt auf 3·5 mm (1½ fache Betriebsspannung), mit Vorschaltwiderständen von 320 Ohm je Pol; die beiden Hauptsammelschienen-

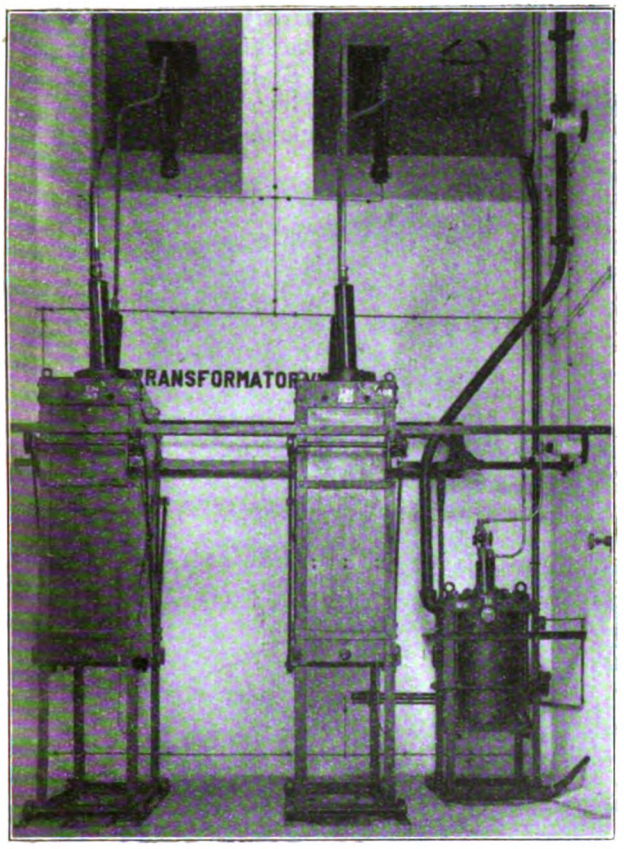


Abb. 63. Zweipoliger 55 kV-Ölschalter und einpoliger druckfester 16·5 kV-Ölschalter, mit gemeinsamen Antrieb in einer Unterwerkszelle.

systeme haben einen ebensolchen Hörnerschutz für 55 kV mit 14 mm Horndurchmesser, eingestellt auf 70 mm, mit Vorschaltwiderständen von 55 000 Ohm, die abgehenden 15 kV-Kreise haben einpolige Hörner gegen Erde für 15 kV, eingestellt auf 15 mm, mit Widerständen von 1740 Ohm; die Drehstromspulen endlich haben einen Hörnerschutz für 10 kV, eingestellt auf 7 mm. Weiters sind Schutzdrosselspulen verwendet, und zwar: gleich hinter den 3 Hauptumspannern sechs Spulen zu 3·5 bis 3·76 mH je Pol; vor den zwei Unterwerksumspannern vier Spulen zu 2·4 mH, sämtliche für 55 kV; hinter den Spannungspolen der Unterwerksumspanner für 15 kV zwei Spulen zu 1·2 mH. Es sind zwei getrennte Systeme von Erdplatten vorhanden, eines für die Überspannungsapparate, das andere für die Schutzerdung, mit 2·7 bezw 1 Ohm Gesamtwert.

h) Überstromschutz.

Über die selbsttätige Aberregung ist das Nötige schon unter *b)* gesagt worden. Derzeit ist eine Stromregelung nur in dem schon angedeuteten Sinne eingebaut, daß bei mehr als vierfachem Grundlaststrom die Erregung selbsttätig auf den der Spannung von 6·6 kV entsprechenden Wert herabgesetzt wird. Ob diese Einrichtung beim Parallellauf mit den weiteren Kraftwerken

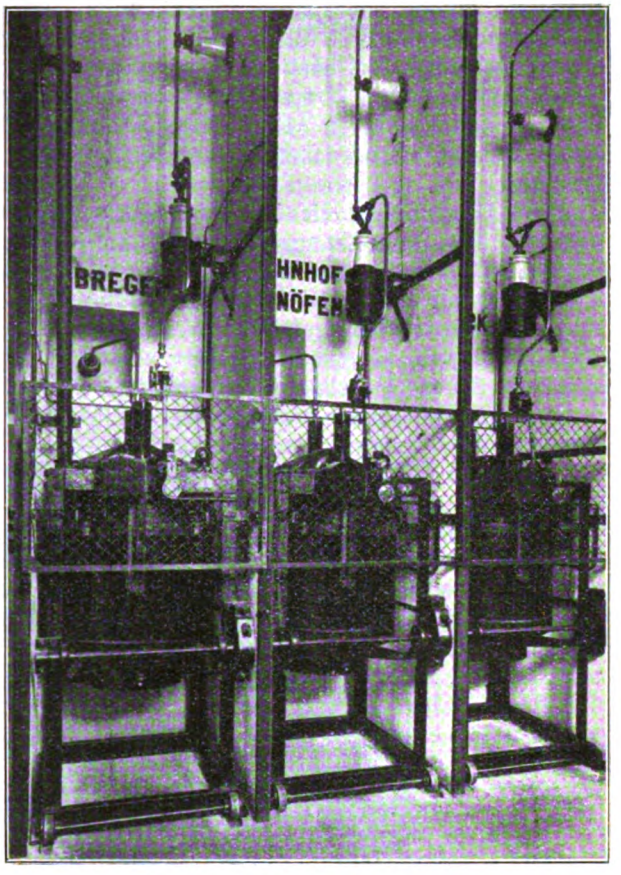


Abb. 64. Druckfeste 15 kV-Fahrleitungsölschalter.

(Achenseewerk, Stubachwerk, Mallnitzwerk) beibehalten oder durch eine normale, auf einen bestimmten Stromwert arbeitende Stromregelung ersetzt werden wird, hängt von künftigen Versuchen ab. Was das Abschalten bei Überstrom betrifft, so sind Relais wie folgt vorhanden:

1. in allen 6 kV- und 15 kV-Kreisen sind Überstromrelais mit begrenzt abhängiger Zeitauslösung;

2. die 15 kV-Relais der Fahrleitungen sind auf Augenblicksschaltung (etwa 0·4 sec) und auf 630 A, beim Stationsabzweig auf 370 A eingestellt; die Augenblicksschaltung ist zum Schutz von allenfalls beeinflußten Schwachstromleitungen in der gleichen Weise vorgesehen, wie dies in Deutschland und Schweden üblich ist;

Digitized by Google

3. in den 55 kV-Kreisen sind durchwegs stromunabhängige Überstromrelais (Stromrelais und Zeitrelais getrennt) verwendet und im Befehlsraum aufgestellt. Bei den Hauptumspannern im besonderen sind überdies Rückstromrelais vorhanden, welche von 450 kW (15 vH der Grundleistung) abwärts bis Null und darüber hinaus bei Rückstrom beliebiger Größe ihre Überstromrelais freigeben, sonst aber sie verriegelt halten. Die Ölschalter können nicht nur von diesen Rückstromapparaten, sondern auch unabhängig davon bei Speisung nach außen durch die 6 kV-Überstromrelais ausgelöst werden. Die Zeitabstufung beträgt: Hauptumspanner unterspannungsseitig 6 sec Anlaufzeit, oberspannungsseitig 3 sec, Sammelschienenkupplung (begrenzt stromabhängig) 3 sec Anlaufzeit, Übertragungsleitungen 4 sec, Unterwerkskupplung 2 sec, Unterwerksumspanner oberspannungsseitig 1 sec (unterspannungsseitig ohne Relais), Fahr- und Verstärkungsleitungen 0·4 sec.

Die Wirkung ist die folgende: Läuft ein Generator allein ohne Umspanner, so ist kein Schutz vorhanden. Bei Kurzschluß vor dem Hauptumspanner, wenn mehrere Sätze laufen oder parallel mit dem Ruetzwerk gefahren wird, öffnet der Rückstrom den Umspannerschalter nach 3 sec, während das 6 kV-Relais des Generators, weil auf 6 sec eingestellt, noch nicht wirkt; nur wenn die Relais auf der Oberspannungsseite versagen sollten, wird der Ölschalter nach 6 sec doch geöffnet; es liegt also eine Reserve vor. Bei Kurzschluß im Hauptumspanner oder an den Sammelschienen wird bei alleinlaufendem Generator sein 6 kV-Relais öffnen; bei Parallellauf aber löst erst der Rückstrom aus. Bei Kurzschluß in einer Übertragungsleitung wirken nur die auf 4 sec eingestellten Leitungsrelais, wogegen die Maschinen nicht abgeschaltet werden. Beim Abstellen einer Turbine läuft der Generator als Synchronmotor weiter; bei zu großer Stromstärke wirkt das Rückstromrelais.

i) Eigenbedarfsschaltanlage.

Die 6 kV-Kreise für die Hausumspanner und den Wechselstrommotor haben druckfeste Einkesselölschalter für 100 000 kVA je Pol, mit Schutzwiderstand und aufgebauten Überstromzeitrelais, der Drehstromkreis hat einen solchen Schalter für 90 000 kVA.

Damit beim Ausbleiben der Wechselspannung der Wechselstromumformer sicher abgeschaltet werde, ist ein besonderes, vom Dickspannungswandler erregtes Relais vorgesehen, das bei Spannungslosigkeit der 6 kV-Schienen den Umformer ausschaltet. Bei diesem Umformer ist auch eine Verriegelung (Spannungsrückgangauslöser) vorhanden, der verhindern soll, daß der Anlaßwiderstand für motorischen Betrieb und der Feldregler für generatorischen Betrieb der Gleichstromseite in unrichtigen Stellungen stehen. Für die Betriebssicherheit des Werkes ist es wichtig, daß die Gleichstromkreise der Ölschaltersteuerung nicht von den Gleichstromschienen, sondern unmittelbar von der Batterie abgezweigt werden, also nicht zufällig abgeschaltet werden können.[14])

Ein Doppelzellenschalter mit 2 Motoren gestattet Spannungsregelung von Hand (Einstellen auf eine beliebige Zelle) oder selbsttätig (bei Spannungsänderungen von mehr als 2 V). Drei Druckknopfschalter hinter Schutzgläsern erlauben im Falle eines Rohrbruches die Steilrohrleitung über ein Gleichstromkabel von 4×1 mm² für 220 V mittels der selbsttätigen Drosselklappen zu schließen. Eine besondere Maschinenkommandoanlage vermittelt 6 verschiedene Befehle aus dem Befehlsraum in den Maschinenraum zu den einzelnen Turbinenständen, nachdem der Maschinensaalwärter vorher durch eine Hupe und numerierte, weithin sichtbare Lampen zu dem betreffenden Maschinensatz gerufen worden ist.

Auf einer besonderen Standschalttafel im Befehlsraum sind die Überwachungseinrichtungen zur Fernmeldung der Öltempera-

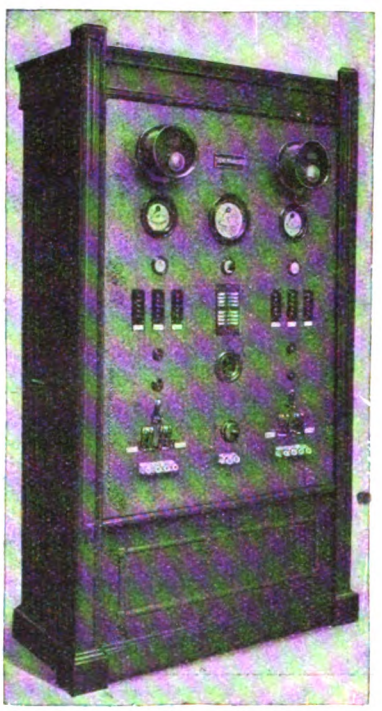


Abb. 65. Gefahrmelde- und Temperaturmeßtafel.

turen, zur Gefahrmeldung bei Überschreitung einer bestimmten Öl- oder Kühlwassertemperatur, endlich für die Fernmeldung der Wasserstände in den Kühlwasserbehältern vereinigt. Die Gefahr-

[14]) Daß man bei der Speisung der Schaltersteuerungen nicht vorsichtig genug sein kann, beweist ein Zwischenfall im Ruetzwerk: Bei einem der sehr seltenen Leitungskurzschlüsse schaltete der Ölschalter trotz guten Funktionierens nicht aus, weil zufällig der Gleichstrom nur an den zwecks Ladens laufenden Umformer angeschlossen war, dieser aber infolge des Kurzschlusses mit Drehzahl und Gleichspannung sehr stark fiel; der Ölschalter konnte noch rechtzeitig von Hand aus gelöst werden. Im Spullerseewerk wiederum entstand einmal eine Störung, indem Stromstöße im Drehstromhilfsnetz schließlich auch die Gleichstromquelle abschalteten; kleine Ursachen können hier große Wirkungen auslösen.

Digitized by Google

melder sind in die Ölkästen der Umspanner und in die Kühlwasserbottiche eingebaut. Abb. 65 zeigt diese Schalttafel, Abb. 66 die Schaltung. 30 Meldeschleifen im Kraftwerk sind hintereinander auf Ruhestrom von 70 mA geschaltet. Zu jeder Meldeschleife von geringem Widerstand ist dauernd ein Schleifenrelais von 1000 Ohm geschaltet, das normal einen sehr schwachen Strom durchläßt.

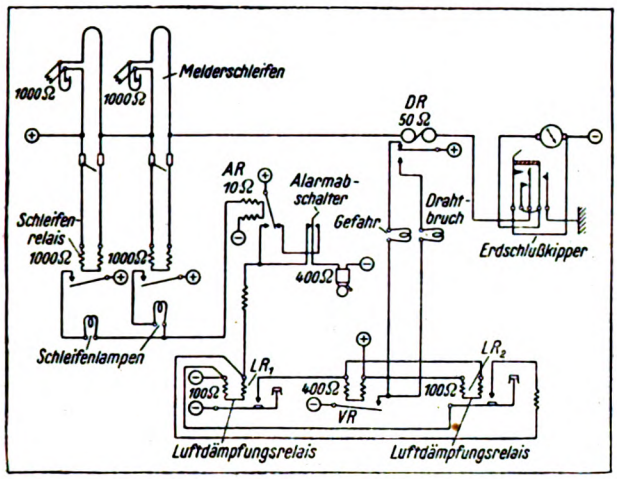


Abb. 66. Schaltung für Gefahrmeldung.

Spricht der Gefahrmelder an, so wird der Widerstand der Meldeschleife auf 1000 Ohm vergrößert, dadurch der Strom im Schleifenrelais gestärkt, wodurch ein Anker angehoben und die Schleifenlampe zum Leuchten gebracht wird; gleichzeitig ertönt ein Alarmwecker und durch besondere Luftdämpfungsrelais wird bewirkt, daß die Signallampe flackernd brennt, damit sie dem Wärter sogleich auffalle. Ein Drahtbruch in der Meldeanlage wird in ähnlicher Weise durch flackernde Drahtbruchlampen angezeigt. Die Isolation der Meldeanlage gegen Erde kann jederzeit überprüft werden. Ähnliche Gefahrsignale werden beim Unterbrechen der Öl- und Wasserumläufe in den Umspannern gegeben; selbstverständlich müssen dank besonderen Hilfskontakten diese Einrichtungen während des betriebsmässigen Abschaltens der Umspanner außer Wirksamkeit gesetzt werden; umgekehrt wird beim Einschalten eines Umspanners mit der Glocke ein Alarm gegeben, damit die Ölpumpe rechtzeitig eingeschaltet werde. Die ganze Überwachungsanlage wird von 2 Batterien für 24 V und für 6 V, mit je einer Wechselbatterie, gespeist.

k) Schalttafeln.

Abb. 67 ist eine Ansicht des Befehlsraumes, der auf einer Grundfläche von 86 m² eine siebenfeldrige Pultschalttafel für die Generatoren und eine vierzehnfeldrige Stehschalttafel für das Unterwerk, die Hauptumspanner und die Übertragungsleitungen, weiters die erwähnte Gefahrmeldetafel und den Telephonzentralumschalter enthält. Die sechsfeldrige Hilfsbetriebetafel steht am Ende des Maschinensaales (Abb. 51, Seite 1015). Im Umformerraum steht eine Dickreglerbühne (Abb. 68), die Erregerumformerschalttafel und eine Hauptverteiltafel für Wechselstrom, Gleichstrom und Drehstrom. Im zweiten Stock ist die

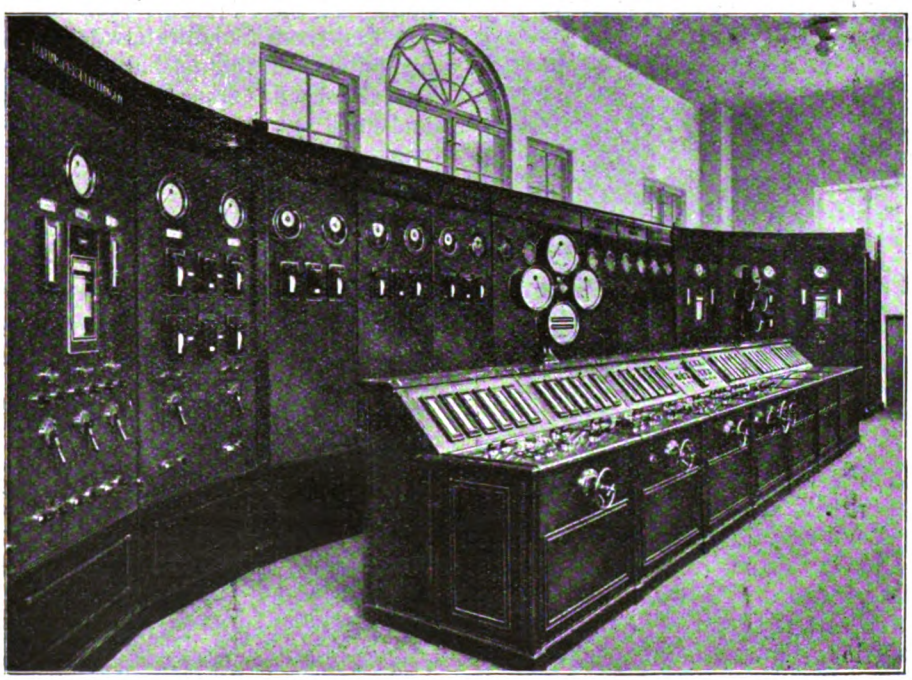


Abb. 67. Befehlsraum.

besondere Schalttafel für die beim Suchen von Fahrleitungsfehlern benötigten Trennschalter aufgestellt. Die Zellenwände im Schalthaus sind aus Zehoplatten hergestellt.

10. Nebenanlagen.

Die Apparatekammer enthält für Zusammenbau und Revisionen an den Rohrbruchklappen einen einfachen Laufkran für 8 t; Hub- und

Digitized by Google

Laufwerk haben Kettenbedienung von unten und für die Übersetzungen Kettenräder.

Der Maschinenhauslaufkran ist ein Viermotorenkran für 60 t, mit zwei elektrisch betriebenen Laufkatzen für je 35 t und einer elektrisch betriebenen Brücke. Spannweite 14·5 m, Hubhöhe 8 m. Für die Hubbewegung mit 2 Stufen (3·5 m/min bis zu 10 t, darüber 1 m/min) dient ein Motor mit 17 PS Stundenleistung, für das Katzenfahrwerk mit 10 m/min je ein Motor mit 6 PS-Stundenleistung, für das Kranfahren mit 30 m/min ein solcher von 16 PS. Bedienung von oben; Senkbremsschaltung. Als Probelast von 66 t wurde ein vollständiger Läufer mit 2 angehängten Polen eines Generators verwendet (siehe Abb. 46, S 996).

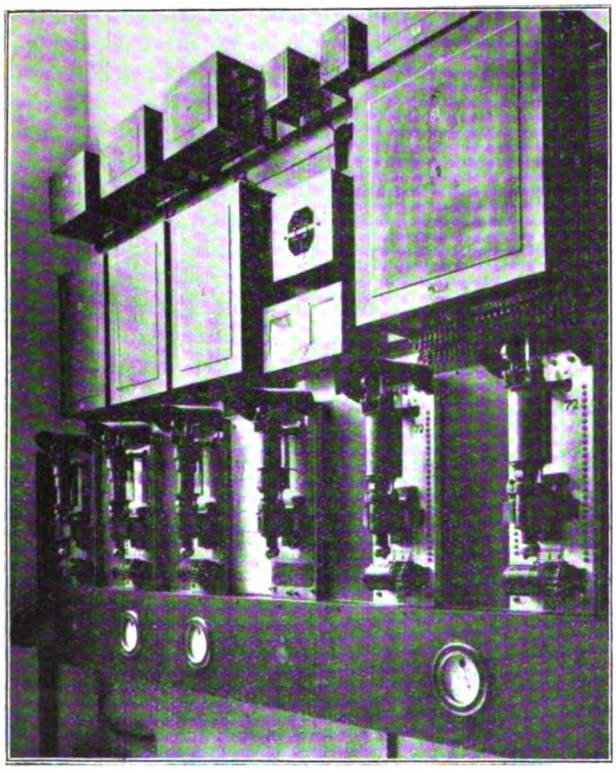


Abb. 68. Dickreglerbühne.

Die Vorgelege der Hubmotoren sind im unbelasteten Zustand umschaltbar. Der Werkstättenlaufkran ist ein Dreimotorenkran für 30 t mit elektrisch betriebener Katze der gleichen Bauart wie im Maschinenhaus. Gesteuert wird vom Führerkorb. Als Probelast von 33 t diente einer der Hauptumspanner mit Zusatzgewicht. Beim Betreten des Führerkorbes tritt selbsttätiges Abschalten der Stromzuleitung ein, die erst vom Führerstand eingeschaltet werden kann.

Im Schalthaus dient eine tragbare Handlaufwinde für 2 t mit Lastdruckbremse dazu, um nach Einsetzen in einen der 6 Bodenschlitze im Ölschalterbedienungsgang das Anheben der darunter befindlichen Kühlschlangen zu ermöglichen (Kühlschlangengewicht ölgefüllt 1·8 t).

Schließlich dienen zur Beförderung von Generatorteilen oder Umspannern in die Werkstätte zwei Transportgleise mit 3 m-Spur und ein zweiachsiger Rollwagen für 35 t und 3 × 3·3 m Plattformgröße, der zwischen den beiden Gleisen durch den Werkstättenkran überhoben werden kann. Sein Eigengewicht ist 4·2 t. Die Förderung geschieht mit max 1·2 t Zugkraft entweder von Hand oder mit Hilfe des Werkstättenkranes mittels eines über eine feste Rolle laufenden Zugseiles. Die Beförderung der 2 t wiegenden Ölschalter geschieht mit Straßenfuhrwerk.

Die Werkstätte enthält eine Schmiede, eine mechanische Werkstätte und einen Montierungsraum und enthält an Werkzeugmaschinen 2 Drehbänke, 1 Bohrmaschine, 1 Hobelmaschine und Hilfsmaschinen, mit elektrischem Antrieb. Die ortsfesten Ölbehandlungsanlagen umfassen: 1 Reinöldoppelbehälter mit 6·6 m³, 1 elektrische Reinölpumpe mit Gleichstrommotor für 2·5 kW, eine Ölfilterpresse System Dehne mit Trockenschrank und einen Abfallölbehälter. Die Öluntersuchung geschieht in der Zugförderungsanlage Innsbruck. Für die Umspanner wird Öl mit einer Verteerungszahl von höchstens 0·15 und einem Stockpunkt nicht über —20° C verwendet.

Die Beleuchtung geschieht durch Drehstrom 220 V mit Vierleiter, im Notfalle selbsttätig umschaltbar auf Gleichstrom von 220 V; die Beheizung geschieht durch Wechselstrom von 220 V (100 kW Anschlußwert), wobei das Schalthaus unbeheizt bleibt, desgleichen der Umformerraum.

Ein vom Schalttafelwärter im Befehlsraum bedienter Zentralumschalter vermittelt den Fernsprechverkehr zum See, innerhalb des Werkes und auch mit der Bahnstrecke, letzteres über zwei unabhängige Linien: die alle Kraft- und Unterwerke und die (mit der zentralen Energieverteilung befaßte) Kraftwerks- und Elektrostreckenleitung verbindende Werkslinie und die auch alle Bahnstationen verbindende Betriebslinie. Bei Fehlern in der Übertragungsleitung geschieht die grobe Eingrenzung auf der Werkslinie, die feinere auf der Betriebslinie. Die Fernsprechstationen im Werk sind durch ein elfadriges Kabel (5 Adern für Wasserstandsfernmeldung) längs der Steilrohrleitung und von da weiter durch 3 bezw. 7 adrige Kabel miteinander verbunden. Zur Wasserstandsfernmeldung dient ein Schwimmerapparat mit Steigrohr im Schieberschacht und ein ebensolcher im Wasserschloß; außerdem ist im Unterkanal ein schreibender Limnigraph und ein integrierender Pegel System Amsler aufgestellt.

Während des Baues wurden als elektrisch betriebene Transportmittel benützt: ein dreischieniger Schrägaufzug von 1340 m Länge und 708 m Höhenunterschied, für 1·5—5 t Einzellasten, mit einem in der Bergstation aufgestellten 45 PS-Drehstrommotor für 4 Geschwindigkeiten zwischen 2·3 und 0·46 m/sec. Der Aufzug beförderte in den Jahren 1921 bis 1926 in 27 000 Einzelfahrten (berg- oder talwärts) 54 120 t Güter (davon 39 000 t bergwärts) und 305 076 Personen. Ferner vermittelte eine Schwebeseilbahn den Verkehr zwischen der Bahnstation

Digitized by Google

Danöfen und der Baustelle Spullers neben der südlichen Sperrmauer, mit einer Länge von 2485 m, einem Höhenunterschied von 736 m und einer größten Spannweite von 800 m. Die obere Antriebstation enthielt einen 34 PS-Drehstrommotor. Die Seilbahn war für eine stündliche Menge von 4 t, bei 200 kg Belastung der Einzelgehänge und 500 kg der Doppelgehänge, berechnet. In den Jahren 1920 bis 1926 beförderte sie in 14217 Betriebsstunden insgesamt 43311 t Güter, hauptsächlich bergwärts.

11. Bauunternehmer und Lieferfirmen.

Es soll hervorgehoben werden, daß mit Ausnahme der geschweißten Steilrohrleitung, die in Österreich nicht hätte erzeugt werden können, sämtliche Lieferungen und Arbeiten für das Spullerseewerk von heimischen Unternehmungen und Lieferern bewerkstelligt wurden, wie die nachfolgende Zusammenstellung beweist:

Bauunternehmung Ziviling. Innerebner & Mayer in Innsbruck	Wasserbauten, Tief- und Hochbauten
Waagner-Biró A. G.	Schwebeseilbahn, Blechauskleidung d. Grundablasses, Einlaufrohr, Stollenrohr, Wasserschloßpanzerung, Kühlschlangenwinde
Armaturen- und Maschinenfabrik Teudloff & Dittrich G. m. b. H.	Absperrvorrichtungen des Grundablasses, mechan. Teil des Einlaufbauwerkes, Absperrvorrichtungen im Stollen, Drosselklappen in der Apparatenkammer
Julius Pintsch	Auslaufrohr, Kühlwasserbehälter
Thyssen & Co. A. G. in Mülheim a. d. Ruhr	Lieferung der Steil- und Verteilrohrleitung
Lokomotivfabrik Krauß & Co. in Linz	Montierung der Steil- und Verteilrohrleitung
Leobersdorfer Maschinenfabriks-A. G. in Leobersdorf	Turbinenschieber, Turbinen
Österr. Siemens-Schuckert-Werke	Gesamte elektrische Starkstromanlage ausschl. der Unterwerksumspanner
Elin A. G. für elektrische Industrie	Unterwerksumspanner
Siemens & Halske A. G.	Schwachstromanlagen
A. Freissler G. m. b. H.	Apparatenkammerkran
Maschinenfabrik Andritz A. G. in Andritz	Maschinenhauslaufkran, Werkstättenlaufkran
J. Pohlig G. m. b. H.	Schrägaufzug
Grazer Waggon- und Maschinenfabriks-A. G. in Graz	Umspannerrollwagen

und eine Reihe von Firmen für die Werkstätteneinrichtungen und die kleineren Ausrüstungen.

Trotz der Neuheit einer ganzen Reihe von Problemen, die beim Bau gelöst werden mußten, kann mit großer Genugtuung festgestellt werden, daß die Lieferungen sämtlicher Firmen den Anforderungen des Bahnbetriebes voll entsprechen und daß in der 2½ jährigen Betriebszeit keinerlei nennenswerte Anstände zutage getreten sind.

Schluß.

Am 23. Mai 1919 begannen die ersten Vorarbeiten, am 1. September 1919 die wirklichen Bauarbeiten; am 22. Mai 1920 wurde der See um 10 m abgesenkt, am 28. April 1922 waren alle Stollenteile durchschlagen. 4 Jahre und 4 Monate nach dem Ablassen des Sees konnte nach Beendigung der Bauarbeiten mit dem Aufstauen am 14. September 1924 begonnen werden. Am 26. Jänner 1925 wurde das Werk probeweise in Betrieb gesetzt und am 29. April 1925 dem Dauerbetrieb übergeben. Die lange Bauzeit erklärt sich zur Genüge aus den allgemeinen Schwierigkeiten der damaligen Verhältnisse, wie aus dem bedeutenden Umfange der Bauten und der großen Meereshöhe der Baustelle.

Das vergrößerte Ruetzwerk und das Spullerseewerk speisen nunmehr die westlich von Innsbruck liegenden Bundesbahnlinien sowie die Mittenwaldbahn über die 4 Gebäudeunterwerke in Zirl, Roppen, Flirsch und Danöfen und das Halbfreiluftunterwerk in Feldkirch, welche die Spannung auf 15 bis 16·5 kV herabsetzen. Diese Unterwerke sollen in den nächsten Aufsätzen beschrieben werden.

Schon seit dem Jahre 1902 hatte die Absicht bestanden, gerade die zur Erprobung der elektrischen Zugförderung hervorragend geeignete Westrampe der Arlbergbahn zu elektrifizieren. Zwischen jener Zeit, wo dem damaligen Eisenbahnministerium von allen österreichischen Elektrizitätsfirmen eingehende Entwürfe für die Arlbergbahn vorgelegt worden waren — Entwürfe, in denen wahlweise Gleichstrom, Drehstrom und Wechselstrom, mit Spannungen von 1000, 3000, 5000 und 15000 V an der Fahrleitung bei Frequenzen von 15 und 25 vorgeschlagen wurden — und der endlichen Verwirklichung des großgedachten Werkes liegt ein Vierteljahrhundert mühevoller und stürmischer Entwicklung, deren Frucht, der elektrische Betrieb der Arlbergbahn, sich als Baudenkmal österreichischer Ingenieurkunst und als eine volkswirtschaftliche Tat ersten Ranges kühn neben die großen Eisenbahnbauten unserer Heimat stellen darf!

Literatur:

Sektionschef Ing. P. Dittes, Direktor für die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen: Über den Fortgang der Arbeiten zur Elektrisierung unserer Staatsbahnen. E. u. M. 1921, Heft 16; Z. Ö. I. A. V. 1921, Heft 15; El. Kraftbetriebe und Bahnen 1921, H. 8, 9, 12.

Der Stand der Arbeiten für die Elektrisierung der Östereichischen Bundesbahnen zu Beginn des Jahres 1922. E. u. M. 1922, Maiheft; Z. Ö. I. A. V. 1922, Heft 23, 24.

Der Stand der Arbeiten für die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen zu Beginn des Jahres 1923. E. u. M. 1923, Heft 15; Z. Ö. I. A. V. 1923, Heft 19, 20.

Über den gegenwärtigen Stand der Vollbahnelektrisierung unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten für die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen bis zu Beginn des Jahres 1924. E. u. M. 1924, Heft 22; Z. Ö. I. A. V. 1924, Heft 21, 22.

Uber den gegenwärtigen Stand der Vollbahnelektrisierung unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten für die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen bis zu Beginn des Jahres 1925. E. u. M. 1925, Heft 21.

Die Elektrisierung der Östereichischen Bundesbahnen. Rückblick und Ausblick. E. u. M. 1926, Heft 20; Z. Ö. I. A. V. 1926, Heft 35, 36.

(Diese Veröffentlichungen enthalten zahlreiche Bilder

Digitized by Google

über den Baufortschritt der wasserbaulichen und hochbaulichen Anlagen.)

Ministerialrat Dr. A. Hruschka: Die Berechnung von Druckrohrleitungen. E. u. M. 1922, Hefte 46, 47.

Die Lastverteilung zwischen parallellaufenden Bahnwasserkraftwerken (Betrachtungen und Erfahrungen). E. u. M. 1926, Heft 2.

Elektrifikation der Österreichischen Bundesbahnen, I. Systemwahl, wirtschaftliche Vorteile, Kraftwerke und Unterwerke. Bericht an die Weltkraftkonferenz, Sondertagung Basel 1926 (Nr. 49 der „Berichterstattung der Basler Sondertagung der Weltkraftkonferenz 1926"); abgedruckt auch in der Wasserwirtschaft 1926, Heft 20.

Verbundwirtschaft und Betriebserfahrungen in den Bahnkraftwerken des westlichen österr. Bundesbahnnetzes. Wasserkraft-Jahrbuch 1927/28, Verlag Richard Pflaum, München (im Druck).

Ministerialrat Dr. A. Hruschka und Ministerialrat Ing. K. Schnürer: Kraftwerke und Unterwerke, Sondernummer Österreich des Organs für Fortschritte des Eisenbahnwesens, Dezember 1927.

Ministerialrat Dr. A. Hruschka und Oberbaurat Ing. F. Schweitzer: Das Spullerseekraftwerk der Österreichischen Bundesbahnen. Z. Ö. I. A. V. 1925, Heft 29/30.

Oberbergrat Dr. Ampferer und Baurat Ing. A. Ascher: Über geologisch-technische Erfahrungen beim Bau des Spullerseewerkes.

Oberbaurat Ing. R. Geilhofer: Das Spullerseekraftwerk. Schriften des Vereines für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung, Konstanz, 1925, Heft 53 (als Sonderabdruck erschienen).

Ing. F. Kuhn: Beitrag zum Wasserschloßproblem. Z. f. ges. Turbinenwesen 1920, Heft 34.

Oberingenieur Dr. R. Löwy: Die Turbinen des Kraftwerkes Spullersee. Die Wasserkraft 1926, Heft 14/15.

Österr. Siemens-Schuckert-Werke: Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. Druckschrift Nr. 3090 W. 1925 (siehe auch Siemens-Zeitschrift 1925, Heft 8).

Ing. K. Leopoldsberger: Gefahrmeldeanlagen des Spullerseewerkes. Siemens-Zeitschrift 1925, Heft 10 (Auszug in ETZ 1926, S. 677).

Prof. Ing. Findeis: Der Schrägaufzug für das Spullerseewerk. Z. Ö. I. A. V. 1922, Heft 31/32.

Ing. Kamillo Flat: Drahtseilbahnen neuester Zeit. Z. Ö. V. I. A. V. 1921, Heft 17 (Kraftwerke Mixnitz und Spullersee).

Außerdem eine Reihe von Gutachten über den an Stelle einer Druckrohrleitung ursprünglich ins Auge gefaßten, aber nicht ausgeführten Druckstollen.

Internationaler Straßen- und Kleinbahnkongreß in Kopenhagen.

Der Internationale Straßen- und Kleinbahnverein hielt seine diesjährige, vierte Tagung unter dem Vorsitze seines Präsidenten Dir. Ing. Spängler, Wien, Ende Juni in Kopenhagen ab. Aus der großen Zahl von Vorträgen sei im Nachstehenden auf einige derselben in Kurzem eingegangen.

Dem Kongreß lag zum ersten Male die von Herrn Dr. Artur Ertel, Wien, bearbeitete „Internationale Betriebsstatistik elektrischer Bahnen" für die Jahre 1924 und 1925 vor: Diese entstammt einer von Herrn Direktor Norregaard, Kopenhagen, auf dem Kongreß des Jahres 1924 vorgebrachten Anregung und baut sich auf dem von dem inzwischen Verstorbenen ausgearbeiteten Entwurf auf. Sie umfaßt nebst Angaben über Einwohnerzahl, gefahrene Wagen-km und verkaufte Fahrscheine. Angaben über Bruttoeinnahmen, Geschwindigkeit und Energieverbrauch auf 1 Rechnungs-km. Neben dem eigentlichen Straßen- und Überlandverkehr wird auch der von den gleichen Unternehmungen betriebene Omnibusverkehr behandelt. Es lagen die Mitteilungen von 131 Betrieben vor.

Ein Bild über den Inhalt geht aus den nachstehenden Tabellen hervor, welche den Angaben der Wiener Straßenbahn entnommen sind. Sie enthalten allerdings keinen Hinweis darauf, ob die Stadtbahn bezw. die seit Oktober 1925 im Betrieb gestandene Linie 18 G einbezogen ist, wodurch das Ergebnis der Straßenbahn sicherlich beeinflußt wurde.

Tabelle I.

	Einwohnerzahl des Einflußgebietes	Betriebslänge km		1000 Gefahrene Wagenkm[1])		1000 Verkaufte Fahrscheine	
		Straßenbahn	Omnibus	Straßenbahn	Omnibus	Straßenbahn	Omnibus
1924	1 871 820	283·98	27·33	124 287	592	448 532	3 686
1925	1 873 609	309·66	25·66	141 006	843	472 912	8 285

Tabelle II.

	Betriebs-Einnahmen Mill. S		Zahl der beförderten Mill. Fahrgäste		Auf den Einwohner entfallen			
	Straßenbahn	Omnibus	Straßenbahn	Omnibus	Straßenb.-Wagenkm[1])	Omn.-km	Fahrgeld Einn. S	Anzahl der jährl. Fahrten
1924	79·25	0·78	1016·4	3·84	66·4	0·32	42·34	543
1925	101·06	1·28	1074·7	8·57	75·3	0·45	53·94	574

Tabelle III.

	Auf 1 km Betriebslänge entfallen				Einnahmen auf den Wagenkm in S		Fahrgäste auf den Wagenkm		Einn. auf d. Fahrgast Groschen	
	Wagenkm		Fahrgeldeinn. im Ganzen in S	1000 Fahrgäste im Ganzen						
	Straßenb.	Omnibus			Straßenb.	Omnibus	Straßenb.	Omnibus	Straßenb.	Omnibus
1924	437 659	21 677	257 071	3·277	—·638	1·32	8·18	6·49	7·80	20·29
1925	455 355	32 849	305 204	2·231	—·717	1·52	7·62	10·17	9·40	14·90

[1]) Trieb- und Beiwagenkm.

Digitized by Google

Tabelle IV.

	Wagenzahl			Durchschnittliche Platzzahl		Durchschnittliche Reisegeschwindigkeit		Durchschn. Verbrauch Wh/Rechnungskm
	Trieb-	Anhänger-	Omnibus	Straßenbahn	Omnibus	Straßenbahn	Omnibus	
1924	1455	1849	20	41·7	30	12·75	12·77	710
1925	1583	1982	30	45·6	40	12·75	12·77	706

Von den gehaltenen Vorträgen schließen sich eine Reihe mehr oder weniger an diese Statistik an. Dr. Ing. Wilhelm Mattersdorf, Hamburg, sprach über „Grundlagen der Betriebsstatistik"; er schilderte die Internationale Statistik als eine Beschreibung der einzelnen Betriebe, welche sich mit der Zeit zu einer Geschichte der Betriebe herausbilden kann. Im Gegensatz zu dieser soll die eigentliche Betriebsstatistik dem Betriebsleiter durch fortlaufende Bestimmung wichtiger Koeffizienten einen raschen Überblick über die innere Arbeitsweise geben. Hiefür hat der Verein Deutscher Straßenbahnen ein Schema ausgearbeitet, das sich in seiner Einteilung dem Internationalen Buchungsschema anschließt. Der weitere Ausbau, und zwar die Aufstellung eines Stundenplans für den Betriebsleiter, die von Merkblättern für bestimmte Maßnahmen und schließlich die Auswertung von gewissen Mittel- und Grenzwerten stellte Arbeiten dar, deren Umfang noch nicht geleistet werden konnte. Das Schema selbst erwies sich für kleinere Betriebe als zu umfangreich, doch kann es von jedem Unternehmen nach Bedarf vereinfacht werden. Der Vortragende sieht den Wert und den Vorteil der Statistik nicht in der Menge der errechneten Zahlen, sondern in der Intensität ihrer Verarbeitung.

Ing. A. Winter, Wien: „Jährliche wagenkilometrische Leistung des Fahrpersonals". Der Bericht untersucht an Hand von Angaben von 132 Betrieben den Zusammenhang der Reisegeschwindigkeit mit der Anzahl der von einem Mann im Jahr gefahrenen km, die im allgemeinen mit der Reisegeschwindigkeit wächst und mit der Anzahl der dienstfreien und Urlaubstage abnimmt.

Ing. E. Bicskei, Ing. M. Menzer und Ing. Fischer von Tóváros, Budapest: „Ersparnisse im Lokalbahnbetrieb".

Lokalbahnen haben nicht wie die Vollbahnen dem Allgemeininteresse zu dienen, sollen somit rein als Erwerbsunternehmen angesehen und entsprechend geführt werden. Die Ersparnispolitik der Lokalbahnen hat schon bei der Projektierung einzusetzen, indem der Umfang des Unternehmens den mit Erfolg ausnutzbaren Verhältnissen angepaßt sein soll. Die Wahl der Schmalspur — von 6103 km Lokalbahngleis sind 2759 km schmalspurig meistens mit Meterspur gebaut — ist eine dieser Maßnahmen, die sich nicht nur in geringem Betriebskapital sondern besonders in niedrigen Erhaltungskosten des Oberbaues auswirkt. Um die Ausgaben des Betriebes richtig beobachten zu können wird auch hier die Statistik als bestes Mittel anempfohlen, und zwar nicht nur das Führen der eigenen, sondern das vergleichende Studium der Ergebnisse anderer Betriebe.

Dr. Ing. F. Lademann, Berlin: „Erzielbare mittlere Reisegeschwindigkeiten bei Straßen- und Überlandbahnen".

In dem Wettbewerb verschiedener Verkehrsmittel einer Stadt spielt die Reisegeschwindigkeit eine große Rolle. Die Möglichkeit, sie zu erhöhen, liegt in einer Reihe von Umständen, die zum Teil im Betrieb selbst, zum Teil in den sonstigen Verkehrsverhältnissen liegen. Zu den ersteren zählen: die Wahl der günstigsten Linienführung mit Vermeidung von Verkehrsknoten, die Anlage der Gleise auf eigenem Bahnkörper möglichst in Mitte der Straße, Begrenzung der Zahl von Haltestellen und deren Verteilung. Die Verlegung der Haltestellen von den Straßenkreuzungen vor diese hat in Berlin sehr günstig gewirkt. Ferner die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit, eventuell der Fahrdrahtspannung, Errechnung des besten Zugsabstandes, Wahl der günstigsten Zugseinheit und Wagenform, Erhöhung der Beschleunigung und Verzögerung und Erziehung von Personal und Publikum. Die verkehrstechnischen Maßnahmen bestehen besonders in der Anpassung der polizeilichen Verkehrsregelung an den Straßenbahnverkehr. In der Potsdamer und Leipziger Straße verursachte die synchrone Verkehrsregelung aller Parallelstraßen eine Herabsetzung der Reisegeschwindigkeit um 30 vH. Man ging zu einer auf 20 km/h Fahrgeschwindigkeit angepaßten wellenförmigen Regelung über, und die Straßenbahn-Fahrzeit wurde trotz allgemeiner Verkehrssteigerung wieder normal.

K. Rhode, Kopenhagen: „Die Entwicklung des Wagenparks und der Hauptwerkstätte der Kopenhagener Straßenbahn".

Als eine der ersten Städte baute Kopenhagen im Jahre 1865 die erste Pferdebahnlinie; 1903 wurde diese und andere Linien auf elektrischen Betrieb umgebaut. Die erste elektrische Linie hatte Akkumulatorenbetrieb und zwei 12 PS Motoren mit Folgepolen und handgewickelten Ankern eingebaut. Die vielen Störungen führten zu vorläufigen Umbauten. Da man nur 1·85 m Radstand für angängig hielt und die Wagen daher sehr kurz waren, griff man wieder zu der beliebten Form mit Oberdeck. Die Wagen wurden von Siemens & Halske und von der Union Elektrizitätsgesellschaft eingerichtet und erhielten elektrische Bremse. Auch die Schiemannsche Schienenbremse wurde versucht. Die alten Pferdebahnwagen wurden auf Beiwagen umgebaut und erhielten Solenoidbremsen. Nach der Übernahme der Straßenbahn durch die Stadt wurde der Akkumulatorbetrieb als unwirtschaftlich verlassen, wieder die einfache Oberleitung für Rolle eingeführt und der Fahrpark durch Triebwagen mit stärkeren Motoren und größerem Radstand ergänzt. Nach dem Kriege ist der stark abgenutzte Wagenpark einem gründlichen Umbau unterzogen worden, die 12 PS Motoren wurden durch neue ersetzt und die alten D 14/20 und GE 52 Motoren nach eigenen Entwürfen mit Wendepolen und Kugellagern bezw. Rollenlagern versehen und im Feld neu mit Vierkantdraht gewickelt. Dadurch konnte deren Leistung von 15 PS bezw. 19 PS auf 35 PS gebracht werden und konnte Feldschwächung verwendet werden. Vor zwei Jahren wurde bei 240 Triebwagen eine Verstärkung der Tragkonstruktion und Vergrößerung der Plattform beschlossen; der Umbau dauert noch an. Hand in Hand damit gehen Versuche mit Wagen neuer Bauart, mit verschiedenen Bremsen, wie die elektrisch pneumatische Ölbremse System Piper, Schienen- und Getriebebremsen; schnellaufende Motoren werden eingebaut und mechanische Sandstreuer und elektrische Frischstromheizung eingeführt. Eine gründliche Umgestaltung erhielt die Hauptwerkstätte, in der sich auch neben der technischen Betriebsleitung das Lager und Uniformdepot befindet; sie liegt neben einer Remise für 110 Wagen. Auf einem Grundstück von 15 000 m², das durch eine Schiebebühne geteilt wird, liegen nunmehr die als Hallenbau in Eisenbeton aufgeführten Gebäude. Auf der einen Seite liegt der Raum für Demontage und Montage der Wagen, die Bearbeitungs-Werkstätten und die Wagenbauanstalt; auf der anderen die Abstellhalle, das Verwaltungsgebäude und die Lackiererei. Die ganze Anlage wurde 1924 fertig; der Kostenaufwand betrug 4·8 Mill. S.

Ir. W. J. Burgesdijk, Haarlem, und Ir. A. W. van Berkel, Rotterdam: „Eiserne Personenwagen für Lokal- (Überland-) und Straßenbahnen".

Digitized by Google

Die rasche Verbreitung eiserner Wagen auf den Hauptbahnen hat ihren Grund hauptsächlich in der erhöhten Sicherheit gegen Feuer und Zertrümmerung bei Unfällen sowie in konstruktiven Vorteilen. Da diese Gründe bei Lokal- und Straßenbahnen weniger ins Gewicht fallen, eiserne Wagen sich jedoch trotzdem in steigendem Maße einführen, haben die Berichterstatter die Ursachen hiefür aus der Bearbeitung einer Rundfrage zu bestimmen gesucht. Es ergab sich, daß von 26 027 in Betracht gezogenen Trieb- und Anhängewagen 524 verschiedener Bauarten 487 Stück mit 37 Bauarten als Eisenwagen zu bezeichnen waren, das heißt sie hatten Säulen, Dachspriegel und äußere Bekleidung aus Stahl, Kopfwandsäulen, äußere Dachverschalung und innere Verkleidung aus Stahl oder Holz. Die übrigen Wagen werden als semi- eiserne bezeichnet. Der Vergleich beider Bauarten ergab pro 1 m² Kastengrundfläche bei eisernen Triebwagen für mehr als 40 km/h bei 11 Bauarten ein Mehrgewicht von 15 vH und bei 13 Bauarten für geringere Fahrgeschwindigkeit ein Mindergewicht von 7 vH gegenüber semi-eisernen Wagen. Anhängewagen sind durchwegs schwerer. Als Gründe für die Wahl eiserner Wagen wurden meistens geringere Unterhaltung und Gefahr und geringeres Gewicht angegeben. Der Umfang der Beschädigung eiserner Wagen und damit die Gefährdung der Fahrgäste wird geringer erachtet. Das Geräusch soll größer als in Holzwagen sein. Alles in allem treten die Berichterstatter für eine steigende Verwendung eiserner Wagen ein.

Dr. Ing. Ladislaus Benke, Steyrtalbahn: „Kraftwagen und Lokal- (Überland-) Bahn".

Die Entstehungsursache dieses für Lokalbahnen immer stärker fühlbar werdenden Wettbewerbes liegt einerseits in dem Rückgang der Leistungsfähigkeit der Bahnen und dem Aufschwung des Kraftfahrwesens durch den Krieg sowie in der dem Kraftverkehr eigentümlichen Freizügigkeit in der Wahl der Strecke und des Fahrplanes, der Möglichkeit der Verfrachtung von Haus zu Haus ohne Umladung und der geringeren Belastung durch Vorschriften der Sicherheit, der Tarifbildung und der Besteuerung. Weiters ist die Bahn durch die Erhaltung der Strecke voll belastet, während der Kraftwagen nur geringe Beiträge zur Straßenerhaltung zu leisten hat. Soweit der Ausgleich der Betriebsverhältnisse rechtlicher Natur ist, kann er nur langsam erfolgen. Einstweilen kann sich die Bahn nur durch Verbesserung des Verkehres behaupten. Als solche kommt für den Personenverkehr hauptsächlich die Einführung von Triebwagen an Stelle der vielfach vorkommenden gemischten Züge, und für den Güterverkehr eine Tarifbildung in Betracht, die, wie es die Kraftwagen tun, nicht nach der Eigenschaft des Gutes unterscheidet. Der Bahntarif ist natürlich immer so zu erstellen, daß mindestens die durch die Beförderung entstehenden Kosten gedeckt sind. In vielen Ländern, wie Amerika, Deutschland und der Schweiz, hat ein Zusammengehen beider Verkehrsarten in Form von Zubringerdienst und Nachtdienst für Personenverkehr beiden Teilen Vorteile gebracht. Allgemein kann behauptet werden, daß es nicht möglich ist, eine Lokalbahn mit auch nur einigermaßen starkem Verkehr restlos durch Kraftwagen zu ersetzen.

Ing. Konrad Sieber, Nürnberg, über „Autobus und Straßenbahn im Verkehrsgebiet von Großstädten".

Der Vortrag ist die Bearbeitung eines Fragebogens, der aus 45 Großstädten, darunter 30 mit beiden Verkehrsmitteln beantwortet wurde. Allgemein wird der Autobus als Fahrzeug für Gegenden schwachen Verkehrs angesehen, wo mit einer geringen Anzahl von Wagen ein großes Gebiet versorgt wird. Da die meisten Autobusbetriebe jüngeren Datums sind, herrscht über deren Rentabilität meistens noch Unklarheit. Soweit Zahlen vorliegen überwiegen Verluste. Die Angaben über Betriebsausgaben sind nicht einheitlich. Sie schwanken bei Straßenbahnen zwischen 45 und 102 Pf. und beim Autobus zwischen 34 und 132 Pf. je Rechnungs-km. Der Durchschnitt liegt für den Autobus höher. In hohem Maße werden die Ausgaben von der Jahresleistung beeinflußt. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß in den verschiedenen Ländern je Arbeitsstunde 65 bis 238 Pf. Lohn gezahlt wird. Sicher ist, daß die Betriebsausgaben beim Autobus für Betriebsstoff, Öl und Bereifung immer größer als die entsprechenden bei der Straßenbahn sind. Hinsichtlich Besteuerung und Straßenbenutzungsabgaben ist der Autobus sehr bevorzugt. Der Kapitalsdienst der Straßenbahn ist wegen der Gleise höher, wogegen der Autobus mit Bezug auf Abschreibung schlechter daran ist. Es ist klar, daß sich die Gleisanlage erst von einer bestimmten Verkehrsdichte an bezahlt macht. Bei der Entscheidung ob Straßenbahn oder Autobus einzurichten ist, muß bedacht werden, daß eine gewisse Verkehrsstärke rascher den Autobus als den wesentlich größeren Straßenbahnwagen füllt. Die Tarife werden sehr verschieden erstellt. Im allgemeinen ist der Autobus teurer. Bezüglich der erlaubten Höchstgeschwindigkeit sind meisten die modernen Vorschriften für den Autobus weitgehender. Es zeigte sich übrigens, daß bei vielen Straßenbahnen die zugelassene Höchstgeschwindigkeit gar nicht erreicht wird, da die Motoren zu schwach sind. Die Reisegeschwindigkeit der Straßenbahnen schwankt zwischen 12·0 und 17·24 km/h, die der Autobusse zwischen 10·8 und 25 km/h. Im reinen Großstadtverkehr sind diese Zahlen noch niedriger. Während früher die Ansicht vorherrschte, daß die Wirtschaftlichkeit eines Straßenbahnwagens mit der Größe wächst, wird jetzt immer mehr erkannt, daß größere Wagen länger zum Füllen und Entleeren brauchen, somit eine geringere Reisegeschwindigkeit haben müssen und daß das Gewicht für 1 m Baulänge über 11 m rasch ansteigt. Gegenüber allzugroßen Wagen war der kleine Autobus sehr im Vorteil, so daß man zum Beispiel in Amerika zur kleinen Einmannbauart kam. Eine graphische Untersuchung über Wagengröße und Ausgaben sowie Einnahmen zeigt, daß bei steigender Platzzahl im Wagen die Ausgaben je Platz-km erst rasch fallen um dann langsam wieder zu steigen und die Einnahmen fast geradlinig fallen. Der Höchstwert des Reingewinnes wird bei kleinerer Platzzahl als der Kleinstwert der Ausgaben erreicht. Beim Autobus liegen die Verhältnisse gleich. Während aber der Straßenbahnwagen von 9 m bis 11 m bevorzugt wird, herschen über die günstigste Größe von Autobussen noch sehr verschiedene Ansichten. Durchaus überlegen ist die Straßenbahn, wenn es sich um plötzliche Verkehrsspitzen handelt. Wenn zum Beispiel aus Wien eine Beförderung von 30 000 Personen in einer Stunde und Richtung gemeldet wird, so ließe sich diese Menge nur mit 2 bis 3 Reihen Autobussen befördern. Die Höchstleistung von Autobussen wurde mit 1000 Personen gemeldet. Ein Bericht gibt für New York 5680 Personen an. Der Wettbewerb zwischen beiden Betriebsarten wird am besten so geführt, daß jede den Wünschen des Publikums entgegenzukommen strebt. Das kann auch geschehen, wenn beide Betriebe in einer Hand vereinigt sind.

Regierungsbaurat Karl Wehrspan, Hafendirektor in Wanne-Eickel, berichtet über: „Kohlenverladung am Rhein-Herne-Kanal".

Mit dem Steigen der zu verladenden Menge kam man von der Handverladung über den Greiferkran zunächst zur Kipperanlage, die jedoch noch folgende Nachteile hat. Nebst teuren Anlagen mit hohen Erhaltungskosten wird der Wert der Kohle durch das Kippen vermindert und müssen die Kähne herangeholt werden, was große Wasserflächen bedingt. Eine wichtige Neuerung stellte die Verwendung von Kübeln dar, die beladen auf eigene Transportwagen gesetzt und mittels Kran in den Kahn abgesetzt werden. Solche Einrichtungen schonen die Kohle, erfordern kein Verholen der Kähne und sind billig in Bau und Betrieb. Da man mit Drehkranen Lagerplätze nicht beschicken kann, ging man auf Kipper-Katzenbrücken nach Art der Portalkrane über. In Verbindung mit einer Greiferkatze sind sie für jede andere Art der Verladung, also auch für Kübelbetrieb geeignet. Die Leistung ist groß, Anlage und Betrieb jedoch teuer und leidet die Kohle. Die Kübel-

Digitized by Google

verladung ist entschieden am billigsten, erfordert dafür einen eigenen Wagenpark. Die neue Bauart dieser Wagen für 50 t besteht aus zwei kurzgekuppelten, zweiachsigen Wagengestellen, auf welche je drei Kübel gestellt werden. Aus zwei dreiachsigen Wagen wird eine 72 t Einheit hergestellt. Die genieteten oder geschweißten rechteckigen Kübel haben den Querschnitt eines Schiffsrumpfes und schräge Bodenfläche, so daß die Fuge durch das Eigengewicht dicht gehalten wird. Die Kübel, welche auch für andere Stoffe hergestellt werden, können auch auf Straßenbahnwagen oder Autos abgesetzt werden. Der Kübelwagen wird mit dem Großraumwagen sicher in Wettbewerb treten, der für den Schiffsumschlag noch nicht gelöste Schwierigkeiten bietet.

In der Hauptversammlung wurde auf Grund von Vorbesprechungen der Beschluß gefaßt, den Internationalen Straßen- und Kleinbahn-Verein in Wien aufzulösen und mit der „Union International de Tramways, de Chemin de fer d'Intérêt local et de Transports Publics Automobiles" in Brüssel zu vereinigen. Die am 20. Oktober d. J. abgehaltene Generalversammlung der Union hat den Beschluß der Statutenabänderung und der Wiederherstellung der Union, wie sie vor dem Kriege bestanden hat, einstimmig angenommen und sechs Vertreter von Deutschland, Österreich und Ungarn in das Internationale Komitee aufgenommen. Der nächste, in Rom tagende internationale Kongreß wird demnach wieder alle Mitglieder vereinigen. Wl.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Anlagen.

Das Holtwoodwerk im Parallelbetrieb mit Wasserkraftanlagen. F. A. Allner, Das Holtwoodwerk der Pennsylvania Water & Power Co., wurde als Dampfkraftwerk in der unmittelbaren Nähe eines 110 000 kW Niederdruckwasserkraftwerkes erbaut; es ist derzeit mit zwei Einheiten zu je 10 000 kW im Betrieb und auf 120 000 kW erweiterungsfähig. Es wird mit Dampf von 24 atü und 290° C betrieben. Die drei B. & W.-Kessel mit je 1306 m² Heizfläche haben Kohlenstaubfeuerung und sind weder mit Ekonomisern, noch mit Luftvorwärmern versehen. Die beiden neunstufigen Turbinen sind mit 13 200 V, 60 Per/s Drehstromgeneratoren gekuppelt und machen 1800 U/min. Das Werk kam 1925 in Betrieb. So lange das Wasserkraftwerk Überschuß an Wasser hat, deckt es die Grundlast und das Dampfkraftwerk läuft fast leer mit, um die Belastungsspitzen auszugleichen. Bei ungenügendem Wasserzufluß übernimmt dagegen das Dampfkraftwerk zum Teil die Grundlast und das Wasserkraftwerk die Spitzen. Am Ende der Woche wird der Stausee abgesenkt, damit die während der geringen Last am Samstag und Sonntag nicht ausnützbaren Wassermengen für die kommende Woche angestaut werden können. Beim Entwurf des Dampfkraftwerkes wurde besonders auf größte Betriebssicherheit, schnelles Anfahren der Turbinen und Betriebsmöglichkeit bei vollkommenem Leerlauf geachtet. Um die Empfindlichkeit der Turbinenregler während des Betriebes verstellen zu können, wurden besondere Reglerbauarten verwendet. Mit diesen ist es möglich, während der Zeit, in welcher das Dampfkraftwerk die Grundlast aufnimmt, die Dampfturbinenregler weniger empfindlich als die Wasserturbinenregler einzustellen, so daß bei Frequenzschwankungen zuerst die Wasserturbinenregler ansprechen. Hat dagegen das Wasserkraftwerk die Grundlast, so ist es umgekehrt. Falls die Turbinen leer laufen, ja sogar mit Rückstrom in Betrieb sein sollten, wird mittels einer Umgehung des Hauptsteuerventils Dampf zur Kühlung der Turbine zugeführt. Diese Kühldampfmenge, die durch eine Stauscheibe von 19 mm Durchmesser begrenzt wird, genügt auch, um die Maschine bei erregtem Generator mit etwas über der synchronen Drehzahl in Betrieb zu halten. Während die Wasserturbinen innerhalb einer Zeit von etwa 20 sec angefahren und an das Netz geschaltet sein können, benötigt man bei den Dampfturbinen im Normalfall etwa 25 min. Um von der Kohlensorte unabhängig zu sein und um die Stillstandsverluste der Kessel möglichst gering zu halten, wurde Staubfeuerung gewählt. Während kurzer Zeit wurde reiner Anthrazit verfeuert, aber da die Erhaltungskosten dabei sehr hoch waren, ist man wieder auf ein Gemisch minderwertiger Kohlen übergegangen, die zum Teil an Ort und Stelle gefördert werden. Die Schaltanlage des Dampfkraftwerkes ist ebenso wie die Schalttafel in den entsprechenden Räumen des Wasserkraftwerkes untergebracht. Stip.

(Journal A. I. E. E. Bd. 66, Nr. 6, Ende Juni 1927.)

Die Hilfsmaschinenantriebe im Richmondwerk. J. W. Anderson und A. C. Monteith. In dem zur Stromversorgung von Philadelphia dienenden Werk[1]), dessen Vollausbau auf 720 000 kW in drei gleichen Anlagen beabsichtigt ist, werden die Hilfsmaschinen zumeist elektrisch angetrieben, wofür fünf Stromkreise vorgesehen sind: Die Motoren für die Kesselgebläse und die großen, weniger wichtigen Antriebe, wie Feuer- und Wasserpumpen, werden mit 2300 V, 60 Per/s Drehstrom gespeist, der über drei 3750 kVA-Transformatoren den Hauptsammelschienen entnommen wird. Die wichtigsten Hilfsantriebe, das sind die für die Pumpen der Kondensationsanlage und die Kesselspeisepumpen sowie die Ventilatoren der Stromerzeuger (alle diese Maschinen sind für jeden Hauptmaschinensatz doppelt vorhanden), werden ebenfalls mit 2300 V, 60 Per/s Drehstrom gespeist, welchen für jede Hauptmaschinengruppe ein unmittelbar mit dem zugehörigen 60 000 kW Stromerzeuger verbundener 2500 kVA Transformator liefert. Außerdem ist aber ein 2000 kW, 2300 V Hilfsmaschinensatz vorhanden, der beim Anlassen der Hauptmaschinen in Tätigkeit tritt und als Reserve dient. Schließlich sind die 2300 V-Schienen des beschriebenen Systems mit dem vorher angeführten 2300 V-Stromkreis verbunden, womit wohl die größte Sicherheit gegeben ist, daß die Kondensationsantriebe usw. unter allen Umständen aufrecht erhalten werden können. Für die kleinen Hilfsmaschinenantriebe und für die Beleuchtung dient 230/115 V. 60 Per/s Zweiphasenstrom, der über zwei 1000 kVA-Transformatoren den 2300 V-Schienen entnommen wird. 250 V Gleichstrom für die Rostmotoren und die Reserveerregung sowie die Aushilfsbeleuchtung liefern drei 200 kW Motorgeneratoren und eine Batterie von 156 Zellen, außerdem sind noch zwei Batterien von je 120 Zellen vorhanden, die zusammen mit zwei 20 kW-Motorgeneratoren verschiedene kleine Antriebe, Anzeigelampen usw. mit Strom versorgen. Die beiden Gleichstromnetze können erforderlichenfalls wechselweise von den Stromquellen des anderen Netzes gespeist werden. Um vom elektrischen Strom aber ganz unabhängig zu sein, sind noch je Hauptmaschinensatz außer einem Dampfstrahlluftejektor folgende Hilfsmaschinen mit Dampfantrieb vorhanden: eine bei Versagen der elektrischen Pumpe selbsttätig angehende Kesselspeisepumpe, eine Rohwasser- und eine Feuerpumpe sowie eine Pumpe für den Kondensatsammelbehälter. Die großen Drehstrommotoren von 50 bis 550 PS werden mittels Druckknöpfen oder Schaltwalzen angelassen und sind zum überwiegenden Teile mit selbsttätigen Wiedereinschaltern ausgerüstet. Mit den Hilfsstromerzeugern und den Motoren sind zahlreiche Anlaßversuche vorgenommen worden, wobei die verschiedenen im Betrieb vorkommenden Möglichkeiten erprobt wurden. Bei allen diesen Versuchen dauerte es nur zwischen ½ und 2 s, bis die volle Drehzahl erreicht wurde und die Maschinen ihre Aufgabe übernehmen konnten. —k.

(El. World, Bd. 90, Nr. 5, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 751.

Digitized by Google

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die neuere Entwicklung der Oerlikon-Dampfturbine. Von J. Karrer. Wenngleich die Maschinenfabrik Oerlikon an ihren Turbinen seit der Aufnahme des Baues keine grundlegenden Änderungen vorgenommen hat und auch jetzt noch nur reine Druckturbinen baut, die in der Regel im Hochdruckteil teilweise, im Niederdruckteil voll beaufschlagt sind, so sind doch die neueren Ausführungen von den früher gebauten in vielen Einzelheiten verschieden, abgesehen von dem ganz bedeutend höheren thermodynamischen Wirkungsgrade. Die Stufenzahl ist für normale Dampfverhältnisse (Drücke bis gegen 20 atü) bei den mit 3000 U/min laufenden Maschinen von 10 bis 13 auf 12 bis 16 erhöht worden. Bei Dampfdrücken von über 25 atü werden die Turbinen mittlerer Leistung zweigehäusig gebaut, bei den Turbinen von 12 000 kW und darüber wird der Dampfstrom in den letzten Stufen in zwei oder drei Teile zerlegt, die Turbinen werden je nach dem Anfangsdruck zwei- oder dreigehäusig gebaut. Bei mittleren und großen Einheiten werden von jeher im Hochdruckteil nur einfache Druckstufen verwendet und der Vorteil der Geschwindigkeitsräder bei Überlast — mit einem ähnlich hohen Wirkungsgrad zu arbeiten wie bei Vollast — durch eine besondere Zusatzdampfführung erreicht. Der Zusatzdampf wird nicht wie üblich hinter den ersten Stufen zugeführt, sondern ebenfalls der ersten Stufe und von dieser unter Umgehung der zweiten unmittelbar der dritten Stufe. Da das Wärmegefälle des Hochdruckteiles bei Überlast kleiner ist als bei Vollast, wird das Hochdruckgefälle in den beiden angeführten Stufen günstig ausgenützt. An sonstigen baulichen Einzelheiten ist zu erwähnen, daß der unmittelbar auf der Maschinenwelle sitzende Sicherheitsregler auch betätigt wird, sobald der Läufer in der Dampfrichtung um 1 mm verschoben wird. Dadurch wird eine Zerstörung der inneren Teile wirksam verhindert, die sonst bei einem Ausschmelzen des Kammlagers bei Ausbleiben des Öldruckes eintreten könnte. Leit- und Laufschaufeln werden im allgemeinen aus nichtrostendem Stahl hergestellt, um trotz des mehr als doppelt so hohen Preises gegenüber dem sonst üblichen Nickelstahl Schaufelverrostungen zu vermeiden. Da nach den Erfahrungen der Maschinenfabrik Oerlikon bei Füllungsregelung der Gewinn durch Abschalten einzelner Düsengruppen bei Halblast nur 1 bis 2 vH beträgt, wird die Leistung im allgemeinen bis zu Normallast durch Drosselung geregelt. Teillastventile werden nur vorgesehen, wenn die Turbine während längerer Zeit mit Teillast betrieben wird. Bemerkenswert ist der Entwurf einer 30 000 bis 40 000 kW-Turbine für 3000 U/min. Der Dampf strömt zunächst durch den Hochdruckteil (im Folgenden ist dabei angenommen, daß die Strömungsrichtung im Hochdruckteil von links nach rechts ist) und sodann in der gleichen Richtung durch den Mitteldruckteil, der zusammen mit einem Niederdruckteil in einem zweiten Gehäuse untergebracht ist, und zwar so, daß dieser Niederdruckteil zwischen dem Hoch- und dem Mitteldruckteil liegt (im vorliegenden Falle also links vom Mitteldruckteil) und in ihm die Dampfströmung in umgekehrter Richtung vor sich geht wie im Hoch- und Mitteldruckteil (das heißt im vorliegenden Falle von rechts nach links). In einem dritten Gehäuse, das in der Fortsetzung des zweiten liegt, sind zwei weitere Niederdruckteile in der üblichen Zweiflußbauart (Dampfströmung von der Mitte nach beiden Seiten) untergebracht. Im Niederdruckteil wird also der Dampfstrom in drei Teile geteilt, es können dabei 1 bis 3 Kondensatoren verwendet werden. Die Regelung geschieht so, daß nach voller Eröffnung der normalen Dampfkanäle zuerst das zweite Überlastventil voll geöffnet wird, während das erste Überlastventil den Dampf zu den Zusatzkanälen der ersten Stufe bis zur vollen Überlastung der Maschine drosselt. Bei Versuchen mit neuesten Ausführungen von Oerlikonturbinen von Leistungen von 1500 bis 10 000 kW, die für Drücke unter 20 at und für Überhitzungen bis 350° gebaut sind, wurden Turbinenwirkungsgrade bis 82·8 vH erreicht. Beachtenswert ist, daß aus dem Vergleich der Versuchsergebnisse an zwei Turbinen im gleichen Werk hervorgeht, daß der Wirkungsgrad von 1923 bis 1926 um ein Zehntel verbessert wurde; ein Vergleich der Ergebnisse von Versuchen im Jahre 1908 und im Jahre 1925 ergab, daß die Steigerung des Turbinenwirkungsgrades etwa ein Viertel des Wertes aus dem Jahre 1908 beträgt. J.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 75, Sept. 1927.)

Anheizverluste von Dampfkesseln. Dipl.-Ingenieur Schlicke, Berlin-Wilmersdorf, berechnet mit Hilfe der Gewichte der zu erwärmenden Kesselteile, deren mittleren spezifischen Wärmen und der Betriebstemperaturen diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um einen 700 m² Sektionalwasserrohrkessel (Schiffstyp) für 35 atü und 420°, der als Spitzenkessel dient und mit Kohlenstaubfeuerung ausgestattet ist, von 20° C auf den Dauerzustand zu bringen. Nach dieser Rechnung benötigt der ganze Kessel 29·08 Mill. WE, wovon auf die Ausmauerung allein 22·15 Mill. WE entfallen. Rechnet man dazu noch für Strahlungsverluste, Schornsteinverluste, Verluste für Zünden, Unverbranntes, Anwärmung der Luft im Feuerraum und in den Kanälen 5 Mill. WE, so ergeben sich rund 34 Mill. WE als im Brennstoff zuzuführende Energie; dies entspricht 5 t Kohle bei einem unteren Heizwert der Kohle von 8600 WE/kg. Die zum Anheizen verwendete Kohlenmenge würde genügen, um den Kessel 1¼ Stunden mit Vollast zu betreiben. Vergleicht man die Rechnungsergebnisse mit bei Versuchen gemessenen Werten, so findet man, daß der Kessel zum Anheizen vom ganz kalten Zustand bis zum Anschluß auf die Hauptdampfleitung 3·6 t Kohle verbraucht. Um festzustellen, wann der Dauerzustand in der Erwärmung der Kesselteile erreicht ist, wurden Fernthermometer eingebaut und damit die zum Erreichen des Endzustandes erforderlichen Zeiten ermittelt. So benötigt der Feuerraum 5 Stunden, die Wassertemperatur am Vorwärmerende 28 Stunden, der Warmluftkanal nach dem Lufterhitzer 163 Stunden und das Mauerwerk der Vorwärmer 266 Stunden. Mit dem Zuschalten zur Hauptdampfleitung hatte also der Kessel noch lange nicht seine Dauertemperaturen erreicht. Nun wurde der Kessel möglichst rasch auf Vollast gebracht und im Anschluß daran der Verbrauch an Kohle mittels Heizversuch ermittelt. Es zeigte sich, daß um 1·7 t mehr verbraucht wurden wie bei einem Heizversuch mit dem Kessel im Dauerzustand. Die Summe $3{\cdot}6 + 1{\cdot}7 = 5{\cdot}3$ t stimmt ziemlich gut mit dem Rechnungswert von 5 t überein. Der vorliegende Kessel war ein Schiffskessel, der eine mit Diatomit ausgekleidete Blechverschalung, also geringe Wärmekapazität, besaß. Bei einem vollständig gemauerten Kessel ist die Wärmemenge dazu noch größer.

(Die Wärme, Nr. 35, 1927.) Stip.

Chronik.

9. Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde 1927.

In der im Rahmen der Werkstofftagung in Berlin im Oktober unter dem Vorsitz von J. Czochralski, (Frankfurt a. M.) abgehaltenen Versammlung teilte der Geschäftsführer, Dipl.-Ing. Groeck, über die Arbeiten der Gesellschaft folgendes mit: Der Ausschuß für Aluminiumleitungsnormen hat den Entwurf für eine internationale Normung des Leitaluminiums fertiggestellt. Ferner hat der Ausschuß für Aluminiumleitungen wieder eine Umfrage bei den deutschen Elektrizitätswerken über die Bewährung des Aluminiums für Leitungszwecke veranlaßt. In Vorbereitung befinden sich Arbeiten über den Einfluß des Eisens im Aluminium. Die Arbeiten des Ausschusses zur Untersuchung der Einflüsse von Verunreinigungen im Messing sind zum Abschluß gebracht und stehen ebenfalls kurz vor der Veröffentlichung, desgleichen die Ergebnisse der Untersuchungen über die Bewährung von Schutzüberzügen

Digitized by Google

auf Aluminium im Meerwasser. Zur Werkstofftagung hat die Gesellschaft das Werkstoffhandbuch „Nichteisenmetalle" erscheinen lassen, das in knappen Darstellungen eine Zusammenstellung sämtlicher Nichteisen-Metalle und ihrer Legierungen mit Angaben über Zusammensetzung, physikalische und mechanische Eigenschaften, Verarbeitungs- und Verwendungsmöglichkeiten usw. gibt.

Aus den auf der Hauptversammlung gehaltenen Vorträgen soll hier folgendes beachtet werden.

„Was bietet die wissenschaftliche Metallkunde der Technik?" Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. F. R. Schenk (Münster i. W.), behandelte unter anderem die Untersuchungen über das Erstarren und die Erstarrungsprodukte in Zwei- und Mehrstoffmischungen, die durch Zusammenschmelzen der Bestandteile erhalten werden, insbesonders die Mischkristall-Legierungen, welche als Werkstoffe eine ganz besondere Rolle in erster Linie wegen ihrer gegenüber den Bestandteilen stark erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und chemische Beanspruchungen bei starker Herabsetzung der elektrischen Leitfähigkeit spielen. Hohe Grade von Härte und Zugfestigkeit finden sich vorzugsweise bei ihnen; es gehören zu ihnen die Stähle, die Bronzen, Messing, Duralumin, Elektron und die Legierungen zur Herstellung elektrischer Widerstände. Zustandschaubilder unterrichten darüber, innerhalb welcher Zusammensetzungs- und Temperaturgebiete die einzelnen erwünschten oder unerwünschten Gefügebestandteile dauernd stabil sind; sie werden durch die thermische Analyse, durch metallmikroskopische Untersuchungen und durch die Untersuchung der Abhängigkeit verschiedener physikalischer Eigenschaften vom Mischungsverhältnis der Legierungsbestandteile aufgestellt. Der Vortragende erörterte weiters die Studien über die Abhängigkeit der Größe des Kristallkornes von den Arbeitsbedingungen, über Rekristallisationserscheinungen und Einkristalle, welche wertvolle Einblicke in die Vorgänge bei der mechanischen Beanspruchung der kristallinischen Werkstoffe, inbesondere bei der plastischen Deformation ermöglichen, sowie die Forschungen über das Beständigmachen der Metalle gegen die Atmosphärilien und gegen chemische Agentien; die Wichtigeit der spezifisch metallischen Eigenschaften und ihre Beeinflussung durch die Zusammensetzung und Behandlung für die metallischen Werkstoffe der Elektrotechnik wird besonders betont. Die elektrische Leitfähigkeit, die thermoelektrischen und magnetischen Verhältnisse der Legierungen spielen beim Bau elektrischer Apparate eine Rolle; selbst so feine Phänomene wie die thermische Elektronenemmission der Metalle oder die lichtelektrischen Entladungen finden heute technisches Interesse. Die Technik der neuen Strahlenarten bedarf neuer Werkstoffe und gibt die Anregung zum Suchen nach neuen metallischen Werkstoffen. Eine der letzten Früchte der Bemühungen ist ein bequemer und wirtschaftlicher Weg zur Darstellung des Berylliums.

„Neues und altes aus der Technologie und Technik". J. Czochralski (Frankfurt a. M.) behandelte insbesonders die Qualitätsgußlegierungen, wie Perlitguß und die vergüteten Aluminium-Siliziumlegierungen, die Siliziumbronzen und Kupfer-, Kobalt-, Nickel- und Eisenlegierungen mit einem angemessenen Siliziumgehalt, das sind Feinlegierungen von einem etwa perlitähnlichen Gefügebau, die sich durch hohe Gleichmäßigkeit und mechanische Hochwertigkeit auszeichnen.

„Neue Wege der Korrosionsforschung". J. Czochralski und E. Schmied (Frankfurt a. M.) weisen auf die Schwierigkeiten einer experimentellen Verfolgung der Korrosion und die bis vor kurzem ausschließlich verwandten Prüfverfahren hin, d. s. Bestimmung des Gewichtsverlustes, Untersuchung der entstehenden Korrosionsprodukte, Bestimmung der Tiefe der stärkst korrodierten Stellen, die nicht geeignet sind, ein vollständiges Bild der Materialzerstörung durch korrodierende Einflüsse wiederzugeben. In einer Reihe von Beispielen wird auf das Ergebnis von Festigkeitsversuchen als Ergänzung der Korrosionsprüfung, die sich allerdings hauptsächlich auf die viel raschere Auflösung von Metallen in chemischen Reagenzen beziehen, hingewiesen. Durch mechanische Prüfung kann man auf sehr einfache Weise zur Bestimmung der Lösungsgeschwindigkeit und zu einem Vergleich der Selektivität des Angriffes verschiedener Lösungsmittel gelangen. Ein Vergleich mit den älteren Prüfverfahren lehrt, zu welchen Trugschlüssen über die mechanische Festigkeit korrodierter Proben man durch alleinige Bestimmung der Gewichts- und Dickenänderung gelangt.

„Die vergütbaren Aluminiumlegierungen als Konstruktionsstoffe." Direktor E. Roth (Lautawerk) besprach die Leichtmetallbauweise und deren Vorteile. Er berührte auch die Rolle, welche die neuen Leichtlegierungen in der Fernleitungstechnik spielen werden, weil bei nur wenig verminderter Leitfähigkeit gegenüber Rein-Aluminium die Festigkeit außerordentlich gesteigert ist.

„Qualitätsmessing." Dr. Ing. Philipp J. H. Wieland (Ulm a. D.). Von Qualitätsmessing verlangt man bessere und gleichmäßigere Eigenschaften als vom gewöhnlichen Messing, so zum Beispiel gute Tiefziehfähigkeit in Verbindung mit einer poren- und schieferfreien Oberfläche, bei Stangen gute Verarbeitbarkeit durch schneidende Werkzeuge bei hoher Schnittgeschwindigkeit und möglichst geringer Abnutzung der Werkzeuge. Das Schmelzen und Gießen ist die wichtigste Art der Formgebung. Mit der Verwendung von Altmetallen darf über einen bestimmten Satz des Einsatzgewichtes nicht hinausgegangen werden. Von den Schmelzöfen gewinnt der elektrische Induktionsofen mit seinen besonderen Vorteilen immer mehr an Boden. Gußeinheiten sind 50 bis 2000 kg für Bleche und Bänder. Für Preßteile findet das Qualitätsmessing fortgesetzt große Verwendung. Die Notwendigkeit einer sorgsamen Wärmebehandlung hat teilweise zur Verwendung von elektrischen Öfen mit selbsttätiger Regelung geführt. Die Temperatur kann hier bis auf etwa 10° C genau eingestellt werden.

„Metallfolien von $^1/_{100\,000}$ mm Dicke." Carl Müller (Berlin-Charlottenburg) erläuterte unter Demonstration von neuartigen durchsichtigen Metallmembranen, daß nach seinem Verfahren aus einer Reihe von Metallen (z. B. Gold, Silber, Platin, Eisen, Nickel) durchsichtige Folien in Form freischwebender glatter Membranen (ohne Unterlage) bis teilweise zu Feinheiten von $^1/_{100\,000}$ mm Dicke (rund 25 Atomschichten dick) dadurch gewonnen werden können, daß man die gewünschte außerordentlich dünne Nutzmetallschicht auf einer stärkeren, aber ebenfalls dünnen Hilfsschicht oder zwischen zwei derartigen dünnen Hilfsschichten aus leicht löslichem Material erzeugt, die nach geeigneter Montierung abgelöst werden, so daß die Nutzfolie zurückbleibt. Eigenschaften dieses neuen Untersuchungsmaterials und Baustoffes sind: Hohe Homogenität bei Durchstrahlung mit polarisiertem Licht; starke magnetische Drehung der Polarisationsebene bei ferromagnetischen Werkstoffen. Weitgehende Durchlässigkeit für Kathodenstrahlen selbst geringer Geschwindigkeit und α-Strahlen. Hohe Strombelastbarkeit. Verwertungsmöglichkeiten für Atomforschungen und Untersuchungen über optische, lichtelektrische und magnetoptische Probleme. Verwendung können diese Folien finden zur trägheitslosen Lichtsteuerung, für akustische Forschungen und Geräte sowie meßtechnische Apparaturen, unter anderem für Mikrophon- und Telephonmembranen, Druckmeßgeräte, elektrometrische Apparaturen usw., wobei die hohe Durchbiegungsfähigkeit und geringe Masse von besonderem Wert ist.

„Einige Beobachtungen an Elektrolytkupfer." W. Köster (Dortmund) behandelt die Eigenschaftsänderungen von Kupferblechen durch Kaltwalzen und Ausglühen, wobei angeliefertes und ausgeglühtes Elektrolytkupfer sowie sauerstoffhaltiges Walzkupfer verglichen wurde. Von wesentlicher Bedeutung für das Verhalten des Elektrolytkupfers ist sein Wasserstoffgehalt. Der Entfestigungsverlauf und die Entfesti-

Digitized by Google

gungstemperatur der verschieden stark gewalzten Kupferbleche werden sehr merklich von den äußerst geringen Beimengungen Wasserstoff und Kupferoxydul beeinflußt. Eine weitere Eigentümlichkeit des Elektrolytkupfers bezieht sich auf sein spezifisches Gewicht. Dieses ändert sich mit der Glühtemperatur und ist von der vorhergehenden Kaltverformung abhängig.

Literaturberichte.

3571 **Electrotechnische Constructie.** Von C. Feldmann, Professor an der technischen Hochschule in Delft. I. Teil: Gleichstrom. XI und 382 Seiten mit 9 Tafeln und 246 Abb. Technische Buchhandlung und Druckerei J. Waltmann jr., Delft, 1927.

Der Elektromaschinenbau war als der grundlegende Zweig der Elektrotechnik zuerst im Großen vollendet und erfährt nur mehr langsam schrittweise Weiterbildung und Ausbau. Es gibt nur wenige umfassende Werke darüber. Erscheint ein neues, so ist es beim Stand der Dinge vielleicht das Wichtigste, wie der Verfasser die Auswahl aus der Literatur der letzten Jahre getroffen hat, um das zum bleibenden Wissenszuwachs gewordene von der Menge belangloser Aufsätze zu sondern und mit dem übernommenen Grundstock zu verbinden. Das ist hier in anerkennenswerter Weise geglückt, indem wirklich das Wertvolle, für die Praxis richtunggebend Gewordene aufgenommen ist. Es war möglich, durch kurze klare Ausdrucksweise den alten Stoff in knappe Form zu bringen und das Buch vermittelt so in der kürzesten Weise den heutigen Stand des Gleichstrommaschinenbaues. Die Kapitel V. Kommutierung und VI. Erwärmung enthalten infolge der auf diesen Gebieten entstandenen Arbeiten gegenüber früheren Werken wesentlich Neues unter Anführung der maßgebenden Literatur. Allerdings ist diese nicht immer vollständig; so sind auf S. 235 ff. im Zusammenhang mit den zusätzlichen Wirbelstromverlusten zwar die Arbeiten von J. J. Thomson und E. Rosenberg, nicht aber die tief schürfenden Aufsätze von Dr. L. Dreyfus[1]) genannt.

Was die andere Hauptforderung, die an ein solches Werk zu stellen ist, betrifft, nämlich die der Beibringung hinreichend deutlicher Zeichnungen nicht zu alter Herkunft der wichtigsten Maschinentypen, was bekanntlich für den Verfasser meist nicht leicht ist, so ist auch hierin eine befriedigende Auswahl zustande gekommen, die dem Studierenden die nötigen Anhaltspunkte für die Vorstellung gibt. Ausstattung und Abbildungen des Buches sind vorzüglich und übertreffen auch das von anerkannten Herausgebern sonst Gebotene. Es heißt kaum zuviel sagen, wenn man behauptet, daß dieses Buch auch in der deutschen elektrotechnischen Literatur eine Lücke ausfüllen würde, wie dies in der holländischen ganz ohne Zweifel der Fall war. Dr. Grann.

Eingelaufene Bücher.

3601 Zweckmäßige Verpackung aus Holz. AWF-Schrift 213. 44 S. mit 57 Abb. Beuthverlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis Mk. 1·50.

Die als 5. Veröffentlichung des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit erschienene Schrift behandelt ein Gebiet, das bisher bei uns nur wenig beachtet wurde, dessen Wichtigkeit man aber in den Vereinigten Staaten bereits voll erkannt hat. Es werden daher vorwiegend auf Grund amerikanischer Erfahrungen und Untersuchungen nach einer Darlegung über die Notwendigkeit zweckmäßiger Verpackung besprochen: Die Prüfung von Holzkisten und Lattenverschlägen, die Anforderungen an Holz für Verpackungszwecke, sowie Richtlinien für Kisten- und Verschlagskonstruktionen, für die Vernagelung und Metallbandverschnürung. Die vom Verpackungsausschuß des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung sehr gut zusammengestellte Schrift sollte aus volkswirtschaftlichen Gründen weitgehende Verbreitung finden und es sollten die darin gegebenen Anregungen in die Praxis umgesetzt werden. —i—.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 326; 1927, S. 737, 756.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 21. Dezember 1927, um 1/2 7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Ing. Dr. techn. Robert Pollak-Rudin (Wien) über: **„Der derzeitige Stand der Radiotechnik".** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Bisherige Entwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen und der Praxis in der Hochfrequenztechnik; kommerzielle Radiotelegraphie, -Telephonie und -Rundspruch; Störungen und deren Abhilfe; Ausbau der Sender; Entwicklung der Empfangsapparate; Entwicklung der Hochvakuumtechnik und der Elektronenröhren; Ausbildung der Lautsprecher; Bildtelegraphie und Fernsehen; industrielle und medizinische Hochfrequenztechnik.

Österr. Verein deutscher Ingenieure (ÖVDI) und Österr. Verband für die Materialprüfungen der Technik.

Montag, den 19. Dezember, 5 3/4 Uhr, Vortrag des Herrn Ziv.-Ing. Otto Hönigsberg, Wien, **„Übersichtlicher Bericht über die Werkstofftagung in Berlin"** (mit Lichtbildern); nach dem Vortrag Vorführung des Materialprüfungsfilmes der Werkstoffschau. Der Vortrag findet im Saal des N.-Ö. Gewerbe-Vereins, Wien I., Eschenbachgasse 11, statt. Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrage eingeladen.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	5. XII. 1927	7. XII. 1927	9. XII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	133 1/2	135	135

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	91—99	94—99	93—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 9. Dezember 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	60	2	6	60	3	9
Standard { 3 Monate .	60	5	0	60	6	3
Zinn:						
Engl. ingots	266	0	0	266	10	0
Standard { Kassa . .	267	15	0	268	0	0
Standard { 3 Monate .	263	5	0	263	7	6
Blei:						
Engl. pig common . .	23	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	7	6	26	2	6
Remelted	26	5	0	—	—	—
English Swansea . .	26	17	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175. Platin: Pf. 14, Pf. 13 15 sh 9 d p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, gültig ab 7. Dezember 1927.)

(Grundpreise in S per 100 kg)

Halbharte und harte Kupferdrähte	322
Weiche Kupferdrähte	324
Kupferstangen	324

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

45. Jahrgang | Wien, 25. Dezember 1927 | Heft 52

INHALT: *Die Elektrotechnik auf der Werkstofftagung, Berlin 1927. Von Ing. A. Deinlein, Wien und Dr. U. Retzow, Berlin. S. 1069. Die 4. Tagung der Internationalen Konferenz der großen elektrischen Hochspannungsnetze in Paris, 23. Juni bis 2. Juli 1927. Von Ing. F. Brock. S. 1080. / Die Volta-Ausstellung in Como. Von Ing. R. Heider, Wien und Ing. C. Stein, Spandau. S. 1081. CHRONIK. S. 1084. VEREINSNACHRICHTEN. S. 1084.*

Die Elektrotechnik auf der Werkstofftagung, Berlin 1927.

Im Rahmen der auf der Werkstofftagung, Berlin 1927, abgehaltenen Vorträge begegneten jene, die die Bedeutung der Fragen der Qualität der Werkstoffe für die Elektrotechnik zum Gegenstand hatten, einem besonderen Interesse, das sich schon rein äußerlich in einer außergewöhnlich hohen Hörerzahl dieser Vorträge zeigte.

Die Beziehungen der Werkstoffragen zur Elektrotechnik wurden in 3 Vortragsreihen erörtert. Zur Behandlung gelangten die nachstehenden Hauptthemen.

Reihe 32: Metalle als Werkstoffe der Elektrotechnik.

Reihe 33: Eisen und Stahl als Werkstoffe der Elektrotechnik.

Reihe 34: Isolierstoffe der Elektrotechnik.

Reihe 32: Metalle als Werkstoffe der Elektrotechnik.

Dr. G. Masing, Berlin-Siemensstadt, behandelte in seinem Vortrage: „Gußmetalle hoher elektrischer Leitfähigkeit" den Einfluß der beim Einschmelzen von reinem Kupfer zugesetzten verschiedenartigen Desoxydationsmittel auf die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers und auf die Dichte des Gußes.

a) Phosphor.

Der Zusatz von Phosphor bedingt eine Herabminderung der elektrischen Leitfähigkeit des Kupfers, aber eine Erhöhung der Dichte des Gußes.

Zusatz	Leitfähigkeit, Sandguß	Dichte im Sandguß
0 vH	49·5	7·65
0·07 vH P	39·3	8·75
Theoretische Dichte des Kupfers		8·95

b) Lithium.

Zusatz	Leitfähigkeit: Gezogen	Leitfähigkeit: Sandguß	Dichte im Sandguß
0 vH	58·3	49·5	7·65
0·05 vH Li	51·0	52·8	8·92

Bei Li-Zusatz zeigt sich sonach in der Leitfähigkeit zwischen gezogenem und gegossenem Material kein bedeutender Unterschied, während der Wert der Dichte sich bei Sandguß bereits dem theoretischen Werte nähert. Bei Li-Zusatz verschwinden die Einschlüsse im mikroskopischen Gefüge; doch hat dieser Zusatz die unangenehme Eigenschaft, eine Art rauher Oberfläche des Kupfers herbeizuführen, welche Porosität sich bis auf etwa 0·05 bis 0·1 mm Tiefe erstreckt.

c) Beryllium.

Zusatz	Leitfähigkeit: Gezogen	Leitfähigkeit: Sandguß	Dichte im Sandguß
0 vH	58·3	49·5	7·65
0·02 „	53·5	52·2	
0·1 „	46·3	45·2	8·77

d) Magnesium.

In Betriebsversuchen wurde bei Mg-Zusatz ein mittlerer Wert der Leitfähigkeit von etwa 53·6 erreicht. Nur werden bei Mg größere Mengen an Zuschlägen benötigt, als bei Li und Be, da das Atomgewicht von Mg (24·32) größer ist als jenes von Li (7) und von Be (9·1). Der Mg-Zusatz hat die Neigung, im Guß Oberflächenoxydnester zu bilden, Be jedoch nicht. Dieser Unterschied im Verhalten scheint auch im verschiedenen Atomgewicht mitbegründet zu sein. Bei Be beträgt die Volummenge an gebildetem Oxyd nur 0·02 vH, bei Mg jedoch 0·07 vH; die größere Oxydmenge bei Mg bedingt die größeren Einschlüße im Guß. Man ist daher von den Mg-Zusätzen als Desoxydationsmittel wieder abgekommen.

e) Borsuboxyd (Boroflux; Borcarbid).

Elektrokupfer mit einem Zusatz von 2 vH Kupferoxydul und 1 vH Borsuboxyd zeigt bei Leitfähigkeit von 58·1 eine Dichte von 8·56. Bei einer Erhitzung auf 1300° sinkt die Leitfähigkeit auf 55·2, dagegen steigt die Dichte auf 8·94. Diese Erhitzung auf 1300° und das notwendige Andauernlassen dieser Temperatur durch eine bestimmte Zeit bereiten im Betriebe jedoch gewisse Schwierigkeiten.

Es hat sich auch gezeigt, daß Kupfer auch ohne besondere Metallzuschläge dicht zu bekommen ist, wenn es nur bei genügend hohen Temperaturen eingeschmolzen wird. So besitzt Elektro-

Digitized by Google

kupfer mit 2 vH Kupferoxydul bei 1400° eine Leitfähigkeit von 55·3 bei einer Dichte von 8·95. Da man aber mit langer Schmelzdauer rechnen muß, bereitet das Erzielen derartig hoher Temperaturen in den Öfen große Schwierigkeiten, wobei außerdem die Schmelztiegel stark angegriffen werden.

Der Vortragende empfiehlt abschließend daher die Anwendung von Beryllium zusätzen in einer Höhe von 0·02 vH.

„Elektrische Eigenschaften der Metalle und ihrer Legierungen (Widerstandsmetall)". Vortrag von Dr. phil. Rohn, Hanau.

Unter Widerstandsmetall ist solches Material verstanden, das einen hohen spezifischen Leitungswiderstand bei kleinem Temperaturkoeffizienten aufweist.

Vom Widerstandsmetall wird verlangt, daß sein Temperaturkoeffizient mindestens kleiner sei als 0·1 vH pro Grad C. Demnach hat das Widerstandsmetall eine weitgehende Unabhängigkeit von Temperaturschwankungen aufzuweisen. Die Forderungen, die an die Beständigkeit des Widerstandsmetalles in dieser Richtung gestellt werden, sind sehr weitgehend, insbesondere dann, wenn es sich um die Verwendung derartiger Metalle in Normalwiderständen, Präzisionsinstrumenten und dergleichen handelt. Widerstandsmetall in Vorschaltwiderständen für Meßinstrumente soll bei Temperaturschwankungen bis zu 100° einen Temperaturkoeffizienten aufweisen, der kleiner ist als 0·01 vH pro Grad C.

Von den unterschiedlichen Legierungen, die als Widerstandsmetall Eingang gefunden haben, genügen den vorbezeichneten Belangen am besten:

	Konstantan	Manganin
Analyse	55 vH Cu 45 „ Ni	84 vH Cu 4 „ Ni
Spezifischer Widerstand	0·48 Ohm	0·42 Ohm
Temperaturkoeffizient . .	kleiner als 0·001 vH pro °C	

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß beim Erwärmen eines Drahtes aus Widerstandsmetall von Zimmertemperatur auf 100° C der Widerstand des Drahtes (hart gezogenes Material) zu sinken beginnt, jedoch bei nachfolgendem Abkühlen wieder auf den Anfangswert (100 vH) ansteigt. Anders zeigt sich das Verhalten bei einer Temperaturerhöhung auf 200° C. Hiebei erfährt der Widerstand gleichfalls eine Abnahme, die sich aber beim Abkühlen des Materials nicht mehr restlos ausgleicht, sondern nur mehr bis auf 97 vH des Ausgangszustandes zurückgeht. Bei einer Temperaturerhöhung auf 500° C und nachfolgendem Abkühlen nimmt der spezifische Widerstand von 100 auf 93 vH ab. Jedenfalls zeigen die Untersuchungen, daß der Temperaturkoeffizient verschieden ist, je nachdem es sich um kaltgezogenes oder um ausgeglühtes Material handelt.

Bei Präzisionsinstrumenten soll das Widerstandsmetall ferner keine Thermokraft gegen Kupfer besitzen, damit Fehler vermieden werden. Bei Konstantan liegen die Verhältnisse in diesem Belange nicht besonders günstig, da es eine Thermokraft von 50 Mikrovolt pro Grad zeigt, während bei Manganin nur 2 Mikrovolt pro Grad C aufscheinen.

Der Erzeuger von Widerstandsmetall hat jedenfalls darauf zu achten, daß die letzte Glühung des Materials bei richtiger Temperatur vorgenommen wird, um möglichst kleine Temperaturkoeffizienten zu erreichen. Der Verbraucher muß darauf achten, daß das bestausgeglühte Material während der Benützung nicht etwa einer Kalthärtung unterworfen wird. Das Widerstandsmaterial bei Anlaßgeräten, die Temperaturschwankungen bis zu 400° auszuhalten haben, soll immerhin noch Temperaturkoeffiizienten von $^1/_{40}$ bis $^1/_{80}$ vH pro Grad aufweisen.

Die bisher allgemeine Abneigung gegen die Verwendung von eisenhältigen Legierungen als Widerstandsmaterial ist nicht richtig; rostfreie Stähle besitzen bis zu hohen Temperaturen sehr gute Eigenschaften. Chromnickellegierung soll für Widerstände von hoher Ohmzahl verwendet werden, zum Beispiel für elektrische Apparate im Haushalte.

Oberpostrat Winnig, Berlin-Tempelhof, behandelte in seinem Vortrag das „Kupfer und seine Legierungen für Leitungen".

Von einem guten Leitungsdraht wird möglichst hohe Leitfähigkeit, große Bruchfestigkeit, hohe Streckgrenze und möglichst geringes spezifisches Gewicht verlangt. Der Draht soll zäh und biegsam sein und eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Witterungs- und sonstige atmosphärische Einflüsse besitzen.

Kupfer hat eine Leitfähigkeit von 58. Es darf keine Verunreinigungen besitzen, da sonst seine Leitfähigkeit sich herabmindert, und es soll daher nur bestes Elektrolyt-Kupfer als Leitungsmaterial verwendet werden. Bei Verarbeitung des Kupfers auf Draht ist mit einer Erhöhung des spezifischen Leitungswiderstandes zu rechnen. Die Leitfähigkeit sinkt auf etwa 55 für Draht von 1 bis 2 mm Durchmesser.

Soll die Festigkeit des Kupfers aus bestimmtem Grund erhöht werden, so muß es mit anderen Metallen legiert werden (Bronze). Durch Zinnzusatz wird Kupfer allerdings spröder, auch verschlechtert sich mit der Legierung die Leitfähigkeit. Doch wird durch das eventuell notwendige Zwischenschalten von kurzen Bronzestrecken in Kupferleitungen, die Leitfähigkeit der Gesamtleitung nicht besonders berührt. Im Allgemeinen soll eine leitfähige Bronze nicht weniger als 97 vH Kupfer, den Rest in Zinn, Zink, Magnesium und Kadmium und als Desoxydationsmittel Spuren von Lithium und Phosphor enthalten.

Nach deutschen Vorschriften genormte Leitungsbronze:

I. Bruchfestigkeit 52 kg/mm², Leitfähigkeit 48
II. „ 66 „ „ „ 36 (2 mm starker Draht)

Digitized by Google

III. Bruchfestigkeit 73 kg/mm², Leitfähigkeit 18
bei 0·4 mm ∅ 90 „
ad I. Anzuwenden, wo erhöhte Eisbelastung auf der Leitung zu gewärtigen ist.
ad II. Bei dieser Bronze wäre eine Verbesserung der Leitfähigkeit nur zu begrüßen.
ad III. Anzuwenden für Antennen.

In der Nachkriegszeit sind starke Brüche in Bronzeleitungen aufgetreten, die hauptsächlich auf den Phosphorgehalt zurückgeführt werden. Andererseits ist die Gesamtdehnung bei Bronze mit Phosphorgehalt geringer, wodurch den ansonst zu gewärtigenden erheblichen Durchhängen begegnet wird.

Jedenfalls genügen Leitungen aus Kupfer (Hartkupfer) und Bronze den gestellten Anforderungen. Bei Hartkupferdraht müßte noch größere Biegsamkeit gefunden werden, sowie bei Bronze eine Verbesserung der Leitfähigkeit bei gleichbleibenden hohen Festigkeitszahlen. Durch Wahl geeigneter Legierungen muß auch dahin gewirkt werden, daß zu große Durchhänge in der Leitung vermieden werden.

Über die „Verwendung des Aluminiums und seiner Legierungen in der Elektrotechnik", sprach Dr. Ing. Fuchs, Berlin-Siemensstadt.

Aluminium zeigt geringes spezifisches Gewicht, gutes elektrisches Leitvermögen, gute mechanische Eigenschaften, genügenden Widerstand gegen atmosphärische Einwirkungen; es erlaubt eine vorzügliche Formgebung.

Verwendet wird es in der Elektrotechnik: *a*) als Konstruktions- und *b*) als Leitungsmaterial.

ad *a*): Seine Verwendung in Form der unterschiedlichsten Legierungen gestattet heute bereits die Anfertigung der schwierigsten Gußstücke, besonders auch dort, wo es auf geringes Gewicht ankommt. So stellt man aus Aluminiumguß Abdeckschilder für Einankerumformer her, weiters Käfiganker für Kurzschlußmotoren, Nutenkeile für die Läufer von Turbogeneratoren, endlich unzählige Teile im Kleinmaschinen- und Apparatebau. Aluminium hat außerdem noch den Vorteil, absolut unmagnetisch zu sein.

ad *b*) Die Verwendung von Aluminium im Freileitungsbau hat außerordentlich zugenommen. An Stelle von Seilen aus Reinaluminium, die ursprünglich verwendet wurden, ist, um auf höhere Festigkeitsziffern zu kommen, das Stahlaluminiumseil propagiert, später jedoch wieder aufgegeben worden. Erst in der Legierung Aludur (Bruchfestigkeit $B = 27$ kg/mm², Leitfähigkeit $L = 31{\cdot}5$)[1]), Aldrey ($B = 33$, $L = 31{\cdot}5$), Montegal ($B = 33$, $L = 31$) und Telektal ($B = 35 - 43$, $L = 31{\cdot}5$) sind geeignete Legierungen für Leitungsmaterial gefunden worden. Aldrey enthält neben Aluminium 0·5—0·6 vH Si, 0·4—0·5 vH Mg und unter 0·3 vH Fe; Montegal einen Calziumzusatz und Telektal nicht ganz 2 vH Si und Li.

Alle diese Legierungen zeichnen sich durch hohe Bruchfestigkeit, hohe Streckgrenze und Leitfähigkeit aus. Die Verarbeitung von Altmaterial dieser Legierungen bietet keine Schwierigkeiten. In Aldrey-Seilen sind in den letzten Jahren in der Schweiz zirka 900 km verlegt worden. Die vorgenannten Legierungen weisen eine hohe Korrosionsbeständigkeit auf. So zeigt Aldrey mindestens die gleiche Beständigkeit wie Aluminium mit 99·7 vH Feingehalt. Die im Rhônetal zwischen Turtmann und Chippis verlegten Seile haben auch dann noch gehalten, als durch Stürme einzelne große Leitungsmaste zusammenbrachen[2]). Jedenfalls sind legierte Aluminiumdrähte um 30 vH wirtschaftlicher als Kupfer. Daß Deutschland, das genügende Mengen Aluminium im Lande erzeugen könne, noch nicht im ausgedehnten Maße auf Aluminium gegriffen habe, sei nur seinem an dieser Stelle sicherlich falschen Konservatismus zuzuschreiben. Min.-Rat Ing. Alfred Deinlein, Wien.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 182.

Reihe 33: Eisen und Stahl als Werkstoffe der Elektrotechnik.[3])

„Transformatoren und Dynamobleche für höchste Beanspruchung". Dr. Ing. Oertel, Willich, gab zunächst einen Abriß über die seit 1913 bekannten Forschungsarbeiten, betreffend den Einfluß der Materialeigenschaften auf die Güte von Transformatorenblechen.

Neben der chemischen Zusammensetzung des Materials sind für die Güte der Stahlbleche maßgebend:

a) Korngröße,
b) Kornform,
c) Kohlenstoff und die Art seiner Abscheidung,
d) Sauerstoff und die nichtmetallischen Einschlüsse im Eisen.

Durch Schaubilder wird zunächst gezeigt, wie weit Korngröße und Kornform durch Glühung bei richtiger Behandlung der Bleche beeinflußt werden und veranschaulicht, daß Kohlenstoff im Transformatoreneisen sich in Form eines gleichartig körnigen Gemenges (Perlit) abscheidet. Auch der Sauerstoff beeinflußt die Güte der Bleche. Es zeigt sich, daß die Verlustziffern am geringsten sind, wenn Kohlenstoff und Sauerstoff mit etwa gleichen Mengen vor der Glühung im Stahl vorhanden sind. Derartige Glühversuche sind dann mit Blechpaketen wiederholt worden. Hier zeigt sich die Abhängigkeit der Verlustziffer von Glühtemperatur und Glühdauer auf das Deutlichste. Besonders bemerkenswert ist der Einfluß der Gasatmosphäre in der Glühkiste, wobei durch Glühen im Wasserstoffstrom eine wesentliche Verbesserung der Bleche herbeigeführt worden ist. Zu einer gewählten Glühtemperatur gehört stets eine bestimmte Glühdauer, bei der der Höchstwert der Blechgüte erreicht wird. (In der anschließenden Diskussion wurde verlangt, daß zweckmäßigerweise für derartige Bleche

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 137.

[3]) Unter Benützung des „Führers durch die Vorträge der Gruppe Stahl und Eisen", herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute.

Digitized by Google

keine Kerbschlag- sondern eine Biegeprobe zu fordern wäre, um jene Bleche ausscheiden zu können, die mechanischen Anforderungen nicht gewachsen wären).

„Stähle für Dauermagnete". behandelte Dr. Ing. Poelzguter, Bochum, in seinem Vortrag.

Dauermagnetstähle[4]) sollen nach einmal erfolgter kräftiger Magnetisierung die magnetische Kraft möglichst festhalten, während Dynamostähle schon bei mäßiger Feldstärke hohen Magnetismus aufnehmen, aber nach Erlöschen der magnetisierenden Kraft ebenso rasch abgeben müssen. Für die Güte eines Magnetstahles ist der Höchstwert des Produktes B (Kraftliniendichte) und H (Feldstärke) maßgebend.

Durch Zusätze von Chrom, Wolfram und Kobalt werden die verlangten magnetischen Eigenschaften von Magnetstählen außerordentlich verbessert[5]). Während für Kohlenstoff-Magnetstahl das Produkt $(B \times H)$ max. als Güteziffer den Wert von 200 ergibt, erhöht sich dieser bei Kobalt-Magnetstahl auf etwa 900.

Der Vortragende gibt sodann ein anschauliches Bild über die Wärmebehandlung der erst in jüngster Zeit in die Praxis eingeführten Kobaltmagnetstähle. An Hand von Gefügebildern wird gezeigt, wie Glüh- und Härtebehandlung die magnetischen Eigenschaften zu beeinflußen vermögen. Auf den ungünstigen Einfluß einer zu langen Glühdauer wird hingewiesen. Kobaltstähle sollen nicht über 200 bis 300° geglüht werden. Zweckmäßig wäre es, wenn Dauermagnetstähle vor der Härtung gar nicht mehr geglüht werden müßten. Kobaltmagnetstähle können überdies auch in gegossener Form verwendet werden, besonders wenn es sich um Formen handelt, die sich durch mechanische Bearbeitung, Biegen oder Pressen, schwierig herstellen lassen.

Der Vortragende bespricht schließlich die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Dauermagnetstähle unter Berücksichtigung der Marktpreise. Hiebei ergibt sich, daß das Verhältnis von Preis zur Leistung sich stets zu Gunsten der Kobaltstähle einstellt.

Dipl. Ing. Schmid, Berlin, sprach über: „Die Verwendung von Gußeisen und Stahlguß im Elektromaschinenbau".

Die Erzeugnisse der Elektroindustrie sind außerordentlich mannigfaltig und ebenso auch die Anforderungen, die an Guß und Stahlguß gestellt werden. Von dem Grau- und Stahlguß wird annähernd die Hälfte zum Bau von Generatoren und Elektromotoren verwendet. An das Gußeisen, das zum Bau von kleineren Motoren dient, werden keine besonderen Anforderungen gestellt. Große Generatorengehäuse werden durch starke Schwindung und durch die damit im Zusammenhang stehenden Gußspannungen sehr gefährdet; sie müssen aus ganz weichem, phosphorarmen Gußeisen gegossen werden, weil solches Eisen unter starker Graphitausscheidung erstarrt und erkaltet und weil die Volumenvergrößerung, die diese Reaktion zur Folge hat, einen teilweisen Ausgleich der Schwindung bedingt. Stahlguß wird wegen seiner wesentlich höheren magnetischen Induktion zur Herstellung von Motorgehäusen und besonders wegen seiner hohen Festigkeit und Zähigkeit für die starken Erschütterungen ausgesetzten Kran-, Walzwerk-, Straßenbahn- und Vollbahnmotoren verwendet. In neuester Zeit werden insbesondere bei Einzelausführungen nicht nur die Motorgehäuse, sondern auch die Rotoren, Grundplatten und Schutzkappen aus Flußstahlblech zusammengeschweißt.

Sehr große Mengen Gußeisen werden zum Bau der verschiedenartigsten Elektroapparate verwendet; es handelt sich hier um sehr dünnwandige Gußstücke, die an allen Stellen leicht bearbeitbar sein müssen, sich frei von Fehlern und vollkommen maßstabrichtig erweisen müssen, da sie gewöhnlich in Fließarbeit bearbeitet und montiert werden. Bei Anfertigung gußeiserner Widerstandselemente ist darauf zu achten, daß sie maßstabrichtig geformt und aus einem Gußeisen von stets gleichbleibender chemischer Zusammensetzung gegossen werden.

Besonders hohe Anforderungen werden an die im Dampfturbinenbau verwendeten Gußeisen- und Stahlgußteile gestellt. Insbesondere sollen auch nach langandauernder Erwärmung Größe und Form dieser Teile unverändert bleiben. Letztere Forderung ist nur bis zu gewissen Grenzen erfüllbar, da Stahlguß Neigung zum Verziehen besitzt und Grauguß die eigenartige Erscheinung des Wachsens zeigt, für welch letztere Erscheinung eine einwandfreie Erklärung noch nicht gefunden ist, die aber wahrscheinlich primär durch die bekannten Vibrationserscheinungen der Dampfturbinen und die damit verbundene Ermüdung und Zerrüttung des Gußeisengefüges herbeigeführt wird. Min.-Rat Ing. Alfred Deinlein, Wien.

Reihe 34: Isolierstoffe der Elektrotechnik.

Unter den zahlreichen Sonderveranstaltungen, die gelegentlich der diesjährigen Werkstoffschau stattfanden, steht die vom Verband Deutscher Elektrotechniker veranstaltete Vortragsreihe über die Isolierstoffe der Elektrotechnik mit an erster Stelle. Der große Vortragssaal der Funkhalle konnte am 3. November die zahlreiche Zuhörerschaft nicht fassen, vor der nach den einführenden Worten des Vorsitzenden des VDE, Ministerialdirektors Geh. Ober-Postrats Dr. Ing. E. h. Craemer, der Geschäftsführer des Zentralverbandes, Graf Vitzthum, das Interesse der elektrotechnischen Industrie an der Werkstofftagung bekundete.

In der Reihe der Vorträge sprach zunächst G. Meyer über „Zur Technik der Isolierstoffe". Der Gedankengang dieser allge-

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 289.
[5]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 354.

Digitized by Google

meinen Betrachtungen schloß sich im wesentlichen an die bekannten Prüfvorschriften an, an deren Aufstellung der Vortragende selbst nicht geringen Anteil gehabt hat.

Verschiedene Gesichtspunkte sind es, die für die Beurteilung der Eignung eines Materials zu einem bestimmten Verwendungszweck in Frage kommen. In erster Linie ist in dieser Beziehung das Verhalten des Materials bei erhöhter Temperatur von Bedeutung. Es ist ja bekannt, daß die meisten Isoliermaterialien bei gesteigerter Temperatur eine starke Minderung sowohl des elektrischen Widerstandes wie auch der mechanischen Festigkeit erfahren. Will man daher irgend welche Prüfvorschriften zur Erprobung der Isolierstoffe in dieser Hinsicht aufstellen, so muß man der Tatsache Rechnung tragen, daß das Material in dem ganzen Temperaturbereiche bis zu der zu erwartenden Höchsttemperatur noch die geforderten Eigenschaften besitzt. Geringere Bedeutung kommt aber in dieser Hinsicht der unteren Grenze dieses Temperaturgebietes, also unterhalb der Zimmertemperatur zu, doch kann zuweilen die Verwendungsfähigkeit eines Materials hierbei durch die eintretende Sprödigkeit verringert werden. Zur Bestimmung dieses Verhaltens dient nach den VDE-Vorschriften die auf der Durchbiegung eines belasteten Stabes beruhende Martensprobe, die in letzter Zeit zweckmäßig durch das Prüfverfahren mit der Vicat-Nadel[6]) ergänzt worden ist.

Die Abnahme der in Frage kommenden Eigenschaften mit zunehmender Temperatur soll möglichst gleichmäßig erfolgen und nur einen geringen Betrag besitzen, da man bei zu starkem Abfallen einerseits bei den niederen Wärmegraden über viel zu gute Eigenschaften verfügt und deshalb unwirtschaftlich arbeitet, andererseits aber schon bei geringem Überschreiten der oberen Grenztemperatur die geforderten Eigenschaften leicht unter den zulässigen Wert sinken würden. In diesem Sinne kommt einem Isolierstoff der Begriff wärmesicher zu, wenn bei der in Frage kommenden Grenztemperatur sämtliche Eigenschaften die betriebsmäßig erforderlichen Grenzwerte nicht erreichen oder unterschreiten. Einen wichtigen Grenzwert stellt in dieser Hinsicht die Übertemperatur von 70° C dar, bedingt durch denjenigen Wärmegrad, oberhalb dessen die Zersetzung ungeschützter Zellstofffabrikate beginnt; bei der Festsetzung der zulässigen Erwärmung von Wicklungen für Maschinen und Transformatoren spielt diese Temperatur eine entscheidende Rolle. Ist somit einer bestimmten Gruppe der Isolierstoffe hierdurch eine obere Grenze gesetzt, so tritt der Vortragende mit besonderem Nachdruck dafür ein, bei der Auswahl des zu verwendenden Materials keine übertriebenen Anforderungen zu stellen, sondern die einzuhaltenden Bedingungen dem jeweiligen Verwendungszweck entsprechend zu wählen; denn noch andere Faktoren setzen mancher Konstruktion eine obere Grenze, wie zum Beispiel die Abnahme der elastischen Eigenschaften der Metalle bei gesteigerter Temperatur oder auch die Widerstandszunahme der metallischen Leiter mit der Übertemperatur. Viel höhere Wärmegrade treten bekanntlich in den Heiz- und Kochapparaten auf; hierfür kommen naturgemäß ganz andere Isolierstoffe in Frage. Man muß dann beispielsweise zu Körpern aus Schamotte oder anderen Tonsubstanzen[7]) übergehen, die aber in dem vorher erwähnten Temperaturbereich wegen ihrer hygroskopischen Eigenschaften vollständig versagen würden. Demnach ist die Wahl eines bestimmten Isoliermateriales mit Rücksicht auf den Verwendungszweck zu treffen.

Handelt es sich bei der Festsetzung der Wärmesicherheit um eine dauernde Warmbeanspruchung des Materials, so sind einzelne Teile der Isolierstoffe zuweilen auch erheblich höheren, dafür aber nur ganz kurzfristigen Erwärmungen ausgesetzt, wie sie bei allen Schaltvorgängen auftreten; dabei wird eine verhältnismäßig kleine Fläche des verwendeten Isoliermaterials, beispielsweise die Abdeckungen der Dosen- und Hebelschalter, von den heißen Gasen des Lichtbogens bestrichen. Dieses Verhalten soll durch den bisher üblich gewesenen Begriff der Feuersicherheit erfaßt werden. Der Vortragende will diesen Ausdruck durch den viel zutreffenderen der „Schaltfeuersicherheit" ersetzt wissen und übt an dem bisherigen Prüfverfahren, den Isolierstoff in dieser Hinsicht nach seinem Verhalten in einer Bunsenflamme zu beurteilen, berechtigte Kritik; die wirkliche Eignung eines Stoffes in Bezug auf die Schaltfeuersicherheit kann lediglich unter Berücksichtigung der Betriebsbeanspruchung ermittelt werden. Außer diesen betriebsmäßigen Erwärmungen kann auch die Luftfeuchtigkeit ganz wesentlich zur Verschlechterung der isolierenden Eigenschaften eines Stoffes beitragen. Dies trifft vor allem auf die Erzeugnisse aus Zellulose- und Asbestfasern zu, von deren gut isolierenden Eigenschaften im trockenen Zustande man nur dadurch Gebrauch machen kann, daß durch geeignete Imprägnierung eine Feuchtigkeitsaufnahme unterbunden wird[8]). Die praktische Ausnutzung dieser Erkenntnis ist für die Herstellung künstlicher Isolierstoffe von ganz besonderer Bedeutung[9]).

Weiterhin können die Eigenschaften der Isolierstoffe auch durch die betriebsmäßigen Verhältnisse und durch ihre gegenseitige Anordnung in den einzelnen Konstruktionen im Laufe der Zeit eine Verschlechterung erfahren, die man als eine Alterung des Materials auffassen kann. So wirkt das ständige Arbeiten des Materials durch abwechselnde Erwärmung und Abkühlung, die

[6]) ETZ 1927, S. 156.

[7]) F. Singer, Die physikalischen Eigenschaften keramischer Massen. 1926. Vgl. a. E. u. M. 1925, TWN, S. 190; 1926, S. 572.

[8]) Vgl. Retzow, E. u. M. 1924, S. 442.

[9]) A. Bültemann, Dielektrisches Material. Berlin 1927, J. Springer.

Digitized by Google

Dauerbeanspruchung unter dem Einfluß des elektrischen Feldes, die chemische Reaktion einzelner Stoffe aufeinander und ihre Zersetzung, die Bildung schädigend wirkender neuer Substanzen unter dem Einfluß der Luftfeuchtigkeit. Erinnert sei an die Abscheidungen des Hartgummi bei längerer Belichtung sowie an die allmähliche Verschlechterung des Öles in Schaltern und Transformatoren bei längerem Betrieb[10]). Ferner kann auch niedergeschlagener Staub für die Isolation bedenkliche Folgen haben, und zwar weniger für die Freileitungsisolatoren, als besonders für isolierende Teile in staubreichen Betrieben. Durch den Staubniederschlag wird nämlich, besonders noch durch Zutritt von Feuchtigkeit ein Stromübergang zwischen den Elektroden eingeleitet, der sich bis zum schließlichen Überschlag steigern kann. Diese Schwierigkeiten lassen sich nur durch konstruktive Änderung der betreffenden Ausführung unter Einlegung hinreichender Kriechflächen einigermaßen beheben.

Für die zweckmäßige Ausnutzung eines Werkstoffes ist die richtige Ausführung der betreffenden Konstruktion von besonderer Bedeutung; in dieser Hinsicht fordert der Vortragende von dem Konstrukteur nicht allein eine eingehende Kenntnis von der Fertigung des betreffenden Materials, sondern auch eine enge Fühlungnahme mit dem betreffenden Erzeuger, um die zweckmäßige und fabrikatorisch einfache Durchbildung der Konstruktion in die Wege zu leiten. Denn ebenso wie wir bisher keinen allgemein brauchbaren elektrischen Isolierstoff kennen, muß auch die Durchführung einer Konstruktion der Eigenart des zu verwendenden Stoffes Rechnung tragen. Vielfach muß man dazu übergehen, zwei oder mehrere Isolierstoffe gleichzeitig zu verwenden, wobei das eine Material beispielsweise die mechanischen, das andere aber die elektrisch isolierenden Eigenschaften besitzt. Verschiedene Entlastungsvorrichtungen, wie sie der Vortragende nennt, sind in der Praxis üblich durch Parallel- und Serienschaltung. Als Parallelschaltung läßt sich beispielsweise die einen Porzellanisolator umgebende Luft betrachten, der so bemessen sein muß, daß der Überschlag durch die Luft früher erfolgt als die Zerstörung des Porzellanisolators. Als Beispiel einer Serienschaltung wird an eine Schaltstange erinnert, die einen Porzellanisolator auf einer längeren Holzstange trägt.

Die Isolierteile trennt der Vortragende nach der von ihnen zu erfüllenden Leistung in drei Gruppen: die Träger spannungsführender Teile, die mittelbaren Isolatoren und die Abdeckungen.

Als Träger spannungsführender Teile sind diejenigen Isolierteile aufzufassen, die mehrere Leiterstücke mit erheblich voneinander abweichenden Potentialen gleichzeitig berühren. Dabei ist ein Unterschied zu machen zwischen solchen Trägern, die der Spannungsdifferenz dauernd ausgesetzt sind (Anschlußklemmen eines Zählers), und solchen, bei denen die Spannungsdifferenz nur kurzfristig oder periodisch auftritt (Anschlußklemmen eines Fernschaltmagneten). Die Aufgaben der Träger spannungsführender Teile sind hauptsächlich elektrisch isolierender Art; sie unterliegen dabei der betriebsmäßigen Erwärmung und dürfen die Ausbildung von Glimmerscheinungen und Kriechströmen nicht unterstützen.

Als mittelbare Isolatoren werden diejenigen konstruktiven Maßnahmen aufgefaßt, die bereits vorher als Entlastungseinrichtungen erwähnt wurden. Dabei wird die Anordnung vielfach so getroffen, daß der eine Stoff für die volle elektrische Festigkeit bemessen ist, während die isolierenden Eigenschaften des anderen, elektrisch schwächeren Stoffes nur gelegentlich in Anspruch genommen werden.

Die Abdeckungen umfassen schließlich diejenigen Ausführungen, die nur mit einem spannungsführenden Teil, aber nicht mit Erde in Berührung stehen; diese dienen in der Hauptsache dem Berührungsschutz und sind elektrisch kaum beansprucht, so daß mehr die mechanische Festigkeit in den Vordergrund tritt und man mitunter ganz zu metallenen, innen isolierend ausgelegten Schutzkästen übergehen kann.

Hinsichtlich der Prüfung der Isolierstoffe unterscheidet der Vortragende zwei Arten, die entweder das zu verarbeitende Isoliermaterial oder dieses nach der Verarbeitung erfassen. Die Eignungsprüfung des noch nicht verarbeiteten Materials umfaßt zwei Möglichkeiten, von denen durch die sogenannte reine Prüfung eine ganz bestimmte physikalische Eigenschaft (zum Beispiel in den Verbandsvorschriften die Biegefestigkeit in kg/cm²) festgestellt wird, wobei die logische Übertragung der Ergebnisse auf die wirklichen Betriebsverhältnisse eine gewisse Schwierigkeit bereitet und schon einige Übung fordert, während die für die Isolierstoffe bevorzugten technologischen Prüfungen mehr den wirklichen Betriebsverhältnissen Rechnung tragen; hierzu gehören beispielsweise die bereits erwähnte Martensprobe zur Bestimmung der Wärmefestigkeit oder auch die Ermittlung der Feuchtigkeitsaufnahme eines Isolierstoffes nach einer gewissen Lagerung in Wasser. Die Prüfung des verarbeiteten Materials aber läßt Fehler erkennen, die einerseits durch eine unrichtige Bearbeitung des betreffenden Isolierstoffes oder durch eine fehlerhafte Durchführung der Konstruktion bedingt sind. Diese Prüfung erstreckt sich daher nur auf das fertiggestellte Fabrikat oder eines seiner Teile. Während also die erstgenannte Prüfung des noch nicht verarbeiteten Materials ein Bild geben soll von der Beschaffenheit des Stoffes im Anlieferungszustand und seiner Eignung für einen bestimmten

[10]) Eine ausführliche Literaturzusammenstellung über auftretende Zerstörungserscheinungen findet sich in U. Retzow, Die Eigenschaften elektrotechnischer Isoliermaterialien in graphischen Darstellungen. Berlin 1927, J. Springer.

Digitized by Google

Verwendungszweck, liegt der Schwerpunkt der weiteren Prüfung der Hauptsache nach in der betriebsmäßigen Überwachung der laufenden Fabrikation. Daher kann in gewisser Beziehung die anfängliche Eignungsprüfung in die laufende Überwachung eingeschlossen werden. Die rechte Auswahl des günstigsten Prüfverfahrens muß naturgemäß in die Hand des Prüfenden gelegt werden.

W. Hüter behandelte „Die Isolation und Isolatoren für Höchstspannungen". Der Vortragende beschränkte sich in seinen Darlegungen auf die eingehende Behandlung der Durchführungen und Stützer der modernen Hochspannungs-Schaltanlagen. An die für diesen Zwecke in Frage kommenden Isolierstoffe müssen besonders hohe Ansprüche gestellt werden, da sie nicht allein hohen elektrischen Beanspruchungen unterliegen, sondern auch wegen ihrer bedeutenden Abmessungen eine hohe mechanische Festigkeit aufweisen müssen. War man ursprünglich hierbei fast ausschließlich auf das Porzellan als Werkstoff angewiesen, so hat in den letzten Jahren die Verwendung anderer keramischer Massen (wie Steatit und Sillimanit) und der Hartpapiere (Pertinax, Preßzell, Turbonit) an Bedeutung gewonnen. Der Einfluß der Hartpapiere dürfte sich durch eine Verbesserung der bisher nur bedingten Wetterbeständigkeit noch erheblich steigern.

Von den Durchführungen besitzen die sogenannten „Glasfensterdurchführungen" gegenwärtig nur noch historische Bedeutung. Für den praktischen Betrieb geeignete Durchführungen stellte man zunächst aus Massivporzellan her, hatte dabei aber infolge der großen Wandstärken mit erheblichen Schwierigkeiten fabrikatorischer Art zu kämpfen. Die Ausbildung der einteiligen Porzellanhohldurchführungen war daher ein wesentlicher Fortschritt, der allerdings nach unserer jetzigen Erkenntnis infolge seiner glatten Oberfläche durch das Fehlen von Rippen und Schirmen höheren Prüfspannungen noch nicht gewachsen war. Das Auftreten von Büschelentladungen im Inneren des Hohlraumes wurde durch sorgfältiges Ausfüllen der Durchführung mit einer Ausgußmasse vermieden. Da in den massegefüllten Durchführungen die schädlichen Vorentladungen unterdrückt werden und der größte Teil der elektrischen Beanspruchung von der Ausgußmasse getragen wird, ist man aus wirtschaftlichen Rücksichten zu einer Ausführungsform übergegangen, bei der die Durchführungen aus zwei nur halb so langen Porzellankörpern bestehen und die in elektrischer Hinsicht wesentliche Vorteile bietet. Besondere Beachtung muß aber hierbei der Behandlung der verwendeten Ausgußmasse zugewandt werden, worauf der Vortragende recht ausführlich einging. Im Gegensatz zu dem von der Kommission für Ausgußmassen von Kabelarmaturen eingenommenen Standpunkt betonte der Vortragende nachdrücklich die große Wichtigkeit elektrischer Eigenschaften für derartige Massen, auf die auch von anderer Seite bereits hingewiesen wurde. Eine derartige Masse darf außerdem bei tiefen Temperaturen nicht spröde sein, da auftretende Risse alle Vorteile ihrer Anwendung in Frage stellen würden. Mit der stets vorhandenen räumlichen Ausdehnung solcher Massen muß man sich konstrutiv abfinden; zunächst muß zur Vermeidung von Lufträumen eine gute Adhäsionskraft zu den anderen Konstruktionsmaterialien, dem metallischen Leiter und den verwendeten Isolierstoffen gefordert werden. Das schließt gleichzeitig die Forderung einer zusammenhängenden Erstarrung[11]) ein, der man durch Nachgießen begegnen kann. Der Schwund einer solchen Masse wird mit 10 vH verhältnismäßig hoch angegeben. Der räumlichen Ausdehnung der Masse muß sowohl bei der Aufbewahrung dieser Durchführungen wie auch im Betriebe Rechnung getragen werden, da infolge der schlechten Wärmeleitung der Masse die vom Stromleiter entwickelte und abgegebene Wärme nur in der unmittelbaren Nähe des Leiters zur Auswirkung kommt. Bei der notwendigen Erwärmung der Masse zum Ausgießen ist eine stellenweise Überhitzung des Materials[12]) durchaus zu vermeiden. Die Gießtemperatur der Ausgußmassen liegt bei ungefähr 130° C, die auch bei massegefüllten Wandlern in Frage kommt. Recht günstig haben sich für diese Zwecke die Asphalte erwiesen; die Prüfung des Flüssigkeitsgrades erfolgt für die asphalthaltigen Ausgußmassen und die Bitumina nach dem Verfahren von Krämer-Sarnow, für die mehr fetthaltigen Substanzen nach Ubbelohde. Naturgemäß sinken auch bei diesem Material die Durchschlagwerte mit einer Erhöhung der Temperatur.

Die Nachteile, die unter Umständen den Ausgußmassen anhaften (nämlich eine Rußbildung und Verkohlung nach erfolgtem Durchschlag ohne Abtransport), haben Anlaß gegeben, ölgefüllte Durchführungen auszuarbeiten. Die Durchführung dieses Gedankens findet aber gewisse Schwierigkeiten in einer ausreichenden Abdichtung gegen das dünnflüssige Mineralöl und der ölbeständigen Verbindung der einzelnen Porzellanteile. Bemerkenswert ist hierbei aber, daß gute Mineralöle, deren elektrische Festigkeit ungefähr in der Größenordnung der vorher genannten weichen und plastischen Ausgußmassen liegt, durch das Einsetzen mehrerer dünner Hartpapierzylinder eine beachtenswerte Steigerung der elektrischen Werte erfahren.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel sind die Durchführungskondensatoren aus Hartpapier, bei denen durch mehrere hintereinandergeschaltete Kondensatoren eine Teilung der Spannung bewirkt wird. Die Herstellung dieser Kondensatoren entspricht durchaus der Fertigung von Hartpapierrohren, nur daß bereits während des Wickelvorganges die Metallfolien für die

[11]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 753.

[12]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 446.

Digitized by Google

Kondensatorbelege eingebettet werden. Man erzielt in dieser Ausführung an der Fassungsstelle eine recht gedrungene Form, deren Durchmesser nach den Angaben des Vortragenden für 110 kV Nennspannung nur 155 mm beträgt[13]). Als Bindemittel wurde früher Schellack benutzt, gegenwärtig aber ist meist Bakelit im Gebrauch. Ein gutes Durchbacken unter Vermeidung jeglicher Luft- und Feuchtigkeitseinschlüsse ist für ein einwandfreies Arbeiten des Kondensators Vorbedingung. Einen Schutz gegen die Einwirkung atmosphärischer Feuchtigkeit sucht man durch gute Lackierung der Oberfläche oder durch einen besonderen massegefüllten Porzellanüberwurf zu erreichen[14]).

Die Werkstoffe zur Herstellung der Stützer für hohe Spannungen sind Porzellan oder Hartpapier. Für die Stützisolatoren aus Porzellan ist eine Ausführungsform aus einzelnen Porzellantellern mit Eisenarmierung gebräuchlich, die je nach Bedarf zu mehrgliedrigen Freiluftstützern zusammengesetzt werden. Für die Anzahl der einzelnen Glieder, das heißt also für die Bauhöhe dieser Stützisolatoren, ist die geforderte Überschlagspannung maßgebend. Eine große Anzahl verschiedener Ausführungsformen dieser Art ist bekannt. Hartpapierstützer bestehen aus einem Hartpapierrohr als Träger, auf dessen Enden ausladende Kappen aufgeschrumpft sind. Auch erreicht man durch einen guten Lacküberzug einen gewissen Schutz gegen die Feuchtigkeit, so daß derartige Hartpapierstützer für den Gebrauch in Innenräumen als betriebssicher gelten können. Dagegen überwiegen bei Freileitungsausführugen gegenwärtig noch die Stützisolatoren aus Porzellan, trotzdem in dieser Hinsicht auch schon vereinzelte gute Ergebnisse mit Hartpapierstützern erreicht wurden.

Die Prüfung mit Hochfrequenz hält der Vortragende für derartige Isolatoren nicht für geeignet, da schwach gedämpfte Teslaschwingungen hierbei schon auf Hartpapierfabrikate nachteilig einwirken und die Überlagerung solcher Schwingungen bei Niederfrequenz-Betriebspannungen bisher noch nicht beobachtet wurde. Schutzschirme sind dagegen für Freileitungsanlagen zur Vermeidung der Verschmutzung und der Regenwirkung durchaus erforderlich.

Im allgemeinen aber sollen von den beiden behandelten Isolatorenformen für hohe Spannungen die Durchführungen einen höheren Sicherheitsgrad besitzen als die gleichzeitig mit ihnen angewandten Stützisolatoren.

Die Ausführungen von K. Nägele betrafen „Isolierstoffe für elektrische Koch- und Heizgeräte". Auch für diese Verwendungszwecke werden an die Isolierstoffe recht hohe Anforderungen gestellt; sie sollen bei den hohen Temperaturen sowohl isolierende Eigenschaften wie auch eine gewisse mechanische Festigkeit besitzen und vor allem gegen häufige Temperaturwechsel unempfindlich sein. Der wichtigste Baustoff in dieser Beziehung ist der Glimmer, von dessen verschiedenen Sorten hierfür besonders der Muskowit (Kaliglimmer) und Amberglimmer (Phlogopit) benutzt werden. Ein verhältnismäßig geringer Ausdehnungskoeffizient macht den Glimmer zur Verwendung bei starkem Temperaturwechsel geeignet. Der Muskowit ist bis ungefähr 600° C zu verwenden, der Phlogopit bei noch höheren Temperaturen bis zu 900° C, darüber hinaus wird Glimmer unter Abgabe des Kristallwassers mürbe und zerfällt.

Für nicht so hohe Wärmegrade kommt das ebenfalls aus Glimmer mit einem Bindemittel hergestellte Mikanit[15]) in Frage, jedoch ist Voraussetzung, daß nach dem Erhitzen das Bindemittel (Schellack, Bakelit, Glyptal) keine leitenden Rückstände hinterläßt. Die Isolierfähigkeit kann in den Konstruktionen durch Zusammenpressen und Verschrauben noch erhöht werden.

Einer umfangreichen Verwendung von geschmolzenen Quarz steht trotz seiner günstigen Wärmebeständigkeit der hohe Preis entgegen; man findet Träger von Glühspiralen aus Quarz.

Nur bis ungefähr 300° C läßt sich Glas als Isolierstoff verwenden, da oberhalb dieser Temperatur die elektrischen Eigenschaften sehr bald eine starke Abnahme aufweisen. Aus demselben Grunde tritt auch das Porzellan für diese Zwecke mehr in den Hintergrund, ersetzt durch das Steatit[16]), das eine höhere mechanische Festigkeit besitzt und ein nur langsameres Absinken des elektrischen Widerstandes zeigt. Daneben ist für die Formgebung der geringere Schwund des Steatits während des Brennprozesses beachtenswert. Hat der Isolierstoff außerdem noch eine bestimmte Beständigkeit gegen chemische Einflüsse aufzuweisen, wie es beispielsweise bei Elektrokesseln der Fall ist, so tritt an die Stelle des Steatits das geeignetere Melalith[17]).

Wegen der hohen Feuchtigkeitsaufnahme ist die Verwendung von Asbest durch die bestehenden Vorschriften erheblich eingeschränkt; außerdem zerfällt das Material bei Erhitzung über 300° C verhältnismäßig schnell, so daß die wärmeisolierenden Eigenschaften des Asbestes nicht voll ausgenutzt werden können.

Für Temperaturen bis 200° C decken Formstücke aus gummifreien Isolierstoffen einen großen Teil des Bedarfes, soweit sie die erforderliche Wärmesicherheit und mechanische Festigkeit bieten. Als jüngster Isolierstoff für Heizzwecke ist neuerdings das Mikalex[18]) auf dem Markt

[13]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 922.
[14]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 39.
[15]) R. Schröder: Glimmer und Glimmerprodukte; H. Schering: Die Isolierstoffe der Elektrotechnik, Berlin 1924, J. Springer, S. 95.
[16]) Z. V. D. I. 1927, S. 1536. Vgl. a. E. u. M. 1924, S. 362; 1925, TWN, S. 3, 190; 1926, S. 922.
[17]) Vgl. E. u. M. 1925, TWN, S. 190.
[18]) Journ. Chem. Education 1927, S. 460. AEG-Mitteilungen 1927, S. 416.

Digitized by Google

erschienen, dem bei einer Wärmebeständigkeit bis zu 450° C ein weites Anwendungsgebiet offen steht.

„Isolierstoffteile für Installationsmaterial" behandelte E. Grünwald. Der Vortragende stellte seine Ausführungen ganz auf den Gesichtspunkt ein, mit kurzen aber eindringlichen Worten den Erzeugern die Schwierigkeiten vor Augen zu halten, mit denen wir gegenwärtig noch bei den für die Herstellung von Installationsmaterial in Frage kommenden Isolierstoffen zu rechnen haben. Die keramischen Erzeugnisse (Porzellan, Steatit, Steinzeug), sind infolge ihrer Sprödigkeit bei der praktischen Verwendung leicht umfangreichen Beschädigungen durch Schlag oder Stoß ausgesetzt; ihr fabrikatorischer Zusammenbau bereitet wegen der für diese Stoffe erforderlichen Toleranzen in den Abmessungen häufig nicht geringe Schwierigkeiten. Daneben ist das Porzellan, wie schon in einem früheren Vortrage erwähnt, empfindlich gegen Temperaturwechsel, besonders wenn es wie in Schaltern der zeitweiligen Einwirkung des Lichtbogens ausgesetzt ist. Preßmassen dagegen (gummihaltige oder gummifreie) verhalten sich gegen mechanische Beanspruchungen günstiger und können auch in vorgeschriebenen Abmessungen viel genauer hergestellt werden, kranken aber bei Massenanfertigung an der häufig sehr stark schwankenden Güte der verlangten Eigenschaften, da diese sowohl von der Preßzeit wie auch von der genauen Einhaltung der Preßtemperatur wesentlich abhängig sind. Unter der Einwirkung des elektrischen Funkens tritt eine Verkohlung des Materials und eine starke Minderung der Isolierfähigkeit ein.

L. Fleischmann, sprach über „Isolierstoffe für Maschinen und Transformatoren". Die hierfür verwendeten Isolierstoffe unterliegen nicht nur hohen elektrischen, sondern auch mechanischen Beanspruchungen auf Zug und Druck. Dabei ist der Minderung der Eigenschaften durch die in den Maschinen auftretende Erwärmung Rechnung zu tragen; die isolierenden Teile werden infolge ihrer schlechten Wärmeleitfähigkeit dann gewissermassen zu einem Wärmespeicher, dessen Wärmeabgabe nach den Versuchen des Vortragenden mit der Stärke der Isolation abnimmt. In elektrischer Beziehung sind wegen der zerstörenden Wirkung der Oberflächenentladungen die Isoliersteile so zu bemessen, daß man unterhalb der sogenannten Glimmspannung arbeitet; denn das bei den Glimmentladungen entstehende Ozon und Stickstoffdioxyd schädigen Isolierstoffe aus organischen Substanzen bis zur Zerstörung. Von den für diese Zwecke erwähnten Isolierstoffen mag als bemerkenswert hervorgehoben werden die Herstellung von Mikanit mit Hilfe des neuen synthetischen Harzes Glyptal[19]; derart hergestellte Tafeln waren in der Schau ausgestellt und fielen durch einen völlig metallenen Klang auf. Einen weiteren Fortschritt in der Fabrikation stellen Öltuchbänder dar, deren Längsachse unter 45° zu Kette und Schuß des Gewebes verläuft und nahtlos gefertigt sind.

Unter den „Isolierstoffen für Meßgeräte", über die H. Palm sprach, kommen wesentlich neue Isoliermaterialen nicht in Betracht. Jedenfalls ist die Anwendung von Elfenbein und Bernstein, die der Vortragende recht ausführlich behandelte, für den allgemeinen Apparatebau nur von untergeordneter Bedeutung. Neuerdings hat sich Glas bei einigen Ausführungen recht gut bewährt, so zum Beispiel bei elektrostatischen Voltmetern für hohe Spannungen oder auch in den bekannten Minoskondensatoren. In der Hochspannungs-Meßtechnik tritt die Verwendung komprimierter Gase immer mehr in den Vordergrund, da die Durchschlagfestigkeit der Gase proportional mit dem Druck ansteigt, die Dielektrizitätskonstante dabei aber nur wenig über 1 wächst und die dielektrischen Verluste gleich Null sind. Gegenwärtig bereitet aber die hinreichende Abdichtung der Gefässe eine gewisse Schwierigkeit, die der weiteren technischen Ausnutzung (zum Beispiel in Schaltern anstelle von Öl) noch hemmend entgegensteht.

L. Bleser behandelte „Isolierstoffe für Verlegungsmaterial und Leitungen". Als Material für die Verlegung von Leitungen kommen in erster Linie isolierende Teile aus Porzellan und Preßmaterial zur Verwendung. Dabei ist der konstruktiven Durchbildung dieser Stücke Beachtung zu schenken, um den Einfluß der Luftfeuchtigkeit zum Beispiel bei den Abzweigdosen und -kästen fernzuhalten. Bei Verlegung unter Putz hat sich Gummirohr recht gut bewährt, wenn es auch bei längerer Lagerung spröde und brüchig wird und dann seine vorteilhaften Eigenschaften einbüßt. Ein Lackanstrich bei mancher Ausführung ist nicht als Isolation im Sinne der VDE-Vorschriften anzusehen und kann nur als Schutz metallener Teile dienen. Bei der Verlegung sind die bestehenden Errichtungsvorschriften zu berücksichtigen.

Über „Die Mineralöle in der Elektrotechnik" sprach G. Stern. Die technisch verwertbaren Arten des Mineralöles können erst durch weitgehende Raffination des Erdöles gewonnen werden. Dies bedingt bei der recht verschiedenen Herkunft des Rohmaterials die Einhaltung ganz bestimmter Eigenschaften, die in den bekannten Vorschriften festgelegt sind; dadurch erhält man die Gewähr eines für elektrotechnische Zwecke geeigneten Mineralöles. Neben der hohen elektrischen Festigkeit machen noch eine Reihe anderer Eigenschaften das Mineralöl gegenwärtig zu einem wertvollen Isolierstoff des Elektrotech-

[19]) Gen. Electr. Rev. 1926, S. 757; vgl. a. E. u. M. 1927, S. 604.

Digitized by Google

nikers. Die leichte Beweglichkeit des Öles bewirkt innerhalb eines Apparates bei zweckentsprechender Konstruktion einen zwanglosen Abtransport der bei jeder Konstruktion unvermeidlichen Wärme; denn die erwärmten Teile steigen in die Höhe und gelangen durch diese Zirkulation zu thermisch weniger beanspruchten Stellen des Apparates. Eine lokale Überhitzung wird dadurch unterbunden. Aus diesem Grunde ist auch bei Ölwandlern ein gelegentlicher Durchschlag weit weniger bedenklich als in einem Massewandler, in dem sich der Durchschlagskanal meist nicht selbstständig schließt und mit den verkohlten Teilen eine weitere Gefährdung bildet. Von der Löschwirkung des Öles auf den Lichtbogen macht man gegenwärtig bei den Ölschaltern weitgehend Gebrauch. In Zusammenhang hiermit dürfte auch die Beobachtung stehen, daß der Durchschlag unter Öl mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung erfolgt, so daß manche betriebsmässig vorkommenden Überspannungen auf diese Weise durch das Öl aufgenommen werden können.

Neben den großen Vorzügen hat man sich aber auch mit verschiedenen Nachteilen der Mineralöle abzufinden. Zunächst sind sie brennbar und stellen daher stets eine gewisse Gefahr dar. Sodann bilden die gasförmigen Zersetzungsprodukte des Öles im Lichtbogen entzündbare Gasgemische; ferner neigt das Öl besonders im warmen Zustande zur Sauerstoffaufnahme und scheidet die oxydierten Teile als Schlamm aus. Die Frage, auf welche Weise man von vorneherein ein sicheres Urteil über die Neigung des Öles zur Schlammbildung abgeben kann, ist zur Zeit noch recht umstritten und hat bekanntlich in den letzten Jahren zu zahlreichen Veröffentlichungen Anlaß gegeben. Auch die Feuchtigkeitsaufnahme des Öles aus der umgebenden Luft ist bedenklich; über die Einwirkung dieser aufgenommenen Feuchtigkeit auf die elektrische Wertigkeit des Öles vertritt der Vortragende eine von den bisher üblichen Anschauungen abweichende Auffassung. Danach nehmen die in jedem technischen Öl vorhandenen Fasern die Feuchtigkeit auf und stellen sich zwischen den Elektroden in die Richtung der Kraftlinien ein, wodurch die bedeutende Abnahme der elektrischen Festigkeit zu erklären sei[20]).

„Die Isolierstoffe in der Fernmeldetechnik" lagen dem Vortrage von H. Görsdorf zugrunde. Auf dem Gebiete der Fernmeldetechnik werden von den Isolierstoffen im allgemeinen geringere Festigkeitseigenschaften verlangt, die von den bekannten Materialien ohne Schwierigkeit eingehalten werden können. Größerer Wert wird auf eine gute Bearbeitbarkeit gelegt. Besonders für die stets sichtbaren Konstruktionsteile wird eine gute Politurfähigkeit der Oberfläche zur Bedingung gemacht. Beim Stanzen, Bohren, Drehen und Gewindeschneiden müssen sich saubere und glatte Schnittflächen erzielen lassen ohne erhebliche Abnutzung der Werkzeuge. Bei geschichtetem Material darf kein Abblättern eintreten; in dieser Hinsicht bereitet gegenwärtig das Stanzen stärkerer Platten noch gewisse Schwierigkeiten. Bei dem verwendeten Isolierpreßmaterial ist im allgemeinen eine Nachbearbeitung nicht erforderlich. In chemischer Beziehung müssen die Isolierstoffe frei von schädlichen Säuren und Salzen sein wegen der Korrosionsgefahr für benachbarte Metallteile, die sich bei elektrischer Beanspruchung noch erheblich erhöht. Aus diesem Grunde hat man beispielsweise Fiber mit Chlorzinkgehalt ausscheiden müssen. Der Vortragende streifte in diesem Zusammenhange auch die bisher ungeklärte Frage, ob gelegentliche Hautentzündungen auf den Bakelitgehalt gewisser Isolierstoffe zurückgeführt werden müssen.

In Bezug auf die Wärmebeständigkeit werden nicht allzu hohe Anforderungen gestellt, da durch die Anwesenheit metallischer Teile in den Konstruktionen für eine gute Wärmeableitung gesorgt ist. Die Isolierstoffe sollen aber nicht leicht entflammbar sein und nicht explosionsartig brennen.

In elektrischer Beziehung treten die Werte der Durchschlagfestigkeit, die bei der Reichspost[21]) nur bei geschichtetem Material unter 0·5 mm Stärke und bei den für Sendeanlagen bestimmten Isolierstoffen ermittelt werden, zurück gegenüber dem Isolationswiderstand, der mit konischen Metallstiften von 5 mm Durchmesser in entsprechenden Bohrungen des Isolierstoffes von 15 mm Mittelabstand bestimmt wird. Die Werte werden ermittelt 20 s nach Anlegen einer Prüfspannung von 110 V. Dem Einfluß der Feuchtigkeit auf das Isoliermaterial wird Rechnung getragen durch eine ein- oder viertägige Lagerung bei 80 vH relativer Feuchtigkeit. Von gleicher Wichtigkeit ist auch die Bestimmung der dielektrischen Verluste, die besonders bei Hochfrequenz zu berücksichtigen sind, da die hierdurch hervorgerufene Dämpfung wesentlich bestimmend für die Reichweite ist. Die Prüfung erfolgt bei einer Kreisfrequenz $\omega = 5000$ und einer relativen Feuchtigkeit von 65 resp. 80 vH.

„Die Isolierstoffe für Freileitungen" behandelte G. Schendell vom Standpunkte der Betriebserfahrungen. Während die Versuche, geschmolzenen Basalt diesen Zwecken dienstbar zu machen, bisher gescheitert sind, steht gegenwärtig als Werkstoff für die Isolatoren das Porzellan an erster Stelle. In neuerer Zeit haben Steatit und auch Steinzeug wegen überragender Festigkeitseigenschaften an Bedeutung gewonnen, doch bleibt ihre volle Ausnützung noch der weiteren Entwicklung überlassen. Die bereits in einem früheren Vortrage behandelten Stützisolatoren haben sich bis zu 10 kV ohne Schwierigkeit im praktischen Betriebe bewährt. Darüber hinaus

[20]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1010.

[21]) Es würde sich empfehlen, daß die nicht allgemein bekannten Vorschriften der Deutschen Reichspost einmal von berufener Seite veröffentlicht werden. (Der Ber.)

Digitized by Google

werden in Deutschland für Freileitungen in der Hauptsache Hängeisolatoren verwendet. Bei den Stützisolatoren ist die technische Entwicklung über die Schirmisolatoren (Delta-Isolatoren) zu der Ausbildung der Weitschirm-Isolatoren fortgeschritten. Allerdings hat hier die Frage einer einwandfreien, wetterbeständigen Verbindung der einzelnen Teile lange Zeit große Schwierigkeiten bereitet, die zum Teil durch eine Änderung in der Zusammensetzung der Porzellanmasse und eine Verbesserung der Brenntechnik behoben werden konnten. Hierbei handelt es sich in der Hauptsache um die Vermeidung aller Ursachen, die zur Bildung von Glasurrissen und inneren Spannungen führen können. Der Vortragende verspricht sich für die weitere Entwicklung der Werkstoffe für Freileitungen eine besondere Förderung durch Aufnahme der Feinstrukturforschung und anderer neuzeitlicher Untersuchungsverfahren, um in das Wesen der einzelnen Vorgänge tiefer einzudringen und dadurch zu einer sicheren Beherrschung der Isolierstoffe vorzuschreiten.

Nachdem hiermit die programmäßigen Vorträge ihr Ende gefunden hatten, die zum Teil die bisher vorliegenden und bekannten Prüfvorschriften des VDE einer scharfen Kritik unterzogen, wußten die anschließenden Schlußbemerkungen des Oberbaurates Hoechtl den versöhnenden Ton zu finden, der in gerechter Würdigung der Tatsachen die bedeutsame Verbesserung der Isolierstoffe und Installationsmaterialien durch strenge Handhabung der VDE-Vorschriften hervorhob. Selbst eine durch die zeitliche Entwicklung gebotene Änderung der Prüfvorschriften kann ihren Wert und Erfolg in keiner Weise mindern.

U. Retzow, Berlin.

Die Werkstoffschau, Berlin 1927.[22])

Die in der neuen Automobilhalle am Kaiserdamm zur Aufstellung gelangte Werkstoffschau, ebenso lehrreich als großartig in ihrem Aufbau, befaßte sich mit den Werkstoffen der Gruppen: Stahl und Eisen, Nichteisenmetalle und Elektrotechnische Isolierstoffe.

Sie verfolgte zwei Ziele: Einerseits sollte die Prüfung dieser Werkstoffe nach dem gegenwärtigen Stande der Forschung in der Übertragung in die Praxis vorgeführt werden, andererseits die Verwendungsmöglichkeiten der vorerwähnten Werkstoffe aufgezeigt werden. Die Werkstoffschau gliederte sich daher in eine Prüfschau und in eine Werkstoffübersicht.

In der Prüfschau ist an Hand der ausgearbeiteten Prüfverfahren gezeigt worden, wie die in Betracht kommenden Eigenschaften eines Werkstoffes gemessen werden und wie weit sie von der Zusammensetzung und dem Gefügeaufbau des Stoffes abhängen. Das Ergebnis der Messungen gibt dem Erzeuger von Werkstoffen die Anhaltspunkte für etwaige Verbesserungen der Qualität des Stoffes, dem Verbraucher die Grundlagen für die Berechnung der Konstruktion.

Die Werkstoffübersicht bildete im Zeitpunkt, wo die Veranstaltung der Tagung auf breite Kreise von Verbrauchern in Gewerbe und Industrie wirken sollte, die notwendige Ergänzung. Bei der außerordentlichen Mannigfaltigkeit der auf der Schau behandelten Stoffe — man denke nur an die möglichen Legierungen — lag in der Vorführung der Anwendungsgebiete unter besonderen Hinweis auf richtige und falsche Behandlung des Stoffes der besondere Reiz, der auf den zu belehrenden und anzuspornenden Verbraucher wirken sollte.

Die Raumausteilung in der großen Ausstellungshalle war so getroffen, daß im Mittelfelde zu ebener Erde die Prüfschau der Gruppen „Stahl und Eisen" und „Nichteisenmetalle" untergebracht war, an die sich unmittelbar das Hochspannungsprüffeld für Isolierstoffe und Isolierteile anschloß. In den Seitenhallen um das Mittelfeld zu ebener Erde und auf den Galerien war die Werkstoffübersicht der vorbezeichneten beiden Gruppen aufgestellt. Auf den Galerien hatte schließlich auch die Prüfschau und Stoffübersicht der Gruppe „Isolierstoffe für die Elektrotechnik" Platz gefunden.

In den nachfolgenden Ausführungen kann daher bei dem vorstehend angedeuteten großen Umfang der Schau nur nach Hauptgruppen skizziert werden.

A) Stahl und Eisen.

a) Die Prüfschau umfaßte zunächst die Verfahren für die mechanische, technologische, chemische, metallographische und physikalische Prüfung.

Mechanisch: Zug- und Zerreißversuche, Stauch- und Knickversuche, Biege- und Faltversuche, Kerbschlag, Härteprüfung, dynamische Federprüfung.

Technologisch: Bearbeitbarkeit des Stoffes durch spanabhebende Werkzeuge auf Drehbänken und Bohrmaschinen; Einfluß des Stoffes auf die Haltbarkeit des Werkzeuges; Widerstandsfähigkeit des Stoffes gegen Verschleiß; technologische Proben: Bördel-, Stauch- und Ausbreitprobe; Rohrprüfung; Prüfung von Drähten und Federn.

Chemisch: Probeentnahme, analytische Verfahren zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung der Stoffe; Schnellbestimmung von Kohlenstoff und Schwefel.

Metallographisch: Thermische Analyse und Gefügeuntersuchung, Vorbereitung der Schliffe für die mikroskopische Untersuchung, Ätzen, Gefügebeobachtung durch Mikroskope; Mikrophotographie.

Physikalisch: Längenmessung, elektrische Messung (spezifischer Leitungswiderstand, Temperaturkoeffizient usw.), magnetische Messung (Magnetisierbarkeit), thermische Messung (Aus-

[22]) Unter Benützung des Führers durch die Werkstoffschau und der Druckschrift WT 4.

Digitized by Google

dehnungskoeffizient, spezifische Wärme, Wärmeleitung usw.), optische Messung einschließlich Röntgen-Struktur und -Durchleuchtung.

Anschließend an die Prüfschau: „Wärmebehandlung von Eisen und Stahl". Vorführen des Glühen, Härten, Vergüten usw. von Kohlenstoff- und legierten Stählen in Gas- und neuzeitlichen elektrischen Muffel- und Salzbadestähle[23]).

b) Stoffübersicht. Die wichtigsten Handelsformen von Halbzeug, Abteilungen für Schmiedestücke, Stahlguß, Gußeisen und Temperguß, Flußstahl, Schweißstahl und Automatenstahl, Werkzeugstahl, Sonderstahl (rostfrei, hitzebeständig, legierte und unlegierte Vergütungs- und Einsatzöfen.

B) Nichteisenmetalle.

a) Die Prüfschau zeigte die gleiche Gliederung wie sie vorstehend für „Stahl und Eisen" beschrieben wurde. Interessant war die betriebsmäßige Untersuchung von Lagern, die so angeordnet war, daß die zu prüfenden Lager aus den verschiedenen Metallen und Legierungen nach Möglichkeit den gleichen Beanspruchungen ausgesetzt waren, denen sie im Betriebe unterliegen.

b) Stoffübersicht. Behandelt wurden Kupfer und seine Legierungen, Nickel, Blei, Zinn, Zink, Kadmium, weiters die Leichtmetalle Aluminium und Magnesium mit ihren Legierungen sowie in reichster Darstellung die edlen und seltenen Metalle, einschließlich aller Formen und Verbindungen.

C) Elektrotechnische Isolierstoffe.

a) In der Prüfschau soll besonders das elektrische Hochspannungsprüffeld erwähnt werden.

Es diente der Vorführung von Durch- und Überschlagsversuchen an Isolierstoffen und Isolierteilen. Die Trockenprüfung von Hochspannungsisolatoren wurde zunächst mittels einer Prüftransformatorenanlage für eine Million Volt Wechselstrom ausgeführt und die Durch- und Überschlagsprüfung gegen atmosphärische Entladungen (Blitz) mit Gleichstromstößen von einer Million Volt gezeigt. Zu diesem Behufe wurde Wechselstrom mittels eines Gleichrichters in Gleichstrom umgewandelt und dieser in einer Kondensatoranlage auf eine Million Volt gespannt. Weiters wurden Untersuchungen von Isolierteilen mit Wechselspannung bis eine Million Volt bei Hochfrequenz ausgeführt. Schließlich wurden Hochspannungsisolatoren gleichzeitig elektrischen und mechanischen Beanspruchungen (Zug, Biegung und Torsion) unterworfen.

b) In der Stoffübersicht wurden vorgeführt: Glimmer, Mikanit, Hartpapier und Fiber; Ölstoffe und Isolierlacke; gummifreie Isolierstoffe gummihältige Isolierstoffe. Hiezu kamen noch die keramischen Isolierstoffe und die Natursteine. Das Sensationsstück bildete eine Porzellandurchführung für 500 000 V von einer Baulänge von 5·3m.

Der Berichterstatter möchte nach dem Vorhergesagten noch dem Gedanken Ausdruck verleihen, daß die einzigartige Verbindung von Vortrag mit Beweisführung und Demonstration am Werkstück, wie sie die Werkstofftagung Berlin 1927 bot, als eine überaus wertvolle Neuerung bezeichnet werden muß. Die Tagung war geradezu von einem hohen Idealismus der deutschen Industrie getragen. Die freimütigen Berichte über Forschungs- und Werkstattarbeit, der Verzicht auf Namensnennung des Erzeugers bei technisch wertvollen Schaustücken, die Bereitwilligkeit der Firmen, erfahrene Fachmänner ständig zu Besprechungen über Werkstoffragen, zur Durchführung und Erklärung der Versuche und zum Austausch von Erfahrungen innerhalb der Werkstoffschau zur Verfügung zu stellen und hiemit die Möglichkeit zu bieten, auch außerhalb der Vorträge in zwanglosen Besprechungen das Wissen vom Werkstoff und seinen Eigenschaften weitesten Kreisen zugänglich zu machen, zeugen für diesen Idealismus.

Wenn in einer der vorbereitenden Schriften zu dieser Tagung gesagt wird, „es solle deutscher Stahl, deutsches Eisen und deutsche Metalle gezeigt werden", so verrät dieser Satz den Stolz der in der technischen Welt weit voranschreitenden deutschen Industrie, die durch diese Tagung wieder den Beweis erbracht hat, daß ihr auch in der Weltwirtschaft eine Führerrolle zukommt.

Die Werkstofftagung Berlin 1927 wird auch späterhin als Zeichen des Triumphes der deutschen Arbeit gewertet werden und es wird wohl kaum einen Besucher dieser Tagung gegeben haben, der nicht in seinem Wissen reich beschenkt, von ihr geschieden ist.

Min.-Rat Ing. Alfred Deinlein, Wien.

[23]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 311; 1923, S. 695; 1924, S. 234; 1925, S. 451, TWN, S. 347.

Die 4. Tagung der Internationalen Konferenz der großen elektrischen Hochspannungsnetze in Paris, 23. Juni bis 2. Juli 1927.

Die Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension hat sich die Aufgabe gestellt, alle Fragen technischer und wirtschaftlicher Natur zu behandeln, die sich auf die Erzeugung, Fortleitung und Verbilligung hochgespannter elektrischer Energie beziehen. Die Conférence umfaßt also ein viel größeres Arbeitsprogramm als der Titel im ersten Augenblick vermuten läßt. Sie bezweckt vor allem, den bei den Tagungen zusammentreffenden Fachleuten durch Berichte und Diskussionen Gelegenheit zum Austausch ihrer Erfahrungen über die Fragen der Hochspannungskraftübertragung zu geben, ohne daß besondere Vorschriften oder Regeln aufgestellt werden.

Im Jahre 1921 fand die erste Tagung der Conférence statt; die Tagungen wiederholen sich regelmäßig nach zwei Jahren. Die diesjährige, unter dem Ehrenvorsitz

Digitized by Google

von Prof. Blondel (Paris), Prof. Dr. O. Mailloux (New York) und Prof. Semenza (Mailand) abgehaltene vierte Tagung[1]) hat sich bereits mit den Vorarbeiten für die im Jahre 1929 in der Zeit zwischen dem 15. Mai und 15. Juni stattfindende Zusammenkunft befaßt.

Die Versammlungen zu der Conférence finden immer in Paris statt und die stets zunehmende Zahl der vertretenen Länder zeigt das wachsende Interesse an diesen Tagungen; 1921 waren 12 Länder vertreten mit 231 Teilnehmern, 1923 deren zwanzig, 1925 sind es 27 und in diesem Jahre waren 28 Länder mit 544 Teilnehmern in Paris vertreten.

Um den ständigen Zusammenhang mit dem in Paris befindlichen Generalsekretariat herzustellen, wurden in den einzelnen Staaten National-Komitees gebildet, ähnlich wie es später auch bei der Organisation der Weltkraftkonferenz geschah. Solche National-Komitees bestehen in den Vereinigten Staaten, in der Schweiz, in den Niederlanden, Italien, Rumänien, England, Japan und Polen. Während Österreich bereits ein Nationalkomitee für die Weltkraftkonferenz eingesetzt hat, das sich rege an den bezüglichen Arbeiten beteiligt, hat es bisher kein Nationalkomitee für die Pariser Konferenz aufgestellt und ich bin der Meinung, daß das Versäumte ehestens nachzuholen ist. Die Einstellung der die Tagung leitenden Herren gegenüber dem österreichischen Vertreter war die denkbar freundlichste und kam besonders darin zum Ausdruck, daß demselben auch der Vorsitz an einem der Vortrags- und Beratungstage eingeräumt wurde.

Wie bei den früheren Tagungen, wurde auch diesmal das System der Generalberichterstatter gewählt, ein Vorgang, den auch die Baseler Tagung des Weltkraftkongresses in glücklicher Weise annahm.

Entsprechend den drei Sektionen, die die Conférence umspannte und zwar: Material und Betrieb von Zentralen und Transformatorstationen, Konstruktion und Isolation der Leitungen, Betrieb der Netze, waren drei Generalberichterstatter erstellt, die sich in die eingelaufenen 77 Berichte teilten; von diesen haben 60 Berichte Gelegenheit zur Diskussion gegeben.[2]) Dieser Vorgang in der Behandlung der Berichte läßt genügend Zeit für die Diskussion und gerade darin liegt der große Wert des Systems. Das einfache Ablesen der Berichte, wie dies auf der ersten Londoner Tagung der Weltkraftkonferenz stattfand, konnte nur in Einzelfällen zu einer Diskussion derselben führen, da eben der die Materie zusammenfassende und die Diskussion auch meistens leitende Generalberichterstatter fehlte.

Über den die Technik der Isoliermittel betreffenden Teil der Vorträge wurde in der Zeitschrift bereits berichtet[3]). Über die übrigen Vorträge soll in einem späteren Zeitpunkt hier ein Bericht veröffentlicht werden; man wird daraus erkennen, wieviel nützliche Arbeit in den zwölf Sitzungen dieser Tagung geleistet wurde.

In der Schlußsitzung wurde unter anderem beschlossen, die im Jahre 1925 geschaffenen Komitees weiter bestehen zu lassen und zwar 1. für „rationelle Verbrennung", 2. für Erstellung einer internationalen Statistik für die Elektrizitäts-Erzeugung und Verteilung.

Außerdem wurden neue Komitees zur Bearbeitung der nachstehenden Materie eingesetzt: 1. Transformatorenöle, 2. Isolierstoffe, 3. Qualitätsmarke, 4. Hochspannungskabel, 5. Parallelarbeiten von Zentralen, 6. Ölschalter, 7. Verbesserung des Leistungsfaktors.

In besonderen Resolutionen hat die Conférence Ehrungen für Prof. Blondel und Prof. Semenza ausgesprochen. Die Tagung war von einer Reihe von Festlichkeiten und Besichtigung großer Anlagen, darunter der Werke Gennevilliers, Saint-Ouen, Eguzon und in den Pyrenäen begleitet.

Da gegenwärtig verschiedene internationale Vereinigungen bestehen, ist es notwendig zu vermeiden, daß derselbe Gegenstand nicht von mehreren Seiten behandelt wird; dies bedeutet eine Zersplitterung und auch Arbeitsvergeudung. Es ist daher sehr erfreulich, daß im Herbste dieses Jahres in Bellagio zwischen den großen internationalen Verbänden eine Vereinbarung erreicht wurde, wonach die leitenden Funktionäre alljährlich zusammentreten und über Programm und Art der Behandlung der Fragen bezw. Zuweisung derselben an die Verbände beraten, um das Befahren von Doppelgeleisen zu vermeiden.

Es wird an der Zeit sein, daß Österreich an die Schaffung seines National-Komitees geht, um auch in diesem großen Verband zu Worte und hoffentlich wie bisher durch gute Leistung zur Geltung zu kommen.

Dieser kurze Bericht soll nicht geschlossen werden, ohne der großen Verdienste des Generalsekretärs der Konferenz, Herrn Tribot-Laspière, zu gedenken, die sich dieser um die Durchführung der Tagung erwarb.

Ing. Friedr. Brock.

[1]) Vergl. das Programm der Tagung, E. u. M. 1927, Heft 6, S. 119.

[2]) Ein vollständiger Bericht über diese Tagung ist im Druck. Er ist zum Preise von 200 frcs. beim General-Sekretariat der Conférence (Paris, Boulevard Malesherbes 25) erhältlich.

[3]) Vergl. Heft 40 d. J., S. 831.

Die Volta-Ausstellung in Como.

Es schien ein gewagtes Unternehmen, in kurzer Frist nach der großen Verkehrsausstellung in München abermals eine technische Ausstellung, wenn auch auf einem besonderen Gebiete, zu veranstalten. Die Aufgabe wurde jedoch von der italienischen Verwaltung in äußerst günstiger Weise gelöst und es konnte besonders von der Industrie manches Neue und Anregende gebracht werden. Der Anlaß, die Gedenkfeier für Volta[1]), sowie der für die Ausstellung gewählte Rahmen, die reizend gelegene Villa Olmo in Como mit ihren herrlichen Parkanlagen, schafften die Grundlagen zu schönen Erfolgen.

Die Räume der Villa waren den von fast allen Staaten zur Verfügung gestellten Ausstellungsobjekten vorbehalten.

Die Ausstellung der italienischen Verwaltung war in den Parterreräumen untergebracht.

Ein Saal der italienischen Ausstellung war ausschließlich mit Erinnerungen an Volta, Handschriften, Photographien usw., ausgefüllt. In einer anderen Abteilung wurde der Entwicklungsgang der Erfindung Marconis dargestellt, anschließend eine retrospektive Schaustellung von Telegraphen- und Fernsprechapparaten, unter anderem war der Pantelgraph von Caselli, ein Bildtelegraph nach der Strichmethode, zu sehen, ferner Telegraphen- und Fernsprechapparate für Zwecke der Aeronautik sowie der Marine; im Marconi-Stand war das Modell einer Kurzwellenanlage zu sehen.

Hier sei gleich jenes Teiles der italienischen Ausstellung gedacht, der der Entwicklung der italienischen Wasserkräfte und Elektrizitätswerke gewidmet war. Die großen Stromlieferungsunternehmungen, wie die Società Lombardo, die italieni-

[1]) In dem Bericht von Ministerialrat Ingenieur R. Heider über die Volta-Gedenkfeier in Como (Heft 46 d. J., Seite 956) ist durch einen bedauerlichen Druckfehler der Hinweis entfallen, daß Prof. M. v. Laue, Professor der Physik an der Universität Berlin, im Namen Deutschlands die wissenschaftliche Bedeutung Voltas in einer nach Form und Inhalt gleich hervorragenden Rede gewürdigt und damit den internationalen Reigen der Festreden geschlossen hat.

Digitized by Google

sche Edisongesellschaft, die Società dell' Adamello und viele andere, zeigten in Schaubildern, Zeichnungen, Plänen und Modellen die bereits ausgebauten und die im Bau befindlichen Kraftwerke, Leitungs- und Verteilungsanlagen, sowie die in Aussicht genommenen Erweiterungen dieser Anlagen. Daran schloß sich die Ausstellung des italienischen Verkehrsministeriums über die Elektrisierung der Staatsbahnen und das Arbeitsministerium brachte jene Arbeiten und Veröffentlichungen des hydrographischen Dienstes zur Darstellung, die mit dem Ausbau der Wasserkräfte zusammenhängen. — An Antriebsmaschinen war das Modell einer 45 000 PS Vertikalturbine der Officine Meccaniche Riva in Mailand und das einer 50 000 PS Vertikalturbine von Escher-Wyss-de Pretto, Schio, zu sehen. Dieses Unternehmen stellte auch einen selbsttätigen Regler und Einrichtungen zur selbsttätigen Fernsteuerung aus. Die Compagnia Generale di Elettricità zeigte das Modell eines 36 000 kVA, 9500/11 000 V Drehstromerzeugers mit lotrechter Achse, der zum Zusammenbau mit der oben angeführten Turbine von Riva in einem Kraftwerk in Trentino bestimmt ist, ferner 16 000 kVA, 7/141 kV Transformatoren für die Adamellowerke. Das Tecnomasio Italiano Brown Boveri in Mailand zeigte Hochspannungstransformatoren großer Leistung, Marelli Ercole & Co. in Mailand Verbrennungsmotordynamos für Hilfsantriebe und für Sendestationen, Scotti e Brioschi in Novara unter anderem einen 5000 kVA Autotransformator mit Regelung unter Belastung. Unter den Apparaten und Meßgeräten sind ein Solenoidsteuerapparat mit 4000 kg mittlerer Zugkraft und einem Hub von 8 cm in 0·2 sec, ein Ölschalter für 15 000 V und 600 A, Synchronwähler und ein Trennschalter für 230 000 V von Ing. Magrini in Bergamo anzuführen. Kabel, besonders für Telephonleitungen, stellte außer den Kabelfabriken von Křižik, in Preßburg und in Kladno, die bekannte Kabelfabrik Pirelli aus, die auch ihre Unterseekabel zeigte. Unter den Ausstellern von Isolatoren und dergleichen ist neben italienischen Firmen auch die Porzellanfabrik Merkelsgrün (Tschechoslowakei) zu erwähnen.

In der schwedischen Abteilung erregte unter anderem ein beleuchtetes Tableau, welches die Dichte der schwedischen Fernsprechanlagen und -Netze zur Anschauung brachte, allgemeine Aufmerksamkeit. Die schweizer Verwaltung brachte ausgezeichnete Photographien über den Leitungsbau und technische Einrichtungen; hervorzuheben wäre hier die Darstellung der ersten Telephonzentrale in Genf aus dem Jahre 1883.

Im ersten Stockwerke waren die Expositionen von Frankreich, Amerika, Niederlande, Deutschland, England untergebracht. Ältere und jetzt im Betriebe stehende Einrichtungen wurden teils im Bilde, teils als Modelle und auch in ihrer wirklichen Gestalt und Verwendung gezeigt und boten einen Überblick der Entwicklung. In der deutschen Abteilung erregte der alte Telegraphenapparat von Steinheil aus dem Jahre 1836, weiters das Magnetladesystem von Gauß aus dem Jahre 1833 und der Sömmering-Telegraphenapparat mit der ihn charakterisierenden Ausnützung der Wasserzersetzung durch den elektrischen Strom, besonderes Interesse, in der französischen Abteilung der Nadeltelegraph von Breguet 1844, ein Modell des Chappschen Telegraphen 1792, der erste Baudotapparat, verschiedene historische Meßinstrumente, in der englischen Abteilung unter anderem ein Modell der Antennenanlage der Radiostation von Rugby.[2])

Von der österreichischen Verwaltung waren im zweiten Stockwerk einige historisch interessante Stücke ausgestellt worden, die auf Österreichs Anteil an der Entwicklung der Schwachstromtechnik hinweisen. Davon seien angeführt: Eine Voltasäule, welche die erste Beleuchtung des Etablissement Konstantinhügel im Prater besorgte (1886); eine Anzahl Apparate des österreichischen Telegraphendirektors Dr. Gintl, darunter ein Schema für seine ersten Versuche einer Duplextelegraphie in den Jahren 1849 bis 1856; ein Hughes-Apparat mit der neuen Verbesserung, System Linninger, zur Vermeidung der A—Z-Verstellung; ein Telephonumschalter für zehn Fernsprechleitungen der Wiener Privattelegraphengesellschaft aus den Jahren vor 1878; eine Nachbildung der ersten Verstärkerröhre von Lieben und eine Versuchseinrichtung für sein Telephonrelais (1910)[3]). Bemerkenswerte moderne Ausstellungsobjekte waren: Ein Gesellschaftapparat der halbautomatischen Normaltype für Zentralenbatteriesystem, wie er in Wien verwendet wird, und ein kompletter Zweidrahtverstärker von Siemens & Halske aus dem Jahr 1926. Zahlreiche Lichtbilder, Pläne und Tabellen gaben über Österreichs Telephon- und Radiowesen Aufschluß. Eine kurz gefaßte Begleitschrift in vier Sprachen diente als wertvoller Wegweiser in der österreichischen Ausstellung.

Im gleichen Stockwerk war die Abteilung der ungarischen Verwaltung, darunter ein schönes Modell der Radiostation Czepel, untergebracht.

Von der tschechoslowakischen Verwaltung wurden verschiedene Bilder über Telegraphen- und Fernsprecheinrichtungen und einige Modelle über Hochspannungsanlagen zur Verfügung gestellt.

In den Seitentrakten der Villa war die Elektroindustrie untergebracht. Nebst einer reichlichen Auswahl von automatischen und manuellen Apparaten war dort eine sehr reichhaltige Zusammenstellung von Telephonbaumaterial, Batterien, Transformatoren, Isolatoren und sonstigen Telegraphen- und Fernsprecheinrichtungen. Vielfach wurden auch Apparate und ganze Zentraleinrichtungen in ihrer Verwendung vorgeführt, um die Vorteile der verschiedenen Konstruktionen praktisch zu zeigen.

Die Standard Electric Italiano in Mailand hatte sich mit einer kompletten 5 kW-Radiostation für Telephonübertragung mit einer kleinen Antennenanlage ausgezeichnet; die in einem kleinen Nebenraum veranstaltete Musikaufführung wurde von dort ausgestrahlt, von den Empfangsanlagen wieder aufgenommen und durch Lautsprecher übertragen, so daß man den Vorgang in der Sende- und Empfangsanlage an Ort und Stelle genau beobachten konnte.

R. Heider, Wien.

Die Ausstellung der Siemens & Halske A.-G.

Als ein Glanzpunkt der historischen Ausstellung für Telegraphie und Telephonie in Como ist die Ausstellung der Firma Siemens & Halske A.-G. zu werten, deren Tätigkeit bekanntlich mit der Entwicklung der Fernmeldetechnik von Anfang bis auf den heutigen Tag aufs engste verknüpft ist. Es ist der Firma vortrefflich gelungen, auf ihrem Austellungsstand ein geschlossenes und einheitliches Bild des Entwicklungsganges dieses wichtigen Zweiges der Elektrotechnik zu geben. Die Reihe der interessanten Schauobjekte beginnt mit dem im Jahre 1846 von Werner Siemens konstruierten Zeigertelegraphen für Batteriebetrieb mit Selbstunterbrechung, der seinerzeit das Interesse der preußischen Telegraphenkommission weckte und sie veranlaßte, den elektrischen Telegraphen an Stelle des optischen in Deutschland einzuführen. Im Jahre 1856 folgte ihm ein Zeigertelegraph für Betrieb mit Induktionsströmen, die ein Magnetinduktor lieferte. Der hiefür konstruierte Doppel-T-Anker fand später eine ungeahnte Verbreitung hauptsächlich als Anruforgan für Fernsprechapparate. Die Früchte der Arbeiten von Werner Siemens in der Richtung hoher Telegraphiergeschwindigkeit sind in den Apparaten des automatischen Telegraphensystems für die Russischen Staatstelegraphen verkörpert. Der Morse-Reliefschreiber mit Selbstauslösung und Translationseinrichtung sowie der Dreitasten-Schriftlocher für den Sendestreifen, beide 1853 entstanden, geben auf der Ausstellung ein Bild der Wandlungen und Fortschritte schon in der kurzen Zeit

[2]) Vergl. „Die Radiotechnik", 1927, S. 68.

[3]) Vgl. „Die Radiotechnik", 1927, S. 58.

Digitized by Google

des Bestehens der elektrischen Telegraphie. Die weiteren neuzeitlichen Entwicklungs-Einrichtungen für Schnelltelegraphie zeigen dann einerseits das Siemens-Schnell-Morsegerät, Modell 1922 (Übertragung mit Hilfe eines Lochstreifens, Sender und Empfänger mit Motorantrieb), von den Typendruckern andererseits ist ein Siemens-Schnelltelegraphen-Endamt (Modell 1912) gezeigt, mit dem es möglich ist, bis zu 1000 Zeichen in der Minute zu übertragen und am Empfangsort in Letternschrift wiederzugeben. Ein Tasten-Schnelltelegraph (Modell 1924), bei dem Sende- und Empfangsmechanismus nur für die Dauer eines Zeichens mit dem antreibenden Organ gekuppelt sind (Start-Stop-Prinzip), ist ein Typendrucker hoher Betriebssicherheit für Linien, deren Verkehr nicht so stark ist, daß auf ihnen ein Dauerbetrieb mit dem vorgenannten Schnelltelegraphen durchführbar wäre. Die Entwicklung in der Richtung der Morsetelegraphie zeigt endlich ein Drehspulen-Schnellschreiber (Modell 1925), der sich auch als Undulator im drahtlosen Fernbetrieb besonders gut bewährt hat, weil sich die unvermeidlichen atmosphärischen Störungen bei ihm in der Schrift nicht bemerkbar machen.

1851 hat Werner Siemens die erste Feuer- und Polizeimeldeanlage (in Berlin) errichtet. Davon gibt das Modell eines Feuermelders mit Uhrwerk (1851), dann Geber und Empfänger eines alten Polizeitelegraphen Zeugnis. Aus späterer Zeit (1870) stammt ein Geber für Wächterkontrolle und Feuermeldung. Ihnen gegenüber stehen als neuzeitliche Anlagen: eine Feuermelde-Anlage mit dem Siemens-System III, dann eine Polizeimeldeanlage für zwei Linien mit Straßen- und Privatmeldern und vollständigem Raumschutzmaterial, ferner eine Wächterkontrollanlage. Hier mag auch der interessanten Einrichtungen für Übermittlung der Zeit mit Hilfe der Elektrizität gedacht sein. (Siemens-Nebenuhr, eine neuzeitliche Relais-Hängehauptuhr mit eingebautem Stromwenderelais, eine Schiffshauptuhr und eine vollständige Uhrenzentrale für vier Linien, sowie Zeitstempel oder Arbeitszeitkontrollapparate.)

Die Entwicklung des Fernsprechers und der Fernsprechanlage wird gezeigt an Hand des ersten 1877 von Siemens & Halske nach der Konstruktion von Bell ausgeführten Telephons, dann sieht man im Original das von Siemens durch Einführung eines Hufeisenmagneten statt des von Bell verwendeten Stabmagneten wesentlich verbesserte Telephon. Die weitere Entwicklung zeigen Ausführungsformen des Telephons aus dem Jahre 1878 bis 1880, verschiedene Typen des Mikrophons, das erste Mikrotelephon (1888), sowie Blitzableiter (Platten-, Stangen-, Luftleerblitzableiter). Anzuführen sind noch die Hebellinienwähler (für Privatanlagen ohne Vermittlungszentrale), dann die hauptsächlich im Eisenbahnbetrieb verwendeten Linienfernsprecher für Einzelanruf, endlich die für den Betrieb von Überlandkraftwerken so außerordentlich wichtigen Fernsprechanlagen mit Schutz gegen Hochspannung.

Obwohl die automatische Telephonie ein Kind der Neuzeit ist, gibt die Ausstellung in Como doch ein überaus lehrreiches Bild der Entwicklungsarbeit auf diesem Gebiete. Schon die Zusammenstellung der Stationen, von der ersten, im Amt Hildesheim 1907 verwendeten Form bis zu der des letzten Modells (1927) zeigt, welch große Fortschritte im Fertigungsverfahren, in der Verringerung des Gewichts, des Umfanges und in der Formgebung erzielt werden. Fast noch eindringlicher erkennt man das aus der Zusammenstellung der Hebdrehwähler und Drehwähler. Die Vorgänge bei der Wahl usw. können an betriebsmäßig ausgeführten Modellen einer Zentrale für öffentlichen Verkehr (Fernwahl mit Wechselstrom) und an Ämtern in Netzgruppen verfolgt werden.

Für die Entwicklung der Fernkabeltechnik ist die Erfindung der Guttaperchapresse durch Werner Siemens von grundlegender Bedeutung geworden. Eine Kopie dieser Presse befindet sich auf der Ausstellung in Como. Die Entwicklung des Kabelbaues wird erläutert durch verschiedene Kabelmuster älterer Ausführungsformen. Ferner sind ein Konsolenendverschluß älterer Form sowie Pupinfreileitungsapparate in den verschiedenen Formen ihrer Entwicklung ausgestellt. Zum Ausgleich des störenden Nebensprechens bei Fernkabeln dienen besonders kleine Ausgleichkondensatoren, in Muffen untergebracht, mit denen die Kapazitäts-Unsymmetrien zwischen den Adern eines Fernsprechkabels ausgeglichen werden. Auch bei Fernsprechseekabeln findet das System der Pupinisierung Anwendung, nachdem es gelungen ist, die erforderlichen Pupinspulen in biegsamen Spulenstücken unterzubringen, welche die Verlegung des Kabels mit den eingespleißten Spulenstücken ohne weiteres gestatten. Ein 1000 paariges Fernsprech-Röhrenkabel mit Papierisolation und blankem Bleimantel zeigt endlich die Art, in der heute Fernsprechkabel für Stadtnetze gebaut und an die Garnituren (Linien- und Kabelverzweiger, Endverschlüsse) anmontiert werden. Als Vertreter des letzten in der Kette von Gliedern, die heute einen Fernsprechbetrieb mit guter Verständigung auch über weite Strecken ermöglichen, ist ein Doppelrohr-Zwischenverstärker für Freileitungen mit Rufeinrichtung gezeigt; sie können mit Einrichtungen versehen werden, so daß das Zünden und Löschen des Verstärkers von den Endämtern oder anderen Zwischenämtern aus erfolgen kann.

Ein Bild von den Fortschritten in der Radiotechnik geben verschiedene ausgestellte Formen von Verstärkerröhren, sowie die neueren Konstruktionen der Lautsprecher[4]).

Die Fernmeldetechnik hätte sich nicht zu dem Grad der Vollkommenheit entwickeln können, den sie heute erreicht hat, wenn sie des zuverlässigen Meßgerätes hätte entbehren müssen. So sieht man auch hier neben der Frankeschen Maschine zur Erzeugung von sinusförmigem Wechselstrom von Frequenzen zwischen 300 und 2400 Hertz eine Reihe von Meßgeräten älterer und neuerer Konstruktion, die für die Fernmeldetechnik Bedeutung haben. Erwähnt seien hier eine Wheatstonesche Schleifdraht-Meßbrücke mit Galvanoskop und Universalgalvanometer (von Siemens & Halske Anfang der siebziger Jahre gebaut), dann ein Multiplikator (1873) mit Kokonaufhängung zum Nachweis schwacher Ströme, ein vierspuliges Spiegelgalvanometer mit Glockenmagneten (1877) und magnetischer Kompensation für Kabelmessungen, dann das Präzisions-Millivolt- und Milliamperemeter (1894) (moderne Ausführungsform mit 10 Ohm, Angaben von der Temperatur unabhängig). Eine besondere Form von Instrumenten wurde in der jüngsten Zeit durch die Instrumente der „Z-Type" geschaffen; wegen des geringen Gewichtes und der kleinen Ausmaße für die Reise bei der Montage und im Laboratorium geeignet, lassen sie sich in beliebiger Zusammenstellung in leicht transportablen Meßkoffern unterbringen. Neben Meßbrücken zum Messen kleiner und großer Selbstinduktionen und von Kapazitäten, einer vollständigen Meßschaltung für Isolations-, Kapazitäts- und Fehlerortsmessungen an Kabeln ist endlich noch ein Spiegelgalvanometer moderner Ausführung für Ablesung mit Fernrohr und Skala oder für Lichtzeiger-Ablesung zu erwähnen.

C. Stein, Spandau.

[4]) Vgl. „Die Radiotechnik", 1927, S. 108.

Digitized by Google

Chronik.

Dr. Ing. Alfred Wichert†

Mit Dr. A. Wichert, der am 21. Oktober d. J., 46 jährig, in Zürich nach längerem Leiden aus dem Leben geschieden ist, verschwindet eine der markantesten Erscheinungen aus der elektrischen Zugförderungspraxis des Deutschen Reiches.

Wichert, in Castel bei Mainz geboren, war nach Absolvierung der Technischen Hochschule Hannover zunächst in Berlin in der Bahnabteilung der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft und der Siemens-Schuckertwerke in Stellung und hernach im Auftrag der letzteren Firma in Paris bis unmittelbar vor Kriegsausbruch tätig. Nach dem Krieg, den er als Nachrichten-Offizier mitmachte, trat er nach einer vorübergehenden Tätigkeit beim Dynamowerk der Siemens-Schuckertwerke im März 1920 als Leiter der Bahnabteilung in die Dienste der Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim-Käfertal. Diese Stellung, in der er bis zum Direktor vorrückte, hatte Wichert bis zu seinem Tode inne.

Wicherts Lebensarbeit bildet das Gebiet der elektrischen Zugförderung. Unter dem Eindrucke der Triebwerkstörungen, wie sie bei den ersten elektrischen Lokomotiven der Preussisch-Hessischen Staatsbahnen mit direktem Stangenantrieb auftraten, veröffentlichte er 1914 eine Studie „Über den Einfluß des Lagerspiels bei Kurbelgetrieben elektrischer Lokomotiven", in dem er unabhängig von anderen Autoren eine der Hauptursachen der Schüttelschwingungen und deren zerstörende Wirkung auf das Triebwerk erkannte. Die Schüttelschwingungen standen zeitlebens im Vordergrund von Wicherts persönlichem Interesse und ganz besonders wertvoll sind die Beiträge, die er zur theoretischen Klärung dieses Problems geliefert hat. Diese Arbeiten hat er 1924 zusammengefaßt als „Theorie der Schüttelschwingungen und Untersuchung der Schüttelerscheinungen von elektrischen Lokomotiven mit Parallelkurbelgetrieben" herausgegeben.

Die Konstruktion elektrischer Lokomotiven und Triebwagen hat Wichert schöpferisch durchgearbeitet. Sehr interessant ist sein Versuch, die Lokomotiven für einphasigen Wechselstrom unter Benützung zweier Motorgrößen verschiedener Polzahl jedoch gleicher Polteilung (Einheitspol) zu einer Reihe für alle praktisch vorkommenden Leistungen bezw. Zugkräfte und Geschwindigkeiten zusammenzufassen, für die sich das Verhältnis $1 : \sqrt{2}$ als natürliche Steigerungsziffer ergab. Reiche Betätigung fand Wicherts konstruktives Geschick beim Entwurf der 1 C 1-Personenzugslokomotiven (Reihe E 3206) und der 1 D_0 1-Schnellzugslokomotiven (Reihe E 1601) für die Gruppenverwaltung Bayern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft sowie deren Triebwagen und jener der Hamburger Vorortbahn.

Von Wicherts konstruktiven Schöpfungen auf dem Gebiete des Bahnapparatebaues sind noch zu nennen: ein Wechselstromschütz und eine Steckerkupplung zum Kuppeln der Steuerleitungen. Ferner sei hier erwähnt: eine Triebwerksanordnung unter vereinigter Anwendung des flachen Kuppelrahmens und der flachen Schrägstange, eine Faltenbalgverbindung für künstlich belüftete Achsmotoren in Tramaufhängung, eine Anlaßvorrichtung von Hilfsmotoren auf elektrischen Fahrzeugen und eine Hörnerschmelzsicherung für Bahnfahrzeuge.

Außerordentlich fruchtbar hat sich Wichert auch auf dem Gebiete des Fahrleitungsbaues betätigt. Eine Oberleitungsdrahtklemme und eine Klemme für schiefstehende Hängedrähte, ferner die konstruktive Durchbildung der leitenden Verbindung zwischen Tragdraht und Fahrdraht, eine selbsttätig nachspannbare Kettenfahrleitung, ferner die gleichsinnige Zickzack-Führung des Fahrdrahtes mit dem Tragdraht und die windschiefe Kettenfahrleitung ohne Nachspannvorrichtung mit abschnittweiser Vertauschung von Fahrdraht und Tragseil sind Neuerungen von großer praktischer Tragweite. Zahlreich sind seine Veröffentlichungen in den einschlägigen Fachzeitschriften.

Wicherts Tod, für alle unerwartet, bedeutet für die Elektrotechnik und die elektrische Zugförderung einen schweren Verlust. Sein Name wird mit der Entwicklung der elektrischen Zugförderung stets aufs engste verknüpft sein. —ks—

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, statt.

Mittwoch, den 11. Jänner 1928, um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Obering. A. Palm (Frankfurt am Main) über: **„Hochspannungs- und Fernmessungen".** (Mit Lichtbildern).

Inhaltsangabe: 1. Teil: Hochspannungsmessungen: Messung des Effektivwertes; Messung des Scheitelwertes; Verlustmessungen. 2. Teil: Fernmessung: Fernanzeige in großen Räumen; Übertragung des Instrumentausschlages auf kleine und mittlere Entfernungen und auf sehr große Entfernungen.

Donnerstag, den 19. Jänner 1928, um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dipl. Ing. E. König (Frankfurt am Main) über: **„Das Experiment im Dienste des Fortschrittes".** (Mit Lichtbildern und Filmvorführung.)

Inhaltsangabe: Befruchtung der Technik durch experimentelle Arbeiten; Eigenschaften des induktiven und des deduktiven Experimentes; Beispiele des induktiven Experimentes: Überspannungs-Erscheinungen, ihre Auswirkung und ihre Bekämpfung; Beispiele eines deduktiven Experimentes; Schaltvorgang; Grundlagen einer Theorie des Wechselstrom-Ausschaltvorganges unter Öl; Anwendung der theoretischen Grundlagen auf Ölschalter-Konstruktionen.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

Preise für Metalle.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	12. XII. 1927	14. XII. 1927	16. XII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	135	134¾	134¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	91—100	91½—100½	93½—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 16. Dezember 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)		Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:							
Electrolytic		66	7	6	65	17	6
Wire bars		66	17	6	—	—	—
Standard	Kassa . .	59	11	3	59	12	6
	3 Monate .	59	16	3	59	17	6
Zinn:							
Engl. ingots		265	17	6	266	7	6
Standard	Kassa . .	267	7	6	267	10	0
	3 Monate .	263	7	6	263	10	0
Blei:							
Engl. pig common . .		23	10	0	—	—	—
Zink:							
Ordinary brands . .		26	3	9	26	0	0
Remelted		26	5	0	—	—	—
English Swansea . .		26	13	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175. Platin: Pf. 14, Pf 13 15 sh 9 d p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 1 | **2. Jänner 1927** | **4. Jahrgang**

INHALT: Licht und Leistung. Von Dr. W. Ruffer, Berlin. S. 1. / Die Beleuchtung in einer neuen Wiener Kirche. Von J. Ondracek, Wien. S. 8. / Österreichische Lichttechnische Gesellschaft. S. 10.

Licht und Leistung.

Von Dr. W. **Ruffer**, Berlin[1]).

Übersicht: Zusammenfassende Übersicht über die vom Verfasser angestellten Untersuchungen im Laboratorium und Betrieb zwecks Feststellung, wie die Leistung des Menschen von der künstlichen Beleuchtung beeinflußt wird. Die Resultate zeigen deutlich, daß eine Leistungssteigerung durch Verstärkung der Beleuchtung eintritt. Arbeiten, bei denen es auf ein sehr gutes Sehen ankommt oder bei denen die Kontraste sehr gering sind, verlangen sogar Beleuchtungsstärken, die weit über denjenigen liegen, die bisher allgemein als Norm gelten. Diskussion der Ergebnisse und Vergleich mit amerikanischen Untersuchungen. Einfluß der Lichtfarbe auf die menschliche Leistung. Zusammenhang zwischen Beleuchtung und Produktion. Wirtschaftlichkeit hoher Beleuchtungsstärken.

I. Allgemeines.

Zwei Gruppen von Problemen sind heute unter der Voraussetzung, dass Geld und Arbeit vorhanden sind, für unsere Industrie maßgebend: Die eine Gruppe technischer Art, die zum Mittelpunkt die rationelle Verarbeitung des Materials hat, die andere Gruppe physiologischer und psychologischer Natur, in deren Mittelpunkt die rationelle Organisation der Arbeit selbst steht. Der letzten Gruppe hatte man vor dem Kriege wenig Beachtung geschenkt. Der Mensch und die Arbeitsbedingungen für den Menschen wurden im allgemeinen sehr vernachlässigt. Dies hat sich dank der intensiven Arbeit der Psychologen und Psychotechniker gänzlich geändert. Heutzutage wird bereits viel getan, um die menschliche Arbeitsleistung zu erhöhen, deren Güte und Menge hauptsächlich von der persönlichen Eignung des Arbeiters, den Arbeitsbedingungen, der Arbeitsverteilung, den Arbeitsverfahren und von den Geräten abhängig ist.

Der größte Nutzen bei der Arbeitsleistung muß demnach erreicht werden, wenn die Menschen den Arbeitsanforderungen und die Arbeitsverfahren und Geräte möglichst den Menschen und den Arbeitsbedingungen angepaßt sind. Aber auch die Arbeitsbedingungen selbst müssen für den Menschen so gut wie möglich gestaltet werden. Nur dann wird sich voll und ganz seine Leistungsfähigkeit zeigen. Daß zu diesen Bedingungen unter anderen die Beleuchtungsverhältnisse gehören, dürfte wohl bereits allgemein anerkannt sein. In einer großen Anzahl von verschiedenen Industrie- und Bürobetrieben ist in Amerika[2]) festgestellt worden, daß die Durchschnittszeit, während welcher die Augen der arbeitenden Menschen beansprucht wurden, etwa 70 vH der normalen Arbeitszeit beträgt. Schon dieser Prozentsatz dürfte den Schluß zulassen, daß die menschlichen Leistungen vom Licht sehr stark beeinflußt werden. Dieses Eindringen physio-psychologischer Momente in die Beleuchtungstechnik bedeutet nach Teichmüller den Beginn einer neuen Epoche in der Lichttechnik, ein Gedanke, dem er zum ersten Mal hier in Wien in einem Vortrag vor der Oesterreichischen Lichttechnischen Gesellschaft Ausdruck verliehen hat[3]). Teichmüller hat diese Epoche durch die Einführung des Begriffes der Beleuchtungsgüte gekennzeichnet; er bezeichnet als einzig richtige Aufgabe der Lichttechnik nicht nur gute Leuchtung, sondern auch gute Beleuchtung. Man muß nämlich beachten, daß das Licht auf Körperoberflächen auftrifft, also beleuchtet und daß dieses Licht wieder zurückgestrahlt wird und in das Auge gelangt, in dem sich das Beleuchtete auf der Netzhaut abbildet. Erst wenn die Abbildung auf der Netzhaut ins Gehirn geleitet und uns von dort zum Bewußtsein gebracht ist, können wir von Sehen sprechen, dann erst können wir Begriffe bilden, wie „hell" und „dunkel", „grau" und „farbig", „klar" und „trübe", „Glanz", „Blendung", „Wahrnehmen", „Erkennen". Physiologische und psychologische Momente treten hier also auf und sind eng miteinander verbunden. Es ist daher anzunehmen, daß die Beleuchtung die menschlichen Fähigkeiten und Veranlagungen in ihrer Auswirkung zweifellos beeinflußt. Sie steht daher voraussichtlich in Zusammenhang mit der Leistung des Arbeiters. Zur Feststellung dieses Zusammenhanges wurden in der psychotechnischen Eignungsprüfung der Osram Kommanditgesellschaft, Fabrik S, Berlin, eine Reihe von Untersuchungen angestellt, über die ich hier zusammenhängend im folgenden berichten will.

II. Beleuchtungsstärke und Leistung.

1. Versuchsreihe.

In einem Raume von der Größe 3·5 × 4 m, dessen Tageslicht vollkommen abgeblendet und der von einer 4 m über den Prüfplätzen hängenden, aus einem Deckenreflektor mit einer halbrunden Milchglasglocke bestehenden Armatur beleuchtet wurde, wurden zehn Arbeiterinnen aus den verschiedenen Abteilungen des Betriebes Tag für Tag bei den verschiedensten Beleuchtungen geprüft. Die Prüfung erstreckte sich auf folgende Fähigkeiten und Fertigkeiten: Sehschärfe, Augenmaß, verteilte Aufmerksamkeit, Schnelligkeit und Genauigkeit, Reaktionsschnelligkeit, leichte Handführung, ruhige Handführung, Konzentrationsfähigkeit, optische Auffassung, Treffsicherheit bei Zweihand-Arbeit. Die Prüfung dieser Fähigkeiten erfolgte durch Apparate und Verfahren, die hauptsächlich zur psychotechnischen Prüfung von Glühlampenarbeiterinnen und der in der Glühlampenindustrie benötigten Arbeiter benutzt werden. Die verschiedenen Apparate und Prüfverfahren sind bereits in meinem Aufsatz: „Leistungssteigerung durch Verstärkung der Beleuchtung", Die Lichttechnik 1925, Heft 5, Seite 53 ff beschrieben.

[1]) Vortrag, gehalten in der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft am 18. November 1926.

[2]) Trans. Ill. Eng. Soc. Nr. 2, Seite 106, 1925.

[3]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, Seite 65.

Digitized by Google

Unter den Versuchspersonen waren fast sämtliche vorkommenden Arbeitstypen vertreten, vom schnell und exakt arbeitenden bis zum langsam und unexakt arbeitenden Typ. Sie zeigten im allgemeinen Interesse für die Versuche.

Die angestellten Untersuchungen fanden bei folgenden Beleuchtungsstärken statt: Lux 75, 1, 3, 5, 10, 25, 50, 100, 10, 300, 50, 600, 100. Die Prüfung bei der im Prüfraum herrschenden gewöhnlichen Beleuchtung von 75 Lux galt als Vorversuch. Die Tabelle I zeigt die erzielten Ergebnisse. Diese sind übersichtlich nach dem bei den einzelnen Prüfapparaten und -Verfahren

Tabelle I.

Abhängigkeit der Leistung von der Beleuchtung.

Art der Prüfung	Erforderlich. Sehen	1	3	5	10	25	50	100	300	600
		Leistung in vH. der bei Lux erhaltenen Werte								
Sehschärfe R. I	1	23	23	30	53	100	159	186	200	213
Sehschärfe R. II	1	27	29	32	62	100	180	198	215	222
Sehschärfe R. III.	1	30	33	33	48	100	184	212	245	250
Mittel:		26·6	28·3	31·6	54·3	100·0	174·3	198.6	220	228·3
Tremometer ≶	2	29	43	71	86	100	107	114	114	114
Tremometer S	2	33	33	67	88	100	108	125	133	133
Perlen aufziehen	2	49	73	91	97	100	107	111	108	111
Schelligk. Fe-St. 0.3∅	2	41	71	81	93	100	106	113	114	113
Treffsicherheit	2	46	61	72	103	100	110	112	113	105
Tachistoskop	2	32	44	68	92	100	125	145	118	148
Mittel:		38·3	54·2	75·0	93·2	100·0	110·5	120·0	116·7	120·7
Augenmaß: Halbieren	3	52	80	91	115	100	130	120	138	148
Augenmaß: Mittelpunkt	3	50	42	65	105	100	118	99	120	110
Tremometer ○	3	69	81	93	98	100	100	104	105	102
Tremometer: ○	3	46	70	93	96	100	104	110	109	107
Tremometer: 0	3	53	71	91	102	100	106	114	114	114
Schnelligkeit: Fe-St.0·6	3	59	76	85	93	100	98	107	107	108
Karten sortieren	3	10	37	77	100	100	109	112	112	115
Mittel:		48·4	65·3	85·0	101·3	100·0	109·3	108·8	115·0	114·8
Verteilte Aufmerks.	4	37	76	78	98	100	109	111	116	121
Fallstangen	5	68	81	89	94	100	101	105	104	107

erforderlichen Grade der Augenbeanspruchung (Klasse 1—5) geordnet. Zur Beantwortung der Frage, ob durch Verstärkung der Beleuchtung eine Leistungssteigerung stattfindet, sind die Ergebnisse prozentual auf die bis vor kurzem im allgemeinen in den Fabriken als ausreichend erachtete Beleuchtung von 25 Lux bezogen. Dabei zeigt sich, daß je nach der erforderlichen Sehschärfe die Leistungssteigerung recht erheblich ist. Als Beispiel seien die Durchschnittsergebnisse der Steigerung der Leistungen bei 100 und 600 Lux gegenüber denen bei 25 Lux betrachtet, die in Tabelle II zusammengestellt sind:

Tabelle II.

Erforderlicher Grad der Augenbeanspruchung	100 Lux	600 Lux
1	98·6 vH	128·3 vH
2	20·0 „	20·7 „
3	8·8 „	14·8 „
4	11·0 „	21·0 „
5	5·0 „	7·0 „

Weitere Zahlen mögen aus der ausführlichen Tabelle entnommen werden. Diese Werte zeigen, daß bei den Apparaten, bei denen es auf ein sehr gutes Sehen ankommt, die Leistungssteigerung ganz erheblich ist. Bei den Apparaten, die fast keinerlei Sehschärfe verlangen, ist zwar auch eine Steigerung vorhanden, jedoch ist diese nicht so ausgesprochen.

2. Versuchsreihe.

Fragt man nun nach den Beleuchtungsstärken, die in der Praxis angewendet werden, so liegen sie in den meisten Fällen noch weit unterhalb von 600 Lux. Dagegen gibt es bereits heute nicht wenige Fälle, in denen für sehr feine Arbeiten Beleuchtungsstärken von mehreren Tausend Lux bereitgestellt werden, indem teils entsprechend starke Lampen Anwendung finden, teils, und zwar in den meisten Fällen, der Abstand zwischen Lichtquelle und Arbeitsstück entsprechend gering gehalten wird. Die bisherigen Untersuchungen schienen daher noch einer Ergänzung in der Richtung bedürftig, festzustellen, wie sich die Leistungssteigerung bei besonders feinen Arbeiten unter Anwendung entsprechend höherer Beleuchtungsstärken verhält. Die hiefür angestellten Untersuchungen wurden wieder in der obenerwähnten Eignungsprüfstelle, jedoch in einem neu hergerichteten Raume angestellt. Dieser Raum hat eine Größe von 2·75 × 5·50 m und eine Höhe von 4·75 m. In der Mitte des Raumes hing ein Beleuchtungsgestell, welches in Abb. 1 schematisch dargestellt ist. Es bestand aus einer Holzleiste, an der zwölf Fassungen angebracht waren. Um eine halbindirekte Beleuchtung herzustellen, wurden die Lampen mittels geeignet starken Pauspapiers *P* abgedeckt, wodurch Blendungserscheinungen vermieden und die Abstufung der Schatten äußerst weich gehalten wurden. Das Beleuchtungssystem befand sich in einer Höhe von 3·75 m über dem Fußboden. Die Wände waren bis auf einen vom Boden bis zu einer Höhe von 1·5 m an den Wänden reichenden graublauen Streifen mit weißer Farbe frisch gestrichen. Die Decke war ebenfalls weiß. Die weiße Wand und die Decke besaßen ein diffuses Reflexionsvermögen von 66 vH, der graublaue Wandstreifen ein solches von 31·4 vH. Durch Änderung der Lampen- bezw. Typenanzahl wurden die verschiedenen Beleuchtungsstärken hergestellt. Die Messung geschah mit dem Bechstein'schen Beleuchtungsmesser.

Zur Prüfung wurde zum Teil die bereits oben beschriebene Apparatur benutzt; der Sehschärfeprüfer, der Mittelpunktbestimmer (Augenmaß), der Arbeits-Schnelligkeits- und -Genauigkeitsprüfer, die Vorrichtung zur Prüfung der verteilten Aufmerksamkeit und das Perlenaufziehen (leichte und ruhige Hand). Da die Untersuchungen sich jedoch hauptsächlich auf schwierige Betriebsverhältnisse erstrecken sollten, so war eine Erschwerung der Versuchsbedingungen notwendig. Es wurde daher der Sehschärfeprüfer entsprechend abgeändert, und eine Reihe von neuen Arbeitsproben hinzugefügt, bei denen es besonders auf die Geschicklichkeit und infolge geringer Helligkeits- und Farben-

Digitized by Google

kontraste auf ein sehr gutes Sehvermögen ankommt. Bei dem Sehschärfeprüfer hatte sich in den Vorversuchen gezeigt, daß bei der Beleuchtungsstärke von 1000 Lux die Drähte auf weissem Hintergrunde in der größten Entfernung bereits erkannt wurden. Es wurde deshalb die Mattscheibe durch eine dahinter befestigte blaue Pappscheibe verdunkelt, sodaß infolge des verhältnismäßig geringen Kontrastes eine erhebliche Erschwerung im Erkennen der Drähte eintrat.

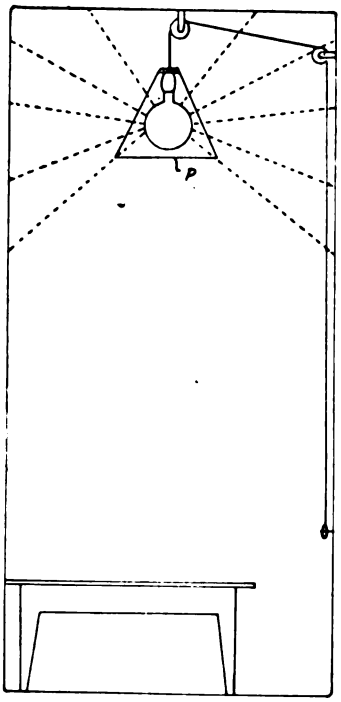


Abb. 1. Beleuchtungsgestell im Prüfraum.

Neu hinzugefügt wurden folgende Arbeitsproben, die wieder hier nur kurz skizziert werden sollen:

Spannprobe (Abb. 2). Der Prüfling hat hier, ähnlich wie beim betriebsmäßigen Bespannen der Glühlampengestelle, mit einem sehr feinen Wolframdraht ein Gestell, in dem zahlreiche sehr dünne Halter befestigt sind, in der gezeichneten Weise zu bespannen, ohne daß die nur 0·15 mm starken Halter dabei verbogen werden. Zur Bewertung des Ergebnisses dienen die erforderliche Zeit und die Anzahl der Fehler.

Einsteckprobe (Abb. 3). Bei dieser Probe hat der Prüfling nacheinander 60 Drähte von 85 mm Länge und 0·3 mm Durchmesser an einem Ende zu erfassen und ohne Unterstützung der Hand oder des Armes in Bohrungen von 0·75 mm Durchmesser, die sich in einer Messingplatte befinden, zu stecken. Als Bewertungsmaßstab dient die Zeit, die der Prüfling zur Lösung der Aufgabe benötigt.

Einstecken von Drähten in Drahtziehsteine. Der Prüfling hat die Aufgabe, feine Drähte von 0·15 mm Durchmesser und 20 mm Länge mittels Pinzette in Öffnungen von Ziehsteinen zu stecken. 42 Ziehsteine sind in drei Reihen nach dem Durchmesser der Öffnungen gelegt. Die Durchmesser der Steinöffnungen betragen in der ersten Reihe 0·24 mm, in der zweiten 0·22 mm und in der dritten 0·20 mm. Der Prüfling hat die feinen Drähte mit der Pinzette zu ergreifen und zunächst in die Öffnungen der Ziehsteine der ersten Reihe zu stecken. Darauf hat er dann die Drähte der ersten Reihe in die Öffnungen der dritten Reihe einzuführen. Zur Bewertung wird auch hier die Zeit herangezogen, die zur Lösung der Aufgabe benötigt wird.

Zur Prüfung wurden zwölf Arbeiterinnen aus den verschiedenen Abteilungen des Betriebes verwendet. Sie waren dort zum Teil mit sehr feinen Arbeiten, zum Teil mit gröberen Maschinenarbeiten bezw. Aufmerksamkeit erheischenden Kontrollarbeiten beschäftigt. Es überwog der schnell und exakt arbeitende Typ, der langsam und unexakt arbeitende Typ war nicht vertreten.

Die angestellten Untersuchungen fanden bei folgenden Beleuchtungsstärken statt:
Lux zirka 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, 7000, 10000.

Über eine höhere Beleuchtungsstärke wurde nicht gegangen, da bei dieser Beleuchtung die Mehrzahl der Versuchspersonen über Kopfschmerzen und Ermüdung klagte; diese Indispositionen dürften jedoch, wie später gezeigt werden wird, nicht auf die hohe Beleuchtungsstärke, sondern auf die bei dieser Beleuchtung durch die hohe Energie der Gasfüllungslampen bedingte Wärmeentwicklung zurückzuführen sein, die trotz größter Bemühung nicht ganz beseitigt werden konnte. Die Versuchspersonen kannten größtenteils die Apparatur und die Prüfvorrichtungen, sodaß sich die Einflüsse der Angst und Befangenheit, verursacht durch die Arbeit an unbekannten, ungewohnten Apparaten, zum größten Teile ausschalten.

Über die Ergebnisse der Untersuchungen unterrichtet die Tabelle III, die die Ergebnisse übersichtlich nach der für die einzelnen Prüfapparate und Arbeitsproben erforderlichen Sehschärfe ordnet; wie aus der Tabelle entnommen werden kann, sind für den erforderlichen Grad der Augenbeanspruchung hier nur drei Klassen vorgesehen. Die Mittel aller an einem Apparat erhaltenen Einzelwerte sind in der Tabelle = 100 gesetzt und darauf die Mittel der Einzelwerte bei den einzelnen Beleuchtungsstärken bezogen worden. Die erhaltenen Werte zeigen vor allen Dingen, daß bei den Apparaten und Arbeitsproben, bei denen es auf

Tabelle III. Abhängigkeit der Leistung von der Beleuchtung.

Art der Prüfung	Erforderliches Sehen	500	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	7000	10000
		Mittel aller an einem Apparat erhaltenen Einzelwerte=100 vH.									
Sehschärfe R·1	1	23·7	47·4	71·1	94·8	107·9	128·1	109·1	129·3	132·8	143·5
Sehschärfe R·2	1	21·4	34·7	75·6	85·2	103·4	126·0	121·7	132·1	146·9	147·8
Sehschärfe R·3	1	28·9	39·7	83·1	94·4	117·1	127·9	124·3	129·4	129·4	125·1
Sehschärfe R·4	1	27·6	34·0	76·6	100·7	120·5	127·6	121·8	129·0	129·0	129·8
Ziehsteine	1	43·0	77·0	80·0	98·0	108·0	111·0	114·7	115·4	123·5	127·8
Spannprobe	1	54·0	86·0	89·8	102·6	110·4	104·5	112·0	112·0	114·0	105·0
	Mittel:	33·1	53·1	79·4	95·9	111·2	120·8	117·7	124·5	129·3	131·7
Drähte-legen ⌀0·6	2	86·0	97·3	99·5	101·2	108·1	103·5	100·5	95·0	106·5	102·0
Drähte-legen ⌀0·3	2	74·5	96·0	97·0	98·0	101·0	101·0	104·0	108·0	110·8	110·8
Perlen-aufziehen	2	88·0	99·0	98·0	101·0	102·2	99·5	99·0	103·3	105·5	106·0
Einsteckprobe	2	80·0	93·0	94·5	99·2	102·0	106·2	111·0	106·0	109·0	102·2
	Mittel:	82·1	96·3	97·2	99·8	103·3	102·5	103·6	103·1	107·9	105·2
Mittelpunktbest.											
a. Subj. Mittelp.	3	52·0	84·0	96·0	104·0	116·0	116·0	82·0	116·0	92·0	108·0
b. Mittl. Variation	3	86·0	86·0	96·0	118·0	100·0	86·0	89·0	118·0	100·0	86·0
Vert. Aufmerk.											
a. Sortieren	3	66·0	86·2	100·0	101·0	104·6	105·8	109·0	109·0	109·0	113·3
b. Zählen	3	82·0	93·2	94·3	96·5	101·2	102·3	106·0	108·4	109·5	106·0
	Mittel:	71·5	87·3	96·8	104·9	105·4	102·5	96·5	112·8	102·6	103·3

Digitized by Google

ein sehr gutes Sehen ankommt, die Leistungssteigerung durch die infolge der Beleuchtungserhöhung schärfer hervortretenden Kontraste ziemlich erheblich ist. Bei den Apparaten und Arbeitsproben, bei denen ein äußerst feines Sehen nicht notwendig und daher ein

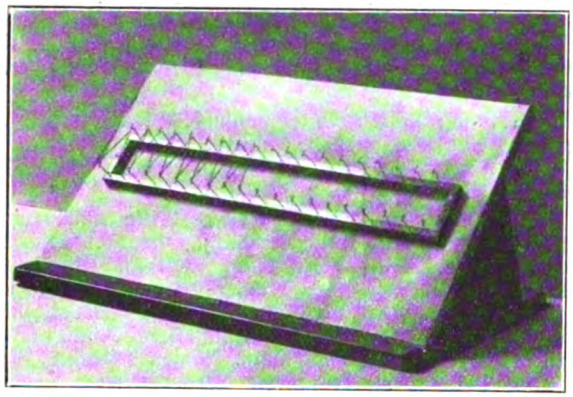


Abb. 2. Spannprobe.

schärferes Hervortreten der Kontraste nicht so einflußreich ist, ist doch immerhin eine Leistungssteigerung bis etwa 2000 Lux festzustellen.

Es ist natürlich klar, daß bei unseren beiden großen Versuchsreihen die Übung eine Rolle spielt,

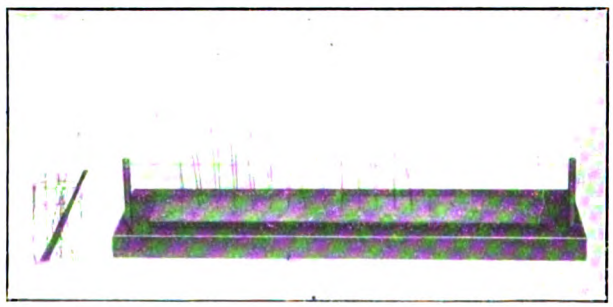


Abb. 3. Einsteckprobe.

sodaß die durch die verschieden hohen Beleuchtungsstärken sich ergebende Leistungssteigerung zum Teil auch durch die Übung hervorgerufen worden ist. Die Übungseinflüsse sind jedoch, wie an einigen Arbeiterinnen besonders angestellte Versuche gezeigt haben,

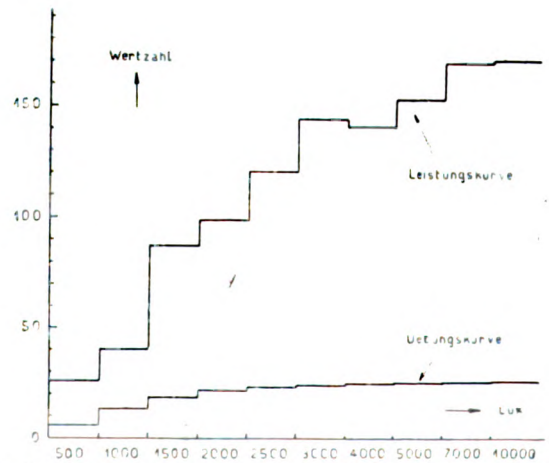


Abb. 4. Beeinflussung der Sehschärfe durch Beleuchtung und Übung.

verhältnismäßig gering. Die Übung am Sehschärfeprüfer hat nur ganz wenig Einfluß auf die erhaltenen Leistungen. In welchem Verhältnis die Übungskurven bei den einzelnen Personen zu den Leistungskurven stehen, zeigen die Kurven in Abb. 4, in der die Leistungen bei den angewandten Beleuchtungsstärken rein schematisch aneinander gesetzt worden sind. Die Übungskurve ist hier bei einer Beleuchtungsstärke von 100 Lux ermittelt worden. Bei der Augenmaßprüfung sind die erzielten Werte, wie bereits früher gefunden, zu unregelmäßig, um einen bestimmten Schluß zuzulassen. Bei der Prüfung auf Arbeits-Schnelligkeit und -Genauigkeit ist die Übungszunahme gering; nur bei dem Stäbchenlegen mittels Pinzette ist eine größere Übung dann vorhanden, wenn Personen mit keinerlei Fertigkeit im Gebrauch einer Pinzette geprüft werden. Das Verfahren zur Prüfung der verteilten Aufmerksamkeit ist verhält-

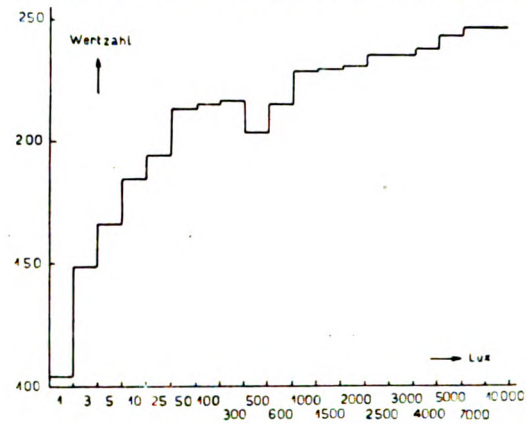


Abb. 5*a*. Schnelligkeitsprüfung mit Fe-Stäbchen (0·3 Durchmesser).

nismäßig stark übbar. Das Perlenaufziehen zeigt geringen Einfluß der Übung. Ähnlich ist es auch bei den anderen Proben; in den ersten zwei bis drei Versuchen ein Ansteigen, dann aber ein Gleichbleiben der Leistung.

Es liegt nahe, einen Vergleich der beiden großen Versuchsreihen da vorzunehmen, wo die gleiche Apparatur benutzt worden ist. Leider läßt sich ein solcher nur zum geringen Teil vornehmen, da die Apparatur bei der zweiten Versuchsreihe zum größten Teil geändert worden ist. Nur bei dem Apparat zur Prüfung der Arbeitsschnelligkeit und -genauigkeit, bei dem die Versuchsbedingungen gleich geblieben waren, konnte man

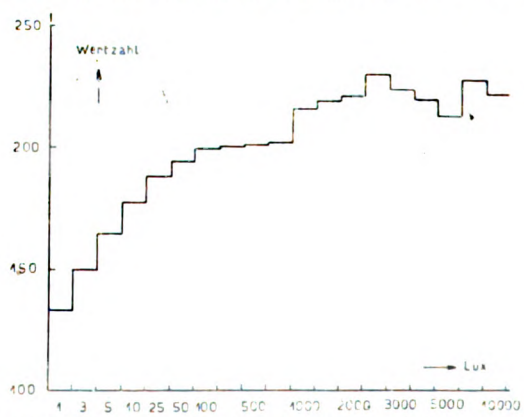


Abb. 5*b*. Schnelligkeitsprüfung mit Fe-Stäbchen (0·6 Durchmesser).

einen Vergleich durchführen (Abb. 5 *a* und 5 *b*). Die Leistungen sind schematisch bei 1—10 000 Lux, wie sich aus den beiden Versuchsreihen ergeben haben, aufgetragen. Es hat sich eine fortlaufende Kurve ergeben, das heißt die erzielten Leistungen der zweiten Untersuchung setzen ungefähr da an, wo sie bei der ersten Untersuchung aufgehört haben, das heißt die Leistungen sind bei der Anfangsbeleuchtungsstärke von 500 Lux der zweiten Versuchsreihe ungefähr gleich der Endbeleuchtungsstärke von 600 Lux der ersten Versuchsreihe. Dieses Ergebnis zeigt recht deutlich, in wie hohem Maße die Leistung von der Beleuchtungsstärke abhängt.

Digitized by Google

3. Versuchsreihe.

Um nun zu sehen, wie die Beleuchtung bei betriebmäßiger Arbeit auf die Leistung bei verschiedenen Arbeiten einwirkt, wurden in einer Betriebsabteilung Versuche angefangen, die infolge besonderer Umstände leider unterbrochen werden mußten. Die Abb. 6 zeigt diese Abteilung, in der Lampen in Fließarbeit hergestellt werden. Für die Glühlampenspannerinnen, die die

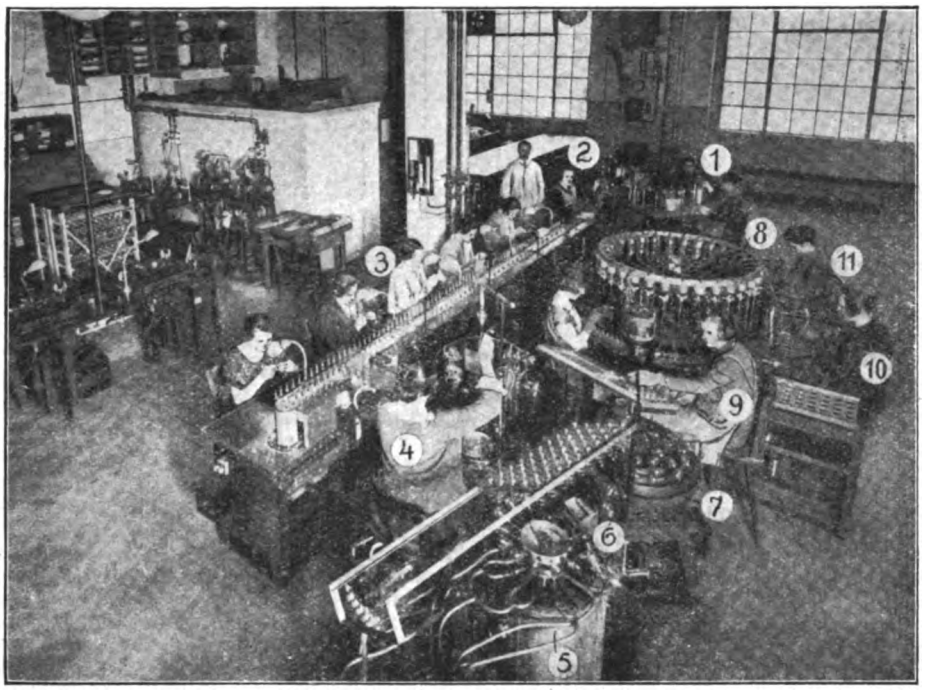


Abb. 6. Betriebsraum zur Herstellung der Lampen in Fließarbeit.

1 Fußquetschen
2. Halter einsetzen
3. Bespannen
4. Einschmelzen
5. Pumpen
6. Automatisches Abschmelzen
7. Weitertransportieren
8. Sockeln und Klarbrennen
9. Kitt einstreichen
10. Löten
11. Verpacken.

Aufgabe haben, mittels Pinzette eine sehr feine Wolframwendel auf das Gestell der „Neuen Osram-Lampen" heraufzubringen, war hier bereits eine verhältnismäßig hohe Platzbeleuchtung von zirka 1500 Lux bereitgestellt worden. Es wurde die Allgemeinbeleuchtung von Woche zu Woche geändert, und zwar wur-

Tabelle IV.
Versuchsreihe 3.

	500	1500	3000
	Leistung in vH. der bei 500 Lux erhaltenen Werte		
Spannerin A . .	100	102·0	127·7
Spannerin B . .	100	101·2	118·1
Spannerin C . .	100	97·1	105·3
Mittel:	100	100·1	117·0
Einschmelzerin .	100	100·5	102·5
Socklerin	100	99·5	102·8
Mittel:	100	100·0	101·7

den folgende Beleuchtungsstärken verwendet: 500, 1500 und 3000 Lux. Die gefundenen Werte sind in der Tabelle IV zusammengestellt. Es wurde stets die Stundenleistung der einzelnen Arbeiterinnen (Spannerinnen, Einschmelzerin und Socklerin) genau festgestellt. Die Leistungen bei 500 Lux wurden gleich 100 gesetzt. Es zeigte sich, daß die Leistungen bis zu 1500 Lux gleich blieben, bei 3000 Lux stellte sich bei den Spannerinnen eine Steigerung der Leistung ein. Es ergab sich im Mittel eine Steigerung von 17 vH. Dieses Ergebnis entsprach den Erwartungen. Die Arbeitsbedingungen der Maschinenarbeiterinnen wurden durch die höhere Beleuchtung nicht merklich geändert, da sie keine sehr feinen Arbeiten zu verrichten hatten. Bei den Spannerinnen war jedoch eine Leistungssteigerung zu erwarten, aber erst von der Allgemein-Beleuchtungsstärke ab, bei der diese die Platzbeleuchtung überschritt. Leider konnten die Versuche, wie erwähnt, infolge besonderer Umstände nicht fortgesetzt werden.

4. Versuchsreihe.

Da es fast unmöglich ist, in einer Betriebsabteilung außer der Beleuchtungsstärke alle anderen Faktoren, die die Stundenleistung einer Arbeiterin beeinflussen, konstant zu halten, so wurden zwei Spannerinnen für Drahtlampen in dem bei der zweiten Versuchsreihe bereits beschriebenen Raum zehn Wochen lang bei ihrer Spannarbeit beobachtet. Die Aufgabe der Spannerin besteht darin, daß sie mit der Hand einen Draht von etwas über 0·01 mm Stärke auf die beiden Halterkränze eines Gestelles für Drahtglühlampen legt. Abb. 7 zeigt den Raum mit der Lage des Spanntisches und des Beleuchtungsgestelles. Die eine Spannerin, Versuchsperson *A*, war bereits sechs Jahre lang, Versuchsperson *B* zwei Jahre als Spannerin im Werk stets in derselben Abteilung tätig, so daß also jegliche Übung von vornherein ausschaltet.

Die angestellten Versuche fanden bei folgenden Allgemeinbeleuchtungsstärken statt:
Lux zirka 75, 500, 1000, 3000, 500, 4000, 75, 4000, 4000, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß für jede Spannerin regelmäßig eine Platzbeleuchtung an den Zangen (Vorrichtung zum Festquetschen des Leuchtdrahtes an die Stromzuführungsdrähte) von 1500 Lux

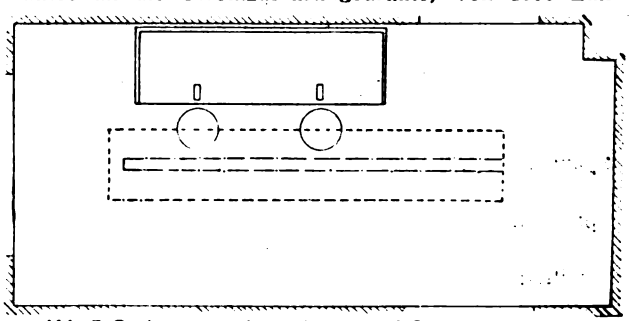


Abb. 7. Prüfraum mit Spanntisch und Beleuchtungsgestell.

vorgesehen war. Die Versuchspersonen schalteten sich die Platzbeleuchtung bei 3000 und 4000 Lux von selbst aus! Die hohen Beleuchtungsstärken wurden von den Versuchspersonen als recht angenehm empfunden. In ihrer Leistung wurden sie jedoch etwas beeinträchtigt durch die bei den hohen Beleuchtungsstärken vorhandenen Temperaturen. Unter anderen erklärten beide Versuchspersonen, daß sie viel lieber in einem gleichmäßig erhellten Raum ohne Platzbeleuchtung arbeiten, als in einem dunklen Raum mit Platzbeleuchtung. In der Abb. 8 sind die Ergebnisse dargestellt. Sie zeigen besonders bei der Versuchsperson *A* eine Leistungssteigerung. Interessant ist, daß bei jedesmaligem Rück-

Digitized by Google

gang der Beleuchtungsstärke die Leistung auch entsprechend fiel. Betrachtet man nun die Leistungen bei steigenden Beleuchtungsstärken, wie sie in der Untersuchung angewendet wurden, so erhält man die Kurven in Abb. 9. Stellt man nun die Durchschnitts-

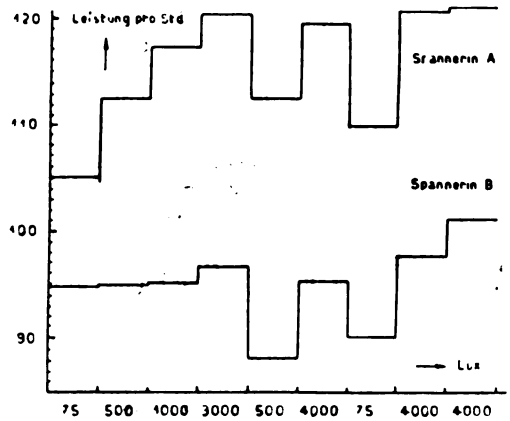


Abb. 8. Erhöhung der Leistung beim Bespannen von Glühlampen.

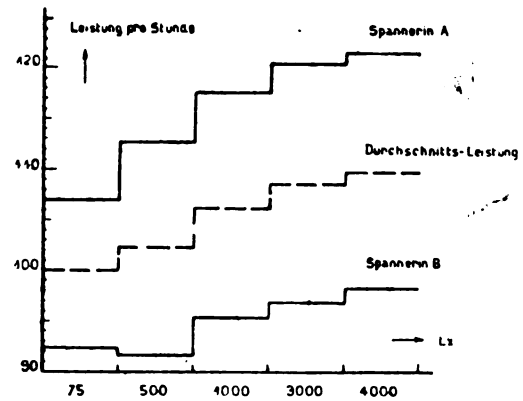


Abb. 9. Erhöhung der Leistung beim Bespannen von Glühlampen.

leistungen in den einzelnen Wochen in vH des bei 75 Lux erhaltenen Wertes dar, so erhält man die Prozentsätze der Tab. V. Man sieht also im Mittel eine

Tabelle V.
Versuchsreihe 4 (proz. Leistungssteigerung)

	75	500	1000	3000	4000
	Durchschnittsleistung in den einzelnen Wochen in vH. des bei 75 Lux erhaltenen Wertes				
Spannerin A .	100	105·1	109·6	112·5	113·2
Spannerin B .	100	98 9	103·2	104·6	106·1
Mittel:	100	102·0	106·4	108·5	109·6

Steigerung von etwa 10 vH bei 4000 Lux gegenüber der Anfangsleistung bei der gewöhnlichen 75 Lux-Allgemeinbeleuchtung und 1500 Lux Platzbeleuchtung. Leider konnte mit der Beleuchtungsstärke im Dauerbetrieb mit Rücksicht auf die vorhandene Installation nicht höher gegangen werden.

Betrachtung der Ergebnisse der vier Untersuchungsreihen.

Betrachtet man die Ergebnisse der vier Untersuchungsreihen, so kann man zusammenfassend sagen, daß wohl als sicher feststeht, daß eine Leistungssteigerung durch Verstärkung der Beleuchtung eintritt. Arbeiten, bei denen es auf ein sehr gutes Sehen ankommt, oder bei denen die Kontraste sehr gering sind, verlangen sogar eine Beleuchtungsstärke, die weit über denjenigen liegt, die bisher bei uns als Norm gegolten haben. Außerdem ist bei den Arbeiten, bei denen ein äußerst feines Sehen nicht erforderlich ist, doch immerhin durchschnittlich eine nicht ganz unerhebliche Leistungssteigerung bis etwa 2000 Lux festzustellen. Bedingung ist jedoch immer, daß die Beleuchtungsanlage so angebracht ist, daß Blendungserscheinungen vermieden sind.

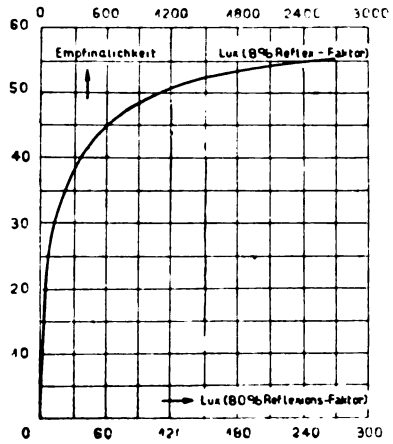


Abb. 10. Augenempfindlichkeit bei Helligkeitsdifferenzen.

Diese letzten Ergebnisse dürften zunächst gegenüber den bisherigen Ansichten überraschend wirken. Man muß jedoch beachten, daß, wie bereits einleitend an Hand einer amerikanischen Untersuchung ausgeführt worden ist, das Auge bei normalen Arbeiten zu etwa 70 vH der normalen Arbeitszeit beansprucht wird. Weiter muß man auch berücksichtigen, daß, wie ebenfalls ermittelt worden ist[4]), das Auge bei Tageslichtstärken, die etwa durchschnittlich 8000 bis 10 000 Lux bei leicht bedecktem Mittagshimmel betragen[5]), einen Gegenstand viel schneller sieht, seine Fähigkeit, deutlich

Abb. 11. Internationaler Versuchsgegenstand.

zu sehen, viel besser erhält, und daß es weniger schnell ermüdet, als bei Beleuchtungsstärken durch künstliche Lichtquellen. Die gute Beleuchtung eines Raumes durch Tageslicht hat bisher nach allen Untersuchungen die weitaus besten Resultate ergeben und man geht nach allgemeiner Ansicht der einschlägigen Fachleute sicher richtig, wenn man das Tageslicht als Muster für unsere künstliche Beleuchtung nimmt, sowohl was die Lichtstärke als auch was die Farbe und Zusammensetzung des Lichtes angeht. Aus diesen Gründen dürften die Ergebnisse vorliegender Untersuchungen durchaus nicht überraschen.

In diesem Zusammenhang sei auf die Untersuchungen anderer, besonders amerikanischer Forscher hingewiesen. Die Abb. 10 zeigt nach Luckiesh[6]) die Empfindlichkeit des Auges für Helligkeitsdifferenzen bis 300 Lux, gemessen an einer weißen Oberfläche von 80 vH Reflektionsfaktor. Die Kurve der Empfindlichkeit (die Fähigkeit des Auges, Helligkeitsunterschiede wahrzunehmen) wird aus den reziproken Werten der Helligkeitsunterschiede erhalten. Die obere Skala be-

[4]) C. E. Ferree und G. Rand, Trans. Ill. Eng. Soc. XX, 1925, Seite 270; vgl. a. Die Lichttechnik 1925, Seite 129.
[5]) Bloch (Dr. A. R. Meyer) Lichttechnik, S. 9.
[6]) „Light and Work", Seite 141.

Digitized by Google

zieht sich auf eine Oberfläche von einem Reflektionskoeffizienten von nur 8 vH. Die Kurve nimmt also hier bis 3000 Lux immer noch zu und dürfte bei weiteren Beleuchtungsstärken noch weiter steigen. Wir sehen also, daß das Auge bei hohen Helligkeiten (hohen Beleuchtungsintensitäten entsprechend) viel feinere Unter-

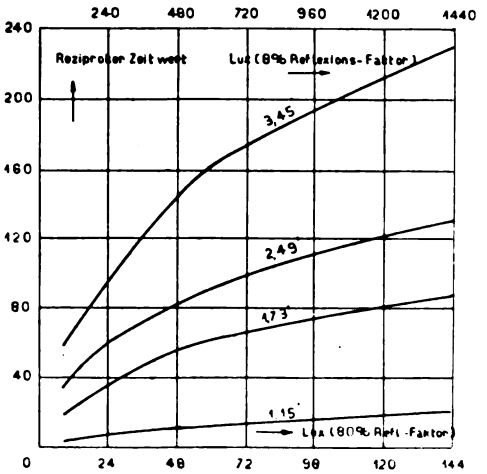


Abb. 12. Unterscheidungsschnelligkeit.

schiede wahrnehmen kann, als bei geringen Helligkeiten bei entsprechend geringeren Beleuchtungsintensitäten.

Ferree und Rand haben die Unterscheidungsgeschwindigkeit von feinen Einzelheiten untersucht[7]). Als Unterscheidungsgeschwindigkeit ist der reziproke Wert der für den Beobachter zum Erkennen des fehlenden Teiles eines gespaltenen Ringes erforderlichen Zeit in sec

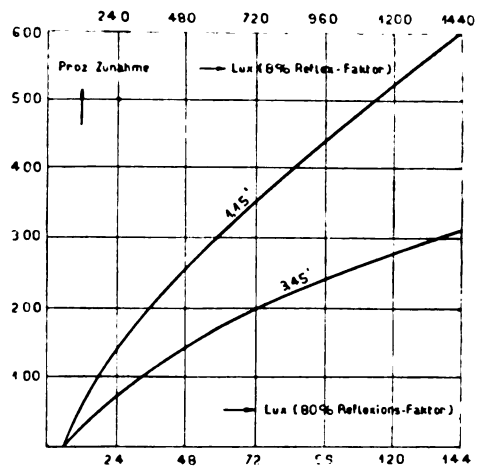


Abb. 13. Unterscheidungsschnelligkeit.

zu ersehen. Die beiden Forscher benutzten das international festgelegte Sehzeichen (Abb. 11), das aus einem schwarzen Ring auf weißem Grunde besteht, wobei ein Teil des Ringes fehlt. Die Abb. 11 stellt diese Ringe dar. Der Gesichtswinkel ist jener, der durch den fehlenden Teil *a* des schwarzen Ringes und die Entfernung vom Auge gebildet wird. Dieser Ring wird in verschiedene Stellungen gedreht, so daß der Beobachter nicht nur den fehlenden Teil unterscheiden muß, sondern auch, um sicher zu sein, daß er es tut, angeben muß, in welcher Lage sich der fehlende Abschnitt befindet. Ferree und Rand benutzten vier Schwinkel: 1·15, 1·73, 2·49 und 3·45 min des Kreisbogens und beleuchteten den Versuchsgegenstand mit konstantem Licht von Wolframlampen. Hierbei sei erwähnt, daß die Grenze des Gesichtswinkels für normale Augen ungefähr 40 sec oder 0·67 min des Kreisbogens beträgt, das heißt, daß zwei Gegenstände, die durch weniger als 0·67 min Schwinkel getrennt sind, von den meisten Augen, die als normal gelten, nicht getrennt gesehen werden. In Abb. 12 ist die Beziehung dargestellt zwischen der Beleuchtungsstärke und der Unterscheidungsgeschwindigkeit des internationalen Versuchsobjektes. Man sieht, daß die Unterscheidungsgeschwindigkeit sich bei den Beleuchtungsstärken bis zu zirka 144 Lux für das schwarzweiße Versuchsobjekt erhöht, und allem Anschein nach diese Erhöhung sich noch jenseits dieser höchsten Beleuchtungsstärke fortsetzen wird. Wenn der Versuchsgegenstand schwarz und der Hintergrund dunkelgrau mit 8 vH Reflexionsfaktor wäre, würden die gleichen Resultate bei den zehnfachen Beleuchtungsstärken der unteren horizontalen Skala erreicht sein. Hier wird dann die obere Skala, die bis 1440 Lux geht, angewendet. Noch eine Tatsache sei hier erwähnt, nämlich die, daß das sogenannte Schwarz des Versuchsobjektes nicht wirklich schwarz war; es reflektierte ganz wenig Licht, vielleicht ungefähr 2 bis 3 vH. Wenn man sich das auf dunklem Hintergrunde von 8 vH Reflektionsfaktor denkt, sieht man, daß der Kontrast beträchtlich kleiner ist, als bei wirklichem Schwarz auf demselben dunkelgrauen Grunde. Es wären als noch größere Beleuchtungsstärken in Frage gekommen, um die gleiche Unterscheidungsgeschwindigkeit zu erzielen. In Abb. 13 wird die prozentuale Erhöhung in der Unter-

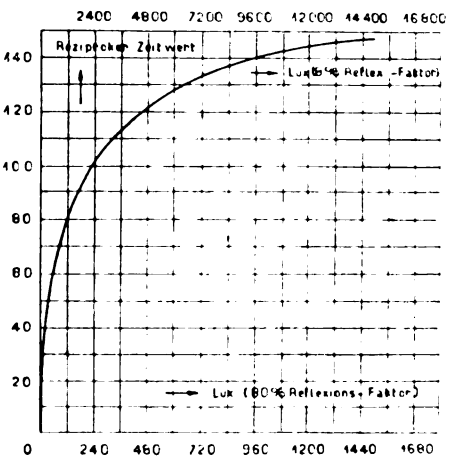


Abb. 14. Unterscheidungsschnelligkeit (schwarzer Fleck).

scheidungsschnelligkeit gegenüber der Beleuchtungsstärke für den kleinsten und größten Versuchsgegenstand gezeigt, die in Abb. 11 dargestellt sind. Man sieht, daß die Unterscheidungsschnelligkeit bei dem kleinsten Versuchsobjekt mehr ansteigt.

Cobb[8]) untersuchte in ähnlicher Weise die Wirkung der Beleuchtungsstärke auf die Schnelligkeit des Erkennens eines runden schwarzen Fleckes auf einem sogenannten weißen Hintergrund von 80 vH Reflexionsfaktor. Dem Fleck ging voran und folgte ein leeres Feld derselben Helligkeit wie der Hintergrund, auf der der Fleck zu sehen war. Der Fleck war fünfmal da und fünfmal nicht. Der Beobachter mußte angeben, wann der Fleck da war und wann nicht. Man sieht aus der Abb. 14 daß die Unterscheidungsschnelligkeit noch bei zirka 1500 Lux ansteigt. Wie man sieht, ist die Höchstgeschwindigkeit noch nicht erreicht. Für denselben schwarzen Fleck würde ein dunkelgrauer Hintergrund von 8 vH Reflektionsfaktor die obere Skala ergeben. Hier steigt die Unterscheidungsschnelligkeit sogar noch bei zirka 15 000 Lux an. Ferner fand Cobb[9]), daß die Reaktionszeit bis zu 12 000 Lux abnimmt. Außerdem kann ebenfalls nach Cobb[10]) die Beleuchtungsstärke sich neben der Arbeitsschnelligkeit auch in der Arbeitsgenauigkeit auswirken. Es würde jedoch hier zu weit führen, auf diese Versuche genauer einzugehen. Es sei daher auf die angegebene Literatur hingewiesen.

Diese Daten zeigen, wenn sie auch manchmal das Gefühl erwecken, daß sie etwas den Charakter der

[7]) Ferree und Rand, Trans. Ill. Eng. Soc. 17, 1922, 76.

[8]) Trans. Ill. Eng. Soc. 19, 1924, 150.

[9]) Electrical World, 1923, 1256, Vol. 52.

[10]) Trans. Ill. Eng. Soc. 1926, 35.

Digitized by Google

Reklame tragen, jedoch deutlich, daß gewisse menschliche Fähigkeiten sich stärker auswirken, wenn die Beleuchtungsstärke sich vermehrt. In Erweiterung dessen kann als sicher geschlossen werden, daß unter sonst gleichen Bedingungen eine Gruppe von Arbeitern bei hoher Beleuchtungsstärke mehr Arbeit erzeugen würde als bei relativ niedriger, falls die Arbeit Erkennen feiner Einzelheiten bedingt, wie beim Weben, feiner Maschinenarbeit, genauer Prüfung u. a. Luckiesh[11]) hofft, als durchschnittliche künstliche Beleuchtungsstärke noch zirka 1200 Lux zu erleben. Nach seiner Anschauung dürften jedoch zirka 6000 Lux erst zweckmäßig und ökonomisch sein.

Die Ergebnisse unserer vier Untersuchungsreihen werden also durch die amerikanischen Untersuchungen ergänzt und bestätigt. Es ist daher zu wünschen, daß diese Anschauungen sich eines Tages verwirklichen. Immer kommt es allerdings auf die auszuführenden Arbeiten an. So dürften bei den Arbeiten, bei denen ein sehr gutes Sehen erforderlich ist, höhere Beleuchtungsstärken erforderlich sein, als bei Arbeiten, bei denen das Auge nicht zu einem solchen hohen Maße beansprucht wird. Das gleiche ist auch der Fall bei denjenigen Arbeiten bei denen nur geringe Kontraste auftreten, so zum Beispiel bei der Spannprobe der Versuchsreihe 2, bei der, wie oben ausgeführt, grauschwarze Drähte auf schwarzem Untergrund zu spannen sind. Luckiesh betont dies durch folgendes Beispiel[12]): Er sagt: „Sollten sich beim Korrekturlesen 1200 Lux als zweckmäßig erweisen, so müßte für einen Textilarbeiter, der dunkle Stoffe bearbeitet, eine Beleuchtungsstärke von zirka 6000 Lux bereitgestellt werden."

Derartig hohe Beleuchtungsstärken sind in der Industrie vereinzelt schon vorhanden. Messungen, die an verschiedenen Arbeitsplätzen in zwei deutschen Fabriksbetrieben vorgenommen wurden, zeigten, daß auch jetzt schon in praktischen Betrieben Beleuchtungsstärken vorkommen, die über die im allgemeinen übliche Höhe weit hinausgehen. So wurden an einzelnen Schweißmaschinen in einer Abteilung etwa 1200 Lux, in einer anderen Abteilung zirka 3900 Lux gemessen. An einzelnen Arbeitsplätzen in einem anderen Betriebe, an denen feine Geräte verarbeitet wurden, waren zirka 1500 bis 3500 Lux vorhanden, und in einem Betriebe, in dem feine Spezialarbeiten ausgeführt wurden, ergaben Messungen an einer Reihe von Plätzen eine Beleuchtung von 2500 Lux. Diese Werte zeigen, daß für Arbeiten, die hohes Sehvermögen verlangen und geringe Kontraste aufweisen, bereits automatisch derartige Beleuchtungsstärken geschaffen worden sind.

[11]) Trans. Ill. Eng. Soc. 1925, Nr. 3, 218.

[12]) Trans. Ill. Eng. Soc. 1925, Nr. 3, 218.

Man könnte nun der Ansicht sein, daß infolge der hohen Beleuchtung eine stärkere und schnellere Ermüdung des arbeitenden Menschen eintritt. In dieser Richtung im Betriebe angestellte Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß bei 3000 und 4000 Lux die arbeitenden Menschen sich wohl fühlten; eine stärkere bezw. schnellere Ermüdung als bei der gewöhnlichen Beleuchtungsstärke konnte nicht festgestellt werden. Auch die Amerikaner Cobb und Moss haben durch Versuche festgestellt, daß bei Beleuchtung eines weißen Hintergrundes mit 1200 Lux nicht mehr Ermüdung vorhanden war als mit 60 Lux.

Auf die Frage: „Haben wir nicht mehr Augenermüdung bei hohen Beleuchtungsstärken?" müßte als Antwort stets die Gegenfrage heißen: „Gibt es eine Augenermüdung draußen beim Schatten bei 10 000 oder 20 000 Lux?" Man darf wohl nicht annehmen, daß irgend jemand von gewissen hohen Tageslichtbeleuchtungsstärken schädliche Wirkungen argwöhnt. Der Grund, weshalb die obige Frage nach der Ermüdung so häufig gestellt wird, liegt nur darin, daß der größte Teil der Menschheit nicht über die großen Unterschiede zwischen den Beleuchtungsstärken, die außen und innen herrschen, unterrichtet ist.

Einen Nachteil hat jedoch die hohe künstliche Beleuchtung, wenn es, wie es bei den Versuchen 2 und 4 der Fall war, nicht genügend gelingt, die zur Erzeugung der erforderlichen Beleuchtungsstärken nötigen Energiemengen, soweit sie als Wärme in Erscheinung treten, hinreichend abzuführen. Für größere Arbeitsräume dürfte es jedoch schon eher möglich sein, durch entsprechend gute Lüftung oder dergleichen die Temperatur in der für die Arbeit günstigsten Höhe zu erhalten. Da die normale Zimmertemperatur von 18° C überschritten worden ist, haben die festgestellten Temperaturen leistungsvermindernd gewirkt.

Auf die psychologischen Wirkungen hoher Beleuchtungsstärken sei auch noch kurz an dieser Stelle hingewiesen. Bei den Apparaten und Arbeitsproben, bei deren Bedienung keine große Sehschärfe erforderlich ist[13]), sind ebenfalls Leistungsverbesserungen festgestellt worden. Da hier weniger ein besseres Sehvermögen in Frage kommt, so liegt es sehr nahe, die Verbesserungen neben der geringen Übung auch auf durch die höheren Beleuchtungsstärken veranlaßtes erhöhtes Wohlbefinden zurückzuführen: denn eine schöne, helle Umgebung regt den Arbeitenden mehr zur Arbeitsfreudigkeit, an als eine düstere, die Augen anstrengende Umgebung, die stets eine drückende Belastung hervorruft.

[13]) S. Leistungstabelle der 2. Versuchsreihe.

(Schluß folgt.)

Die Beleuchtung in einer neuen Wiener Kirche.

Von J. **Ondracek**, Wien.

Die von den Architekten Baurat Professor S. Theiss und H. Jaksch erbaute Verklärungskirche A. C., Wien, II., Am Tabor, ist eine von den wenigen Kirchen, bei denen die Beleuchtung als wesentlicher Zug des Bauplanes gleich im Entwurf berücksichtigt wurde: es hätte sonst von einer ausgesprochen künstlerischen Wirkung des Raumes, der große, einfach behandelte Flächen enthält, nicht gut die Rede sein können. In einem solchen Falle gibt es vor allem nur ein Mittel zur Erzielung eines einheitlichen und ruhigen Eindruckes: die vollkommene Erhellung jeder Fläche. Um ferner die Raumvorstellung zu verstärken, darf aber die Erhellung nicht aller Flächen von der gleichen Intensität sein. Die Richtigkeit dieser Ansicht ist leicht einzusehen: man braucht sich nur zu vergegenwärtigen, daß ein in grauen Tönen gemaltes Bild lediglich durch die Abstufung der Tonstärken der einzelnen Teile einen Raum in seiner Gliederung vorzutäuschen vermag. In der Absicht, einzelne Flächen zu beleben, wurden ferner die Lichtquellen so angeordnet, daß sie nur regelmäßige Schatten auf solchen Flächen entwerfen konnten. Unregelmäßige Schatten mußten auf jeden Fall vermieden werden: sie würden auf den glatten Flächen als Schmutzflecken empfunden werden. Zu den eben entwickelten obersten Forderungen rein künstlerischer Natur, welche die Lichtverteilung schon festlegten, kamen noch die lichttechnischen Anforderungen. Wie ihnen allen auf Grund gemeinsamer Beschlüsse der genannten Architekten und des Berichters nachgekommen wurde, soll im Folgenden, nach vorausgeschickter Beschreibung des Innern der Kirche, näher auseinandergesetzt werden.

Wie aus der Abbildung zu entnehmen ist, einer Aufnahme bei mäßigem Tageslicht und eingeschalteter künstlicher Beleuchtung, umfaßt das Gebäude zunächst einen Hauptraum mit der Grundfläche 14 × 23 m· die Höhe der Längsmauer beträgt bis zum Anlauf des überdeckenden Tonnengewölbes 8·5 m. Das Gewölbe ist derart konstruiert, daß auf einem rautenförmigen, sichtbaren Holzgerippe aus hochgestellten ein Zoll dicken Holzlamellen ein 5 cm star-

Digitized by Google

ker Gipsstrich mit Holzstabgewebe aufgebracht ist. An diesen Hauptraum schließt sich der mit einer Oberlichte versehene Altarraum halbkreisförmig an und an jeder Längsseite ein 1·5 breiter, rund 3·5 m hoher Gang. Dem Altarraum gegenüber liegt eine abgetreppte Empore in maximal 5·5 m Höhe. Die dort aufgestellte Orgel erhebt sich daher an der einen halbkreisförmigen Abschlußfläche des Gewölbes, während die andere Abschlußfläche mit einem Freskobild von Wolf-Rothenhan geschmückt ist.

Die eingangs erwähnte ästhetische Forderung der gleichmäßigen Beleuchtung der Begrenzungsflächen des Hauptraumes wurde, wie nachstehend beschrieben ist, erfüllt. Um das Bild der Wandflächen und der Decke nicht durch grelle Lichtpunkte (Klarglaslampen) und unregelmäßige Schatten zu unterbrechen, empfahl es sich, einerseits die Lichtquelle, soweit sie für den in der Kirche Befindlichen gesehen werden kann, als leuchtende Fläche auszubilden, anderseits die Lampen dem Holzgerippe gegenüber entsprechend anzuordnen. Zu diesem Zwecke ist an jeder Längswand in 8·5 m Höhe über dem Fußboden und 3 m Höhe über der Empore ein Kämpfervorsprung angebracht, in dessen rinnenförmiger Austiefung Zeiss'sche Spiegelreflektoren liegen, je 28 Stück mit 12 Lampen zu je 75 W und 4 Lampen zu je 60 W für den Raum vor der Empore und 12 Lampen je 40 W für die Empore selbst. Die Spannung beträgt 220 V, die Gesamtwattzahl für den ganzen Raum $2 \times 1620 = 3240$ W. Den Spiegelreflektoren sind in Blei gefaßte Mattglastafeln von 20 cm Höhe vorgelagert. Die ganze Anordnung stellt demnach ein halbindirekte Lichtquelle vor, welche nun die Decke anleuchtet, auf der sich auch in regelmäßiger Form und in verschiedenen Tiefen die Schatten der hochgestellten Rhombenseiten zeigen. Lichtquelle und leuchtende Decke zusammen beleuchten das Freskobild ober dem Altarraum und die ganze Empore, wobei an der dortigen Orgel die Pfeifen breitere, aber matte Reflexe aufweisen. Ferner werden von derselben Lichtquelle im übrigen unteren Raum Wände, Bodenfläche und Bankreihen beleuchtet. Die Lampen sind in vier Gruppen geschaltet, um eine den verschiedenen gottesdienstlichen Gelegenheiten angepaßte Beleuchtung zu erhalten. Zur Ergänzung der Hauptraumbeleuchtung wurden über besonderen Wunsch in den Scheitel des Gewölbes noch drei Spiegelreflektoren mit Lampen zu je 300 W eingebaut; allein eingeschaltet, würden diese drei Reflektoren die Decke und das Freskobild über dem Altar durch einen scharf abgeschnittenen ziemlich dunklen Schatten verunstalten. Die ganze bisher geschilderte Beleuchtungsanlage genügt auch den vier lichttechnischen Anforderungen, nämlich der Blendungsfreiheit — auch auf der Empore —, der günstigen Schattenbildung und der Gleichmäßigkeit sowie hinreichenden Stärke der Beleuchtung. Die Gleichmäßigkeit erwies sich nach Messungen mit dem Luxmeter längs einer Bank als sehr befriedigend, bei allein eingeschalteten Scheitellampen dagegen weniger zufriedenstellend. Bezüglich der Beleuchtungsstärke konnte wegen der aus Ersparungsrücksichten gewählten Wattzahl (3240) der Lampen nur ihr sogenannter hygienischer Wert erwartet werden; er reicht für das übliche langsame Lesen aus Gesangsbüchern, deren Text außerdem meistens bekannt ist, aus. Von Dr. Lux[1]) werden als üblich 10 bis 15 Lux, bei protestantischen Kirchen etwas mehr angegeben. Messungen mit dem Luxmeter ergaben im Mittel 20 Lux bei bloßer Einschaltung der halbindirekten Lichtquelle, also ohne die drei Scheitellampen. Auf der Empore stellten sich 30 bis 40 Lux

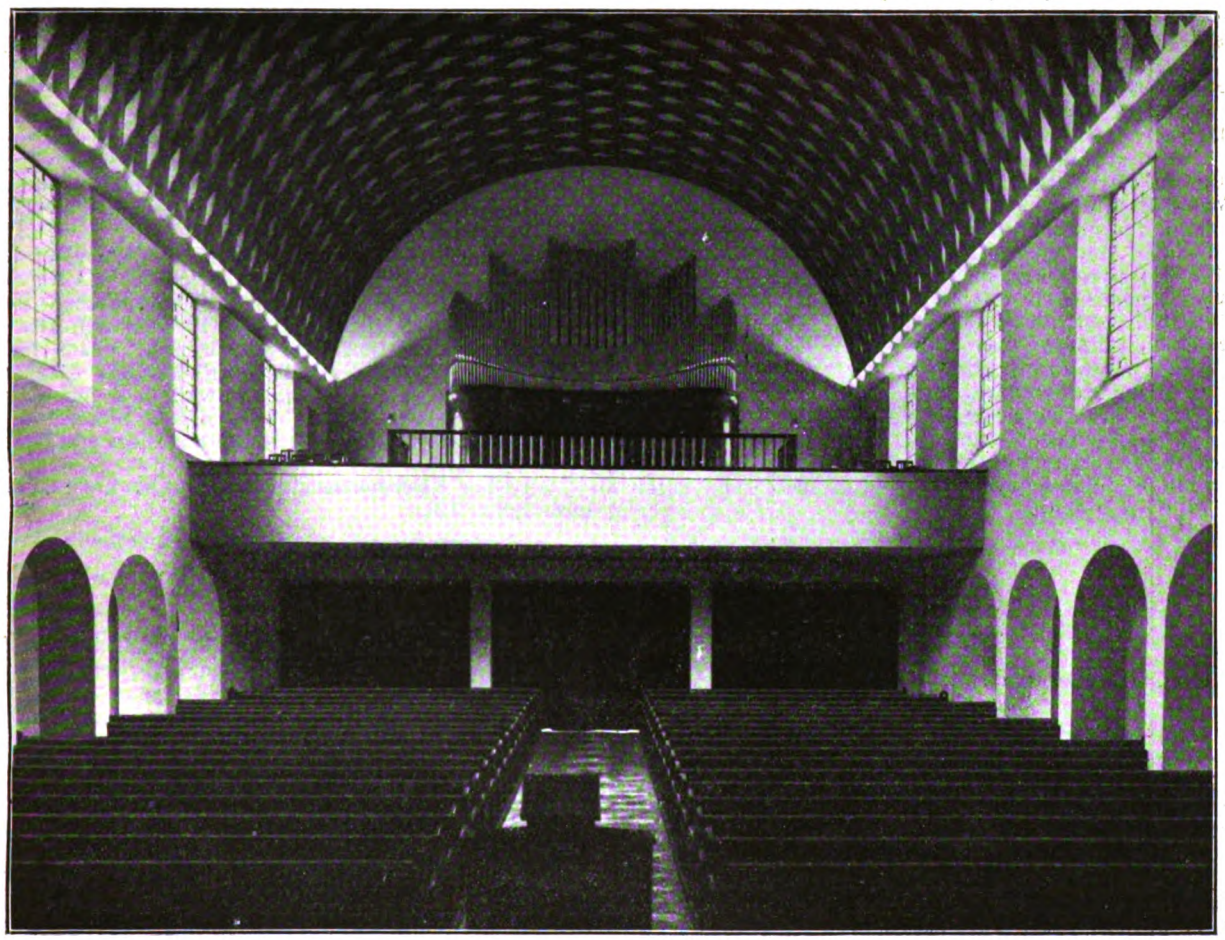


Abb. 1.

[1]) Licht und Lampe, Heft 5, 1923, Seite 110.

Digitized by Google

heraus, was bei Orgelkonzerten und Chorgesang genügt. Für Instrumentalaufführungen ist der Anschluß des Pultlichtes vorgesehen.

Die Seitengänge haben, um mit helleren Wänden in Kontrast zum Hauptraum zu kommen, eigene Beleuchtung vermittelst mattierter 40 W-Lampen, die an der Gangseite der Pfeiler angebracht sind und in zwei Gruppen geschaltet werden können. Vom Hauptraume aus sieht man nur die angeleuchteten Gangflächen, von denen sich die Bogenstellungen der Innenwände des Hauptraumes dunkel abheben.

Die Wand des Altarraumes bildet schon deswegen einen Gegensatz zu den Wänden des Hauptraumes, weil sie samt der fächerförmig gegliederten Decke grün bemalt ist. Dadurch wird die Vorstellung vom Zurücktreten dieses Raumes oder von seiner Tiefe sehr verstärkt; die Oberlichte, aus weißem von drei Spiegelreflektoren mit 100 W-Lampen durchleuchtetem Ornamentglase bestehend, ruft dazu noch eine sehr stimmungsvolle Lichtverteilung hervor. Die Beleuchtung auf der Altarfläche wird beim Lesen durch Kerzen oder drei Spiegelreflektoren mit je einer 100 W-Lampe, die an der Abschlußfläche ober dem Altarraum angebracht sind, erhöht.

Der dreifeldrige Raum unter der Empore erhält indirekte Beleuchtung von drei Spiegelreflektoren mit je 75 W-Lampen.

In der durch das Haupttor unmittelbar betretbaren Halle, die auch als Versammlungsraum benützt wird und vom übrigen Kirchenraum durch einen Vorhang abgeschlossen werden kann, hat jedes ihrer drei nebeneinanderliegenden Felder einen bemerkenswerten Beleuchtungskörper: drei nebeneinander angeordnete, mattierte Lampen zu je 40 W, 220 V liegen zwischen vier quadratischen Spiegelglasscheiben, und zwei benachbarte von diesen Scheiben sind um 90° gegeneinander versetzt; auf der grauen Decke zeigt sich nach Einschaltung der Lampen ein anmutiges Schattenbild. Die mittlere Beleuchtungsstärke in diesem Raum ergab sich zu rund 30 Lux.

Die offene Eingangshalle hat fünf Felder zwischen Pfeilern, jedes von einem Kugelgewölbe überdeckt und mit einem Geleucht im Scheitel ausgestattet, einer 60 W-Lampe in einem mattierten Glas von Halbtropfenform. Die Anleuchtung der Flächen ist auch hier gleichmäßig ausgefallen und die Deckenbogen heben sich von den angeleuchteten Wandflächen wirkungsvoll ab.

Ebenfalls nach ästhetischen Gesichtspunkten wurde bei der Tagesbeleuchtung vorgegangen. Um dem wegen des Blaugehalts als kalt empfundenen Tageslichte die warme und milde Wirkung des künstlichen Lichtes abzugewinnen, bekamen die hochliegenden Fenster des Hauptraumes eine Kunstverglasung vermittelst ziemlich lichtdurchlässigen, farbig abgetönten Glases, das vorwiegend gelblich-rötliche Tönung besitzt. Die unteren Fenster in den Seitengängen weisen eine Ornamentverglasung auf, die gut streut und in der Zeichnung schön wirkt. Der Altarraum empfängt Licht teils vom Hauptraume, teils von der Oberlichte, die in die architektonische Gestaltung der Decke eingefügt ist. Das Mauerwerk um die Fensteröffnung ist mit Rücksichtnahme auf möglichst reichliche Lichteinströmung geformt: Seiten und Sohlbank zeigen demnach eine Abschrägung. Die Verdüsterung der Gewölbefläche untertags gibt dem natürlich beleuchteten Hauptraume ein weniger ausgeglichenes Aussehen als bei der eingerichteten künstlichen Beleuchtung, ein Umstand, der eben in der Natur des Tageslichtes liegt.

Zu diesem eben beschriebenen Beispiele einer Beleuchtung als eines wesentlichen Mittels für das Herausholen und die Steigerung der architektonischen Wirkung in einem einfach gestalteten Kirchenraum gibt es in Österreich und über dessen Grenzen hinaus kaum sobald eine Parallele. Es beweist, daß das Licht als künstlerisches Ausdrucksmittel bewußt und mit Erfolg verwendet werden kann und in dieser Hinsicht auch für ältere Kirchenbauten der Beachtung wert erscheint[2]).

[2]) Über Kirchenbeleuchtung, vgl. Die Lichttechnik, 1926, Seite 121.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

ENTWURF

der „Leitsätze zur Bewertung von Lampen und Beleuchtung".

Das Komitee für theoretische Beleuchtungsfragen der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft hat im Nachhange zu der in Heft 3 der „Lichttechnik" vom Jahre 1925 erfolgten Veröffentlichung der wichtigsten lichttechnischen Grundgrößen und Einheiten nunmehr den nachstehenden Entwurf ausgearbeitet, der hiemit den Mitgliedern der Gesellschaft zur Beurteilung und Äußerung unterbreitet wird. Das Komitee ersucht, etwaige Einwendungen oder Abänderungsvorschläge für vorliegende Fassung spätestens bis 31. März 1927 an seine Adresse, Wien, VI., Theobaldgasse 12, gelangen zu lassen.

Lampen.

1. Lampen sind photometrisch in erster Linie nach ihrem Gesamtlichtstrom oder auch nach ihrer mittleren sphärischen Lichtstärke zu bewerten.

2. Die Lampen sind in betriebsmäßigem Zustande zu messen. Die Bedingungen unter denen die Lampen geprüft wurden und die Art der Ausrüstung der Lampe sind zu kennzeichnen.

3. Die Lichtausstrahlung der Lampen in Abhängigkeit von der Ausstrahlungsrichtung wird durch die Lichtverteilungskurve und die Lichtstromkurve gekennzeichnet.

Die Lichtverteilungskurve gibt die mittleren Lichtstärken unter den verschiedenen Ausstrahlungswinkeln gegen die Vertikale an. Sie wird in Polarkoordinaten winkelgetreu und mit gleichmäßig geteilter Lichtstärkeskala dargestellt; die Ausstrahlungswinkel sind von der nach unten gerichteten Vertikalachse aus zu rechnen. In besonderen Fällen können die Lichtstärken unter Hinweis hierauf logarithmisch aufgetragen werden.

Bei Lampen mit stark axialunsymmetrischer Lichtausstrahlung ist die Lichtverteilung in verschiedenen Meridianebenen anzugeben.

Die Lichtstromkurve gibt in rechtwinkeligen Koordinaten die Lichtströme in kegelförmige Räume, deren Achse die Vertikale ist, abhängig von dem halben Öffnungswinkel an.

4. Die Lichtausbeute einer Lampe ist das Verhältnis des von ihr ausgestrahlten Gesamtlichtstromes in Lumen zur zugeführten Leistung in Watt oder Kalorien für die Stunde.[1]) Die Lichtausbeute wird daher in Lumen für 1 Watt oder Lumenstunden für die Wärmeeinheit angegeben. Soweit die Angaben für Lampen mit gasförmigen, flüssigen oder festen Brennstoffen in Lumenstunden für 1 Liter oder 1 Gramm erfolgen, ist der Heizwert des Brennstoffes mit anzugeben. Hierbei ist die in etwa notwendigen Hilfsvorrichtungen verbrauchte Leistung mit in Rechnung zu setzen.

5. Unter Wirkungsgrad einer betriebsmäßigen Lampenausrüstung versteht man das Verhältnis der Gesamtlichtströme der Lampe mit und ohne Ausrüstung. Zur Vergleichung der Güte verschiedener Ausrüstungen sind zusätzliche Angaben über die Art der Ausrüstung und die mit ihr erzielte Lichtverteilung und Leuchtdichte zu machen.

6. Eine Lichtquelle wird gekennzeichnet durch *a*) den Verbrauch (Watt, Liter/Stunde, Gramm/Stunde),

[1]) Statt der Lichtausbeute in Lumen/Watt wird bisher gewöhnlich der spezifische Verbrauch in W/HK O angegeben. Die Lichtausbeute ist das 4-fache des reziproken Wertes des spezifischen Verbrauchs.

Digitized by Google

b) den Gesamtlichtstrom oder die Lichtausbeute (vergl. Punkt 4), *c*) die Betriebsspannung des elektrischen Stromes; den Druck, die Beschaffenheit und den Heizwert des Brennstoffes, *d*) die Lebens- oder Nutzbrenndauer bei elektrischen Lampen und Glühkörpern.

Die Nutzbrenndauer ist die Zeit, in der der Gesamt-Lichtstrom um einen zu vereinbarenden Teil seines Anfangwertes abgenommen hat.

Beleuchtung.

1. Zur photometrischen Beurteilung der Beleuchtung dient die Beleuchtungsstärke auf der Arbeits- oder Gebrauchsfläche. Fehlen besondere Angaben über die Arbeits- oder Gebrauchsfläche, so ist die Beleuchtungsstärke auf der wagrechten Fläche maßgebend, die in 1m Höhe über dem Fußboden anzunehmen ist.

2. Die Abgabe der mittleren Beleuchtungsstärke dieser Fläche genügt in den meisten Fällen. Zur näheren Kennzeichnung ist daneben noch die geringste und die höchste Beleuchtungsstärke anzugeben (Minimal- und Maximalbeleuchtung).

3. Als Gleichmäßigkeit der Beleuchtung wird das Verhältnis der geringsten zur größten Beleuchtungsstärke in Form eines echten Bruches angegeben. Schatten- und Lichtflecke werden in Messung einbezogen, wenn sie durch die Lampe oder ihr Zubehör unmittelbar hervorgerufen werden.

4. Die Lichtausbeute einer Anlage für die Beleuchtung einer Fläche ist das Verhältnis des gesamten auf die Fläche fallenden Lichtstromes zur gesamten aufgewandten Leistung. Dieser Lichtstrom ist gleich dem Produkt aus der mittleren Beleuchtungsstärke in Lux und der beleuchteten Fläche in m^2.

5. Der Wirkungsgrad einer Anlage für die Beleuchtung einer Fläche ist das Verhältnis des gesamten auf die Fläche fallenden Lichtstromes zu dem gesamten Lichtstrom der Lampen ohne Ausrüstung.

Das Komitee für theoretische Beleuchtungsfragen.

Dr. Hiecke, m. p. Prof. J. Ondracek, m. p.

Protokoll der III. ordentl. Generalversammlung vom 16. Dezember 1926.

Der Vorsitzende, Vizepräsident Dr. R. Hiecke, eröffnet die Generalversammlung und stellt fest, daß ihre Einberufung und die Anzeige an die Behörde zeitgerecht erfolgt ist. Die Tagesordnung war im Heft 13 der „Lichttechnik" vom 5. Dezember d. J. auf Seite 124 veröffentlicht. Der Vorsitzende stellt fest, daß die Generalversammlung im Sinne des § 5, 2. Absatz, der „Satzungen" beschlußfähig ist. Beim Eintritt in den Saal haben die Mitglieder die Aufstellung der Bilanz vom 10. November 1926, den Gebarungsausweis und den Voranschlag für das Jahr 1927 erhalten.

Vor Eingehen in die Tagesordnung, gedenkt der Vorsitzende des Ablebens von zwei Mitgliedern der Gesellschaft, der Herren Steno Walter und Ing. Max Kölbl. (Die Versammlung hat sich von den Sitzen erhoben und der Vorsitzende erklärt dieses Zeichen der Trauer in das Protokoll aufnehmen zu lassen.)

Die Versammlung wählt zu Verifikatoren des Protokolls die Herren: Direktionsrat Ing. C. Deck und Karl Krötlinger.

Der Vorsitzende schlägt vor, die Punkte 1 der Tagesordnung (Festsetzung der Mitgliedsbeiträge) und 3 (Bericht über den Gebarungsausweis und die Bilanz) gemeinsam zu behandeln.

Der Kassaverwalter Ing. W. Bonwitt führt aus: In der zweiten ordentlichen Generalversammlung vom 4. Dezember 1925 legten wir den Gebarungsausweis für das Kalenderjahr 1924 und den Voranschlag für das Kalenderjahr 1925 vor. Nachdem das Jahr 1925 bereits abgelaufen und auch das Jahr 1926 heute nahezu bereits verstrichen ist, kann der Gebarungsausweis bis zum 10. November 1926 vorgelegt werden. Die Ergebnisse desselben sind erfreulicherweise günstige. Wir haben auch einen Voranschlag für das Jahr 1927 aufgestellt, der sich in den Händen der Mitglieder befindet.

Im Namen der Kassarevisoren erstattet Herr Direktor Ph. Kris den Revisionsbericht, demzufolge bestätigt wird, daß die Bücher und Belege sowie das Vorhandensein des Barbestandes geprüft wurden und daß sich die Revisoren von der Richtigkeit aller Aufschreibungen volle Überzeugung verschafft haben. Die Revisoren betantragen der Generalversammlung, dem Ausschuß das Absolutorium zu erteilen.

Der Vorsitzende bringt den Antrag der Kassarevisoren zur Abstimmung. Der Antrag wird einstimmig angenommen. Der Vorsitzende drückt dem Herrn Kassaverwalter für seine Bemühungen im Interesse der Gesellschaft den Dank der Versammlung aus.

Der Kassaverwalter führt weiter aus: Die Mitgliederzahl beträgt gegenwärtig 195. Sie ist gegenüber der Zahl bei der letzten Generalversammlung um 48 gestiegen. Etwas weniger als die Hälfte der Mitglieder sind auch gleichzeitig Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines in Wien. In Anbetracht des Umstandes, daß die ÖLG für jedes Mitglied, welches das Vereinsorgan „Die Lichttechnik" bezieht und nicht Mitglied des Elektrotechnischen Vereines ist, dem letzteren die reinen Barauslagen für Druck und Papier pro Mitglied im Jahr in einer Höhe entrichten muß, die dem Mitgliedsbeitrag gleichkommt, schlägt der Vereinsausschuß vor, den Beitrag dieser, nicht dem Elektrotechnischen Verein angehörenden Mitglieder der ÖLG für das das Jahr 1927 auf S 6·— zu erhöhen und auch die Eintrittsgebühr neuer Mitglieder, die bis jetzt 50 g betrug, auf S 1·— festzusetzen; dagegen soll der Mitgliedsbeitrag für alle übrigen Mitglieder in der bisherigen Höhe von S 3·— beibehalten werden. Der Voranschlag für das Jahr 1927 ist bereits unter Zugrundelegung des erhöhten Mitgliedsbeitrages aufgestellt.

Der Vorsitzende bringt diesen Antrag des Vereinsausschusses auf Erhöhung der Mitgliedsbeiträge für einen Teil der Mitglieder zur Abstimmung. — Der Antrag wird einstimmig angenommen.

Zu Punkt 2 der Tagesordnung: Bericht über die Tätigkeit der Gesellschaft i. J. 1926 erstattet der erste Schriftführer, Prof. Ing. J. Ondracek, den nachfolgenden Bericht.

Komitee für praktische Beleuchtungsfragen.

Das Komitee (Vorsitzender: Dr. A. Lederer) hat seine Studien zu „Leitsätzen über die Innenbeleuchtung", und zwar zunächst bezüglich der Hauptanforderungen an die Beleuchtung von Innenräumen beendet; die Veröffentlichung der genannten Leitsätze erfolgt demnächst. Hierauf wurde eines der wichtigsten Probleme der Innenbeleuchtung, die Fabriksbeleuchtung, in Beratung gezogen. Bekanntlich haben sämtliche europäische Staaten, die Balkanstaaten ausgenommen, Gesetze und Verordnungen über Fabriksbeleuchtung aufgestellt oder sind daran, Leitsätze darüber zu entwerfen. Es erschien daher geboten, den Hauptverband der Industrie unmittelbar zu den Beratungen heranzuziehen. Das Gewerbeinspektorat andererseits behandelt in allen Ländern die Beleuchtung sozusagen als Sicherheitsvorrichtung und schließt sich deshalb an die betreffenden lichttechnischen Gesellschaften an. Den Beratungen des Komitees hat vom Hauptverband der Industrie Herr Ing. Mildner, vom Gewerbeinspektorat Herr Hofrat Ing. Küpper beigewohnt. Es wurde nun in zweifacher Hinsicht ein Anfang der Arbeiten zur Fabriksbeleuchtungsfrage vorgeschlagen:

1. Der Entwurf eines Betriebsblattes, das Abbildungen samt Legenden über Gesundheits- (Seh-) Beeinträchtigung und Gefährdung der persönlichen Sicherheit durch schlechte Beleuchtung zu bringen hat.

2. Erhebungen über die Beleuchtung durch das Gewerbeinspektorat.

Digitized by Google

Wie ursprünglich beschlossen worden, kam es im abgelaufenen Jahr zu einer Umgestaltung der praktischen Ausstellung über Fabriksbeleuchtung, die die Österr. Lichttechnische Gesellschaft in den Räumen der Instrumentenbau Ges. „Norma" ausgeführt hat. Eine Probebeleuchtung zu Studienzwecken wird auch in der Westbahnwerkstätte der Bundesbahnen eingerichtet, eine weitere in einer technischen Lehranstalt.

Der Gesellschaft kamen mehrfach Ersuchen um Beratung in Beleuchtungsangelegenheiten zu. Sie wurden teils schriftlich erledigt, teils auf Grund einer Probebeleuchtung. Es gelang, in gemeinsamer Arbeit mit den Anfragenden hiebei sowohl bei einer Zweck (Schul-) als auch bei einer rein künstlerischen (Kirchen-) Beleuchtung die lichttechnischen Grundsätze im vollen Umfange durchzubringen und mustergiltige Anlagen zu schaffen.

Endlich wäre noch zu berichten, daß sich die Gesellschaft auf Grund einer Einladung des Außeninstitutes an der Wiener Technischen Hochschule im Anfang dieses Jahres an der Abhaltung eines Kurses über Lichttechnik durch Entsendung zweier ihrer Mitglieder als Vortragende beteiligt hat.

Komitee für theoretische Beleuchtungsfragen.

In den Sitzungen des Komitees (Vorsitzender: Dr. R. Hiecke) wurden folgende Gegenstände behandelt:

1. Die Veröffentlichung über die lichttechnischen Einheiten und Grundgrößen wurde, nachdem sie keinem Einspruche begegnet war, dem Ausschusse zur Beschlußfassung unterbreitet.

2. Im Einvernehmen mit der deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft wurde die Bezeichnung „Geleucht" für Beleuchtungsarmatur angenommen. Die Bezeichnung „Beleuchtungskörper" für die Armatur samt ihrem Träger wurde beibehalten.

3. Nach einem deutschen Vorschlage wurde beschlossen, noch folgende Begriffe zu definieren:

Spezifische Lichtausstrahlung,
Faktor der relativen Augenempfindlichkeit, (relativer Sichtbarkeitsfaktor),
Reflexionsfaktor,
Absorptionsfaktor,
Durchlässigkeitsfaktor.

Die bezüglichen Definitionen wurden bereits im Entwurfe ausgearbeitet und stehen in Beratung.

4. Vom Vorsitzenden wurde eine „Erläuterung der photometrischen Grundgrößen und Einheiten" ausgearbeitet und am 28. Oktober d. J. der Kritik des Plenums unterbreitet. Da kein Einwand erhoben wurde, beschloß das Komitee die Veröffentlichung in der „Lichttechnik".

5. Es wurde ein Entwurf über „Leitsätze zur Bewertung von Lampen und Beleuchtung" entsprechend den Punkten *B* und *C* der deutschen „Regeln zur Bewertung von Licht, Lampen und Beleuchtung" beschlossen. Dieser Entwurf wird demnächst durch Veröffentlichung in der „Lichttechnik" den Mitgliedern zur Äußerung bekanntgegeben werden.

6. Das Komitee hat sich auch mit der Frage einer eigenen Prüfstelle befaßt; ist jedoch zu dem Schlusse gelangt, daß die Kosten einer solchen Prüfstelle zu bedeutend wären, als daß sie derzeit von der Gesellschaft getragen werden könnten; es wäre denn, daß sich Gönner fänden, die für diese Kosten aufkämen. Es wird daher empfohlen, photometrische Messungen vorläufig mit den vom Technologischen Gewerbemuseum in Wien in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellten Einrichtungen vorzunehmen. Die praktische Erprobung von lichttechnischen Objekten könnte am besten in den Vorführungsräumen der Städtischen Elektrizitätswerke, Gemeinde Wien erfolgen. Es wäre jedoch wünschenswert, wenn dazu nach dem Vorschlage von Herrn Prof. Ondracek ein schwarzes und ein weißes Zimmer zur Verfügung gestellt werden könnte. Ferner sollte ein möglichst vollkommener Beleuchtungsmesser, etwa in der Art des amerikanischen „Macbeth"-Apparates (Preis 160 Dollar), womöglich aber deutscher Herkunft, angeschafft werden. In dieser Angelegenheit kann jedoch noch kein bestimmter Antrag gestellt werden.

Vortrags- und Redaktionskomitee.

Das Vortrags- und Redaktionskomitee (Vorsitzender: Prof. Ing. Ondracek) hat eine Reihe von Sitzungen abgehalten, in welchen vor allem ein Vortragsprogramm besprochen wurde. Vorträge wurden gehalten von den Herren:

Dr. Ernst Hintzmann: „Wissenswertes aus Licht- und Beleuchtungstechnik unter besonderer Berücksichtigung der Projektierung und Beurteilung von Beleuchtungsanlagen".

Prof. Dr. J. Teichmüller: „Lichtarchitektur".

Dr. R. Hiecke: „Erläuterungen der photometrischen Grundgrößen und Einheiten".

Ing. Hanns Koch: „Aufgaben und Ziele der Lichtwirtschaft".

Dr. W. Ruffer: „Über Leistungssteigerung bei erhöhter Beleuchtung".

Hofrat Prof. Franz Karl Kraus: „Die Entwicklung der natürlichen Beleuchtung".

Die Vorträge sind bereits in der „Lichttechnik" erschienen, teils werden sie in den nächsten Heften aufgenommen werden.

Hinsichtlich der Ausgestaltung der Zeitschrift geht die Tendenz dahin, praktische beleuchtungstechnische Fragen, sowie auch wirtschaftliche Fragen der Lichttechnik soviel wie möglich in den Vordergrund treten zu lassen, daneben aber auch der Theorie einen entsprechenden Raum einzuräumen. — Die Versammlung nimmt diesen Bericht zustimmend zur Kenntnis.

Zu Punkt 4 der Tagesordnung: Allfälliges ergreift Sektionschef Dr. L. Kusminsky das Wort zu folgenden Ausführungen:

a) Die ÖLG ist vor einiger Zeit aufgefordert worden, der Internationalen Beleuchtungs-Kommission mit einem Jahresbeitrag von 20 Pfd. als Mitglied beizutreten. Die Frage wurde im Ausschuß eingehend beraten und der Ausschuß ist zu dem Beschluß gekommen, daß der Vorschlag angenommen werden soll. Die Versammlung wird ersucht, diesem Antrag beizustimmen.

Nachdem der Vorsitzende auf die Bedeutung dieser internationalen Vereinigung für die lichttechnische Industrie hinsichtlich der gemeinsamen Einheiten, der gemeinsamen Bewertung von Lampen hinwies und auch die Notwendigkeit betonte, daß die Arbeiten der ÖLG in diesen Fragen bei der internationalen Festsetzung Berücksichtigung finden sollen, beschließt die Versammlung die einstimmige Annahme dieses Antrages.

b) Zu diesem Punkt der Tagesordnung hebt der Vorsitzende endlich unter Hinweis auf die vom Schriftführer erstatteten Berichte hervor, daß das Komitee für theoretische Beleuchtung an den Ausschuß Anträge hinsichtlich der lichttechnischen Größen, Einheiten und Definitionen gestellt hat. Der Ausschuß stellt nun den Antrag, die Generalversammlung möge beschließen, daß der Ausschuß berechtigt ist, die jeweils von dem vorgenannten Komitee beantragten lichttechnischen Größen, Einheiten und Definitionen im eigenen Wirkungskreis zu beschließen. — Diesem Antrag stimmt die Versammlung einstimmig zu.

Hierauf schließt der Vorsitzende die III. ordentliche Generalversammlung.

Der Vorsitzende: Der I. Schriftführer:
Dr. R. Hiecke e. h. Prof. Ing. J. Ondracek e. h.

Die Verifikatoren:
Ing. C. Deck e. h. Karl Krötlinger e. h.

Wien, am 16. Dezember 1926.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 2 **30. Jänner 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Licht und Leistung. Von Dr. W. Ruffer, Berlin. (Schluß.) S. 13. / Fortschritte in der Beleuchtungstechnik. Von Dr. Finlayson. S. 16. / RUNDSCHAU. S. 20. / CHRONIK. S. 21. / LITERATURBERICHTE. S. 23. / Österreichische Lichttechnische Gesellschaft. S. 24.

Licht und Leistung.

Von Dr. W. **Ruffer**, Berlin.

(Schluß aus Heft 1, Seite 8.)

III. Beleuchtungsfarbe und Leistung.

Neben der Beleuchtungsstärke hat aber auch noch die Lichtfarbe einen Einfluß auf die menschliche Leistung. Eine psychotechnische Untersuchung hierüber hat O. Schneider[14]) angestellt. Sein Verfahren beruht unmittelbar auf Leistungsmessungen bei Leseversuchen. (20 Lux.) Als Versuchsergebnis stellt er fest, daß die Lichtfarbe die Leistung in zweierlei Hinsicht beeinflußt. Sie kann vermindernd auf die Leistung überhaupt einwirken, und zwar in der Art, daß die Leistung bei farbigem Licht schon von Anfang an geringer als bei gewöhnlichem Glühlampenlicht ist. Diese Wirkung des farbigen Lichtes ist zum Teil auf Idiosynkrasie gegen die betreffende Lichtfarbe zurückzuführen. Außerdem beeinflußt die Lichtfarbe den weiteren Verlauf der Leistung, indem diese unter der Einwirkung der Lichtfarbe rascher oder langsamer sinkt. Gleiche Lichtfarben wirken auf die einzelnen Versuchspersonen in verschiedener Weise. Übereinstimmend kann für alle Versuchspersonen gesagt werden, daß von den untersuchten Beleuchtungen (ungefärbtes, gelbgefiltertes, rotgefiltertes, blaugrüngefiltertes Glühlampenlicht) die durch das gewöhnliche Glühlampenlicht erzeugte am günstigsten war. Rot und Blaugrün ist die stärkste Ermüdung zuzuschreiben. Für Gelb ist der Unterschied gegenüber dem gewöhnlichen Licht zu gering, um ein allgemeines Urteil aussprechen zu können, doch scheint es nach den Schneiderschen Untersuchungen etwas ungünstiger zu sein als das gewöhnliche Glühlampenlicht. Von dem roten und dem blaugrünen Licht wirkt in der Mehrzahl der Fälle das rote stärker ermüdend. Die Versuchsergebnisse weisen darauf hin, daß das Licht im allgemeinen umso günstiger wirkt, je mehr es sich in der Farbe dem Tageslicht nähert, und man kann wohl vermuten, daß das weiße Licht (Tageslicht) das menschliche Auge noch weniger ermüdet als das Licht der gewöhnlichen Glühlampe.

Während Schneider seine Untersuchungen nur bei einer Beleuchtungsstärke von 20 Lux angestellt hat, untersuchten Korff-Petersen und I. M. Ogata[15]) den Einfluß verschiedenfarbigen Lichtes auf die Genauigkeit und Schnelligkeit des Erkennens von Druckzeichen bei Beleuchtungsstärken von 2, 5, 10, 20 und 30 Lux. Abb. 15 zeigt die erhaltene Kurvenschar. Aus diesen Kurven läßt sich folgendes ersehen: Die Sehschärfe bei allen Beleuchtungsstärken ist in Gelbgrün am größten. Die Überlegenheit dieser Farbe zeigt sich besonders bei höheren Beleuchtungsstärken. Der Wert der Sehschärfe in Gelbgrün steigt bei niedrigen Beleuchtungsstärken zunächst sehr stark und dann in flacherem Bogen an. Bei den übrigen untersuchten Farben ist der Anstieg im allgemeinen flacher, bei Blau nähert er sich stark der geraden Linie. Die bei rotem und weißem Licht erhaltenen Sehschärfen sind bei allen Beleuchtungsstärken unter sich fast gleich. Blaues Licht ergab unter allen Verhältnissen die geringste Sehschärfe. Der Verlauf der Kurven zeigt, daß bei 30 Lux noch nicht die Höchstleistung erreicht, die Messung also vorzeitig abgebrochen ist.

Für die Lesegeschwindigkeit ergab sich eine andere Reihenfolge als bei der Bestimmung der Sehschärfe, indem sich hier das blaue Licht günstiger als das rote erwies, und zwar das rote außerordentlich viel an-

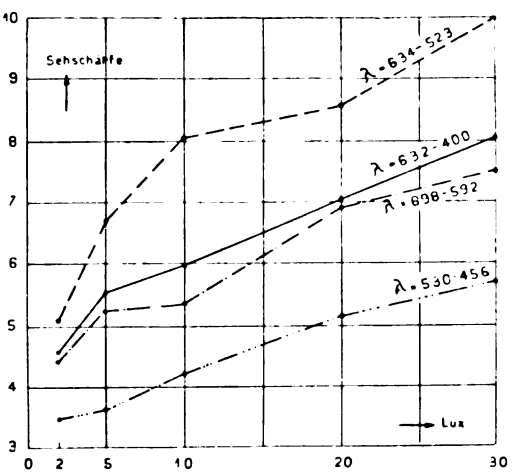


Abb. 15 Einfluß der Lichtfarbe auf die Sehschärfe.

günstiger als alle übrigen Lichtfarben. Diese Ergebnisse stimmen mit denen von Schneider weitgehend überein. Hieraus würde sich allerdings ergeben, daß die physiologischen Bedingungen für die günstigste Sehschärfe und für die Möglichkeit schnellen Lesens nicht dieselben sind. Jedoch sind die Versuche über den Einfluß der Lichtfarbe noch so gering und widersprechend, daß noch weitere Untersuchungen mit farbigem Licht notwendig sind, um zu eindeutigen Ergebnissen zu kommen.

IV. Beleuchtung und Produktion.

Die Analyse des Sehprozesses und dessen Beziehung zur Beleuchtung sind für die richtige Benutzung des Lichtes äußerst wichtig, jedoch von größtem Interesse ist die durch bessere Beleuchtung erlangte erhöhte Produktion. Auch hier haben die Amerikaner eine Reihe von wichtigen Feststellungen gemacht. In diesem Zusammenhang ist die von mir zusammengestellte Tab. VI der hauptsächlichsten amerikanischen Untersuchungen von Interesse. In einer Kugellagerfabrik waren 15 vH der Belegschaft mit Kontrollarbeiten beschäftigt, die im Nachkontrollieren der Fertigmaße und Feststellen der Materialfehler, zum Beispiel schlechte Auskehlungen, Rissen usw., be-

[14]) O. Schneider, „Licht und Lampe", 725, 1924.
[15]) A. Korff-Petersen und I. M. Ogata, Z. f. Hygiene und Infektionskrankheiten, 27, 1925.

Digitized by Google

standen. Die Anzahl der Kontrollarbeiterinnen betrug durchschnittlich 45. Der Untersuchungsraum erhielt im Mittel eine Beleuchtung von 36 Lux durch Seiten- und Dachfenster und eine solche von 24 Lux durch künstliche Beleuchtungsanlagen, so daß eine Gesamtbeleuchtung von 60 Lux herrschte. Das Tageslicht wurde nur während der Versuchszeit soweit wie möglich abgeblendet. Die Beleuchtungsstärke wurde zunächst auf 72 Lux erhöht und dann von Woche zu Woche auf 156 und 240 Lux geändert. Temperatur und Feuchtigkeit waren während der Versuchszeit fast konstant. Die Mehrproduktion beträgt, wie aus der Tabelle ersichtlich, in den einzelnen Stadien 4, 8 und 12 vH bei

Tabelle VI.
Beleuchtung und Produktion.

Nr.	Fabrikation	Alte Beleuchtung	Neue Beleuchtung	Mehrproduktion in vH. der ursprünglichen Produktion	Mehrkosten in vH. der Löhne
1	Kugellager	60 Lx	72 Lx 156 Lx 240 Lx	Kontrollarbeiten 4 (Bes. Untersuchg. 8 fanden nicht statt) 12·5	0·5 1·3 2·1
2	Eiserne Riemenscheiben	2·4 Lx	58 Lx	Drehen 35 Bohren 16 Setzschraubenl. 6 } 20 Schlüsselsitze 2?	5·5
3	Weichmetallag.	55 Lx	152 Lx	Flanschen 20 Glätten 24 Walzen 9 Einpassen 8 Bunddrehen 27 } 15 Bohren 13 Stempeln 10 Perforieren 12	keine Angabe
4	Schwere Stahlteile	36 Lx	140 Lx	Drillen 11 Rendeln 6 } 10 Gewindeschneiden 14	1·2
5	Karburatoren	25 Lx	150 Lx	Karburator A 10·5 „ B 18·5 } 12 „ C 6·5	0·9
6	Kolbenringe	14 Lx	78 108 168	keine Angabe 13 17·9 25·8	— — 2
7	Elektrische, Gas- und gewöhnlich. Bügeleisen	8·4 Lx am Arbeitspl. 48 Lx	162 Lx	keine Angabe 12·2	2·5
8	Armatur-Wickelei	60 Lx	204 Lx	keine Angabe –	—
9	Strickereifabrik	78 Lx	200 Lx	keine Angabe 10·8	—
10	Seidenstrumpffabrik	78 Lx	250 Lx	k. Angabe Tagschicht 14 Nachtsch. 16	—
11	Kleiderstoffweberei	21 Lx	118 Lx	keine Angabe 25	—
12	93 größere Industrielle Betriebe in Chicago	—	gute und zweckm. Beleucht. keine näh. Angaben	keine Angabe im Mittel 15 vH.	5 vH der Gesamtkost.

0·5, 1·3 und 2·1 vH Mehrkosten, bezogen auf die Löhne. Die Beleuchtung von 240 Lux wurde als Erfolg der Untersuchung beibehalten. Ähnliche Resultate hatte W. A. Durgin ein paar Jahre früher bei Untersuchungen in vier Fabriken ermittelt. Die Daten mögen aus den nächsten vier Untersuchungen entnommen werden. Interessant ist hierbei, daß die Leistungssteigerung zunächst genau bei den einzelnen Arbeitsarten festgestellt und dann darauf als Mittel die Mehrproduktion errechnet wurde. Hervorgehoben sei noch die Untersuchung 6 in einer Fabrik zur Herstellung von Kolbenringen, wo sich schon eine Mehrproduktion von 25·8 vH gegenüber Mehrkosten von 2·5 vH ergab.

Diese amerikanischen Untersuchungen zeigen zweifellos den großen Einfluß der Beleuchtung auf die Wirtschaftlichkeit. Es ist natürlich klar, daß die angegebenen Zahlen keine Eindeutigkeit beanspruchen dürfen, da zu viele Faktoren vorliegen, die die Produktion beeinflussen, wie Änderung in der Nachfrage, schlechtes Rohmaterial, Verzögerung in der Lieferung und andere. Stellt man die in der erläuterten ersten Untersuchung in der Tabelle erzielten Ergebnisse graphisch dar (Abb. 16), so ist es interessant zu sehen, daß die drei Daten, die den drei Beleuchtungsstärken von 72, 156 und 240 entsprechen, auf einer Geraden liegen, die rückwärts verlängert nahe am Nullpunkt vorbeigehen würde, obgleich die Produktion natürlich schon aufhören würde, wenn nicht genügend Licht vorhanden ist. Interessanter ist es, wenn man die geraden Linien vorwärts verlängert. Bei 240 Lux zeigt sich noch keine Verringerung der Produktionszunahme bei zunehmender Luxanzahl. Das würde sich auch erst dann bemerkbar machen, wenn das Maximum der Muskeltätigkeit oder -Bewegung erreicht ist oder auch die maximale Seh-(Erkennungs-) Geschwindigkeit. Es ist schwer festzustellen, wann die Produktionszunahme bei wachsender Beleuchtungsstärke nachzulassen anfangen würde. Dies würde jedoch von dem Charakter der Arbeit abhängen, denn in verschiedenen Arbeiten sind verschiedene Faktoren eingeschlossen. Bei Arbeiten, die eine ziemlich visuelle Unterscheidung erfordern, wird das Maximum der Sehgeschwindigkeit erst bei sehr hohen Beleuchtungsstärken erreicht, und die Produktion wird sogar, wenn dieses Maximum bereits erreicht ist, weiter ansteigen, bis keine Zunahme in der visuellen Unterscheidungsmöglichkeit mehr besteht.

Luckiesh hat in seinem obgenannten Buch für die erwähnte Untersuchung die Abhängigkeit zwischen Produktion und Beleuchtungsstärke durch folgende Formel dargestellt:

$$P = 371{\cdot}0 + 65 \log I,$$

wobei P die Durchschnittsstückzahl darstellt, die pro Person pro Stunde geprüft wurde und I die Beleuchtungsstärken in foot-candles. Nun interessiert jedoch die Produktionszunahme am meisten. Luckiesh nimmt daher als Basis 6 foot-candles (72 Lux) an und findet dann für die Produktionszunahme G folgende Formel:

$$G = 15{\cdot}17 \log I - 11{\cdot}8.$$

Diese Kurve ist in Abb. 17 wiedergegeben. Der Teil AD ist extrapoliert, es sind also hierfür keine Versuchsdaten vorhanden. Jedoch unterstützen die meisten verfügbaren Daten über Sehfunktionen die Annahme, daß die Kurve in der gekennzeichneten Weise weiter verläuft. Die Beziehung zwischen der Beleuchtungsstärke und den Unkosten für Licht in vH der Löhne (durch-

Digitized by Google

schnittlich 30 cents pro Stunde) ist durch die Linie *BD* dargestellt. Der Schnittpunkt der Geraden mit der Produktionskurve liegt bei etwa 2000 Lux. Mit anderen Worten: Wenn die Gleichung tatsächlich die Beziehung zwischen Produktionserhöhung und Luxanzahl darstellt, so würde die Zunahme der Produktion bei einer Erhöhung der Intensität von 72 auf zirka 2000 Lux gleich den Kosten der Beleuchtung sein. Wenn die Beleuchtungsstärke auf 2000 Lux erhöht würde, so würde die neue Beleuchtung also mit keinerlei Kosten erhalten werden, die Produktion würde dabei um 22 vH zunehmen, und man würde als weiteren Vorteil Abnahme des Bruches, Erhöhung der Sicherheit und allgemeines

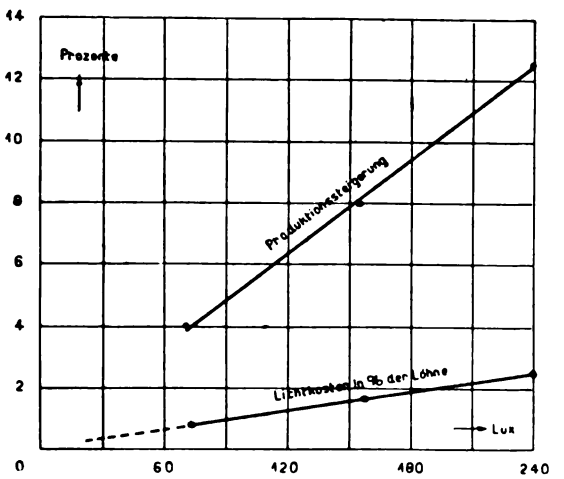


Abb 16. Verhältnis der vermehrten Unkosten zu der erzielten Produktionssteigerung. (Kugellager-Fabrik).

Wohlbefinden erhalten. Wenn in derselben Fabrik der Lohn 60 cents pro Stunde betragen würde, würden die Unkosten für Licht in vH der Löhne durch die gerade Linie, die durch den Punkt *C* geht, dargestellt sein. Diese verlängerte Linie würde die Kurve *AD* bei zirka 5000 Lux schneiden.

Die Vornahme einer derartigen Extrapolation einer Untersuchung, wie sie Luckiesh angestellt hat, ist zwar etwas gewagt, jedoch kann daraus als sicher der Schluß gezogen werden, daß hohe Beleuchtungsstärken durchaus wirtschaftlich sind. Unsere vier Ver-

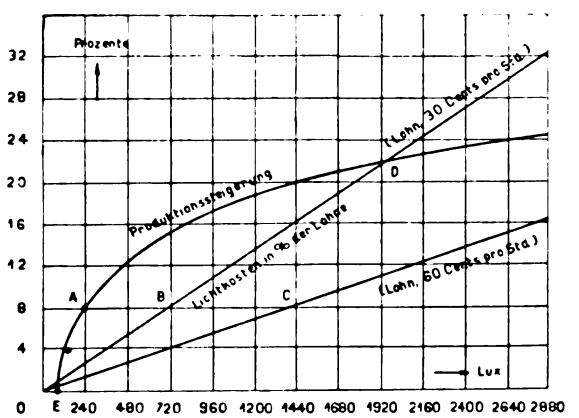


Abb. 17. Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung.

suchsreihen lassen einen Schluß auf die Wirtschaftlichkeit allerdings nicht zu. Sie waren auch nicht mit der Absicht unternommen worden, eine derartige Frage beantworten zu wollen. Da die angestellten Untersuchungen jedoch gezeigt haben, daß die menschlichen Arbeitsleistungen, besonders bei denjenigen Tätigkeiten, deren Ausführung eine hohe Sehschärfe und Sehgeschwindigkeit verlangt, und für solche, bei denen die Kontraste verhältnismäßig gering sind, durch hohe, bisher noch nicht angewandte Beleuchtungsstärken sich stark erhöhen, so dürfte in Anlehnung an die oben dargelegten Ausführungen von Luckiesh der Schluß berechtigt sein, daß die hohen Beleuchtungsstärken durchaus wirtschaftlich sind. Luckiesh spricht sogar von ganz bedeutenden Ersparnissen. Jedoch bedarf diese Frage der Wirtschaftlichkeit noch eingehender Untersuchungen.

V. Zusammenfassung.

Faßt man sämtliche Ausführungen zusammen, so sind durch zweckmäßige Beleuchtung folgende Vorteile bei industriellem Gebrauch vorhanden: Schnellere und bessere Arbeit, weniger verlorene Arbeit, weniger Augenanstrengung und daraus sich ergebendes Wohlbefinden der Arbeiter, Erleichterung der Aufsicht, Reinhalten der Werkstätten, sowie die Tatsache, daß der Wechsel der Arbeiterschaft infolge der besseren Verhältnisse geringer ist. Von weiterer, und zwar noch menschlicherer Bedeutung ist der Einfluß der Beleuchtung auf die Unfallvermeidung. Eine Untersuchung von 2000 Unfällen in Amerika mit tötlichem Ausgang innerhalb von drei Jahren hat gezeigt, daß ungefähr auf jeden Monat von April bis September 50 Unfälle vorhanden waren, während die Anzahl in den Monaten Dezember bis Jänner auf 70 stieg. R. H. Simpson[16]), ein amerikanischer Unfallversicherungsingenieur, hat behauptet, daß von den industriellen Unfällen im Jahre 1920 15 vH der ungünstigen Beleuchtung zugeschrieben werden müssen und bemerkt, daß die Kosten dieser Unfälle größer gewesen seien, als die Gesamtkosten der industriellen Beleuchtung in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Diskussion:

Prof. Ing. Ondracek: „Kann durch entsprechende Bauweise der Werkstätten der Tagesbeleuchtung eine nennenswerte produktionsfördernde Wirkung zukommen?"

Dr. Ruffer: „Es ist nach Ansicht aller einschlägigen Fachleute die Tagesbeleuchtung, sowohl was die Lichtstärke als auch was die Farbe angeht, für die menschliche Leistung am günstigsten. Je mehr also ein Raum von Tageslicht durchflutet wird, desto mehr wird auch die Produktion gefördert werden. Beim Bau unserer heutigen Werkstätten ist leider auf diese Tatsache allzu häufig zu wenig Gewicht gelegt worden. Es ist jedoch anzunehmen, daß auf Grund der zunehmenden Erkenntnis der großen Bedeutung des Lichtes für die menschliche Leistung bei dem Bau der künftigen Werkstätten auf eine gute Durchflutung mit Tageslicht besonders Wert gelegt werden wird. Auf der Essener Tagung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft vor zwei Monaten, die als Hauptthema die Tagesbeleuchtung hatte, ist über diese Frage speziell nicht gesprochen worden."

Herr Dipl. Ing. Koch: „Ich möchte Herrn Dr. Ruffer fragen, aus welchem Grunde er Sprünge in der Beleuchtungsstärkenordnung vorgenommen hat."

Dr. Ruffer: „Diese Art des Vorgehens hatte den Zweck, die Frage zu beantworten, ob sich die Leistung durch Verringerung der Beleuchtungsstärke entsprechend vermindert. Leider konnte ich auf diese Frage hier nicht mehr eingehen, da sonst der Vortrag noch länger gedauert hätte. Ich bin jedoch in einem Vortrag, den ich vor drei Jahren in der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft gehalten habe, darauf näher eingegangen. Hier möchte ich mich jedoch nur auf die Wiedergabe des Wesentlichen beschränken. In der ersten Versuchsreihe zeigt der Rückgang von 100 auf 10, von 300 auf 50 und von 600 auf 100 Lux durchschnittlich eine Verminderung der Leistung, jedoch sind die ursprünglichen Werte nicht erreicht, sondern bleiben bis zu etwa 8 vH darüber. Auch bei der vierten Versuchsreihe bin ich derart vorgegangen und habe Ähnliches bei der Spannerin *A* gefunden. Bei der Spannerin *B* war allerdings der Abfall verhältnismäßig weit unterhalb der ursprünglichen Leistung.

Über diese Frage liegt ebenfalls eine amerikanische Untersuchung vor. In der New York City Hall Post Office zeigte sich unter den Briefsortierern eine erhebliche Leistungssteigerung, als die Beleuchtungsstärke

[16]) Trans. Ill. Eng. Soc. 1920, Seite 576.

Digitized by Google

von 30 auf 96 und 168 Lux erhöht wurde. Die Sortierer waren ihrer Sehschärfe nach in drei Gruppen eingeteilt: in eine gute, mittlere und schlechte Sehgruppe. Es wurde gefunden, daß die prozentuale Schnelligkeitserhöhung bei den beiden mit mittlerer und schlechter Sehschärfe größer war als bei der guten Sehgruppe. Bei einer Reduktion der Beleuchtung auf ihren Anfangswert fand man jedoch, daß die Produktion nicht auf ihren ursprünglichen Wert zurückkehrte, sondern beträchtlich darüber lag. Dasselbe Resultat wurde auch in England gefunden, wo bei einer Reduktion der Beleuchtung in einer Kohlenzeche die Kohlenproduktion um 5·4 vH über ihrem ursprünglichen Wert lag. Eine Erklärung hiefür gibt E. F. Nichols. Er behauptet, daß hier die Gewohnheit stark mitspricht. Der Arbeiter hat sich an die erhöhte Beleuchtung schnell gewöhnt, bei reduzierter Beleuchtung versucht er dann ebenso schnell zu arbeiten. Ob allerdings diese Schnelligkeit mit der Zeit anhält, ist mehr als fraglich. Jedenfalls bedarf diese Frage noch der weiteren Untersuchungen."

Dr. Brausewein: „Kürzlich hat Luckiesh eine Untersuchung veröffentlicht, wonach das Tageslicht in Innenräumen Kosten verursacht, die im allgemeinen höher sind, als die der künstlichen Beleuchtung. Die Kosten, die uns durch Benutzung natürlichen Lichtes in unseren Innenräumen entstehen, berechnet Luckiesh in der Hauptsache. Es sind dies:

1. die Mehrkosten, verursacht durch den Bau eines in der üblichen Weise mit Fenstern eventuell mit Lichtschächten ausgestatteten Hauses gegenüber denen eines fensterlosen Hauses;

2. die Mehrkosten, die dadurch entstehen, daß durch den durch die Fenster verursachten Wärmeverlust eine erhöhte Menge an Heizkörpern und Heizmaterial erforderlich ist;

3. die Kosten, die durch das Reinigen und den Ersatz der Glasfenster bedingt werden. Luckiesh gibt ein Beispiel in Zahlen, wonach die Bau- und Einrichtungskosten bei künstlichem Licht sowie die laufenden Jahreskosten erheblich niedriger als bei natürlichem Lichte sind.

Sollten wir aus zweckmäßigen und wirtschaftlichen Gründen jemals dahin kommen, fensterlose Häuser zu schaffen, so wäre es naturgemäß erst recht unbedingt notwendig, das Beleuchtungsniveau in dem Sinne, wie Herr Dr. Ruffer dies an Hand einer Reihe von Beispielen ausgeführt hat, zu heben."

Fortschritte in der Beleuchtungstechnik.

In dem Bericht, den die Illuminating Engineering Society über die Fortschritte auf dem Gebiete der Lichttechnik alljährlich herausgibt, nehmen die Mitteilungen über die wissenschaftlichen Arbeiten einen breiten Raum ein; sie seien daher hier gesondert angeführt.[1])

Lichtquellen.

Elektrische Glühlampen. Die Vereinheitlichung der Formen und Typen, die im vergangenen Jahr bereits eingeleitet worden ist,[1]) wurde weiter durchgeführt. Alle Lampen von 25 bis 100 W haben ähnliche Form und sind innen mattiert. Auch in Europa schließt man sich diesem Beispiel an.

In England wurden von der Soc. Automotive Eng. Normalien herausgegeben, welche die Zahl der Wolframlampentypen beschränkt. Die Vereinheitlichungen betreffen normale Zugsbeleuchtungslampen, gasgefüllte Zugsbeleuchtungslampen und Eisenbahn-Serien-Vakuum-Lampen.

Der gesamte Jahreskonsum an elektrischen Lampen in der ganzen Welt betrug im Jahre 1922 schätzungsweise bei 700 Mill. Stück. Davon wurden mehr als die Hälfte in Nordamerika, 37·6 vH in Europa verwendet. Der mutmaßliche Weltverbrauch im Jahre 1925 beträgt über 800 Mill. Lampen. An Kohlenlampen wurden in Amerika 13·5 Mill. eingeführt, 2·5 Mill. wurden im Lande erzeugt, so daß im ganzen 16 Mill. konsumiert wurden, von denen 30 vH in Lokomotiv- und anderen Betrieben mit schweren Maschinen, 20 vH bei Errichtung von Neubauten, 17 vH für Gelegenheitsbeleuchtungen und 11 vH für Heilzwecke verwendet wurden. Der Verkauf großer Wolframlampentypen erreichte 263 Mill., eine Zunahme von nur 0·76 vH gegen 1924, während die Zunahme von 1923 auf 1924 7 vH betragen hat. Der mittlere Lichtaufwand und der mittlere Wattverbrauch ist wieder leicht gewachsen, aber die durchschnittlichen Lumen pro W blieben praktisch unverändert. Die Vereinheitlichung der Spannung zeigte einen, wenn auch bescheidenen Fortschritt. So wie in den beiden vergangenen Jahren umfaßte die 115 V-Gruppe beinahe 89 vH aller gelieferten Spannungen. In bezug auf Größe der Verbreitung nimmt noch immer die 25 W-Lampe die erste Stelle ein, ihr folgen an Häufigkeit die 50 und die 40 W-Lampe. Straßenserienlampen zeigten eine Zunahme der Durchschnittsgröße von 2100 auf 2200 Lumen.

Der Verbrauch an Miniaturlampen erreichte im Jahre 1925 an 200 Mill., eine Zunahme von mehr als 16 Mill. gegenüber 1924. Von diesen wurden 121 Mill. in Automobilen, 29 Mill. in Taschenlampen, 46 Mill. als Christbaumlampen und der Rest für verschiedene andere Zwecke verwendet.

Hinsichtlich der Herstellung der Lampen führt der Bericht folgendes aus:

Um sehr dünne Wolframdrähte herzustellen, wurde der Weg des Ätzens stärkerer Drähte eingeschlagen. Als Ätzmittel wurde geschmolzenes Kaliumnitrat bei einer Temperatur von 340° C verwendet, was die Herstellung sehr gleichmäßiger Drähte in sehr kurzer Zeit gestattet. Auf solche Art hergestellte Lampenfäden verbrauchten nur 20 bis 30 mA, gaben 0·1 Kerzen bei 1·1 W/HK und erreichten eine Nutzbrenndauer von 50 Stunden. Bei der Konstruktion von hochwattigen Lampen wurden Änderungen getroffen, um sie auch für Benützung in anderer als hängender Lage brauchbar zu machen.

Die 25 W-Lampe in blauem Ballon für Signalzwecke hatte solchen Erfolg, daß sich die Erzeugung einer 15 W-Lampe gleicher Art für notwendig erwies. Die Vereinheitlichung der Lampen in gefärbten Ballons hat zur Erzeugung von vier Typen (15, 25, 40, 50 W) in je sechs Farben, nämlich flammenfärbig, rot, blau, grün, gelb und orange geführt. Für dekorative Zwecke wurde die bisher mit Mignonsockel versehene flammenförmige Lampe von 15 W durch eine 25 W-Lampe mit normalem Edisonsockel ersetzt. Für Benützung in Straßenbahnen wurde die mit Kurzschlußvorrichtung versehene Lampe für Serienschaltung auf 40 W normalisiert. Für Lokomotivbeleuchtung trat an Stelle der bisher benützten 100 W-Lampe in Kugelform eine solche in Birnform. Nach Vorschlag des Komitees für Beleuchtung der Association of Railway Electrical Engineers soll die 15 W-Zugbeleuchtungslampe von der Liste gestrichen werden. Eine neue gasgefüllte 60 W-Lampe für Verkehrssignale trat an die Stelle der bisher in Gebrauch stehenden 50 W-Lampe. Sie gibt eine um 50 vH größere Helligkeit, ist aber klein genug, um in die vorhandenen Armaturen zu passen. Durch innere Reflexion im Lampenballon entstehende unsichere Signale sind vermieden.

Eingehend wird über Forschungsergebnisse berichtet. Versuche über den Zusammenhang der Lebensdauer von Wolframlampen[2]) mit der Verdampfung des Wolfram haben ergeben, daß sich diese proportional der 39. Potenz der Temperatur verändert.

[1]) Über die Fortschritte auf dem Gebiete der praktischen Beleuchtung wurde bereits berichtet. Die Lichttechnik, 1926, Heft 13, S 119.

[2]) Z. Techn. Physik, Nr. 7a, S. 309 ff., 1925.

Digitized by Google

Ferner wurde gefunden, daß gewisse Unterschiede des Verhaltens in Gleich- und Wechselstrom auf Verdampfung und Rekristallisation zurückgeführt werden können. In Verbindung mit vermuteten Einflüssen beim Signalbeleuchten wurden Versuche über das Nachglühen angestellt, die ergaben, daß Verschiedenheiten zwischen Beobachtern unter gewöhnlichen Bedingungen und solchen unter Laboratoriumsbedingungen auftraten, die auf die Akkomodation des Auges zurückzuführen sind. Auch ergab sich ein merklicher Unterschied zwischen Vakuum- und gasgefüllten Lampen.[3]) Theoretische Überlegungen haben zu dem Schluß geführt, daß ein spiralförmig gewundener Wolframfaden um 10 vH weniger Licht ausstrahlt als derselbe Draht in gestreckter Form.[4]) Experimentell konnte dies allerdings nicht bestätigt werden, doch dürfte der Grund hiefür in anderen Faktoren zu suchen sein, wie ungleichem Durchmesser, Anzahl der Traghäkchen usw. Untersuchungen der ultravioletten Strahlung des Wolfram ergaben bei einer Temperatur von 1850° eine untere Grenze der Ablesbarkeit der Wellenlänge von 0·34 μ, bei 2350° eine solche von 0·27 μ.[5]) Erwähnt sei noch eine Feststellung der Geringheit der ultravioletten Strahlung der Wolframlampen im Vergleich zu der der Sonne.[6])

Eine neue Untersuchung über die Eigenschaften des Wolfram hat die früheren Feststellungen bestätigt. (Vgl. Die Lichttechnik, 1926, Heft 8, Seite 73.)

Eine neue Verpackungsart durch Verwendung von vierseitigen, oben und unten zwecks Ausprobierens der Lampen offenen Hüllen soll sehr vorteilhaft wegen günstiger Lagerhaltung sein. An Stelle der kleinen Zettelchen zur Kennzeichnung der Lampen tritt die Ballonstempelung.[7]) (Für Europa ist das allerdings keine Neuheit! Anm. d. Ber.) Die Verwendung des Ausdruckes „Halbwattlampen" wurde in England für alle Typen aufgegeben, so daß selbst die lichtstärksten Lampen nur als „gasgefüllte" bezeichnet werden. Die deutschen Fabriken wieder wollen alle Lampen, mit Ausnahme der Kohlenfaden- und Zwerglampen nur mit dem Wattverbrauch an Stelle der bis jetzt gebräuchlichen Bezeichnung mit Kerzenzahl kennzeichnen, wie es ja für Halbwattlampen seit Jahren geschieht.

Bogenlampen. Die Zahl der für Bogenlampen verwendeten Kohlen erreichte eine Höhe von 715 800 im Jahre 1924 gegenüber 709 400 in 1923[8]), der Jahresverbrauch an Quecksilberdampf- und ähnlichen Lampen wuchs in derselben Zeit von 2077 auf 4192.

Eine neue, langbrennende Flammenbogenlampe beruht auf der Anordnung eines fast vollkommen zugeschmolzenen inneren Ballons, der den Bogen einschließt und soweit von der äußeren Glocke entfernt ist, daß er sich nicht abkühlen kann. Infolgedessen lagern sich die verdampften Partikel der Kohle nicht an der lichtgebenden Zone ab, sondern an den kühleren Teilen des Ballons ganz oben und ganz unten. Die Lampe soll bei 0·22 bis 0·18 W pro sphärischer Kerze brennen, eine Lichstärke von 2000 bis 3600 Kerzen haben und ein einziges Kohlenpaar erreicht die lange Lebensdauer von 120 Stunden.[9]) Für therapeutische Zwecke schuf ein Arzt eine besondere Kohlenbogenlampe, durch die er eine der Sonnenstrahlung nahe Strahlung erzielen kann.[10]) Eine 1000-kerzige Wolframbogenlampe, bei der die Bogen- mit der Glimmentladung kombiniert ist, wurde erzeugt,[11]) ferner eine Wolframbogenlampe, welche dieselbe Spektralverteilung wie die Sonne haben soll und die sich in Versuchen über die Farbenunterscheidung der Quecksilberdampf- und der Kohlenbogenlampe überlegen erwiesen haben soll.[12]) Sie erreicht eine Lebensdauer von 500 Stunden. Versuche über die Zündung von Wolframbogen wurden beschrieben,[13]) Helligkeit und Lebensdauer für Gleich- und für Wechselstromlampen bestimmt.[14])

Angaben über Änderung der Lichtstärke mit Spannungsänderungen bei der Wolframbogenlampe mit kugelförmigen Elektroden besagen, daß mit einer 1-prozentigen Spannungsänderung nur eine 0·8-prozentige Änderung der Kerzenzahl verbunden ist, was für mikrophotographische Arbeiten, beim Kopieren von Filmen und photometrischen Messungen wichtig werden könnte.[15]) Die untere Grenze für die ultraviolette Strahlung der Wolframbogenlampe bei 2350° C liegt bei einer Wellenlänge von 0·205 μ gegen 0·270 μ bei dem Wolframdraht und 0·220 μ für den Quecksilberbogen[16]).

Quecksilberdampflampen. Eine einfache Quecksilberdampflampe für Laboratoriumsgebrauch wurde ausgearbeitet.[17]) Sie besteht aus Pyrexglas oder Quarz und ist mit Wachs gedichtet. Die Wandstärke beträgt bei einem inneren Durchmesser von 6 bis 7 mm 1·4 mm. Die Lampe besitzt Eisenelektroden. Der Stromverbrauch beträgt 2 bis 8 A. Daten über die Beziehungen von innerem Druck, Intensität, Quecksilbertransport und elektrischen Bedingungen wurden festgestellt.[18])

Vakuumröhren. Die Untersuchungen über die Verteilung der Lichtintensität in Glimmlampen wurden fortgesetzt. Mittels Spektralphotometers wurden die Stärken verschiedener Spektrallinien in verschiedenen Abständen von der Kathode gemessen. Es wurde festgestellt, daß die Maxima für verschiedene Wellenlängen nicht zusammenfielen, sondern sich über ein Gebiet verbreiteten, welches nicht durch das sichtbare negative Glimmlicht erklärbar ist. Die Intensitätskurven änderten sich in Abhängigkeit von den Erregungsbedingungen. Die Versuche wurden mit Sauerstoff und Stickstoff bei Drucken von der Größenordnung eines Millimeters ausgeführt[19]).

Photometrie.

Der Vorschlag der Internationalen Lichttechnischen Kommission anläßlich der Genfer Tagung,[20]) daß die verschiedenen staatlichen Laboratorien Bestimmungen für den schwarzen Körper als grundlegende Lichteinheit ausarbeiten sollten, regte das Interesse für Photometrie neuerlich an.

Eine Untersuchung der Theorie der Ulbricht'schen Kugel mit besonderer Berücksichtigung der inneren Oberfläche wurde vorgenommen.[21]) Eine photometrische Methode, die auf Wärmeeinfluß anstatt auf optischem beruht, wurde ausgearbeitet. Das Prinzip der Apparatur beruht im Grunde genommen auf nichts anderem als einem Pulshammer.[22]) Eine Anordnung zur Bestimmung der Helligkeit von Szintillationen wurde ausgearbeitet und mittels derselben wurden die Szintillationen der Wasserstoffkerne mit denen der x-Partikel des Poloniums verglichen, wobei sich ein Verhältnis der Helligkeiten von 1 zu 2·7 ergab.[23]) Ein tragbares Photometer zum Messen der optischen Wirksamkeit von Fernrohren, Mikroskopen und dergleichen wurde konstruiert[24]), ferner ein Photometer zur Messung sehr kleiner oder sehr weit entfernter Lichtquellen, das eine

[3]) Licht und Lampe, 3. Juni 1926, S. 368.
[4]) Z. Techn. Physik, 1925, Nr. 7a, S. 317.
[5]) Z. Techn. Physik, l. c. S. 326.
[6]) Bull. Soc. Franc. Elec., Suppl. 50, Okt. 1925, 2. Tl., S. 17.
[7]) Elec. News, 15. Juni 1925, S. 65.
[8]) Licht und Lampe, 19. Nov. 1925, S. 849.
[9]) Illum. Eng., Dez. 1925, S. 333.
[10]) Elec. Rev., 31. Juli 1925, S. 192.
[11]) Licht und Lampe, 17. Dez. 1925, S. 925.
[12]) Textilber. 6, 1925, S. 912.
[13]) Z. Techn. Physik, l. c. S. 327.
[14]) Licht und Lampe, 8. Okt. 1925, S. 730.
[15]) Ill. Eng., Feb. 1925, S. 44.
[16]) Z. Techn. Physik, l. c. S. 327.
[17]) J. Opt. Soc. Am., Mai 1926, S. 519.
[18]) J. Opt. Soc. Am., Jänner 1926, S. 53.
[19]) Z. Techn. Phys., 30. Juli 1926, S. 327.
[20]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, Heft 6, S. 58.
[21]) Licht und Lampe, 1926, S. 393; Illum. Eng., Juni 1926, S. 174.
[22]) Z. Techn. Physik, Nr. 10, 1925, S. 528.
[23]) Akad. Wiss. Wien, Ber. 2a, S. 163, 1925.
[24]) Compt. Rend., 22. März 1926, S. 739.

Digitized by Google

Abänderung des Lord Rayleigh'schen Photometers der Linsen- und Filtermethode darstellt[25]) und das die Messung von Beleuchtungsstärken von 0 bis 400 Lux zu messen erlaubte. Es wurden auch Versuche angestellt, kleine tragbare Instrumente von der Art des „Foot-Candle-Meter" zur Messung von Lichtverteilungskurven zu verwenden und diese Methode erwies sich für grobe Messungen als ausreichend[26]) und selbst zeitsparend. Bei Versuchen der Bestimmung der Helligkeiten von mit Substanzen bekannter diffuser Reflexion bedeckter Oberflächen ergaben sich Abweichungen vom Lambert'schen Gesetz, und zwar nahmen die Abweichungen für Winkel über 90° bedeutend zu.[27]) Eine Methode zur Berechnung der mittleren Beleuchtung einer geraden Reihe von Lichtquellen ähnlicher Art und gleichmäßiger Verteilung wurde ausgearbeitet.[28]) Eine vom Bureau of Standards[29]) ausgearbeitete Methode zur Messung der Durchsichtigkeit von Papier wurde auf die Bestimmung der Deckkraft von Farben angewendet.

In England wurden von der Engineering Standards Association Normalvorschriften für tragbare Photometer herausgegeben. Zwischen Instrumenten zur Messung von Innen- und Außenbeleuchtung wurde eine scharfe Grenze gezogen. Vorschriften betreffs der Prüffläche wurden gegeben und der Vorschlag gemacht, daß tragbare Photometer für Gebrauch im Freien mit Mitteln zur Bestimmung des Winkels, unter dem das Licht auffällt, versehen sein sollen. 15 vH sollte die Fehlergrenze der Instrumente bei Messungen im Photometerraum sein.[30]) Ein Photometer nach Art des Fabry-Buisson'schen besitzt an Stelle eines zerstreuenden Schirmes gekreuzte Nikols. Es ist zur Messung sehr geringer Beleuchtungen bestimmt.[31]) Im National Physical Laboratory wurde ein neues Kugelphotometer angeschafft mit einem Durchmesser von 10 Fuß, welches zur Messung der Wirksamkeit von Innenarmaturen, Straßenbeleuchtungseinrichtungen und dergleichen dient.[32]) Eine Erweiterung der Idee, an Stelle einer Kugel einen Würfel zu verwenden, führte zur Anwendung zweier Würfel, eines für die Normallampe, eines für die zu messende Lampe, wobei ein rotierendes Filter durch den Winkel, um den es gedreht werden muß, um beide Lampen gleich hell erscheinen zu lassen, ein Maß für die Lichtstärke gibt.[33])

Es wurden Versuche unternommen, die Schwierigkeiten der heterochromen Photometrie zu beseitigen. Eine der vorgeschlagenen Methoden bedient sich photographischer Platten bekannter Wellenlänge und bekannter Spektralempfindlichkeit, die durch Keile aus neutralem Glas den zu vergleichenden Lichtquellen exponiert werden, so daß sie gleiche Schwärzung erhalten. Eine andere Methode bedient sich der Mischung komplementärer Farben zur Bestimmung der Lichtstärke.

Ein neues, direkt zeigendes Spektrophotometer beleuchtet die zu untersuchenden Stoffe mittels diffusen Lichtes, und zwar können sowohl durchsichtige, als auch durchscheinende Gegenstände auf diese Art gemessen werden.[34]) Ein anderes Spektrophotometer wirkt als Monochromator und vergleicht die Proben durch die Lichtbündel, die ihre reflektierenden Oberflächen in das Spektrometer werfen.[35])

Untersuchungen der Photometerabteilung des National Physical Laboratory waren dem Studium der elektrischen Zelle als Ersatz für das Auge bei Messungen von Lichtquellen gewidmet. Für Farbenvergleichung erwies sich die Zelle zehnmal so empfindlich wie das Auge, nicht so bei Lichtstärkebestimmungen.[36]) An der Konstruktion eines schwarzen Körpers wurde gearbeitet. Um den Ergebnissen der mittleren sphärischen Messungen besser zu entsprechen, wurden Hilfsnormallampen vorgesehen. Ein Vergleich der Normallampen des Bureau of Standards mit denen des Laboratoire Centrale zeigte gute Übereinstimmung bei der Temperatur der gewöhnlichen Kohlenfadenlampe, aber weniger Genauigkeit bei höheren Beanspruchungen. Auch die Phys. Tech. Reichsanstalt sandte Lampen zu Vergleichszwecken. Für das Arbeitsamt in England wurden Versuche unternommen, um das Minimum des Tageslichtes festzustellen, das für Bureauarbeit noch ausreichend ist. Im Laboratoire Centrale d'Electricité war eine Zunahme der geprüften Glühlampen von 209 im Jahre 1924 auf 514 im Jahre 1925 zu verzeichnen.[37])

Selenzellen und photoelektrische Zellen. Trägheit von Selenzellen kann beseitigt werden, indem man einen einphasigen Wechselstrom durch sie schickt. In diesem Fall folgt die Zelle Beleuchtungsänderungen sofort und kehrt immer sofort nach der Beleuchtung wieder auf Null zurück. Das öffnet der Verwendung der Selenzelle neue Möglichkeiten.[38]) Auch wurden Zellen auf den Markt gebracht, die eine tausendmal so große Empfindlichkeit besitzen wie Thermosäulen und eine hundertmal so große wie photoelektrische Zellen.[39]) Es wurde ferner nach den Ursachen des Verhaltens des Selen geforscht und man kam zu dem Schluß, daß die Lichtempfindlichkeit nicht einem photochemischen Prozeß zuzuschreiben sei.[40]) Der Einfluß des photoelektrischen Effektes auf Alkalimetalle bei Temperaturen von 30° bis hinunter zu —180° C bewirkte eine kontinuierliche Änderung des photoelektrischen Stromes ohne Sprünge.[41])

Endlich sei noch eine photoelektrische Zelle erwähnt, die, um Lichtintensitätsschwankungen zur Anzeige zu bringen, zur Vereinfachung mit einer Radioröhre kombiniert wurde; diese Zelle konnte zur Bestimmung von Rauch, Flüssigkeitsdichten und dergleichen verwendet werden.[42])

Lichteinheiten. Von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt wurden Messungen der Gesamthelligkeit des schwarzen Körpers beim Schmelzpunkt des Platin und dem des Palladium ausgeführt.[43]) Andere Messungen wurden vorgenommen, doch würde ihre Beschreibung zu weit führen und es sei daher nur auf die betreffenden Literaturstellen hingewiesen.[44]) Ein Vergleich der Lichteinheit des National Physical Laboratory und des Bureau of Standards wurde mit Hilfe eigens konstruierter Lampen ausgeführt, und zwar wurden dieselben mit den ursprünglichen Kohlennormallampen und Wolframhilfsnormallampen ausgeführt. Die erhaltenen Resultate stimmten überraschend gut mit den vom Bureau of Standards festgelegten Charakteristiken überein.[45])

Physikalische Forschung auf dem Gebiete des Lichtes.

Der Photo-Volta-Effekt, der von Becquerel entdeckt worden ist und darin besteht, daß an zwei Platten aus gleichem Material, die sich im selben Elektrolyten befinden, durch Einwirkung von Licht eine elektromotorische Kraft erzeugt wird, fand im vergangenen Jahr größere Bedeutung.[46]) Es wurde festgestellt, daß gewöhnliches, inaktives Blei, wenn es dem

[25]) Compt. Rend., 31. Aug. 1925, S. 310; 12. Okt. 1925, S. 449.
[26]) Rev. Gen. Elec., Nov. 1925, S. 776.
[27]) Z. Physik, 28. Sept. 1925, S. 184.
[28]) Rev. Gen. Elec., Nov. 1925, S. 857.
[29]) Tech. Paper Bur. of Stand., Nr. 306, 16. Jän. 1926.
[30]) Ill. Eng., Nov. 1925, S. 292; März 1926, S. 70.
[31]) Z. Instrum., Feb. 1926, S. 74.
[32]) Electrician, 2. Juli 1926, S. 12.
[33]) J. Sci. Instrum., Aug. 1925, S. 353.
[34]) J. Opt. Soc. Am., Okt. 1925, S. 403.
[35]) J. Opt. Soc. Am., Mai 1926, S. 476.
[36]) Electrician, 23. April 1926, S. 470.
[37]) Bull. soc. franc. elec., Mai 1926, S. 460.
[38]) Nature, 19. Juni 1926, S. 858.
[39]) J. Sci. Instr., Jänner 1926, S. 118.
[40]) J. Russ. Phys.-Chem. Soc., 1924, S. 551.
[41]) J. Opt. Soc. Am., Dez. 1925, S. 565.
[42]) Elec. J., März 1926, S. 134.
[43]) Z. Instrum., April 1926, S. 172.
[44]) Sci. Ind. Phot., Aug. 1925, S. 139; Ann. Phys., März/April 1926, S. 265.
[45]) Tech. News, Bull. Bur. of Stand., Dez. 1925, S. 2.
[46]) Compt. Rend., 7. April 1926, S. 891.

Digitized by Google

Sonnenlicht ausgesetzt wird, radioaktiv wird, ebenso zeigt Uran,[47]) dem Sonnenlicht ausgesetzt, Änderungen der Radioaktivität.

Es wurde eine Farbentheorie aufgestellt, welche auf der Annahme beruht, daß die Molekularabsorption auf Molekularspannung zurückzuführen ist.[48]) Einige Colorimeter wurden konstruiert: Eines beruht auf Farbenmischung von drei Grundfarben oder von zwei Grundfarben mit Weiß.[49]) Vom National Physical Laboratory wurde ein Colorimeter konstruiert, welches auf zwei Messungen beruht, bei deren jeder die zu messende Farbe mit einer Mischung aus einer Normalfarbe und einer monochromatischen, spektroskopisch erhaltenen Farbe verglichen wird.[50]) Ein anderes Colorimeter mischt das durch drei gefärbte Filter gehende Licht mit Hilfe eines Prismas.[51])

Lumineszenz bildet weiter den Gegenstand von Untersuchungen. Eine Theorie wurde entwickelt, derzufolge der nötige Zusatz, ein farbiges Salz oder eine seltene Erde, in einer Art fester Lösung vorhanden ist und dessen Atome im Kristallgitter des Lösungsmittels enthalten sind. Diese eingeschlossenen Atome bilden das strahlende System.[52]) Die Möglichkeit der Bestimmung des Unterschiedes zwischen Phosphoreszenz und Fluoreszenz wurde durch zwei Phosphoroskope in greifbare Nähe gerückt.[53]) Eine ausführliche Untersuchung der Phosphoreszenz von Zinksulfid brachte die Feststellung, daß die Anwesenheit von Kupfer für die Lumineszenz unentbehrlich ist und daß Spuren von Cu grüne und violette Phosphoreszenz erzeugen. Das Maximum der Lumineszenz wird mit einer Kupferkonzentration von 0·2 vH erzielt.[54]) Ferner wurde gefunden, daß, wenn innige Mischungen von Samariumoxyd mit Oxyd der Alkali-Erdmetalle und etwas Alkalifluorid intensivem ultraviolettem Licht ausgesetzt werden, eine glänzende Phosphoreszenz auftritt.[55]) Erwähnt seien noch Versuche über Tribo- und Kristallumineszenz.[56]) Es gelang, Spektren von Triboluminescenz photographisch festzuhalten.[57]) Auch eine praktische Anwendung fanden die Erscheinungen der Fluoreszenz, und zwar zur Prüfung von Olivenölen und zur Unterscheidung der Öle verschiedener Art voneinander. Als Fluoreszenzerreger wurde das Licht einer Quecksilberdampflampe auf einem Nickeloxydschirm verwendet.[58])

Bei Untersuchungen über Schmelzpunkte von Materialien, die höhere Schmelzpunkte als Wolfram und sogar Kohle hätten, wurde gefunden, daß die Karbide von Tantal und Niobium die außerordentlich hohen Schmelzpunkte 4000, respektive 4100° besitzen. Der spezifische Widerstand ($10^4\sigma$) von Tantalkarbid beträgt bei Zimmertemperatur 2, beim Schmelzpunkt 3 bis 4, der von Niobkarbid 1·5, respektive 2·5.[59]) Reflexionsfaktoren für verschiedene Substanzen, wie rauhes Glas, Filtrierpapier, Schreibpapier, wurden für verschiedene Einfalls- und Reflexionswinkel bestimmt,[60]) ebenso von anderer Seite für Magnesiumoxyd.[61]) Mittels eines verbesserten Photometers wurden Messungen der Mondhelligkeit ausgeführt.[62]) Reines Wasser, Farbenschichten, Leinsamenöl wurden auf Absorption, respektive Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht untersucht.[63])

Untersuchungen an Gläsern für lichttechnische Zwecke. Analysen von alten Gläsern der Ägypter, Römer und anderen ergaben, daß den Alten die Notwendigkeit des Vorhandenseins von Kalk in Gläsern nicht bekannt und nur durch Verunreinigung vorhanden war. Die Farbenskala umfaßte 7 Farben, darunter durchsichtiges und durchscheinendes Weiß.[64]) Versuche über den Einfluß des Zusatzes verschiedener glasbildender Oxyde zum Schmelzfluß auf die elektrische Leitfähigkeit wurden vorgenommen und dabei konstatiert, daß Calciumoxyd den größten, Natriumoxyd den geringsten Einfluß ausübt, daß bei den meisten Glassorten eine Beziehung zwischen Leitfähigkeit, Viskosität und chemischer Verwitterung besteht und daß der Grad der Dissoziation mit wachsender Temperatur abnimmt.[65]) Seleniumhältiges Glas, durch 13 Monate dem Licht ausgesetzt, erlitt eine Farbenveränderung, welche der durch Erhitzen entgegengesetzt ist.[66]) Der Einfluß von ultraviolettem Licht auf die Farbe von manganhältigem Glas wurde ebenfalls festgestellt.[67]) Untersuchungen über die selektive Absorption optischer Gläser,[68]) und verschieden dicker Milchgläser[69]) wurden mittels Spektrophotometers ausgeführt. Eine Untersuchung über Lichtverluste durch mattierte Gläser, wie sie in der Beleuchtungsindustrie Verwendung finden, wurde ebenfalls vorgenommen.[70]) Eine neuerliche Mitteilung über den synthetischen Formaldehyd-Glasersatz sagt, daß das Glas für Fensterglas zu weich und für chemische Zwecke nicht geeignet ist. Der Brechungsindex ist dem von Flintglas (1·54 bis 1·9) gleich. In Wasser quillt es beim Erhitzen etwas auf. Da es sich färben läßt, kann es für Lichtfilter verwendet werden und auch opal- oder porzellanartiges Aussehen erhalten.[71])

Wirkungen des Lichtes. Es wurden Versuche angestellt, um den Einfluß des Sonnenlichtes und künstlichen Lichtes auf Kautschuk festzustellen, und diese Einflüsse auch in den verschiedenen Wellenlängenbezirken untersucht.[72]) Die bis jetzt erhaltenen Resultate führen zu dem Schluß, daß Licht allein den Kautschuk nur bis zu einem gewissen Punkt schädigen kann, aber in Verbindung mit Hitze verdirbt es vulkanisierten Kautschuk vollständig. Die Untersuchungen können noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden. Bei Verwendung von Sonnenlicht zu Versuchen über das Farbloswerden (Schießen) von Materialien zeigte es sich, daß der Winkel, unter dem das Material dem Licht ausgesetzt ist, von großem Einfluß ist. Bedecken des Materials mit Glas ändert den Einfluß des Lichtes, doch nicht immer. Einfluß der Luftzirkulation ist wichtig; direktes Sonnenlicht hat einen anderen Effekt als Tageslicht ohne Sonne. Der für Gewebe schädlichste Teil des Sonnenlichtes liegt zwischen 0·390 und 0·310 μ.[73])

Dr. Finlayson.

---

[47]) Compt. Rend., 23. Nov. 1925, S. 774.
[48]) J. Chem. Soc., Juni 1926, S. 1171.
[49]) Proc. Roy. Soc., Edinburg, 45, 1924/5, S. 302.
[50]) Report Nat. Phys. Lab. 1925, S. 85.
[51]) J. Opt. Soc. Am., Mai 1926, S. 479.
[52]) Brit. Chem. Abs., Mai 1926, S. 455.
[53]) Z. Physik, 26. Feb. 1926, S. 920.
[54]) Ann. Chim., 5. 1926, S. 157, 363.
[55]) Ann. Phys. 79. 1926, S. 287.
[56]) Phys. Ber., 15. April 1926, S. 602.
[57]) J. Opt. Soc. Am., März 1926, S. 207.
[58]) Ann. Falsificat, 18, 1925, S. 204.
[59]) Licht und Lampe, 3. Dez. 1925, S. 883.
[60]) Z. Physik, B. 31, 1925, S. 496.
[61]) Z. Physik, 9. Jänner 1926, S. 390.
[62]) Roy. Meteorolog. Soc. J., Jänner 1925, S. 7.
[63]) Comnt. Rend., Nov. 1926, S. 630; J. Franklin Inst., Juli 1926, S. 89; Ind. Eng. Chem., Febr. 1926, S. 130.
[64]) Chem. Abs., 20. März 1926, S. 975.
[65]) Z. Tech. Physik, 1925, Nr. 10, S. 544.
[66]) J. Soc. Glass Tech., Juni 1925, S. 111.
[67]) Phys. Rev., Jänner 1926, S. 108.
[68]) Rep. Nat. Phys. Lab., 1925, S. 85, 90.
[69]) Z. Physik, April 1925, S. 14.
[70]) Licht und Lampe, 15. Juli 1926, S. 458.
[71]) J. Soc. Glass Tech., Juni 1925, S. 104.
[72]) Ind. Eng. Chem., April 1926, S. 367 u. 420; Mem. Coll. Eng. Kyoto Imp. Univ., Feb. 1926, S. 267.
[73]) Repts. and Mem. Aeronautical Res. Com. of Great Britain, Nr. 974, Juli 1925, S. 4.

Digitized by Google

Rundschau.

Das Anleuchten von Gebäuden (Floodlighting) hat in Amerika namentlich für Reklamezwecke schon eine gewisse Verbreitung gefunden[1]). Über das erste Beispiel einer Anleuchtung in Deutschland, die Anleuchtung des Geschäftshauses der „Bewag", teilt Dr. Ing. Adolph die folgenden Einzelheiten mit. Die Geleuchte, Bauart Tiefbreitstrahler, sind auf drei konisch geschweißten, am gegenüberliegenden Bürgersteig aufgestellten Eisenmasten von rund 4 m Wandstärke und 15 m Länge angebracht und zwar immer zwei Geleuchte mit je einer 1000 W-Lampe in 1 m Abstand. Das unterste Geleuchte liegt beim mittleren Mast in 13 m, bei den zwei äußeren Masten in 11 m Höhe. Insgesamt wird eine Leistung von 6 kW aufgewandt, um eine Fläche von 15×35 cm infolge ihres lichten Anstriches stellenweise bis zu 120 Lux zu beleuchten. Der Lichtstrom der äußeren Lampen ist so abgegrenzt, daß er nicht auf die Nebengebäude fällt, wodurch sich auch noch eine Hebung der Reliefwirkung an der Fassade einstellte. Ein zweites Beispiel von Anleuchtung ist die des Gebäudes der Kaugummifabrik Wrigley in Chigaco durch 342 Lampen von je 500 W und 126 Lampen von je 250 W; letztere sind auf dem Hause angebracht, erstere auf den Dächern der gegenüberliegenden Häuser. Die Freiheitsstatue im Hafen von New-York erhält Anleuchtung durch 252 in 15 Batterien angeordnete 250 W-Lampen (63 kW). Die folgenden Zahlenangaben wurden von den National Lamp Works der General Electric Co. in Nelapark, Cleveland, veröffentlicht.

	Bei dürftig Beleuchteter Umgebung.		Bei heller Umgebung.	
	Watt/m²	Lux	Watt/m²	Lux
1. Gebäude und Denkmäler:				
a) weiß od. creme	5 ÷ 10	24 ÷ 48	8 ÷ 16	36÷72
b) hellgelb	8 ÷ 16	36 ÷ 72	16 ÷ 32	72÷144
c) braungelb	16 ÷ 32	72 ÷ 144	27 ÷ 54	120÷240
2. Reklametafeln und gemalte Schilder	13 ÷ 40	60 ÷ 180	27 ÷ 80	120÷360

Der Verfasser empfiehlt die Anleuchtung in sonstigen Fällen zu den nachfolgend angegebenen Werten.

	Watt/m²	Lux
1. Neubauten		
a) Ausschachtung	1·0 ÷ 5·0	6 ÷ 24
b) Hochbau	5·0 ÷ 10·0	24 ÷ 48
2. Docks, Werften und Brücken	2·7 ÷ 8·0	12 ÷ 36
3. Arbeitsplätze im Freien und Rangierbahnhöfe	0·5 ÷ 2·7	3 ÷ 12
4. Exerzierplätze	1·0 ÷ 8·0	6 ÷ 36
5. Spielplätze	2·7 ÷ 8·0	12 ÷ 36
6. Fußballplätze und dergl.	5·0 ÷ 16·0	24 ÷ 72
7. Freilichtbühnen	5·0 ÷ 10·0	24 ÷ 48
8. Badestrand	0·5 ÷ 5·0	3 ÷ 24

To.

(ETZ, 47. Jahrg., 2. Heft, 1926.)

Neue Ultraviolettbestrahlungsapparate der Quarzlampengesellschaft m. b. H., Hanau[2]). Die Quarzlampe — eine Quecksilberdampflampe, deren Lichtbogen von Quarzglas umgeben ist, welches bekanntlich die ultravioletten Strahlen des Quecksilberdampfes ungehindert austreten läßt und höhere Lichtbogentemperaturen und damit eine intensivere Strahlung herzustellen gestattet als Glas — ist für medizinische Zwecke, Behandlung von Hautkrankheiten durch Nahbestrahlung, wobei die Lampe von einem Wassermantel gekühlt ist, und als sogenannte künstliche Höhensonne zur Tuberkulosebehandlung schon lange weit verbreitet und unentbehrlich.

In neuerer Zeit wird versucht, die Quarzlampe für industrielle Zwecke zur Ausnützung der Wirkungen der ultravioletten Strahlen nutzbar zu machen, wozu in erster Linie Sterilisierungseinrichtungen und solche gehören, die auf der Ozonentstehung im ultravioletten Licht beruhen. Das Quarzlampenspektrum reicht unter 187 $\mu\mu$. Insbesondere zur Härtung von Lackleder kann die Quarzlampe Verwendung finden, was sonst bei Sonnenbestrahlung erfolgt; für diesen Zweck sind bereits 2000 Brenner im Betrieb. Abb. 1 zeigt eine solche Lampe (Brennertype UVS auf Tischstativ).

Die Quecksilberdampflampe arbeitet bekanntlich bei hohen Spannungen günstiger; 220 V Gleichspannung, wofür normale Brenner mit 2000 und 3000 HK bei 2·5 bezw. 3·5 A Stromverbrauch hergestellt werden, sind den kleinen mit 1200 HK für 110 V und 4 A Verbrauch vorzuziehen. Auch 500 V Gleichstrom kann verwendet werden. Wechselstromlampen mit 2500 HK werden für jede Spannung ausgeführt, sind jedoch bedeutend teurer, so daß bei Anlagen mit mehreren Lampen stets Gleichstrom, auch wenn er durch Umformung erzeugt werden muß, anzuwenden ist. Der Lampe ist bei Gleichstrom ein Widerstand, bei Wechselstrom ein Transformator vorgeschaltet. Für Bestrahlung von Flüssigkeiten dient eine Lampe mit Quarzmantel — diese Ausführung ist

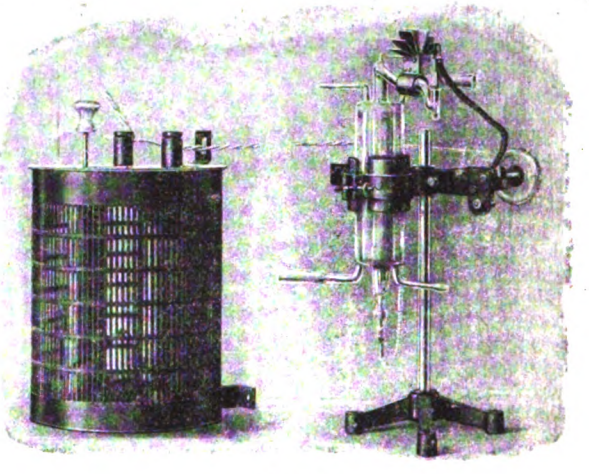


Abb. 1.

nur für Gleichstrom möglich —, der von der Flüssigkeit in einer Schichtdicke von 3 bis 5 mm durchströmt wird. Soll jede Erwärmung der Flüssigkeit dabei vermieden werden, so wird noch ein wasserdurchströmter Zwischenmantel um die Lampe angeordnet, der die Kühlung übernimmt. Die Lampen werden bekanntlich durch Kippen eingeschaltet. — Eine besondere Verwendungsart stellt die Analysen-Quarzlampe dar. Bei dieser kommt für den Lampenkörper ein besonderes Quarzglas zur Verwendung, welches für die optisch sichtbaren Strahlen fast undurchlässig ist, die ultravioletten dagegen wenig absorbiert, also in einen verdunkelten Raum gebracht oder in einem Gehäuse mit abgeschirmtem Fenster die Einwirkung der kurzwelligen Strahlen auf verschiedene Körper und die auftretende charakteristische Fluoreszenz ohne Störung durch anderes Licht zu beobachten gestattet. Verschiedene Substanzen, die im gewöhnlichen Licht gleiches Aussehen zeigen, erscheinen darin merklich verschieden und es können derart Fälschungen von Lebensmitteln, Perlen, Edelsteinen, Banknoten leicht erkannt werden; manche auch nur in minimalen Mengen beigemengte Körper, zum Beispiel in Lösungsverhältnissen bis $1 : 10^8$ und sogar bis $1 : 10^{10}$ können erkannt, die Herkunft von Flecken kann, was besonders in der gerichtlichen Medizin wichtig ist, oft sicher festgestellt werden, da die zur Unterscheidung kommenden Stoffe oft in sehr verschiedenen Farben fluoreszieren. Die ursprüngliche

[1]) Vgl. Die Lichttechnik, 1925, S. 35 und S. 136.
[2]) Vertr. Karl Herz, Wien III.

Digitized by Google

Schrift auf den in der Alterumsforschung wichtigen Palimpsesten wird ohne jede chemische Behandlung auf rein optischem Wege sichtbar. Die hiemit nicht vollständig angeführten Anwendungsmöglichkeiten der Analysenlampe, zu denen ohne Zweifel auf verschiedenen Arbeitsgebieten bald weitere hinzutreten werden, dürften ihr bald Eingang in die verschiedensten Laboratorien und Untersuchungsanstalten verschaffen.
Gn.

Die Wohnungsbeleuchtung auf breiterer Basis zu propagieren erscheint W. E. Bush als wichtige Aufgabe für die elektrische Industrie, wichtig auch für die Konsumenten, von denen in England nur rund 15 vH Strom im Hause haben, während 60 bis 70 vH in der Nähe von Stromquellen seßhaft sind, ohne sie zu benützen. Neben der Inangriffnahme der Hausinstallationsfrage, sei eine richtige Art der Verbreitung von Anschauungen über die zweckmäßigste Wohnungsbeleuchtung von Belang. Erfahrungsgemäß wird nach Katalogen sehr wenig verkauft, am meisten aus dem Wald von Beleuchtungskörpern heraus, der bei jedem Händler vorzufinden ist. Auf diesen Wegen Anregung zur Beschaffung guter Wohnungsbeleuchtung zu geben, ist ziemlich ausgeschlossen. Es muß zum Mittel der Demonstrationsräume gegriffen werden. Auch ein kleinerer Raum läßt sich für diesen Zweck einrichten. An der einen Seite Kabinen mit mustergiltig ausgestatteter Beleuchtung der einzelnen Wohnräume, vor diesen Kabinen zugehörige an der Decke befestigte gute und schlechte Beleuchtungskörper; an der gegenüberliegenden Wandseite Tischlampen mit Seidenschirmen, eine Ausstellung von Glühlampen, dann Laternen für Hallenbeleuchtung und noch Radiatoren, Staubsauger usw. An den noch freien Stellen der Querwände wären Wandbeleuchtungskörper anbringbar. In einem so ausgestatteten Raume ist dem Demonstrator reichlich Gelegenheit zu Aufklärungen über zweckmäßige Wohnungsbeleuchtung gegeben und insbesondere soll an jeder einzelnen der ausgestellten Lampe die Zeit, in welcher sie etwa 1 Hektowattstunde konsumiert, angegeben sein, damit sich jeder Käufer oder Besucher über die Stromkosten im Klaren sei.
To.

(The Electrical Review, Bd. 49, Nr. 2552, 1926.)

Die Lichtdurchlässigkeit des Porzellans ist enge verbunden mit dessen Qualität und wurde bisher von Experten nach ihrer durch vieles Sehen erworbenen Erfahrung beurteilt. C. W. Parmelee und P. W. Ketchup haben, wie aus einem Berichte der Universität von Illinois hervorgeht, versucht, vermittelst des Lummer-Brodhun Photometers und der photoelektrischen Zelle eine Methode zu schaffen, die die erfahrungsgemäße Beurteilung der Güte des Porzellans zu fixieren gestattet. Es wurden hiebei die folgenden Beobachtungen gemacht: Das durchgelassene Licht zeigte einen Stich ins rötliche; die Durchlässigkeit selber befolgte das Lambertsche Exponentialgesetz, nahm also gemäß diesem mit der Dicke ab und stieg mit dem Flußspat- oder Flintgehalt, sank ferner bei hohem Tongehalt. Feines Mahlen der Materialien sowie eine verhältnismäßig hohe Temperatur beim Brennen verbessern die Durchlässigkeit.
O.

(The Illuminating Engineer. Bd. XIX, Seite 256, September 1926.)

Ein neues englisches Fabriksgesetz, das Rücksicht auf die Beleuchtung nimmt, wird im Entwurf dem Parlamente zugehen. Es enthält die folgenden drei Klauseln: 1. Es sollen brauchbare Messungen vorgenommen werden, die den Zweck haben, in jedem Teil einer Fabrik, in dem Personen arbeiten oder verkehren, hinreichende und zweckmäßige Beleuchtung zu sichern und aufrecht zu erhalten. 2. Der Staatssekretär kann durch besonderen Erlaß den Normalzustand hinreichender und zweckmäßiger Beleuchtung für Fabriken, jede Klasse oder Art derselben, sowie auch für jeden ihrer Teile oder für irgend einen Arbeitsvorgang vorschreiben. 3. Alle verglasten Fenster und Oberlichten von Arbeitsräumen sollen, insoweit dies tunlich ist, an den Innen- und Außenseiten rein und frei von lichtabsperrenden Objekten gehalten werden.

Die Bewegung zur Aufnahme eines Passus über die Beleuchtung in das Fabriksgesetz ging im Jahre 1911 vom Komitee für Unfallstatistik bezüglich Fabriken und gewerblichen Arbeitsstätten aus, welches darauf drang, daß das Ministerium des Innern ermächtigt werde, angemessene Beleuchtung zu verlangen. 1913 wurde tatsächlich ein Komitee der genannten Behörde mit der Berichterstattung über die Beleuchtung in Fabriken und gewerblichen Werkstätten betraut; es liegen Berichte aus den Jahren 1915, 1921 und 1922 vor, die in den interessierten Kreisen schon gut bekannt sind und nebst erziehlichen Bemühungen seitens der Gewerbeinspektoren, der Beleuchtungstechnischen Gesellschaft und anderen Körperschaften sehr viel zum Verständnis der Beleuchtungsfrage beigetragen haben.
O.

(The Illuminating Engineer, Bd. XIX, September 1926.)

Chronik.

Die XIV. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft, Essen September 1926.

Die diesjährige Tagung der D. B. G. war der Beleuchtung mit Tageslicht gewidmet. Es kamen auf ihr der Hygieniker, der Architekt und der Lichttechniker zu Worte.

Prof. Dr. Korff-Petersen, Kiel, behandelte die gesundheitlichen Anforderungen an das Tageslicht. Er ging von den bedeutsamen Arbeiten aus, die gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts nach der Initiative von Prof. Dr. Leonhard Weber, insbesondere von Hygienikern geleistet worden waren, berührte zusammenfassend die Vorschriften, die insbesondere für die Tagesbeleuchtung von Schulen gelten und begründete dann die nachstehenden programmatischen Forderung: Die Lichtmenge ist so zu bemessen, daß die beste Auswirkung in hygienischem Sinne stattfindet. In hellen Räumen findet auch eine Steigerung der „seelischen Aktivität" statt. In allen bewohnten Räumen müssen einige Plätze für besonders feine Arbeiten vorhanden sein. In Wohnräumen ist das Hauptgewicht auf die allgemeinen Wirkungen des Lichtes zu legen. Das gilt auch für Krankensäle. Der Erlaß des Ministers für Volkswohlfahrt vom 30. März 1920 sucht das zu berücksichtigen, ist aber noch verbesserungsfähig. In Schulen, Werkstätten usw. muß ebenfalls die Förderung des allgemeinen Wohlbefindens durch Licht berücksichtigt werden, hier tritt aber mehr als sonst die Wirkung auf das Auge in den Vordergrund. Die alten Cohnschen Forderungen haben sich im allgemeinen bewährt. Eine Erhöhung der geforderten Beleuchtungsstärke dürfte aber am Platze sein. Bei allen Arbeitsräumen ist die Minimalbeleuchtung der schlechtesten Arbeitsplätze für den Hygieniker am bedeutsamsten. Bei der Aufstellung von Mindestforderungen für die Tagesbeleuchtung von Innenräumen muß auf den Widerstreit zwischen Licht- und Wärmebedarf Rücksicht genommen werden.

Dipl. Ing. H. Tischer, Architekt B. D. A., Berlin, sprach sodann über die bautechnischen und künstlerischen Anforderungen an die Tagesbeleuchtung von Räumen. Der Architekt hat zunächst von den meteorologischen Vorbedingungen auszugehen, die die Lichtmenge bestimmen, die von außen her in den Raum gelangen kann. Da sie an sich nicht zu beeinflussen sind, muß man zur Schaffung einheitlicher Unterlagen eine bestimmte Voraussetzung machen, indem man nur das reine Himmelslicht berücksichtigt und den Rechnungen 1000 Lux als mittlere Tagesbeleuchtung im Freien bei bedecktem Himmel zugrunde legt. Unter dieser Voraussetzung ist eine einwandfreie Innenbeleuchtung zu schaffen. Auf den Stand der Sonne wird insofern Rücksicht genommen, als der Himmelsrichtung bei der Orientierung des Gebäudes und

Digitized by Google

bei der Anordnung der einzelnen Räume, deren Verwendungszweck entsprechend, Rechnung getragen wird.

Entscheidenden Einfluß hat jedoch der Architekt bei den durch den Bau selbst gegebenen Vorbedingungen.

1. Die städtebaulichen Vorbedingungen sind hierbei die wichtigsten, weil die Beleuchtung der Räume eines Bauwerkes durch Abstand und Höhe der Nachbargebäude am stärksten beeinflußt wird, denn hieraus ergibt sich die Vertikalbeleuchtung in der Fensterfläche.

2. Die inneren baulichen Bedingungen werden durch die Verhältnisse des Raumes selbst bestimmt, und zwar:

a) durch die Größe des Fensters im Verhältnis zur Raumgröße,

b) durch die Tiefe des Raumes im Verhältnis zu seiner Höhe,

c) durch den Abstand der Fenster-Oberkante von der Decke und schließlich

d) durch die Ausstattung des Raumes und seine farbige Behandlung.

Die ersteren sind die wichtigsten, weil Höhe und Abstand der Nachbargebäude den Lichtstrom beeinträchtigen, der auf die Fensterwand von außen auftrifft.

Die meisten deutschen Bauordnungen tragen den Beleuchtungsverhältnissen der entsprechenden Bauten dadurch Rechnung, daß sie einen bestimmten Abstand der Gebäude voneinander und eine Gebäudehöhe in Beziehung zu diesem Abstand vorschreiben, außerdem eine begrenzte Geschoßzahl und eine größte Höhe des Hauptgesimses für die einzelnen Bauklassen. Die Baupolizei hat sich daher das Recht der Sonderbestimmungen für Höhe und Bauten mit unregelmäßiger Gestaltung vorbehalten.

Um den Fehlern unzureichender Bestimmungen vorzubeugen, verlangt ein Teil der Bauordnungen den Nachweis ausreichender Beleuchtung vor der baupolizeilichen Genehmigung. Diese Nachweisungen gehen zum Teil von der Küsterschen Formel aus, in der das Verhältnis der Tiefe des Lichteinfalles zur Straßenbreite gleich dem Verhältnis der Höhe des Fenstersturzes vom Fußboden zur Höhe des gegenüberliegenden Gebäudes gesetzt wird, vermindert um die Höhe des Fenstersturzes vom Straßenterrain und daraus wird die Tiefe des Lichteinfalls berechnet. Dieser wird für sämtliche Räume des Erdgeschosses punktweise ermittelt und die Begrenzungslinie wird im Grundriß eingetragen. Dann ist leicht auszurechnen, in welchem Verhältnis die mit direktem Himmelslicht beleuchtete Fläche des Fußbodens zur Gesamtfläche steht. Wenn die Küstersche Formel auch nur eine Faustregel darstellt, so ist sie doch wertvoll für das Verständnis der Beziehungen der Raumgröße, Raumtiefe und -höhe bezw. der Fenstersturzhöhe usw. Die Hamburger Bauordnung führt als sehr wertvolles Hilfsmittel das Licht-Meßblatt ein. Die Grundlage dieses Verfahrens bilden die Arbeiten des verstorbenen Oberbaurates Burchard. Dieser geht davon aus, daß man in der Lichttechnik ähnliche Verfahren anwenden kann, wie in der Statik und Lichtströme zerlegen und zusammensetzen kann, wie Kräfte. Das Beleuchtungsmeßblatt stellt eine Projektion der leuchtenden Himmelsfläche auf die Horizontalebene dar. Diese ist eingeteilt in 1000 Felder gleicher Lichtwirkung auf Punkt *A*, das heißt jedes Feld erzeugt in Punkt *A* eine Beleuchtung von 10 Lux. Wird nun in das Beleuchtungsmeßblatt mit *A* als Mittelpunkt ein Mittenbild des vom beleuchteten Punkte aus sichtbaren Himmelsumrisses — der Hoffläche — entworfen, so ergibt die Anzahl der Felder, die dieses Mittenbild auf dem Meßblatte bedeckt, einen Wert für die Beleuchtung des Punktes *A*, gemessen in Beleuchtungseinheiten (jedes Feld 10 Lux). Die Messung geschieht nun in der Weise, daß der Grundriß des Hofes in einem Maßstabe aufgetragen wird, der so gewählt ist, daß die Höhe der Hofwand, vermindert um die Augenhöhe = 1·5 m gleich dem Bildabstand = 40 m ist. Bringt man diese Grundrißzeichnung so mit dem Beleuchtungsblatt zur Deckung, daß die Fensterwand an der Grundlinie anliegt und Punkt *A* sich im Mittelpunkt des Fensters befindet, dann kann man die Beleuchtungsstärke für Punkt *A* bezw. für dieses Fenster errechnen. Sie soll je nach der Bauklasse 500, 700 oder 1000 Lux betragen. Durch die besprochenen baupolizeilichen Bestimmungen wird ein Mindestlichtstrom bestimmt, der auf die Fensterwand fällt. In zweiter Linie wird die Beleuchtung eines Raumes durch die inneren baulichen Bedingungen bestimmt. Diese lassen sich durch polizeiliche Anordnungen nicht so einfach regeln. Deshalb begnügen sich die neuesten Bauordnungen mit dem allgemeinen Hinweis, daß die Räume, die für den dauernden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, mit unmittelbar ins Freie führenden Fenstern von solcher Zahl, Lage, Größe und Beschaffenheit versehen sind, daß hinreichende Tagesbeleuchtung erzielt und genügende Lüftung ermöglicht wird. In anderen Bauordnungen finden sich Bestimmungen, daß die Fensterfläche einen bestimmten Teil der Zimmerfläche ausmachen soll usw. Die übrigen inneren baulichen Bestimmungen beeinflussen nicht so sehr die Beleuchtungsstärke allgemein, als vielmehr die Gleichmäßigkeit und den Charakter der Beleuchtung. Da aber die Stimmung eines Raumes in hohem Maße von der Beleuchtung abhängt, ist die Beachtung dieser Dinge für die spätere künstlerische Raumwirkung von ausschlaggebender Bedeutung. Gerade in dieser Beziehung haben unsere Anschauungen in den letzten Jahren eine Wandlung durchgemacht. Außerdem geben uns die neuen Konstruktionen neue Möglichkeiten, die sich in der Formgebung noch nicht voll ausgewirkt haben.

Im Anschluß hieran stellt der Vortragende folgende Regeln auf:

a) Die Größe des Fensters wird als ausreichend betrachtet, wenn sie für Aufenthaltsräume mindestens $^1/_{10}$ der Grundfläche beträgt. Sie soll für Krankensäle $^1/_7$, für Schulklassen $^1/_5$ nicht unterschreiten.

b) Das Verhältnis der Raumtiefe zur Höhe soll so gewählt werden, daß der Winkel, den die horizontale Arbeitsfläche mit einer Verbindungslinie bildet, die von ihrem ungünstigsten (vom Fenster entferntesten) Punkte zur Oberkante des Fensters gezogen wird, nicht weniger als 30° beträgt.

c) Der Abstand der Fenster-Oberkante von der Decke ist von wesentlichem Einfluß auf die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung, die stets ungünstiger ist als bei künstlicher Allgemeinbeleuchtung, bei der sich die Lichtquelle im Raume selbst befindet. Der Fenstersturz ist deshalb so gering als möglich zu bemessen und die Verdunklung des Fensters durch Querbehänge, Sonnenjalousien usw. zu vermeiden.

d) Die helle Raumausstattung macht durch Reflexion des Lichtes die Beleuchtung ebenfalls gleichmäßiger und damit den Raum freundlicher, deshalb sollten zum mindesten Oberwand und Decke stets weiß oder hellfarbig gehalten werden.

Dipl. Ing. Hugo Frühling gab in seinem bemerkenswerten Vortrage Grundlagen für die Messung und Berechnung der Tagesbeleuchtung in Innenräumen. Er ging hierbei von der Wirkungsgradmethode aus, die bei der Berechnung der künstlerischen Beleuchtung so außerordentlich erfolgreich gewesen ist. Durch die Fensteröffnungen gelangt ein gewisses Quantum Tageslicht in den Raum, der Lichtstrom Φ_0, auf die Arbeitsfläche gelangt jedoch nur ein gewisser Teil Φ_n, der Nutzlichtstrom. Das Verhältnis $\Phi_0/\Phi_n = \eta$ ist der Wirkungsgrad der Raumbeleuchtung. Es ist weiter der durch die Fenster eintretende Lichtstrom $\Phi_0 = E_f \,.\, F_f$ = mittlere Vertikalbeleuchtung im Fenster × Fensterfläche. Der Nutzlichtstrom ist $\Phi_n = E_b \,.\, F_b$ = mittlere Horizontalbeleuchtung × Bodenfläche. Hieraus ergibt sich der Raumwirkungsgrad:

$$\eta = \frac{\Phi_n}{\Phi_0} = \frac{E_b}{E_f}\left(\frac{F_b}{F_f}\right)$$

und

$$E_b = E_f \,.\, \eta \,.\, \left(\frac{F_b}{F_f}\right)$$

In dieser Gleichung ist das den Architekten seit langem geläufige Verhältnis der Fensterfläche zur Bodenfläche enthalten. Zur Bestimmung der Vertikalbeleuchtung im Fenster wurde von der Horizontalbeleuchtung im Freien

Digitized by Google

E_a ausgegangen. E_f/E_a muß hierbei ein konstantes Verhältnis sein, es wird $= f$ gesetzt und Fensterfaktor genannt. Es ist $f \leqq 0{\cdot}5$, weil die Vertikalbeleuchtung nur von der Hälfte der die Horizontalbeleuchtung E_a liefernden Himmelskugel herrührt, und Mauervorsprünge usw. das Fenster gegen den Himmel abdecken. Zur Berrechnung dient also die Gleichung

$$E_b = E_a \,.\, f \,.\, \eta \,.\, \left(\frac{F_f}{F_b}\right)$$

Das Verfahren hat eine gewisse Ähnlichkeit mit der Methode der Beleuchtungsberechnung mittels des L. Weberschen Tageslichtquotienten (E_b/E_a), der aber wie Korff-Petersen nachgewiesen hat, nur bei diffuser Außenbeleuchtung einen konstanten Wert hat, in Wirklichkeit ist die Frühlingsche Berechnungsmethode eine Erweiterung der Tageslichtquotient-Methode, indem die Berechnung der Beleuchtungsstärke im Raume in zwei voneinander getrennte Operationen zerlegt wird:

1. Die Ermittlung der bei gegebener Horizontalbeleuchtung im Freien vorhandenen Fensterbeleuchtung.

2. Die Berechnung des bei einer bestimmten Fensterbeleuchtung in den Raum eintretenden Lichtstromes und der durch ihn im Raume hervorgerufenen mittleren Horizontalbeleuchtung.

Die theoretischen Erwägungen wurden durch eingehende Messungen verifiziert. Als Meßinstrument diente der Beleuchtungsmesser von Bechstein, der mit einem besonderen Aufsatze zur Erweiterung des Meßbereiches und zur Erleichterung der Messung vertikaler Beleuchtungsstärken versehen wurde. Die Meßergebnisse sind sehr interessant. Als Durchschnittswerte für die mittlere Horizontalbeleuchtung in Innenräumen ergaben sich 100 bis 500 Lux (in der Nähe der Fenster oft 1000 Lux), die Gleichmäßigkeit ist aber wesentlich schlechter als bei künstlicher Beleuchtung: Gleichmäßigkeiten von 1 : 100 und darüber sind keine Seltenheit, (bei Kunstlicht 1 : 3 bis 1 : 8). Die Zusammenhänge zwischen Beleuchtungsstärke und reduziertem Raumwinkel (L. Weber): der Einfluß von Fensterhöhe und Raumtiefe; die Höhe der Gegenfront; die Höhenlage der Fensterlage; der Einfluß der Vorhänge und des Wandfrieses wurden an Hand der Meßergebnisse eingehend diskutiert. Als Raumwirkungsgrad wurde $= 30 \div 50$ vH gefunden, so daß mit einem mittlerem Werte von $\eta = 0{\cdot}40$ gerechnet werden kann, ebenso wie bei künstlicher Beleuchtung. Der Fensterfaktor in Abhängigkeit von dem Verhältnisse Gegenfronthöhe/Straßenbreite ergab analoge Werte, wie sie bereits Burchard aus seiner Formel abgeleitet hatte. Zum Schlusse wurde die Horizontalbeleuchtung im Freien unter Berücksichtigung des Tages- und Jahresganges behandelt, die Charakteristik der Jahresbeleuchtung ermittelt und der Normalwert der Horizontalbeleuchtung im Freien zu definieren versucht. Ein an Hand der ermittelten Daten durchgerechnetes Beispiel, das für die praktische Lichtwirtschaft von Bedeutung ist, ergab als Resultat, daß am 15. November in einem Bureau die künstliche Beleuchtung um 3 Uhr 30 min eingeschaltet werden muß. Das von Dipl. Ing. Frühling ausgearbeitete Verfahren und seine Formel geben dem Architekten ein einfaches Hilfsmittel an die Hand, die für einen Bau zu erwartenden Beleuchtungsverhältnisse mit großer Annäherung vorauszubestimmen und die baupolizeilichen Lichtvorschriften wirkungsvoll zu ergänzen.

Dr. H. Lux, Berlin, beschloß die Vortragsreihe mit der für die beleuchtungstechnische Praxis wichtigen Frage der Ergänzung und des Ersatzes des Tageslichtes durch künstliches Licht. Damit in dem Arbeitsrhythmus und in der Arbeitsleistung keine Unterbrechung stattfindet, wenn bei verminderter Tagesbeleuchtung Ergänzung oder Ersatz durch Kunstlicht vorgenommen werden muß, ist es erforderlich, die künstliche Beleuchtung hinsichtlich Stärke, Richtungssinn und Schattigkeit an die Tagesbeleuchtung möglichst vollständig anzugleichen. Bei gleichzeitiger Benutzung beider Lichtarten muß auch in der Lichtfarbe Übereinstimmung angestrebt werden. Werden diese Bedingungen erfüllt, so ist auch den physiologischen und psychologischen Ansprüchen für das Deutlichsehen genügt. Mit den gebräuchlichen Leuchten für Kunstlicht und deren heute üblicher Anordnung in den Räumen können die Bedingungen nur schwer erfüllt werden. Es ist daher erforderlich, mit der bisherigen Praxis zu brechen. Vorgeschlagen wird die Verwendung möglichst großflächiger halbindirekter Leuchten mit starker Betonung des indirekten Anteiles in der Nähe der Fensterwand gegenüber den hell zu haltenden Fensterpfeilern. Bei Shedbauten und Räumen mit sehr großen Fenstern können auch direkt strahlende Leuchten in der Form der Schrägstrahler mit großen, streuenden Schutzgläsern zur Anwendung kommen. Bei sehr tiefen Räumen ist dazu noch Anordnung von mehreren parallelen Reihen von Leuchten erforderlich, deren indirekter Lichtstromanteil um so mehr erhöht werden muß, je weiter sie vom Fenster entfernt sind. Die bisher als ausreichend angesehenen Beleuchtungsstärken müssen beträchtlich erhöht werden, und es sind zweckmäßig Tageslichtlampen oder Tageslichtleuchten anzuwenden, besonders wenn es sich um Mischlicht handelt. Die Übergänge von reiner Tagesbeleuchtung zum Mischlicht und reinen Kunstlicht sind für das Auge unmerklich zu machen, damit keine Neuadaptation erforderlich wird. Bei reiner Nachtarbeit gelten nicht so strenge Anforderungen. Die beträchtliche Erhöhung der Betriebskosten wegen der notwendigen Vergrößerung der Lampeneinheiten wird durch die gesteigerte Arbeitsleistung überkompensiert. Gegenwärtig wird in einem Viertel der gesamten jährlichen Arbeitszeit Kunstlicht gebraucht: die während dieser Zeit geleistete Arbeit beträgt aber nur rund 17 vH der Gesamtproduktion. Bei wirklich guter, den aufgestellten Bedingungen entsprechender Beleuchtung würde die erhebliche Differenz leicht eingebracht werden. Systematisch angestellte Versuche stützen diese Überlegungen. Dr. Lux.

Literaturberichte.

3331 **Die Grundlagen der Vakuumtechnik.** Von S. Dushman. Deutsch von R. G. Berthold und E. Reiman. Verlag von J. Springer, Berlin, 1926. Mit 110 Abb. und 52 Tabellen.

Von den Übersetzern, wie sie selbst in dem Vorworte zur deutschen Ausgabe erwähnen, in manchen Punkten erweitert und abgeändert, bildet die Bearbeitung dieses Buches trotzdem ein vollständig abgerundetes Werk, in dem Theorie und Praxis des Hochvakuum erschöpfend behandelt sind. Die Einleitung gibt einen Abriß aus der kinetischen Gastheorie, hierauf folgt ein Abschnitt über die verschiedenen Systeme der Hochvakuumpumpen, von der alten Gerykpumpe beginnend, bis zu den modernsten Diffusions-, Kondensations- und anderen Quecksilberdampfstrahlpumpen; ein Kapitel mit allgemeinen Bemerkungen über das Evakuieren beschließt diesen Abschnitt. Der nächste Abschnitt behandelt die Manometer; ausgehend von den ältesten Quecksilbermanometern, beschreiben die Bearbeiter mechanische Manometer, Reibungsmanometer, ferner Manometer, die auf dem Radiometerprinzip beruhen, schließlich Widerstands- und die modernen Ionisationsmanometer. Um hohe Vakua zu erzeugen, dienen nicht nur die verschiedenen Pumpen, sondern auch physikalisch-chemische Vorgänge bewirken Verdünnungen der Atmosphären in geschlossenen, gasgefüllten Räumen; hiezu gehören die Erscheinungen der Adsorption, Absorption und Okklusion, mit dem gemeinsamen Namen „Sorption" bezeichnet. Auch der Praxis dieses wichtigen Gebietes ist ein ganzer Abschnitt des Buches gewidmet. Hierauf wird die chemische und elektrochemische Aufzehrung von Gasen behandelt. Auf dieser beruhen die in der Glühlampentechnik verwendeten Methoden des Pumpens mit Hilfe von Phosphor oder sogenannten Gettern, welche aus Suspensionen von Phosphor in Wasser oder Alkohol mit Zusätzen verschiedener halogenhaltiger Salze bestehen. Die Aufzehrung von

Digitized by Google

Gasen durch die Alkalimetalle und durch glühende Wolframfäden gehört auch hierher. Die Theorie der Adsorption bei geringen Drucken und ihr Zusammenhang mit andren Erscheinungen, wie zum Beispiel der Elektronenemission bildet den Abschluß des Buches. Ein sehr praktischer Anhang bringt wichtige Tabellen, die Formeln aus der kinetischen Gastheorie, Molekülдaten und verschiedene Konstante enthalten. Das Buch behandelt das in Frage stehende Gebiet sehr ausführlich und umfassend und ist durch seine glückliche Verbindung der Theorie mit der Praxis nicht nur ein interessantes und belehrendes Buch für den, dessen Fachgebiet nicht die Vakuumtechnik bildet, sondern es ist auch ein Hilfs- und Nachschlagewerk für den Fachmann. Nur eines läßt das Buch leider vermissen: ein Namen- und Sachregister, das in einem Hilfsbuch immer unschätzbare Dienste leistet. Abgesehen davon, verdient das Buch sowohl in bezug auf Inhalt und Sprache als auch in bezug auf Ausstattung uneingeschränktes Lob.

Dr. L. Finlayson.

Eingegangene Bücher.

Das elektrische Licht. Von den Anfängen bis zur Gegenwart. Nebst einer Geschichte der Beleuchtung. Von Artur Fürst. 222 Seiten mit 136 Abb. 1. bis 5. Tausend. Verlag Albert Langen. München 1926. Preis geh. Mk. 7·—; in Leinen geb. Mk. 10·—.

Proceedings of the Optical Convention 1926. Vorträge, gehalten vom 12. bis 17. April 1926 am Imperial College of Science and Technology, South Kensington, London, SW 7. Band I mit 512, Band II mit 578 Seiten. Herausgegeben von der Optical Convention, 1, Lowther Gardens, Exhibition Road, London SW 7. Preis 3 Pfd.

Catalogue of Optical and General Scientific Instruments. Herausgegeben von der Optical Convention. 326 Seiten mit zahlreichen Abb. — Eine ausführliche Beschreibung anläßlich der von der Optical Convention veranstalteten Ausstellung, gegliedert in 19 Klassen, die alle seit 1912 im Verkehr stehenden optischen Instrumente britischer Erzeugung umfaßt.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

Das Komitee für praktische Beleuchtungsfragen hat den nachstehenden Entwurf zu den „Leitsätzen für die Innenbeleuchtung" durchberaten und legt ihn hiemit den Mitgliedern der Gesellschaft zur Beurteilung und Äußerung vor. Das Komitee ersucht, etwaige Abänderungsvorschläge spätestens bis 30. April 1927 an seine Adresse, Wien, VI., Theobaldgasse 12, gelangen zu lassen.

Leitsätze für die Innenbeleuchtung der Gebäude.

Die Anlagen und Einrichtungen der Gebäude mit natürlichem und künstlichem Lichte müssen den Forderungen der Zweckmäßigkeit, Gesundheit, Wirtschaftlichkeit und Schönheit entsprechen.

I. Zweckmäßigkeit.

1. Jeder zu beleuchtende Raum muß eine seinem Zwecke angemessene Beleuchtung erhalten. Man unterscheidet: Allgemeinbeleuchtung und Platzbeleuchtung.

Die Allgemeinbeleuchtung dient entweder als Verkehrsbeleuchtung oder als Zusatzbeleuchtung in Räumen aller Art neben Platzbeleuchtung, oder als Arbeitsbeleuchtung.

Die Platzbeleuchtung ist stets Arbeitsbeleuchtung.

Die empfangene Beleuchtung soll mindestens betragen:

A. Bei Allgemeinbeleuchtung, soweit sie nur als Verkehrsbeleuchtung dient, als mittlere Beleuchtung der horizontalen Fläche in 1 m Höhe:

a) in Räumen von untergeordneter Bedeutung etwa 2 Lux,

b) auf Vorplätzen, in Treppenhäusern und dergleichen 5 Lux,

c) in Aufenthalts- und Arbeitsräumen für zahlreiche Personen 10 Lux.

B. Bei Platz-(Arbeits-)beleuchtung als mittlere Beleuchtung der Arbeitsfläche an der Arbeitsstelle:

d) für grobe Arbeit 15 Lux,

e) für mittlere Arbeit 40 Lux,

f) für feine Arbeit 60 Lux,

g) für feinste Arbeit 90 Lux.

Bei der Bearbeitung dunkler Materialien wird eine wesentlich stärkere Beleuchtung gebraucht als bei hellen Materialien, desgleichen bei schwachen Kontrasten gegenüber starken Kontrasten.

Die Beleuchtungseinrichtungen (Fenster, Lampen und deren Zubehör, wie Glocken, Reflektoren usw.) dürfen durch Staubanhäufung oder durch Schwärzen der Lampen, Glühkörper usw. keine solche Einbuße erleiden, daß die Beleuchtungsstärken unter die hier geforderten Werte herabsinken.

2. Die Allgemeinbeleuchtung darf weder vollkommen schattenlos sein, noch dürfen störende Schlagschatten auf dem Fußboden, den Wänden und den im Raume befindlichen Gegenständen entstehen.

3. Es ist darauf zu achten, daß die Arbeitsfläche von Stelle zu Stelle keine störenden Beleuchtungsunterschiede aufweisen darf; ebenso dürfen zeitliche Beleuchtungsschwankungen nicht belästigen.

4. Beim Entwurfe von Beleuchtungsanlagen ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß schroffe Unterschiede in der Beleuchtung aneinanderstoßender Räume nach Möglichkeit ausgeglichen sind.

5. Die Anlagen zur Verteilung der Lichtquellen müssen sich in den Plan des Gebäudes einfügen.

6. Bei der Errichtung wichtiger Gebäude, bei denen es auf eine gute Beleuchtung ankommt, ist die Beiziehung eines Beleuchtungstechnikers schon bei der Aufstellung des Bauplanes zu empfehlen.

II. Gesundheitsrücksichten.

1. Die Augen sind vor Blendung durch direktes und reflektiertes Licht vermittelst entsprechender Anordnung und Wahl der Beleuchtungskörper zu schützen.

2. Die zur Beleuchtung von Arbeitsplätzen dienenden Einzellampen müssen abgeschirmt werden, wenn ihre Leuchtdichte größer als 0·75 HK/cm² ist.

3. Zur allgemeinen Raumbeleuchtung dürfen auch Lichtquellen von höherer Leuchtdichte benützt werden. Die Leuchtdichte darf aber 5 HK/cm² nicht übersteigen, wenn die Lichtquellen so angebracht sind, daß der Winkel des Sehstrahles gegen die wagerechte Ebene weniger als 30° beträgt; andernfalls sind auch diese Lichtquellen abzuschirmen oder in lichtstreuende Hüllen einzuschließen.

4. Einer schädlichen Ansammlung von Abgasen und einer störenden Wärmeentwicklung durch Lichtquellen soll durch Ventilation der Räume vorgebeugt werden.

III. Wirtschaftlichkeit.

Sofern die unter Berücksichtigung der Punkte I und II vorgeschlagenen Beleuchtungsanlagen auf verschiedene Weise verwirklicht werden können, ist nach Durchrechnung jeder einzelnen Möglichkeit die wirtschaftlichste Ausführungsart zu wählen.

IV. Schönheit.

Die Einrichtungen zur Beleuchtung eines Raumes sind unter Rücksichtnahme auf dessen künstlerische Ausstattung anzubringen, doch dürfen notwendige lichttechnische Forderungen niemals zugunsten künstlerischer Ausstattung vernachlässigt werden. Bei der Einrichtung einer Beleuchtungsanlage in öffentlichen Gebäuden ist ein künstlerischer Bausachverständiger zuzuziehen.

Der 1. Schriftführer:

J. Ondracek, e. h.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 3 | **27. Februar 1927** | **4. Jahrgang**

INHALT: Die Probebeleuchtung. Von Dr. Ernst Hintzmann, Frankfurt a. M. S. 25. / Die Reklamebeleuchtung auf dem Kaufhaus der Gerngroß A.-G. in Wien. Von Ing. Karl Krötlinger, Wien. S. 28. / RUNDSCHAU. S. 29. / Österreichische Lichttechnische Gesellschaft: Erläuterung der photometrischen Grundgrößen und Einheiten. Von Dr. R. Hiecke, Wien. S. 30.

Die Probebeleuchtung.

Von Dr. Ernst **Hintzmann**, Frankfurt a. M.

Vorbereitung: Jede Probebeleuchtung bedarf einer bestimmten Vorbereitung. Ist zum Beispiel für eine Schule die Einführung einer modernen elektrischen Beleuchtung beabsichtigt, so wird man nach Ausarbeitung der Beleuchtungsprojekte in verschiedenen Schulräumen Probebeleuchtungen vornehmen lassen.

Ist es nun richtig, in den neu erstellten, tadellos geweißten und neu eingerichteten Klassenzimmern die Probebeleuchtung durchzuführen oder sind bereits benutzte Räume, sofern solche für den gleichen Zweck von ähnlicher Größe und Einrichtung vorhanden sind, zu bevorzugen? Ich glaube, daß letzteres zweckmäßiger ist, denn die in einem neu hergerichteten Raum vorkommenden Verhältnisse, insbesondere das Reflexionsvermögen der Decke und Wände, sind nicht als für die Zukunft maßgebend zu betrachten. Die schneeweiße Decke wird vor allem abdunkeln, die Beleuchtung geht zurück durch zu große Lichtabsorption dieses Raumteiles. Man verwende daher für Probebeleuchtungen möglichst in normalem Gebrauch befindliche Räumlichkeiten.

Sind nach dem Projekt die Leuchten aufgehängt und in allen Fällen mit vollständig gleichen Glühlampen (gleiches Fabrikat, gleiche Wattzahl, gleiche Spannung) versehen, so ist vor Beginn der Beleuchtungsprobe die in den Stromkreisen vorhandene Spannung nachzuprüfen. Diese muß für alle Fälle der Probebeleuchtung gleich sein, andernfalls werden starke Abweichungen der Beleuchtungsergebnisse zu beobachten sein. Bei lichttechnischen Leuchten ist noch die richtige Einstellung der Glühlampen wichtig. Je mehr Reflektor und Abschlußglas Lichtverteilung und Streuung beeinflussen, umso mehr wird sich durch Verstellen des Lichtpunktes die Beleuchtungswirkung ändern, bezw. ändern lassen. Lichttechnische Leuchten erfordern daher eine gewissenhafte und dem Beleuchtungszweck jeweils angepaßte richtige Einstellung der Glühlampen.

Die Probebeleuchtung. Der probeweise beleuchtete Raum wird betreten und die Beleuchtung durch unmittelbare Beobachtung geprüft. Diesen Vorgang nenne ich den „sehtechnischen Teil" der Probebeleuchtung, dem sich später der „meßtechnische Teil" anzuschließen hat. Mir scheint der sehtechnische Teil bei weitem der wichtigere zu sein, denn das Auge bestimmt am besten, ob die Beleuchtung eine ausreichende ist, ob sie vor allem durch Blendung, Spiegelung, zu scharfe Schatten und ähnliches nicht stört und das Arbeiten in keiner Weise behindert. Bei der Prüfung durch das Auge selbst sind der Reihe nach folgende Eigenschaften der eingerichteten Beleuchtungsanlage nacheinander zu beobachten:

1. Blendungsfreiheit und Spiegelung,
2. Beleuchtungsstärke,
3. Gleichmäßigkeit, Schattigkeit und Kontrast,
4. architektonische Gesamtwirkung.

Die Blendungsfreiheit ist zuerst zu beobachten, denn nichts ist dem menschlichen Auge unangenehmer als blendende Lichtquellen. Zu unterscheiden ist die „gewollte Blendung" von der „ungewollten Blendung". Es ist nicht richtig, bei Nachprüfen der Blendungsfreiheit unter einen Beleuchtungskörper zu treten und nach diesem hinaufzusehen. Die dann eventuell vorkommende Blendung ist die gewollte Blendung und als solche außer acht zu lassen. Die Blendungsfreiheit ist umso wichtiger, je feinere Arbeiten bei der künstlichen Beleuchtung auszuführen sind. Wird in Betrieben durch eigentümliche Arbeitsvorgänge die normale Blickrichtung gezwungenermaßen häufig verlassen, so ist die Blendungsfreiheit auch bei Abweichen von der normalen Blickrichtung nachzuprüfen. In einem solchen Falle kann es vorkommen, daß sonst vollständig blendungsfreie Leuchten, zum Beispiel Tiefstrahler, noch blenden. Blendende Lichtquellen stören nicht allein das Sehvermögen, Blendung schadet dem menschlichen Organismus. Häufige Blendung des Auges kann zu dessen Erkrankung führen. Blendung behindert jedwede Arbeit. Sie entsteht nicht allein durch primäres Licht, sondern auch durch zurückgestrahltes Licht. Wir haben es dann mit der Spiegelung zu tun.

Der Grad der Spiegelung ist abhängig von der Menge und Qualität des auf die spiegelnd reflektierende Fläche auffallenden Lichtstromes und der Oberflächenbeschaffenheit dieser spiegelnden Fläche selbst. Spiegelung ist daher in allererster Linie durch Veränderung der Qualität des Lichtes zu bekämpfen. Das Licht muß durch lichtstreuende Mittel möglichst stark diffundiert werden. Direkt von der Glühlampe kommende Lichtstrahlen dürfen auf keinen Fall auf das zu beleuchtende Objekt, das die spiegelnden Flächen besitzt, fallen. Selbstverständlich können störende Lichtreflexe durch Veränderungen an dem zu beleuchtenden Objekt selbst beseitigt werden. Die unangenehmen bei Kopierstiftschrift vorkommenden spiegelnden Reflexe sind allgemein bekannt. Um diese zu vermeiden, sind die Lichtquellen möglichst so anzuordnen, daß das spiegelnd reflektierte Licht das Auge nicht treffen kann. Befinden sich die Beleuchtungskörper links von den Arbeitspulten, so werden die spiegelnden Reflexe nach rechts austreten und daher nicht stören. Daß der spiegelnde Reflex auch erwünscht sein kann, sollen nachfolgende Beispiele beweisen:

Das Aufsetzen der Grammophonnadel ist nur möglich, wenn durch spiegelnden Reflex der Beginn der Eingravierung auf der Platte sich kennzeichnet. Durch den spiegelnden Reflex erscheint der Rand der Platte teilweise gleichmäßig leuchtend, teilweise vollständig schwarz, während die Platte selbst mit ihren Eingravierungen einen grau-matten Ton zeigt.

Rohseidefäden lassen sich oft wegen ihrer außerordentlichen Feinheit kaum erkennen, würde man nicht

Digitized by Google

extreme Kontraste unter Zuhilfenahme des spiegelnden Reflexes schaffen. Die bei geeignetem Lichteinfall hell leuchtenden Seidenfäden wirken schneeweiß, gleichgültig welche Farbe sie besitzen, und bilden daher, wenn ein dunkler Hintergrund gewählt wird, gegen diesen einen außerordentlich starken Kontrast.

Die Beleuchtungsstärke habe ich an zweite Stelle gesetzt, denn sie ist nicht so wichtig, wie die an erster Stelle beschriebene Blendung. Das menschliche Auge kann bei sehr verschiedenen Beleuchtungsstärken sehen. Man denke nur an den Unterschied zwischen Mondlicht und Sonnenlicht bezw. die dann vorhandene Beleuchtung. Versuche, welche wegen erforderlicher Beleuchtungsstärken gemacht wurden, scheinen in vielen Fällen nicht den Beweis zu erbringen, daß bestimmte Beleuchtungsstärken unbedingt notwendig sind oder nicht. Läßt man zum Beispiel bei verschiedenen Beleuchtungsstärken mehrere Personen einige Schriftstücke gleicher Druckart lesen, so wird der Einfluß der Beleuchtungsstärke auf die Lesegeschwindigkeit nicht mehr festzustellen sein, nachdem eine Lesegeschwindigkeit erreicht wurde, die technisch nicht mehr zu überbieten ist. In einem solchen Falle ist nur festgestellt, daß zum Beispiel eine Beleuchtung von etwa 60 Lux für den normalen Lesevorgang ausreicht, daß man aber bei schärferer Beleuchtung, zum Beispiel bei 200 und 500 Lux, nicht noch besser sieht, darf wohl kaum behauptet werden. Ob eine im Raum vorhandene bestimmte Beleuchtungsstärke dem menschlichen Auge ein ausreichendes Sehvermögen verschafft, hängt ganz und gar nicht von der Beleuchtungsstärke allein ab, sondern von den Begleitumständen der auftretenden Gleichmäßigkeit, der Schattigkeit, der Kontraste, also dem „Accord" des Beleuchtungseffektes.

Gleichmäßigkeit, Schattigkeit und Kontrast[1]). Da das außerordentlich diffuse Tageslicht eine überaus gleichmäßige Beleuchtung namentlich im Freien abgibt, ist das Auge an eine große Gleichmäßigkeit gewöhnt. Es erscheint daher zweckmäßig, bei Beleuchtungsanlagen eine möglichst große Gleichmäßigkeit einzurichten. Andererseits darf aber nicht verkannt werden, daß bei ungleichmäßiger Beleuchtung dem Auge nur mehr Kontraste wie gewöhnlich geboten werden und daß Kontraste als solche noch lange nicht immer stören. Vor allem ist es notwendig, daß an den Stellen, an denen die Beleuchtungsstärke am niedrigsten ist, die Beleuchtung noch ausreicht, um gut erkennen zu können[2]).

Die Schattigkeit ist von größter Bedeutung, denn nur durch Schatten ist das körperliche Sehen möglich. Jedwede Plastik wird durch vollständige Diffusion des Lichtes, also schattenlose Beleuchtung, vernichtet. Da das Tageslicht vorwiegend von oben her die Gegenstände beleuchtet, so liegen die Schatten unter diesen, also ist bei Einrichtung der Beleuchtunganlage stets darauf zu achten, daß die Hauptmasse des Lichtstromes ungefähr die gleiche Richtung erhält wie bei Tage. Wird das Licht von einer dem Auge ungewohnten Richtung auf den zu beleuchtenden Körper gelenkt, so entstehen durch die falsch liegenden Schatten Zerrbilder. Die Tiefe der Schatten ist abhängig von der Qualität des vorkommenden Lichtes. Je diffuser das Licht ist, umso milder werden die Schatten ausfallen. Bei geringer Diffusion und womöglich besonderer Richtung des Lichtes durch Spiegelreflektoren zeigen sich die Schatten tiefschwarz und scharf abgegrenzt.

Eng verwandt mit der Schattigkeit ist der Kontrast. Kontraste entstehen jedoch nicht allein durch Schatten, sondern in erster Linie durch das verschiedene Reflexionsvermögen der angeleuchteten Gegenstände. Da sich die Gegenstände im Raum nur durch ihr verschiedenes Reflexionsvermögen, also durch die vorkommenden Kontraste, von einander unterscheiden und abhängen, ist es zweckmäßig, den einzelnen Gegenständen durch entsprechende Farben das jeweils geeignetste Reflexionsvermögen zu geben. Bei der Bühnendekoration hat man diese Tatsache längst erkannt, neuerdings auch bei der Dekoration von Schaufenstern. Bei Erwähnung der zweckmäßigen Färbung der zu beleuchtenden Gegenstände oder Raumteile wird bereits die Frage der architektonischen Gesamtwirkung berührt.

Nichts beeinflußt die architektonische Gesamtwirkung mehr als die lichttechnischen Eigenschaften der verwendeten Leuchten und die vorkommenden Farben. Allem Anschein nach ist dem ästhetischen Empfinden durch zweckmäßige, lichttechnisch richtige Leuchten, die eine wirklich gute Beleuchtung abgeben, mehr entsprochen als durch Leuchten von besonders gefälligem Äußeren, bei denen jedoch die Beleuchtung im ganzen gesehen schlechte Resultate zeigt. Eine gute Beleuchtung mit lichttechnisch richtigen Leuchten, sogenannten Zweckleuchten, nützt dem Architekten. Sie ist ein Förderer seiner Absichten. Behält der Architekt sein Ziel, einen Raum entsprechend zu gestalten und einzurichten, im Auge, so wird er gerne weniger architektonisch wirkende Leuchten, da sie Förderer seiner spezifischen Leistungen sind und sein Hauptziel unterstützen, bevorzugen. Dieser Kompromiß dürfte umso leichter zu schließen sein, je mehr sich der Architekt daran erinnert, daß nach architektonischen Gesichtspunkten entworfene Leuchten meist durch ihre mangelhafte Beleuchtungswirkung (Blendung, Schlagschatten) sein ganzes Werk in Frage stellen.

In diesem Zusammenhange dürfte ein Hinweis auf die Bedeutung bestimmter Farben in bezug auf das zu erwartende Beleuchtungsergebnis am Platze sein. Die moderne Architektur bevorzugt starke Farben. Nicht nur bei dem äußeren Anstrich der Häuser werden solche verwendet, sondern auch für den Innenanstrich[3]). Man findet dunkelbraune Wände, ja sogar blaue Decken, rote Wände und ähnliches. Diese starken Farben beeinflussen das Beleuchtungsergebnis außerordentlich ungünstig. Selbst die Tageslichtwirkung ist in derartigen Räumen eine schlechte, da der durch die Fenster einfallende Lichtstrom zum größten Teile von den Wänden und Decken absorbiert wird.

Nachstehend das Reflexionsvermögen verschiedener Farben (in vH):

Weiße Decken und Wände	78
Mattgrau	25
Hellgelb	70
Weiß, leicht rötlich getönt	70
Gelb-grün	60
Lichtgrün	57
Giftgrün	45
Laubgrün	35
Blaugrün	17
Blau	45
Ockergelb	28
Braun	16
Rot	16

Der Tabelle ist zu entnehmen, daß für die Allgemeinbeleuchtung von Innenräumen nur ganz helle Farben in Frage kommen. Decken sind zweckmäßigst rein weiß anzulegen, die Wände hellgelb oder leicht rötlich getönt. Alle anderen Farben dürften für Arbeitsräume nicht in Frage kommen. Eine reinweiße Decke mit darunterliegender, etwas abgetönter Wandfläche wird in beleuchtetem Zustand dem Auge nie unangenehm auffallen, denn an diese Beleuchtungsverteilung, bezw. Gesamtlichtwirkung ist das Auge von Natur aus gewöhnt. Der Himmel, der sich im Freien über allen Gegenständen befindet, ist stets am hellsten, der Horizont etwas dunkler, dann kommt die Erdoberfläche mit ihren starken Farbenerscheinungen, so daß also die Natur eine Verteilung oben hell, unten dunkel vorschreibt.

Vorstehende Erörterungen dürften hinreichend den Beweis erbringen, daß bei einer Probeleuchtung dem schtechnischen Teil die größte Aufmerksamkeit zu schenken ist. Hoffentlich verbreitet sich diese Auf-

[1]) Vgl. Lichttechnik 1925, S. 128; 1926, S. 48, 86, 87.

[2]) An dieser Stelle verweise ich noch auf meine Abhandlung „Die Straßenbeleuchtung", erschienen in „Licht und Lampe" 1926, Heft 24.

[3]) Vgl. Lichttechnik 1926, S. 82.

Digitized by Google

fassung recht bald allgemein unter denjenigen, die berufen sind, Beleuchtungsanlagen zu prüfen. Die Nachprüfung von Beleuchtungsanlagen nur unter Zuhilfenahme eines Meßgerätes wird meist zu Trugschlüssen führen. Da jedoch die meßtechnische Nachprüfung nicht zu vermeiden ist, jeder Beleuchtungsingenieur wird durch Nachmessen der Beleuchtungsstärke die Richtigkeit seines Beleuchtungsprojektes nachprüfen wollen, sei auch auf diesen Teil der Probebeleuchtung näher eingegangen.

Für die Nachmessungen der Beleuchtungsstärke verwende man möglichst das Handphotometer von der Firma Franz Schmidt & Haensch in Berlin, allgemein bekannt unter der Bezeichnung „Bechsteinscher Beleuchtungsmesser"[4]). Mit diesem Instrument werden hinreichend genaue Messungen erzielt. Beleuchtungsmesser, die nur Annäherungswerte geben, können ihren Zweck nicht erfüllen. In vielen Fällen soll durch den Beleuchtungsmesser der Nachweis erbracht werden, daß die eine Beleuchtung um 10 bis 20 vH besser ist als die andere, ein Unterschied, der von dem Auge nicht mit Sicherheit wahrgenommen werden kann. Meßinstrumente, die mit Abweichungen von etwa 20 vH arbeiten, sind nach vorstehendem Beispiel nicht verwendbar.

Die Handhabung der Beleuchtungsmesser erfordert größte Aufmerksamkeit, denn andernfalls können nur zu leicht Fehlmessungen vorkommen. Bei dem Bechsteinschen Beleuchtungsmesser muß vor allem das Milliamperemeter genau auf die Eichwerte, welche bei dem Beleuchtungsmesser oben rechts in einer Tabelle angegeben sind, eingestellt werden. Man beachte die verschiedenen Eichwerte für verschiedene Meßbereiche. Wird das Milliamperemeter nicht genau eingestellt, so entstehen bei den Meßresultaten ganz erhebliche Abweichungen. Ich habe diesbezügliche Untersuchungen angestellt und bin zu folgenden Resultaten gekommen:

bei richtiger Einstellung zeigt der Beleuchtungsmesser in einem bestimmten Falle eine Beleuchtungsstärke von 50 Lux;

wird die Stromstärke um 0·5 mA erhöht, so geht die gemessene Beleuchtungsstärke auf 40 Lux zurück;

wird die Stromstärke um 0·5 mA reduziert, so erhöht sich die gemessene Beleuchtungsstärke auf 65 Lux.

Nachfolgend noch einige Werte, die für größere Abweichungen ermittelt wurden (der Vergleichswert bleibt 50 Lux):

mA	Lux	Abnahme in vH
+ 1	32	36
+ 2	23	54
— 1	75	50
— 2	150	200

Besonders zu beachten ist die richtige Haltung des Beleuchtungsmessers, deshalb die Libelle auf dem Beleuchtungsmesser. Die Schräglage verändert die Beleuchtungswirkung auf dem halbkreisförmigen Vergleichsfeld ganz erheblich und darf daher nicht vorkommen, es sei denn, daß die Beleuchtungswerte nicht nur für eine horizontale Ebene, sondern auch für geneigte oder gar vertikale Flächen ermittelt werden sollen. Werden in an sich gleichartigen Räumen an mehreren Stellen Vergleichsmessungen vorgenommen, so muß der Messende zu der Gesamtheit der vorhandenen Lichtquellen stets die gleiche Stellung einnehmen. Wird hierauf nicht geachtet, so kann durch unbewußtes Abschatten einer oder mehrerer Lichtquellen ein stark abweichendes Beleuchtungsergebnis gemessen werden. Ansammlungen um den mit der Beleuchtungsmessung Beschäftigten haben zu unterbleiben. Herumstehende werden einen großen Teil des im Normalfalle die Arbeitsfläche treffenden Lichtstromes abschatten und hierdurch das Beleuchtungsergebnis in ungünstiger Weise beeinflussen. Bei allen Messungen ist die Skala, von der die gemessenen Beleuchtungswerte abgelesen werden, während des Meßvorganges nicht zu beobachten. Ich habe erlebt, daß der die Beleuchtung Messende sich während der Messung häufig selbst kontrolliert hat und zwar dadurch, daß er nach der Skala sah. Dem Fachmanne dürfte etwas Derartiges nicht vorkommen, doch werden bei vielen Beleuchtungsmessungen auch Laien aufgefordert, eine Nachmessung vorzunehmen. Damit deren Messungen von Wert sind, muß die Möglichkeit genommen werden, die Einstellung nach der Skala durchzuführen. Ich mache deshalb den Vorschlag, die Meßskala mit einer Abdeckvorrichtung zu versehen. Die Beleuchtungsmessungen müssen an möglichst vielen Stellen im Raum durchgeführt werden, um dann die mittlere Horizontalbeleuchtung zu berechnen. Messungen lediglich unter den Lampen oder auf einer Verbindungslinie zwischen diesen, sind ohne jede Bedeutung und lassen auf keinen Fall einen Rückschluß auf den Gesamtwert der Beleuchtungsanlage zu.

Von jeder technischen Einrichtung verlangt man einen gewissen Grad der Wirtschaftlichkeit. Allgemein bezieht sich jedweder technische Fortschritt auf die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Deshalb ist auch bei lichttechnischen Anlagen die Wirtschaftlichkeit nicht außer acht zu lassen. Am Schlusse jeder Probebeleuchtung sind daher reine Wirtschaftlichkeitsberechnungen anzustellen und in diese die zwei oder drei besten Beleuchtungsanlagen einzubeziehen. An wen nun der Auftrag zu erteilen ist, hat die Wirtschaftlichkeitsberechnung zu beweisen. Es ist festzustellen: was kosten die Leuchten, wie sind solche beschaffen (Lichtpunkteinstellvorrichtung, Fassung, Zuleitungsdrähte), was kann man sich von ihrer Haltbarkeit versprechen, sind die Leuchten leicht zu handhaben, also auch leicht zu installieren ohne Gefahr für die leicht zerbrechlichen Teile, können Glühlampen leicht ausgewechselt werden, was kostet die Leitungsverlegung? Gestellte Fragen sind durch genaue Besichtigung, Versuche und Kalkulationen ohne weiteres zu beantworten. Zum Schlusse erhebt sich noch die nicht minder wichtige Frage: wie verhalten sich die Leuchten nach längerer Betriebsdauer? Um diese beantworten zu können, muß man auf Betriebserfahrungen, die an anderer Stelle gemacht wurden, zurückgreifen oder durch zeitlich verlängerte Probebeleuchtung in etwa 4 bis 6 Wochen eine Schlußprobebeleuchtung vornehmen. Die größte Rolle spielt vor allem die Verstaubung. Die Verstaubungsgefahr ist umso größer, je mehr der Horizontalen sich annähernde Flächen bei den Beleuchtungskörpern vorkommen, lichtdurchlässiges Material, zum Beispiel Glas, vorausgesetzt. Ist das Glas außen säurematttiert, so schreitet die Verstaubung besonders rasch vorwärts. Der Staub ist von außen säurematttiertem Glas schwer zu entfernen, da sich die feinen Staubteilchen leicht in die angerauhte Fläche des Glases hineinreiben. Der Wirkungsgrad der Leuchten und auch der ganzen Beleuchtungsanlage hängt nicht nur von dem Verhalten der Leuchten allein ab, sondern auch von den Veränderungen, welche die übrigen Raumteile in der Zeit mitmachen. Decke und Wände dunkeln erfahrungsgemäß ab, verlieren dadurch an Reflexionsvermögen und hierunter leidet der Gesamtwirkungsgrad der Beleuchtungsanlage bezw. ihre Wirtschaftlichkeit. Von welcher Bedeutung diese bei jeder Beleuchtungsanlage vorkommenden und unvermeidlichen Begleitumstände sind, ist durch Versuche wiederholt festgestellt worden. Unter anderem zeigte eine Beleuchtungsanlage mit halbindirekten Leuchten nach etwa sechswöchentlicher Brenndauer einen Rückgang der Beleuchtung von zirka 38 vH. Vorwiegend direkte Leuchten verloren in dem gleichen Zeitraum nur 13 vH ihres Beleuchtungseffektes.

[4]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 491.

Digitized by Google

Die Reklamebeleuchtung auf dem Kaufhaus der Gerngroß A.-G. in Wien.

Von Ing. Karl **Krötlinger**, Wien.

Zu den markantesten Objekten der Lichtreklame, die in der letzten Zeit in Wien immer mehr an Boden gewinnt, gehört der vor kurzem errichtete Lichtturm des Großwarenhauses A. Gerngroß A.-G..

Dieses Bauwerk wurde nach folgenden Gesichtspunkten entworfen.

1. Die Sichtbarkeit auf weite Distanzen, welche dadurch gelöst wurde, daß am Kopfe des Lichtmastes

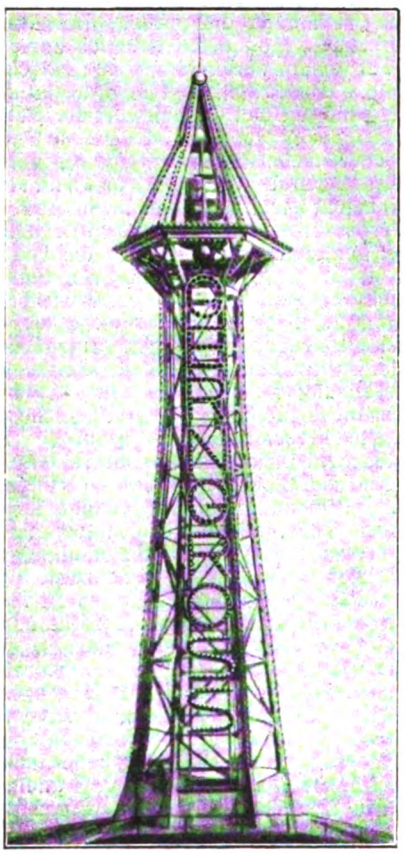


Abb. 1.

ein automatisch rotierender Scheinwerfer eingebaut wurde.

2. Die auffallende Wirkung in der unmittelbaren Umgebung des Kaufhauses durch die effektvollen Konturbeleuchtungen.

3. Die unaufdringliche Art, wie der Name „Gerngross" dem Publikum in Erinnerung gerufen wird.

Um die Sichtbarkeit auf große Entfernung zu erreichen, wurde ein Gitterturm (Abb. 1) von 15·4 m Höhe errichtet, welcher über der Decke des vierten Stockwerkes des genannten Kaufhauses in einer Höhe von 21 m über dem Straßennniveau zur Aufstellung gelangte. Nachdem die Eisenkonstruktion ein erhebliches Eigengewicht besitzt und der vorauszusehende Winddruck eine weitere, bedeutende, zusätzliche Belastung des Fundamentes darstellt, mußte diesem besondere Sorgfalt zugewendet werden. Zur Druckverteilung auf das in Betracht kommende Mauerwerk wurde ein schmiedeeiserner Fundamentrost hergestellt, welcher die Belastung auf zirka 30 m² der Hauptmauern verteilt. Der Rost wird durch I-Träger vom Profil 30 und 40 überbrückt, zwischen welchen eine Betondecke gelegt wurde. Auf dieser ruht nicht nur der Fuß des Turmes, sondern auch die gesamte, für den Betrieb erforderliche Maschinenanlage und Apparatur.

Die Maschinenanlage besteht aus einer Umformergruppe, welche den zur Verfügung stehenden Gleichstrom von 440 V auf die Scheinwerferspannung von 75 V transformiert. Die Apparatur besteht aus einer Marmorschalttafel mit 4 Feldern. Feld 1 enthält Instrumente und Apparate zur Bedienung des Umformer-Motors, des Drehmotors für den Scheinwerfer und der elektrischen Heizung für das Hauptlager der Scheinwerferglocke. Das 2. Feld enthält die Instrumente und Apparate für die Bedienung der Scheinwerfer-Dynamo, das 3. Feld die Apparatur für die Illuminations-Beleuchtungen und das 4. Feld die Apparatur für die Lichtschriften.

Sämtliche Stromkreise sind mit automatischen Ausschaltern, Type U. S., ausgestattet. Schmelzsicherungen fehlen vollständig. Da die Lampenspannung 220 V beträgt, brauchte die sonst übliche Serienschaltung nicht verwendet zu werden, so daß das Auslöschen von Lampengruppen ausgeschlossen ist. Im ganzen kommen 1319 Glühlampen zur Verwendung.

Der Scheinwerfer mit selbsttätigem Kohlenverschub hat einen Spiegeldurchmesser von 60 cm und entwickelt eine Lichtstärke von 27 Mill. Kerzen. Er ist auf einer schmiedeeisernen Glocke montiert, die mit einem massiven Bronzelager versehen ist und eine Innerverzahnung an ihrem Umfang trägt. Das Bronzelager dreht sich auf einem vertikalen Zapfenlager, welches im Winter mittels eingebauter elektrischer Heizkörper erwärmt wird. Die horizontale Drehbewgung des in beliebiger Elevation einstellbaren Scheinwerfers geschieht durch einen vollständig gekapselten, regelbaren und umsteuerbaren Elektromotor (Abb. 2), wel-

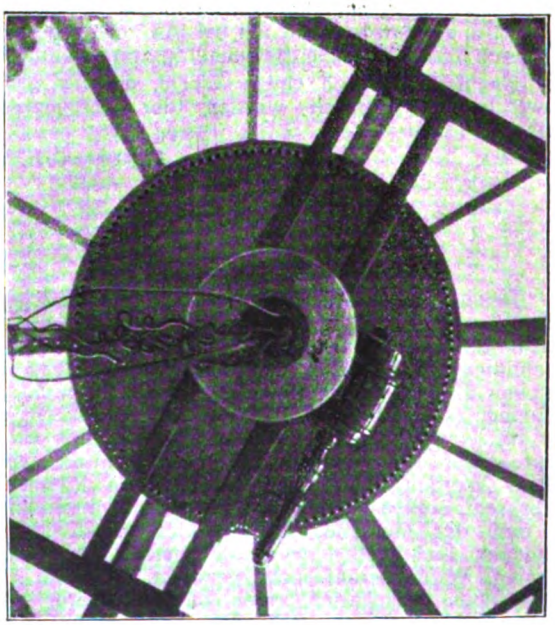


Abb. 2.

cher über ein Schneckengetriebe die Innenverzahnung der Scheinwerferglocke antreibt. Der Betriebsstrom für den rotierenden Scheinwerfer wird über reichlich dimensionierte Schleifringe zugeführt, welche gegen Berührung und gegen Witterungseinflüsse geschützt sind. Die Reichweite des Scheinwerferkegels beträgt 20 km (Abb. 3).

Digitized by Google

Die Scheinwerferanlage ist über eine eiserne Steigleiter bequem zugänglich. Besondere Sicherungsmaßnahmen gegen Absturz sind nicht erforderlich, da der zum Aufstieg zur Verfügung stehende Lichtraum innerhalb der Eisenkonstruktion bloß zirka 80 × 80 cm beträgt und die ziemlich engmaschige Gitterkonstruktion des Turmes ein Anhalten ringsherum gestattet. Für die Sicherheit bei Blitzgefahr dienen Blitzschutzsicherungen und ein Blitzableiter auf der Spitze des Turmes, der mit dem Telephon-Dachständer an Erde gelegt ist.

Der Betrieb der ganzen Anlage wird von der Bedienungskammer am Fuße des Turmes aus geleitet. Mit dem umfangreichen Lichteffekte kann eine große Anzahl von Kombinationen ausgeführt werden. Zunächst können die Konturen des Leuchturmes der Reihe nach oder auch gleichzeitig zum Aufleuchten und zum Verlöschen gebracht werden. Ebenso können die Aufschriften gruppenweise oder auch gleichzeitig zum Aufleuchten und Verlöschen gebracht werden. Die leuchtende Spitze kann — ähnlich einem Blinkfeuer bei einem Leuchtturme — unabhängig zum Aufleuchten gebracht werden. Es kann auch die ganze Beleuchtung verlöschen und das Blinkfeuer bestehen bleiben. Alle diese Kombinationen sind überdies mit und ohne Scheinwerfer auszuführen. Es ist beabsichtigt, diese Kombination nach bestimmter Zeit, zum Beispiel allmonatlich, zu verändern, um in dem Effekt einige Abwechslung eintreten zu lassen.

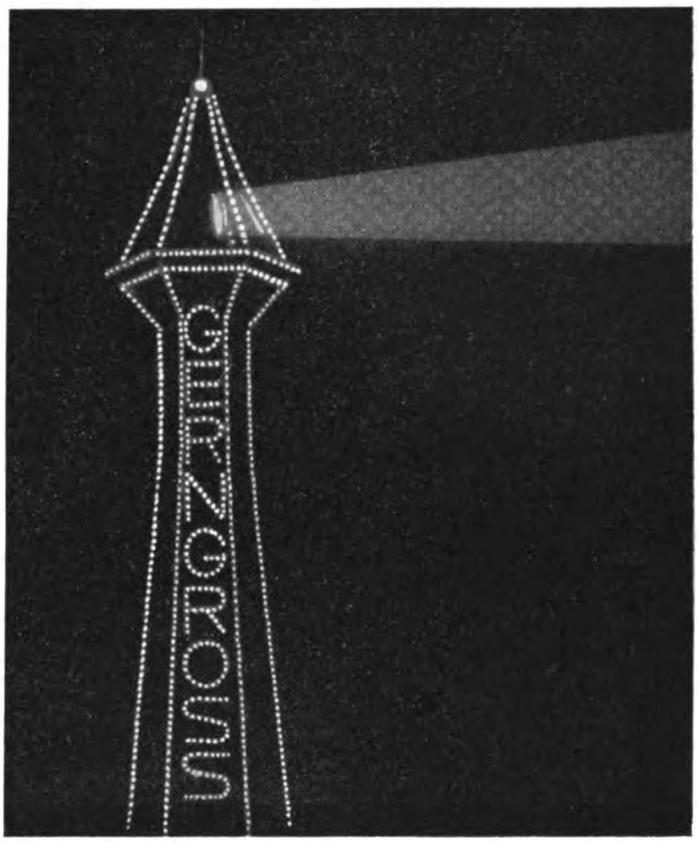


Abb. 3.

Mit den Bauarbeiten, die mit Rücksicht auf den großen Verkehr an der Baustelle vielfach zur Nachtzeit ausgeführt werden mußten, wurde Anfang August des v. J. begonnen. Die Montage des Turmes war Mitte September beendet, Ende September konnte der Scheinwerfer versuchsweise in Betrieb gesetzt werden. Die kommissionelle und betriebsfertige Übergabe des Turmes inklusive der gesamten Installationen erfolgte am 22. Oktober v. J., also nach knapp dreimonatlicher Bauzeit. Die gesamte Bauausführung war der Firma Karl Krötlinger, Wien VII., Halbgasse 3, übertragen, welche auch sämtliche maschinelle und elektrische Installationsarbeiten, ferner die Randbeleuchtungen und die Lichtschriften auszuführen hatte.

Rundschau.

Zweckentsprechende Hotelzimmerbeleuchtung. C. Clerici. Die Beleuchtung in den Luxushotels steht im schreienden Gegensatz zur übrigen Ausstattung der Hotelpaläste. Wo nur eine Lampe in der Deckenmitte an einer Schnur herabhängt, läßt sie sich etwa noch ans Kopfende des Bettes, oder über den Tisch beim Briefschreiben, oder zum Spiegel beim Rasieren ziehen. Ist es aber eine Deckenlampe, dann hilft nur die Verschiebung der Möbel. Als vollkommenstes Blendwerk erscheint manchmal ein Kronleuchter in der Rolle des Hauptgeleuchtes; vielleicht noch mit Glasprismen, damit es von jeder Stelle des Zimmers aus blendende Flächen in Fülle gebe. Wendet man sich, um der Blendung zu entgehen, gegen die Wände, so hat man dort in den Spiegeln dasselbe Schauspiel, nur noch vervielfacht. In solchen Fällen heißt es, sich mit einer Stehlampe begnügen. Im Badekabinett das gleiche Bild; in der Regel in der Mitte eine Lampe von Glasstäben oder -Prismen umgeben, die zudem unangenehme Schattenstreifen auf den Wänden hervorrufen. Eine zweckentsprechende Normalbeleuchtung hier zu planen ist nicht schwierig, denn die Einrichtung der Hotelzimmer zeigt sehr wenig Verschiedenheit. Vorerst müßte für eine Beleuchtung beim Bett gesorgt sein, entweder durch eine Stehlampe am Nachtkästchen oder besser eine verstellbare Lampe zu 25 W mit lichtstreuender Hülle in der Mitte (oder an einer Seite) des Bettkopfes. Zur Beleuchtung des Tisches und Spiegelschrankes genügt eine 100 bis 150 W-Lampe in der Zimmermitte, mattiert oder in einer lichtstreuenden Glashülle. Zu beiden Seiten des Spiegels über dem Waschtisch soll je eine 20 W Opal- oder mattierte Lampe mit Seiden- oder Pergamentschirm oder eine solche Lampe mit Kugel aus getrübtem Glas angeordnet sein. Ähnlich bei einem Frisierspiegel für Damen. Im Badekabinett genügen zwei, wie eben beschrieben, zu beiden Seiten des Spiegels über der Waschschüssel angebrachte Geleuchte. Die Anlagekosten einer derartigen Beleuchtung sind in der Regel keineswegs größer, als die der vorhandenen und die Stromkosten haben gegenwärtig in Italien 1/5 bis 1/6 ihres Betrages vor dem Kriege erreicht. Die Abneigung der Hotelbesitzer gegen die Anbringung von Steckkontakten, weil sonst elektrische Heizkörper angeschlossen, Plätteisen erhitzt würden und Ähnliches mehr, mag ja oft am Platze sein. Es kann aber nicht schwer fallen, Vorrichtungen zu ersinnen, durch die eine Kontrolle eines solchen außergewöhnlichen Stromverbrauches ermöglicht würde. Von den Zimmerpreisen vom Jänner 1926 macht die Zimmerbeleuchtung 2 vH aus, und zwar für ein mittleres Zimmer, die Badezimmerbeleuchtung 1 vH; in Gasthöfen mit zwei Flammen je Zimmer, die Brenndauer wie vorher zu drei Stunden täglich angenommen, belaufen sich die Stromkosten auf 4 bis 5 vH. O—k.

(L'Elettrotecnica, Bd. 13, Nr. 2, 1926.)

Digitized by Google

Über Lichttagessignale bei der Deutschen Reichsbahn und die Erfahrungen hiebei berichtet Buddenberg der D. B. G. Hiernach bekam die Schwebebahn Barmen — Elberfeld — Vohwinkel 1901 die ersten derartigen Signale, und zwar ohne Linsen, während die jetzige Signalform aus Amerika stammt. Vorgänger waren dort die fortwährend brennenden Petroleumlampen, die je eine Fresnelsche Stufenlinse enthielten, nach ihrem Querschnitte ein hohlspiegelartiger Glaskörper mit konzentrischen Rillen. Auf den Strecken mit automatischer Streckenblockung in den Vereinigten Staaten sind jetzt noch über 20 000 im Betriebe. Seit 1910 gibt es dort Lichttagessignale; ihre Zahl steigt von Jahr zu Jahr und wird zum Beispiel 1926 um 3400 Stück vermehrt. Die Deutschen Reichsbahnen wurden zur Einführung dieser neuen Signale auf den elektrisch betriebenen Strecken gezwungen, weil dort das Gesichtsfeld des Lokomotivführers durch die Masten und das Drahtgewirr sehr beengt erscheint und insbesondere zur Zeit der Dämmerung, wenn die Lichter noch nicht zu erkennen sind, fast unmöglich wird. Daß ferner die bewegten Teile der Lichttagessignale nur noch im Stellwerk, also geschützt und leicht überwachbar liegen, muß als besonderer Vorzug bezeichnet werden; außerdem betragen die Ersparnisse an Instandhaltungskosten

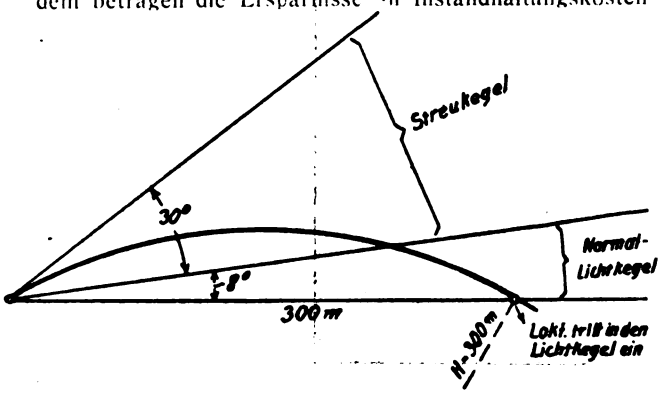


Abb. 1.

gegen 33 vH. Zudem ist es von Vorteil, daß die Signalzeichen bei Tag und Nacht die gleichen sind, das Vorsignal einen positiven Begriff zeigt, das Signal weit von der Bedienungsstelle weg stehen kann, die Sichtbarkeit bei Nebel sich besser einstellt. Nur das Rücklicht muß hier fehlen.

Gegenwärtig gibt es zwei Typen von Laternen. Die Einlinsenlaterne bei Stadtschnellbahnen, ferner für Nebensignale, die Zweilinsenlaterne bei Hauptbahnen; bei der ersteren sind die Stufen der Linse der Lampe zugekehrt, bei der zweiten liegen die Stufen beider Linsen einander gegenüber, der Winkel, unter dem der Linsenrand vom Glühfaden aus gesehen wird beträgt 80° bezw. 150°. Verlust an Nutzlicht je Linse 11 vH; Verlustzahlen sind überhaupt dadurch bedingt, daß die Linsen der Billigkeit halber gegossen sind. Die Farblinse ist die innere der Zweilinsenzusammenstellung. Lampe und Linse sind in einen Gußkasten eingebaut, der nach vorne die Schute, das schräg abgeschnittene, die Sonnenstrahlen, Schnee und Schmutz abhaltende Rohrstück, an der Rückseite einen Verschluß behufs Bedienung der Lampe enthält. Außerdem wird für Lüftung und Schutz gegen das Eindringen von Insekten durch Öffnungen gesorgt, die mit engmaschiger Drahtgaze bedeckt sind. Die Glühlampe kann in drei Stellungen gebracht werden. Die so wichtige Glühlampenfrage hat noch keine Lösung gefunden, Glühlampen für 110 oder 220 V mit sehr stark konzentriertem Leuchtfarben gibt es noch nicht. Die Nitra-Autoscheinwerferlampen, die bei 12 V 40 W verbrauchen sind in Aussicht genommen; desgleichen eine verbesserte Swanfassung oder ähnliches, so wie kräftige Kontaktfedern, um ein Losrütteln durch die Züge zu verhüten. Bei Dunkelheit brennen die Lampen, um sich nicht gegenseitig zu überstrahlen, mit der halben Spannung. Weder die Verwendung doppelfädiger Lampen noch zweier gegen die Linse verschieden eingestellter Lampen hat sich mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit als praktisch erwiesen; zwei Laternen, von denen sich die eine beim Versagen der Lampe in der anderen automatisch einschaltet, geben die beste Lösung, da zudem dann noch der Stellwerkswächter durch eine Meldelampe erfährt, daß er die schadhafte Lampe auszuwechseln hat. Für die Lampen wird eine Lebensdauer von 800 bis 1000 Stunden, das sind 40 bis 50 Brenntage gewährleistet, jedoch konnten auch Lampen mit einer 3000 stündigen Lebensdauer und mehr beobachtet werden.

Die Färbung des Lichtes durch gefärbte Linsen hat sich nicht bewährt, die Verwendung von genau für einen bestimmten Farbton herstellbarer Lichtfilter wird derzeit geprüft. Die schwierigste Aufgabe, die Erzielung richtiger Streuung ist eine Frage der Linsenausbildung. Wie groß die Streuung zu sein hat, soll in der Abb. 1 verdeutlicht sein. Bestimmend für den Streuungswinkel ist die Fahrt in einer Gleiskrümmung, hier zu $R = 300$ m Halbmesser angenommen. Mit 65 km/h durchfahren ergibt dies einen Bremsweg von 235 m; man hat nun gefordert, daß schon bei 300 m auf einem Bogen mit $R = 300$ m das Licht sichtbar zu sein hat, woraus ein Streuwinkel von 30° folgt, falls der Lokomotivführer beim Durchfahren des Bogens auch fortwährend im Streukegel bleiben soll. Siemens & Halske sowie die AEG haben die Vergrößerung der Streuung auf 30° in verschiedener Weise gelöst und in Betrieben erprobt, die Reichsbahn aber mit ihren wesentlich anderen Betriebsverhältnissen kann sich bis jetzt nur zu Versuchen verstehen: es ist aber sehr wahrscheinlich, daß die AEG-Riefenlinse und die neueste Siemens & Halske-Linse in der Lichtstärke allen anderen ausländischen Mitteln zur Erzielung der Streuung voran bleiben wird. Gelegentlich der Einführung der Lichttagessignale gedenkt die Reichsbahn auch zum Dreibegriffsvorsignal zu übergehen, das heißt es soll möglich gemacht werden, daß dem Lokomotivführer schon am Vorsignal angezeigt wird, ob er am Hauptsignal „Halt" findet, geradeaus fährt oder Ablenkung zu erwarten bezw. wie er zu bremsen hat: Lichtsignale geben eine sehr leichte Lösung dieser Aufgabe. Grundsätzlich gelangt nur Wechselstrom, auf 12 V für jede Lampe herabtransformiert, zur Verwendung.

O—k.

(Licht u. Lampe, Heft 23, 1926.)

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

Erläuterung der photometrischen Grundgrößen und Einheiten.

Von Dr. Richard **Hiecke**, Wien[1]).

Die Österreichische Lichttechnische Gesellschaft hat im Heft 3 der „Lichttechnik" v. J. 1925, Seite 40, einen Entwurf über lichttechnische Einheiten und Definitionen veröffentlicht, der seinerzeit keinem Widerspruche unter den Mitgliedern begegnete und daher als angenommen zu betrachten ist. Der Wortlaut dieser Definitionen wurde jedoch im Sinne einer eindeutigen Festlegung der definierten Größen ziemlich strenge wissenschaftlich gehalten und bedarf daher für den der Wissenschaft ferner stehenden Praktiker einer eingehenderen Erläuterung. Eine solche Ergänzung der strengen Definitionen wurde deshalb auch von allem Anbeginne ins Auge gefaßt und der Verfasser hat sich der Aufgabe unterzogen, diese Erläuterungen zu verfassen. Sie sind nicht für das große Publikum aller Bildungsstufen bestimmt, sondern wenden sich vielmehr an jene gewerblichen Fachleute, die bestrebt sind, ihre in Fach- und Fortbildungskursen gewonnenen Kenntnisse durch Lektüre entsprechender fachtechnischer Artikel

[1]) Vortrag, gehalten in der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft am 28. Oktober 1926.

Digitized by Google

zu erweitern, um so mit ihrer Zeit gleichen Schritt zu halten. Hiezu ist aber die Kenntnis der grundlegenden Begriffe, also das richtige Verständnis der Definitionen, das die nachstehenden Erläuterungen vermitteln sollen, ein unbedingtes Erfordernis.

1. Die Lichtmenge.

„Lichtmenge ist die von einem Körper abgegebene oder aufgenommene, nach ihrer Lichtwirkung auf das Auge bewertete Strahlungsarbeit."

Die Lichtmenge ist also eine Strahlungsarbeit. Unter einer Strahlung versteht man die Übertragung von Arbeit, oder wie man auch sagt, von lebendiger Kraft oder Energie von einem abgebenden zu einem von ihm räumlich getrennten aufnehmenden Körper mit Hilfe einer Wellenbewegung. Die von einem Körper aufgenommene Strahlung wird zum Teile von ihm zurückgeworfen, zum Teile von ihm verschluckt und in Wärme oder eine andere Energieform verwandelt. Wie wir an jeder Glühlampe wahrnehmen können, durchdringt die Strahlung, auf der unsere Lichtempfindung beruht, den luftleeren Raum. Mit der fortschreitenden Entwicklung ist man zur Überzeugung gelangt, daß jede Strahlung, die fähig ist, den luftleeren Raum zu durchdringen, also auch das Licht, auf elektromagnetischen Wellen beruht. Die Wirkung der elektromagnetischen Strahlung ist je nach ihrer Wellenlänge verschieden. Die geringsten Wellenlängen von der Ordnung der Atomabmessungen besitzen die Röntgenstrahlen; hierauf folgt die chemisch besonders wirksame ultraviolette Strahlung bis zu einer Wellenlänge von 400 Millionstel Millimeter ($m\mu$). Von 400 $m\mu$ bis zu 700 $m\mu$ erstreckt sich die für unser Auge wahrnehmbare Lichstrahlung. Darüber hinaus folgen die infraroten oder Wärmestrahlen und weiter von 0·1 mm bis zu Tausenden von m die im Rundfunk usw. verwendeten Hertz'schen Wellen.

Es hat sich nun gezeigt, daß auch innerhalb des Sichtbarkeitsbereiches Strahlungen von verschiedener Wellenlänge nicht nur verschiedene Farbenempfindungen hervorrufen, sondern auch im Verhältnis zu ihrer Energie durchaus nicht die gleichen Lichtwirkungen erzeugen. Man darf daher die Strahlung in der Lichttechnik nicht nach ihrer Energie, sondern nur nach ihrer Lichtwirkung bewerten. Die Lichtwirkung kann aber nur nach der Stärke unserer Empfindung beurteilt werden. Wir können nun leider die Stärke unserer Empfindung nicht zahlenmäßig angeben, sondern nur die Gleichheit zweier, zeitlich und räumlich nicht zu weit voneinander getrennter Empfindungsstärken feststellen. Das ist gegenwärtig die einzig mögliche Grundlage aller photometrischen Messungen. Im vorliegenden Falle werden einfach zwei nebeneinander liegende Stellen eines im weißen Lichte weiß erscheinenden, also alle Wellenlängen gleichmäßig zurückwerfenden Schirmes gleichzeitig, oder ein und dieselbe Stelle desselben Schirmes im raschen Wechsel, mit Licht verschiedener Wellenlängen bestrahlt und die von der Flächeneinheit des Schirmes aufgenommene Strahlungsarbeit so geregelt, daß er im ersten Falle von beiden Lichtquellen gleich stark beleuchtet erscheint und daß im zweiten Falle das Flackern, daß bei ungleicher Beleuchtung sehr merklich ist, verschwindet. Dann sind beide Strahlungen am Orte des Schirmes nach ihrer Wirkung auf das Auge als einander gleich zu bewerten. Dem Zustande der gleichen Lichtwirkung entsprechen im allgemeinen verschiedene, pro Zeit- und Flächeneinheit vom Schirm aufgenommene Energiemengen. Das umgekehrte Verhältnis dieser spezifischen Energiemengen bezeichnet man dann als das Verhältnis der Sichtbarkeit der beiden Strahlungen. Abb. 1 zeigt die in den Vereinigten Staaten geltenden Werte der relativen Sichtbarkeit einfacher Strahlungen, die man erhält, wenn man den Höchstwert der Sichtbarkeit bei der Wellenlänge von 555 $m\mu$ gleich 1 setzt.

Kennt man nun das Sichtbarkeitsverhältnis zweier, von zwei Lichtquellen ungleicher Lichtwirkung abgegebener Lichtmengen, so liefert das Verhältnis der von den beiden Quellen abgegebenen Energiemengen multipliziert mit dem Sichtbarkeitsverhältnisse das Verhältnis der abgegebenen Lichtmengen. Nur in diesem Sinne ist die Bewertung der Strahlungsarbeit nach ihrer Lichtwirkung auf das Auge zu verstehen.

Alles dies gilt natürlich nicht nur von der ganzen von einer Lichtquelle abgegebenen, sondern auch von der von einem ihrer Teile ausgehenden, oder von einer begrenzten Körperoberfläche in der Umgebung der Lichtquelle aufgenommenen, das ist auf diese Fläche auftreffenden Strahlung, also von jedem in der angegebenen Weise begrenzten Teile der Gesamtstrahlung.

Die „Lichtmenge" ist nur ein übertragener Begriff, oder eine Rechnungsgröße. Eine wirkliche Lichtmenge kennen wir nicht, da sich das Licht nicht aufspeichern läßt. Mit dem Augenblicke des Verlöschens der Lichtquelle verschwindet auch das Licht. Diese Erfahrung, die mit dem bekannten Gesetze der Erhaltung der Energie seltsam kontrastiert, beruht auf der ungeheuren Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes von 300 000 km/s, sowie auf der Tatsache, daß kein Körper das Licht vollkommen zurückwirft, sondern stets einen Teil davon verschluckt und in Wärme verwandelt. Das zuletzt von der Lichtquelle ausgesandte Licht wird von den Wänden des Raumes, in dem sie sich befindet, wiederholt und zwar so oft zurückgeworfen, bis es verschwunden ist. Die Zeit, die es braucht, um zum Beispiel auf 1 vH seiner ursprünglichen Stärke abzunehmen, hängt vom Zurückwerfungsverhältnisse der Wände und der durchschnittlichen Weglänge zwischen

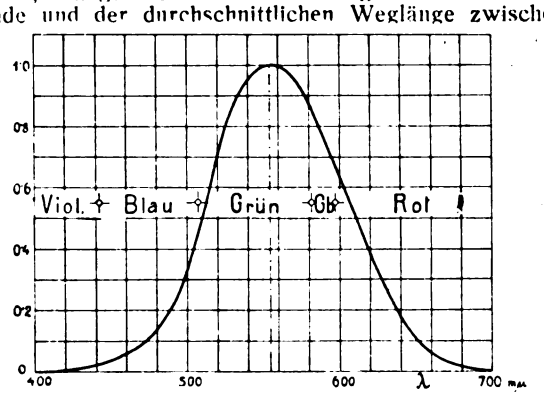


Abb. 1.

zwei Zurückwerfungen ab. Selbst, wenn die Wände 98 vH des auffallenden Lichtes zurückwürfen, wäre das Licht bei einer mittleren Weglänge von 5 m zwischen zwei Zurückwerfungen doch schon in 1/300 000 sec bis auf 1 vH, in 2/300000 sec bis auf 0·01 vH usw. verschwunden. Die der Strahlung innewohnende Energie ist aber noch vorhanden; sie tritt allerdings nicht mehr als Licht, sondern im allgemeinen als Wärme in den bestrahlten Wänden auf.

Das übliche Zeichen für die Lichtmenge ist Q.

2. Der Lichtstrom.

„Das Verhältnis der Lichtmenge zur Zeitdauer des Vorganges (die Wachstumsgeschwindigkeit der Lichtmenge) wird Lichtstrom genannt."

Demnach kann man, wenn die Lichtquelle konstante Strahlung, das ist in gleichen Zeiten gleiche Lichtmengen aussendet, den Lichtstrom auch als die in der Zeiteinheit, zum Beispiel in 1 sec ausgesandte oder aufgenommene Lichtmenge oder nach ihrer Wirkung auf das Auge bewertete Strahlungsarbeit auffassen. Die Arbeit in der Zeiteinheit wird in der Technik auch als Leistung bezeichnet. Der Lichtstrom ist in diesem Sinne auch die nach ihrer Wirkung auf das Auge bewertete Strahlungsleistung. Der Gesamtlichtstrom einer Lampe bedeutet daher ähnliches, wie zum Beispiel die Leistung eines Generators in W oder die eines Motors in PS. Strahlt die Lichtquelle nicht konstant, so ändert sich der Lichtstrom von Augenblick zu Augenblick. Bildet man daher den Quotienten Q/t, das ist Lichtmenge durch Zeit, so erhält man nur den über die Zeit t genommenen Durchschnittswert des Lichtstromes. Um den Augenblickswert des Lichtstromes zu bestimmen, muß man so kleine Zeitintervalle wählen, daß

Digitized by Google

er während ihrer Dauer als konstant betrachtet werden kann. Dies ist dann der Fall, wenn man von größeren zu kleineren Zeitintervallen übergehend zu einem Grenzwert für den Lichtstrom gelangt, der sich bei weiterer Verkleinerung der Zeitintervalle nicht mehr ändert. Dieser Grenzwert wird durch die Schreibweise dQ/dt angedeutet.

Die Definition gilt auch hier wieder nicht nur für den gesamten von einer Lichtquelle ausgehenden Lichtstrom, sondern für jeden irgendwie bestimmt begrenzten Teil davon. Der Name „Lichtstrom" bezieht sich auf eine Aanalogie mit dem Wasserstrome, das ist der von einem Zuflusse, einer Quelle, in der Zeiteinheit gelieferten Wassermenge. Der Zuwachs, den die Wassermenge in einem Behälter in 1 sec erfährt, das ist die Wachstumsgeschwindigkeit der Wassermenge, ist dann gleich der in jeder Sekunde zufließenden Wassermenge, die wir oben als Wasserstrom bezeichnet haben; in demselben Sinne stellt der Lichtstrom die Wachstumsgeschwindigkeit der Lichtmenge dar.

Das für den Lichtstrom vereinbarte Zeichen ist Φ

3. Die Lichtstärke.

„Geht der Lichtstrom von einem Punkte aus (punktförmige Lichtquelle), so wird der Grenzwert des Quotienten aus Lichtstrom und durchstrahltem Raumwinkel für verschwindend kleine Raumwinkel die Lichtstärke (Raumwinkel - Lichtstromdichte) genannt. Ausgedehnte Lichtquellen lassen sich für ihre Wirkung in hinreichend großer Entfernung, von der ab sich die Beleuchtungsstärke hinreichend genau nach dem Kehrwerte des Entfernungsquadrates ändert, als punktförmig ansehen. Der Lichtstrom einer nach allen Richtungen mit der Einheit der Lichtstärke leuchtenden punktförmigen Lichtquelle ist 4π."

Unter einer Lichtquelle versteht man jeden lichtaussendenden, selbstleuchtenden, oder auch empfangenes Licht durchlassenden oder zurückwerfenden Körper. Da jeder Körper eine Oberfläche von endlichem Flächeninhalte besitzt, gibt es genau genommen nur flächenhaft ausgedehnte Lichtquellen. In hinreichend großer Entfernung wirken aber auch Lichtquellen von ganz ungeheurer Ausdehnung, wie zum Beispiel die Fixsterne, als punktförmige Lichtquellen. Als nahezu punktförmige Lichtquellen für geringe Entfernungen sind auch der leuchtende Krater einer elektrischen Bogenlampe und das reelle oder virtuelle Sonnenbildchen im Brennpunkte starker, optischer Linsen oder Spiegel anzusehen.

Stellt man einer solchen punktförmigen Lichtquelle in einiger Entfernung einen Schirm mit einer kleinen Öffnung, eine Blende (Abb. 2), gegenüber so beobachtet man, daß sich das durch diese Öffnung hindurchtretende Licht in einem Kegel ausbreitet, dessen Spitze

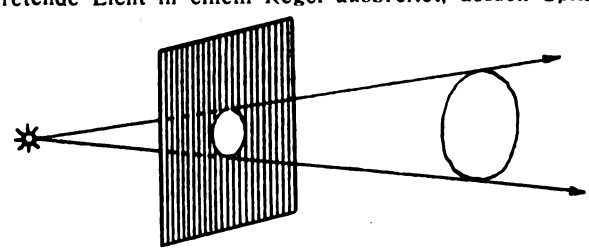


Abb. 2.

in der Lichtquelle liegt und dessen Mantelfläche durch die Umfangslinie der Blendenöffnung geht. Einen solchen Kegel, dessen Mantelfläche sich von der Spitze aus ins Unbegrenzte erstreckt, bezeichnet man als einen Raumwinkel und mißt ihn durch die Fläche ω, die er aus der Oberfläche einer Kugel, die um die Spitze als Mittelpunkt mit der jeweils gewählten Längeneinheit als Halbmesser beschrieben wird, herausschneidet (Abb. 3). Da die gesamte Oberfläche dieser Kugel gleich 4π ist, so ist der volle Raumwinkel ebenfalls gleich 4π; ähnlich, wie der volle ebene Winkel, gemessen durch die Peripherie eines um eine Spitze als Mittelpunkt mit der Längeneinheit als Halbmesser beschriebenen Kreises, gleich 2π ist.

Der von der punktförmigen Lichtquelle ausgehende durch die Blendenöffnung hindurchtretende Lichtstrom bleibt stets innerhalb dieses Raumwinkels, da außerhalb desselben keine Lichtwirkung wahrnehmbar ist. Die Energie wandert eben nur längs der geradlinigen Lichtstrahlen vom strahlenden zum bestrahlten Körper. Man kann also durch einen solchen Raumwinkel einen bestimmten Teil des gesamten Lichtstromes einer punktförmigen Lichtquelle abgrenzen, so daß durch jeden Querschnitt des den Raumwinkel darstellenden Kegels der gleiche Lichtstrom fließt. Teilt man einen solchen lichtstromerfüllten Raumwinkel in mehrere gleich große Teile, so ist im allgemeinen Betrag und Richtung des Lichtstromes in diesen Teilen verschieden. Unterteilt man jedoch die so gewonnenen Raumwinkelteile in dieser Art weiter, so werden die innerhalb eines solchen Teiles auftretenden Unterschiede des Lichtstromes umso geringer, je kleiner die Teilwinkel werden. Der Quotient aus dem Lichtstrom, geteilt durch den zugehörigen Raumwinkel, nähert sich mit fortschreitender Teilung einem Grenzwerte, der als erreicht betrachtet werden kann, wenn er sich bei weiterer Unterteilung nicht mehr ändert, indem der Lichtstrom schon in den vorhergehenden Teilwinkeln genügend gleichmäßig verteilt war. Dies wird im allgemeinen erst bei verschwindend kleinen Raumwinkeln erreicht werden, die dann jeweils mit einer bestimmten Richtung zusammenfallen. Der vorerwähnte Quotient Lichtstrom durch Raumwinkel stellt dann die in dieser Richtung herrschende, auf den Raumwinkel bezogene Lichstromdichte, oder unter der Voraussetzung einer ganz gleichförmigen Verteilung des Lichtstromes den Lichtstrom pro Einheit des Raumwinkels (das ist des 4πten Teiles des vollen Raumwinkels) dar.

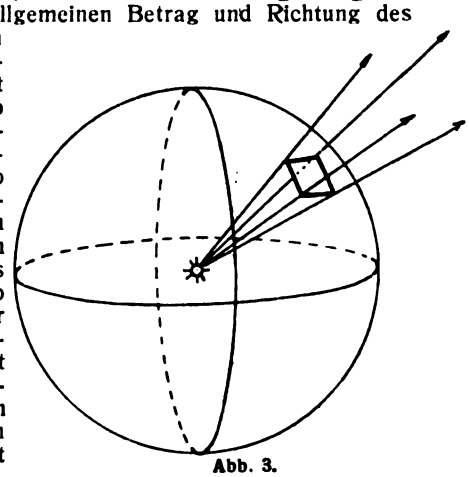


Abb. 3.

In solchen Richtungen, in denen dieser Quotient höher ist, als in anderen, ist offenbar die Lichtwirkung der punktförmigen Quelle stärker, man bezeichnet ihn daher auch als die Lichtstärke der punktförmigen Lichtquelle in der betreffenden Richtung. Das Zeichen für die Lichtstärke ist J, den Raumwinkel bezeichnet man gewöhnlich mit ω. Die Bildung des Grenzwertes wird in der Formel für die Lichtstärke dadurch ausgedrückt, daß man nicht $J = \Phi/\omega$, sondern $J = d\Phi/d\omega$ schreibt.

Der Begriff der Lichtstärke ist an die Unterteilung des Lichtstromes nach Raumwinkeln gebunden, die nur bei punktförmigen Lichtquellen möglich ist; bei flächenhaften Lichtquellen verliert er daher für die Lichtquelle als Ganzes seinen Sinn und kann nur für einzelne Stellen der leuchtenden Fläche, die verschwindenden Flächeninhalt besitzen, für sogenannte Flächenelemente, aufrecht erhalten werden.

Der Definition der Lichtstärke erscheint nun auch eine Erklärung angeschlossen, unter welchen Bedingungen flächenhafte Lichtquellen praktisch als punktförmig angesehen werden können. Da diese Erklärung aber den Begriff der Beleuchtungsstärke voraussetzt, kann erst nach der Erklärung dieses Begriffes darauf eingegangen werden.

Der Beweis des letzten Satzes der Definition ergibt sich aus seiner Umkehrung. Ist der Lichtstrom einer nach allen Richtungen gleichmäßig leuchtenden Lichtquelle gleich 4π, so erhält man die in allen Richtungen gleiche Lichtstärke dieser Lichtquelle, indem man den Lichtstrom, das ist 4π durch den vollen Raumwinkel, das ist wieder 4π dividiert. Eine solche Lichtquelle leuchtet also nach allen Richtungen mit der Einheit

Digitized by Google

der Lichtstärke. Man spricht auch oft von der mittleren sphärischen Lichtstärke einer Lichtquelle. Sie wird erhalten, indem man den gesamten Lichtstrom durch den vollen Raumwinkel 4π dividiert. Die obere oder untere hemisphärische Lichtstärke erhält man, indem man den gesamten Lichtstrom ober oder unter einer durch die Lichtquelle gelegten Horizontalebene durch den Halbkugelwinkel 2π dividiert.

Es hat sich gezeigt, daß sich die Lichtstärke unter allen lichttechnischen Größen am besten zur Aufstellung eines leicht mit ausreichender Genauigkeit nach gegebenen Vorschriften reproduzierbaren lichttechnischen Urmaßes eignet. Das Nähere hierüber bleibt jedoch der Besprechung des Punktes 6 der Definitionen vorbehalten.

4. Die Beleuchtungsstärke.

„Fällt der Lichtstrom auf eine Fläche, so heißt der Grenzwert des Quotienten aus dem Lichtstrom, der auf ein Flächenelement fällt, und der Größe des Flächenelementes für verschwindend kleine Flächenelemente die Beleuchtungsstärke (Flächenlichtstromdichte). Bei ausgedehnten Flächen stellt der Quotient aus dem auf die Fläche fallenden Lichtstrom und der Größe der bestrahlten Fläche die mittlere Beleuchtungsstärke dar. Durch die beiden Formeln unter *A* wird der Unterschied zwischen punktförmigen und flächenhaften Lichtquellen ausgedrückt."

Aus dieser Definition geht zunächst hervor, daß der Begriff der Beleuchtungsstärke sich nur auf das auf eine Fläche auffallende, nicht aber auf das von ihr zurückgeworfene Licht bezieht. Ferner ist in der eigentlichen Definition der Beleuchtungsstärke nicht mehr von punktförmigen Lichtquellen die Rede; die Beleuchtungsstärke ist für alle Arten von Lichtquellen eindeutig definiert. Der Lichtstrom kann von mehreren punktförmigen, oder auch von flächenhaften Lichtquellen herrühren; es kommt bei der Beleuchtungsstärke in keiner Weise auf die Richtung des Lichtstromes, sondern nur auf das Verhältnis der pro Zeiteinheit auf ein verschwindend kleines Flächenelement auffallenden Lichtmenge zu dessen Flächeninhalt an. Da im allgemeinen keine gleichförmige Verteilung des auffallenden Lichtstromes Φ über die beleuchtete Fläche F vorausgesetzt werden kann, so ist auch die Beleuchtungsstärke von Punkt zu Punkt verschieden und kann für einen bestimmten Punkt analog wie die Lichtstärke für eine bestimmte Richtung nur durch den Grenzwert definiert werden, dem sich der Quotient Lichtstrom durch Fläche desto mehr nähert, je kleinere Flächenelemente man zugrundelegt. Die Bildung dieses Grenzwertes deutet man wieder dadurch an, daß man an Stelle des Quotienten Φ/F die Bezeichnung $d\Phi/dF$ setzt. Legt man jedoch der Berechnung der gewöhnlich mit E bezeichneten Beleuchtungsstärke eine größere Fläche zugrunde, so erhält man nur einen Durchschnittswert aus den Beleuchtungsstärken der einzelnen Flächenelemente. Zerlegt man zum Beispiel die Fläche in n gleiche Teile, innerhalb deren die zugehörigen Beleuchtungsstärken $E_1, E_2, E_3 \ldots E_n$ als gleichförmig betrachtet werden können, so ist der Flächeninhalt eines solchen Teiles gleich F/n und die auf die einzelnen Teile entfallenden Lichtströme sind $E_1 F/n$, $E_2 F/n$, $E_3 F/n$ usw. Der gesamte auf die Fläche F fallende Lichtstrom ist also:

$$\Phi = F \cdot \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \ldots . E_n}{n} = F \cdot E_{\text{mitt}},$$

oder

$$E_{\text{mitt.}} = \Phi F,$$

worin

$$E_{\text{mitt.}} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \ldots . E_n}{n}$$

eben die mittlere Beleuchtungsstärke darstellt. Das ist der Sinn des zweiten Satzes der Definition. Der des letzten Satzes kann wieder erst erklärt werden, wenn wir den Begriff der Flächenhelle behandelt haben. Dagegen können wir jetzt schon die früher offen gelassene Beziehung zwischen der Lichtstärke einer punktförmigen Lichtquelle und der Beleuchtung einer in der Entfernung r von ihr befindlichen Fläche ableiten. Setzen wir die Lichtquelle als nach allen Richtungen gleichmäßig strahlend voraus, so ist die Lichtstärke J der Lichtstrom pro Einheit des Raumwinkels, oder pro Flächeneinheit auf der Kugeloberfläche, die wieder um die Lichtquelle als Mittelpunkt mit der Längeneinheit als Halbmesser beschrieben wird. Der Lichtstrom in jedem anderen Raumwinkel ω ist dann $\Phi = J\omega$. Nimmt man nun das Meter als Längeneinheit, beschreibt mehrere Kugeln mit den Halbmessern 1 m, 2 m, 3 m usw., wie in Abb. 4, so ist die Beleuchtungsstärke auf der Kugel mit 1 m Halbmesser $E = \Phi/F = J\omega/F$, oder da auf dieser Kugel $F = \omega$ ist, auch $E = J$. Auf der Kugel von 2 m Halbmesser schneidet dagegen der Raumwinkel ω die Fläche 4ω, auf der mit 3 m Halbmesser die Fläche 9ω und allgemein auf der Kugel mit dem Halbmesser r die Fläche $r^2\omega$ heraus. Auf der Kugelfläche mit dem Halbmesser r herrscht also die Beleuchtungsstärke $E = J\omega/r^2\omega = J/r^2$. Wegen dieser Beziehung wird die Beleuchtungsstärke oft auch in „Meterkerzen" oder „Fußkerzen" ausgedrückt. Hiemit ist die

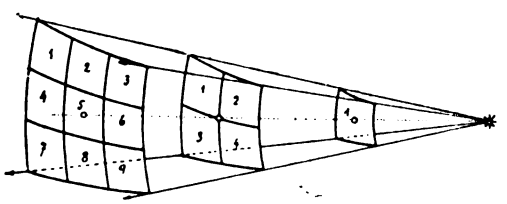


Abb. 4.

Lichtstärke in Kerzen gemeint, die auf einer zum Lichtstrahl senkrechten Fläche, deren Abstand von der Lichtquelle 1 m oder 1 Fuß beträgt, die betreffende Beleuchtung erzeugt.

Die betrachteten Kugelflächen stehen überall auf den sie treffenden Lichtstrahlen senkrecht. Wir wollen nun den Winkel ω ganz verschwindend klein machen, wie wir es oben für die Ableitung des die Lichtstärke darstellenden Grenzwertes nötig hatten. Dann kann die Richtung der den räumlichen Winkel begrenzenden Lichtstrahlen als nahe parallel angenommen und die Kugelfläche durch eine auf den Lichtstrahlen senkrecht stehende ebene Fläche ersetzt werden. In Abb. 5 stehe diese Fläche F_1 auch auf der Papierebene senkrecht, sie wird dann durch ihre Projektion, die Gerade AB dargestellt. Die horizontalen Linien stellen die Richtung der Lichtstrahlen dar. Nun wäre nach dem Vorhergehenden die Beleuchtung der Fläche AB gleich $E_1 = J/r^2$, und der auf diese Fläche fallende Lichtstrom $\Phi = E_1 F_1 = J \cdot F_1/r^2$. Denken wir uns nun die Fläche AB durch die in derselben Entfernung von der Lichtquelle angebrachte und ebenfalls auf der Papierebene senkrecht stehende und in dieser Richtung ebenso breite, aber gegen die Lichtstrahlen geneigte Fläche $A'B'$ vom Flächeninhalte F_2 ersetzt, so erkennen wir, daß diese Fläche den gleichen Lichtstrom empfängt, wie die Fläche AB, daß sich dieser aber nunmehr auf eine größere Fläche verteilt. Es ist also die Beleuchtungsstärke dieser zweiten Fläche $E_2 = \Phi/F_2 = (F_1/F_2) \cdot J/r^2$. Es verhält sich aber $F_1 : F_2$ da beide Flächen gleich breit sind, wie $AB : A'B'$; es ist also $F_1/F_2 = AB/A'B'$. Bezeichnet man nun den Neigungswinkel der beiden Flächen, der gleich dem Winkel der beiden Geraden AB und $A'B'$ ist, mit i, so ist bekanntlich $AB/A'B' = \cos i$. Der Winkel i ist aber zugleich auch der sogenannte Einfallswinkel, den die Lichtstrahlen mit dem auf der Fläche $A'B'$ senkrechten Einfallslote bilden. Man erhält somit für die Beleuchtung einer Fläche in der Entfernung r von einer punktförmigen Lichtquelle, die die Lichtstärke J besitzt

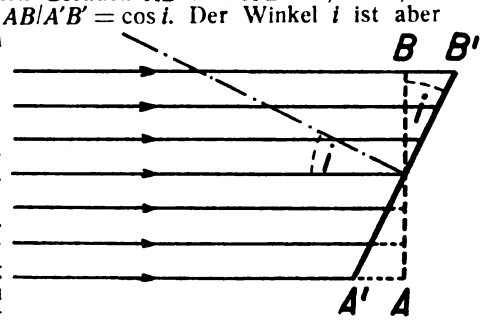


Abb. 5.

Digitized by Google

und deren Lichtstrahlen mit dem Einfallslote im betrachteten Punkte den Winkel i bilden, die Formel $E = J \cdot \cos i / r^2$.

An Hand der Abb. 6 kann man übrigens auch die Formel für die Stärke der Beleuchtung durch eine punktförmige Lichtquelle ableiten, ohne vom $\cos i$ Gebrauch zu machen. Die Lichtquelle befinde sich in L und es soll die Beleuchtung im Punkte C der Ebene AC ermittelt werden. $LA = h$ sei der senkrechte Abstand der Lichtquelle von der Ebene AC. Die Lichtstärke in der Richtung LC sei J, der Abstand $LC = r$. Dann ist nach dem Früheren die Beleuchtungsstärke $E = \frac{J}{r^2} \cdot \frac{F_1}{F_2}$.

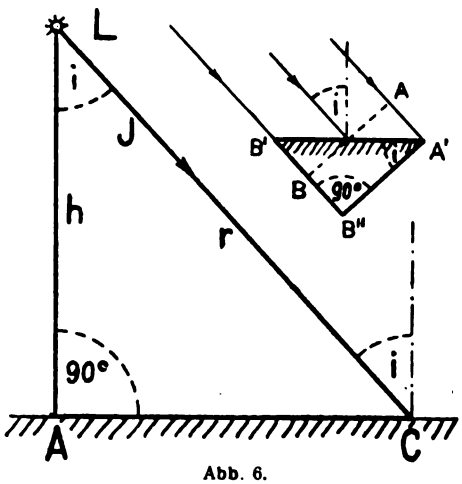


Abb. 6.

In einer kleinen Nebenskizze sind nun die Verhältnisse für ein kleines Flächenstückchen $A'B'$ im Punkte C vergrößert dargestellt. Es ist dabei wieder angenommen, daß $A'B'$ so klein sei, daß die Lichtstrahlen zu den Punkten A' und B' als parallel angesehen werden können. Dann ist auch wieder $AB/A'B' = F_1/F_2$. Statt AB kann man auch $A'B''$ setzen. Nun ist aber das Dreieck $A'B''B'$ dem Dreieck LAC spiegelbildähnlich, weil beide die gleichen Winkel besitzen. Die gleichen Winkeln gegenüberliegenden Seiten stehen daher im gleichen Verhältnisse und es verhält sich $h : r = A'B'' : A'B' = F_1 : F_2$. Es ist also $E = \frac{J}{r^2} \cdot \frac{h}{r} = J\, h/r^3$.

Der Ausdruck $\cos i$ bedeutet eben nichts anderes als das Verhältnis h/r. Aus den abgeleiteten Formeln geht hervor, daß die Beleuchtung durch eine punktförmige Lichtquelle, ob nun die beleuchtete Fläche senkrecht oder unverändert schräg zu den Lichtstrahlen steht, stets im verkehrten Verhältnisse zum Quadrate ihrer Entfernung von der Lichtquelle steht, oder, daß sie, wie es im vorhergehenden Abschnitte in der Definition der punktförmigen Lichtquelle heißt, sich mit dem Kehrwerte des Entfernungsquadrates, das ist proportional $1/r^2$ ändert. Diese Eigenschaft der punktförmigen Lichtquellen wurde nun dazu benützt, um zu bestimmen, in welcher Entfernung eine körperliche Lichtquelle als punktförmig angesehen werden kann; nämlich, wie die Definition besagt, „in hinreichend großer Entfernung, von der ab sich die Beleuchtungsstärke hinreichend genau nach dem Kehrwerte des Entfernungquadrates ändert." Diese Feststellung läßt durch die Ausdrücke „hinreichend groß" und „hinreichend genau" einen gewissen Spielraum zu, weil die zu verlangende Genauigkeit der Messungen oder Berechnungen, für die die Lichtquelle als punktförmig gelten soll, sehr verschieden ist, je nachdem es sich um eine annähernde Schätzung oder um eine wissenschaftliche Untersuchung handelt. Gewöhnlich betrachtet man Lichtquellen schon in Entfernungen, die 10 bis 20 mal so groß sind, als der größte Durchmesser der Lichtquelle in irgend einer in Betracht kommenden Richtung, als punktförmig.

Wie schon erwähnt, beruht die Photometrie auf der Vergleichung der Beleuchtungsstärken, die von zwei verschiedenen Lichtquellen auf einem Schirme hervorgebracht werden. Befinden sich die Lichtquellen, die auf einer weißen zerstreuenden Fläche, dem Photometerschirme, bei senkrechtem Lichteinfalle die gleiche Beleuchtungsstärke E erzeugen, in den Entfernungen r_1 und r_2 von diesem Schirme, so besteht zwischen der Beleuchtungsstärke E und den Lichtstärken J_1 und J_2 der beiden Lichtquellen in der Richtung gegen den Schirm die Beziehung

$$E = J_1/r_1^2 = J_2/r_2^2.$$

Es ist also

$$J_1 : J_2 = 1/r_1^2 : 1/r_2^2,$$

das heißt die Lichtstärken der beiden Lichtquellen verhalten sich in diesem Falle wie die Kehrwerte der zugehörigen Entfernungsquadrate. Auf die verschiedenen, zum Zwecke einer scharfen Einstellung gleicher Beleuchtungsstärken ersonnenen Photometerkonstruktionen kann hier nicht näher eingegangen werden.

Für den Praktiker ist es ferner von großer Wichtigkeit, die Beleuchtungsstärke an einer beliebigen Stelle eines beleuchteten Raumes in einfacher Weise zu messen, denn die für den Zweck der Beleuchtung ausreichende Beleuchtungsstärke und ihre mehr oder minder gleichmäßige Verteilung im Raume sind ja die primitivsten Grundlagen der praktischen Lichttechnik. Hiezu dient der Beleuchtungsmesser. Er besteht aus einer flachen Schachtel, in deren Inneren sich eine geeichte Glühlampe, eine sie speisende Trockenbatterie sowie ein Regulierwiderstand und ein kleiner Spannungszeiger befinden. Der Regulierwiderstand kann durch einen Knopf auf der Außenseite der Schachtel bedient werden; ebenso ist der Spannungszeiger von außen ablesbar. Beide dienen dazu, die Spannung und damit auch die Lichtstärke der Lampe auf einen genau bestimmten Wert einzustellen. Den Deckel der Schachtel bildet eine mattweiße Platte mit einer Reihe von kreisrunden Öffnungen, die mit durchscheinendem Seidenpapier bedeckt sind und von der Rückseite her durch die geeichte Lampe in abgestufter Stärke erleuchtet werden, so daß die am linken Ende der Reihe gelegene Öffnung zum Beispiel am dunkelsten, die am rechten Ende am hellsten erscheint.

Bringt man nun die Schachtel auf die zu prüfende Ebene, zum Beispiel eine Tischfläche, deren Beleuchtungsstärke gemessen werden soll, so wird auch die Umgebung der Öffnungen beleuchtet erscheinen. Sucht man nun jene Öffnung auf, die gleich hell erscheint, wie ihre von außen beleuchtete Umgebung, so gibt die bei dieser Öffnung stehende Zahl die auf der Tischfläche herrschende Beleuchtungsstärke in den zur Eichung des Instrumentes verwendeten Einheiten an.

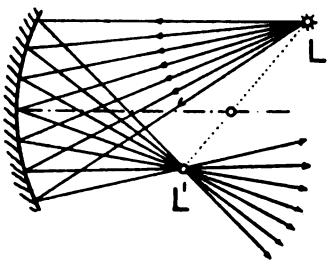
5. Die Leuchtdichte.

„Bei einer leuchtenden Fläche ist die Leuchtdichte eines Flächenelementes (früher Flächenhelle, Glanz) das Verhältnis seiner Lichtstärke in einer bestimmten Richtung zu seiner in dieser Richtung gesehenen Größe."

Unter einer leuchtenden Fläche versteht man eine lichtaussendende Fläche ohne Rücksicht darauf, ob sie selbstleuchtend ist, oder nur das von einer selbstleuchtenden Lichtquelle empfangene Licht zerstreut durchläßt oder zurückwirft. Spiegelnde oder regelmäßig brechende, also nicht zerstreuende Flächen werden im allgemeinen nicht als leuchtende Flächen betrachtet, weil die von ihnen ausgehenden Lichtstrahlen so verlaufen, als würden sie vom Spiegel- oder Brechungsbilde L' (Abb. 7) des leuchtenden Körpers ausgesendet. Man behandelt also richtiger dieses optische Bild als Lichtquelle. Die Definition spricht wieder von der Leuchtdichte eines Flächenelementes, das ist eines verschwindend kleinen Flächenstückes, da die Leuchtdichte im allgemeinen an verschiedenen Stellen der Fläche verschieden sein kann. Man kann die Lichtstrahlung eines kleinen Teiles einer größeren leuchtenden Fläche durch passende Blendensysteme absondern, die nur das vom betrachteten Flächenelemente in der gewünschten Richtung ausgesandte Licht durchlassen. Denken wir uns in Abb. 8 die Richtung ε, in der die Leuchtdichte festgestellt werden soll, in der Papierebene und das durch die Blenden abgesonderte Flächenelement $A'B'$ von der Größe f senkrecht zur Papierebene gestellt, so ist die Fläche seiner Projektion AB senkrecht zur Richtung ε eben seine in dieser Richtung gesehene scheinbare Größe f'. Ist J_ε die Lichtstärke in der Richtung ε, so ist die zugehörige Leuchtdichte $e = J_\varepsilon/f'$, oder wenn man wieder den Grenzwert dieses Quotienten für

Digitized by Google

verschwindend kleine Flächenstücke f' bezeichnen will; $e = dJ_\varepsilon/df'$. Nun ist aber wieder $df'/df = AB/A'B' = \cos\varepsilon$ oder $df' = df \cdot \cos\varepsilon$, worin ε den Ausstrahlungswinkel bezeichnet; daher ist $e = dJ_\varepsilon/df \cdot \cos\varepsilon$.



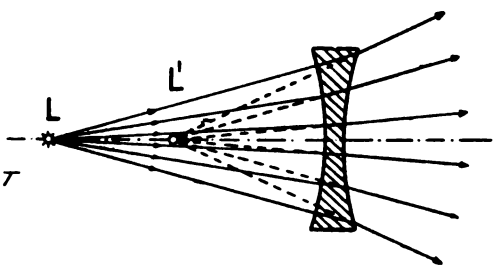


Abb. 7.

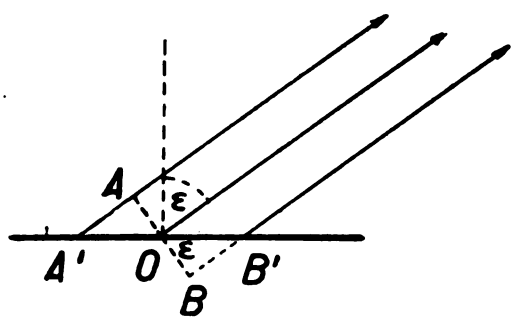


Abb. 8.

Der deutsche Physiker Lambert hat beobachtet, daß die Oberfläche glühender Körper in jeder Richtung gleich hell erscheint, so daß zum Beispiel die kugelförmige Sonne durchaus den Eindruck einer gleichmäßig hellen ebenen Scheibe erweckt. Die Leuchtdichte ist aber nach der obigen Formel nur dann konstant, wenn J_ε ebenfalls dem $\cos\varepsilon$ proportional ist. Abb. 9. J_ε hat dann den größten Wert J_{max}, wenn $\cos\varepsilon = 1$ oder $\varepsilon = 0$ ist, d. h. wenn die Sehrichtung auf dem Flächenelement senkrecht steht, und nimmt mit wachsender Neigung des Sehstrahls wie $J_{max} \cdot \cos\varepsilon$ ab. Die nunmehr für alle Neigungen ε konstante Leuchtdichte ist dann $e = dJ_{max}/df$.

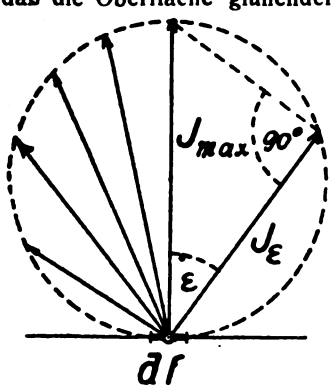


Abb. 9.

Bei nicht selbstleuchtenden, das Licht zerstreut durchlassenden oder zurückwerfenden Flächen ist das Lambertsche Gesetz in der Regel nicht genau erfüllt, aber immerhin desto genauer, je besser die Fläche das Licht zerstreut. Man nennt daher auch eine nicht selbstleuchtende Fläche, welche in allen Richtungen gleich hell erscheint, eine vollkommen zerstreuende Fläche.

Nachdem im Vorhergehenden der Begriff der Leuchtdichte erläutert wurde, können wir uns nunmehr auch mit der Formel für die Beleuchtung durch flächenhafte Lichtquellen befassen. Sie lautet $E = e\omega_p$. E ist die Beleuchtungsstärke, auf der beleuchteten Fläche, e die Leuchtdichte auf der leuchtenden Fläche und ω_p wird als die Projektion des Raumwinkels auf die beleuchtete Fläche bezeichnet. Abb. 10 stellte die gegenseitige Lage der beiden Flächen dar. ω ist der Raumwinkel, unter dem die kleine leuchtende Fläche df vom betrachteten Punkte P der beleuchteten Fläche aus erscheint. Es ist, wie oben:

$$e = dJ_\varepsilon/df \cdot \cos\varepsilon.$$

Nun ist $df \cdot \cos\varepsilon = df'$, d. i. gleich der Größe des Querschnittes durch das Lichtstrahlenbündel, der im Abstande r senkrecht zu dessen Achse gelegt wird. Wir haben früher gesehen, daß die Fläche eines solchen Querschnittes gleich $r^2\omega$ ist. Es ist also $\omega = df'/r^2 = df \cdot \cos\varepsilon/r^2$. Multipliziert man in der Gleichung $e = dJ_\varepsilon/df \cdot \cos\varepsilon$ die linke Seite mit ω und die rechte mit $df \cos\varepsilon/r^2$, so erhält man wieder Gleiches, und zwar die Gleichung $e\omega = dJ_\varepsilon/r^2$. Nun ist im Punkte P die Beleuchtungsstärke $E = dJ_\varepsilon \cos i/r^2 = e \cdot \omega \cos i$. Bezeichnet man nun $\omega \cdot \cos i$ mit ω_p, so ist $E = e \cdot \omega_p$. Die Größe ω_p kann insoferne als Projektion des Raumwinkels auf die beleuchtete Fläche betrachtet werden, als der Raumwinkel durch die auf der Kugel vom Halbmesser eins herabgegrenzte Fläche bestimmt wird. Der

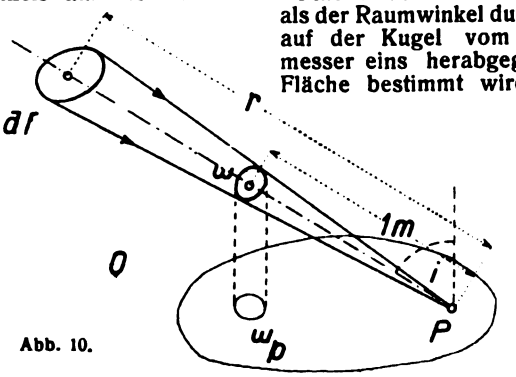


Abb. 10.

Inhalt dieser Fläche ist ω. Projiziert man sie auf die beleuchtete Fläche, so ist der Inhalt der Projektion gleich $\omega \cdot \cos i = \omega_p$. Da in der Formel $E = e \cdot \omega_p$ die Neigung der leuchtenden Fläche zur Verbindungslinie r nicht mehr vorkommt, und die Projektion der dem Winkel ω entsprechenden Kugelfläche auf die beleuchtete Fläche auch bei größeren leuchtenden Flächen ihren Sinn behält, so gilt dieser Ausdruck auch für die Beleuchtung durch eine ausgedehnte leuchtende Fläche, die vom beleuchteten Punkte aus gesehen eine gleichmäßige Leuchtdichte e zeigt, aber nur für jenen Punkt P der beleuchteten Fläche, in welchem die Spitze des Raumwinkels ω angenommen wurde, da sich mit der Lage dieses Punktes auch die Projektion ω_p ändert. Diese Formel gilt also für jede flächenhafte Lichtquelle, die dem Lambertschen Gesetze folgt. Ist die beleuchtete Fläche gekrümmt, so ist ω_p die Projektion des Raumwinkels auf die Berührungsebene an die gekrümmte Fläche im Punkte P.

6. Die Einheit der Lichtstärke.

„Die Grundeinheit für alle photometrischen Messungen ist die Einheit der Lichtstärke, die Hefnerkerze. Sie wird durch die horizontale Lichtstärke der Hefnerlampe unter den von der P. T. R. in Berlin festgesetzten Bedingungen dargestellt."

Die Hefnerlampe ist eine kleine metallene Lampe mit massivem Docht in einem kreiszylindrischen neusilbernen Dochtröhrchen von 8 mm innnerem und 8·3 mm äußerem Durchmesser. Das Dochtröhrchen ragt um 25 mm aus dem Brennstoffbehälter der Lampe hervor. Die Höhe der Flamme wird mittels des beigegebenen Flammenmaßes auf 40 mm eingestellt. Als Brennstoff dient reines Amylazetat, eine flüssige, genau definierte organische Verbindung von 138° C Siedetemperatur. Die Flamme muß zur Erzielung des Beharrungszustandes wenigstens 10 min lang in ruhiger atmosphärischer Luft brennen, bevor sie zur Messung verwendet wird. Der Luftdruck soll 760 mm Quecksilber; die Luftfeuchtigkeit 8·8 l, und der Kohlensäuregehalt 0·75 l auf 1 m³ trockene, kohlensäurefreie Luft betragen. Da die Flamme in ruhiger Luft wegen der

Digitized by Google

kreiszylindrischen Form des Dochtröhrchens einen Rotationskörper bildet, herrscht in allen Richtungen der Horizontalebene die gleiche Lichtstärke, die, wenn die obigen Bedingungen erfüllt sind, die Einheit der Lichtstärke, die Hefnerkerze (HK), darstellt. Sie ist in Deutschland, Österreich und größtenteils auch in der Schweiz eingeführt. In England, Frankreich und den Vereinigten Staaten ist die sogenannte internationale Kerze (c.p.= candle power) vorgeschrieben, die 1·11 HK entspricht. Diese Einheit beruht nicht auf einem beliebig reproduzierbaren Urmaße, wie die Hefnerlampe, sondern sie wird durch die mittlere horizontale Lichtstärke einer Anzahl elektrischer Glühlampen dargestellt, die in den Nationallaboratorien der obigen drei Staaten aufbewahrt werden und möglichst gleiche Lichtstärken besitzen.

7. Die übrigen lichttechnischen Einheiten.

Die Lichtstärke einer nach allen Richtungen gleichförmig strahlenden Lichtquelle ist durch den Lichtstrom, geteilt durch den Raumwinkel, den er erfüllt, definiert. Umgekehrt aber ist der Lichtstrom in einem

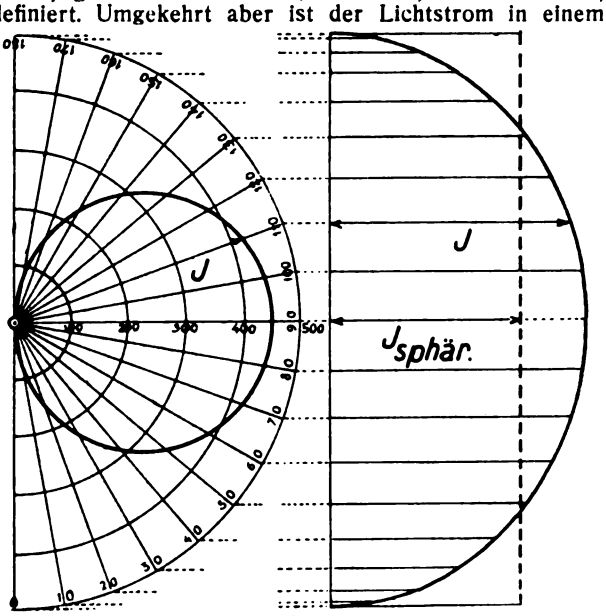


Abb. 11.

gegebenen Raumwinkel gleich der Lichtstärke multipliziert mit der Größe des Raumwinkels. Strahlt die Lichtquelle nach allen Richtungen mit der Lichtstärke einer Hefnerkerze, so sendet sie innerhalb der Einheit des Raumwinkels die Einheit des Lichtstromes, ein Hefnerlumen (HL), aus. Der Gesamt-Lichstrom einer nach allen Richtungen mit der Lichtstärke einer Hefnerkerze strahlenden Lichtquelle ist sonach 4π Hefnerlumen. Der Gesamt-Lichtstrom in Hefnerlumen einer ungleichförmig strahlenden Lichtquelle ist dagegen gleich ihrer mittleren sphärischen Lichtstärke in HK multipliziert mit 4π. Nach der Theorie erhält man nämlich die mittlere sphärische Lichtstärke, indem man den vollen Raumwinkel um die Lichtquelle in recht viele, zum Beispiel in n gleiche Teile teilt, in jedem dieser Teile die Lichtstärken J_1, J_2, J_3 bis J_n in Hefnerkerzen bestimmt und aus allen so gefundenen Werten das Mittel nimmt. Es ist also:

$$J_{\text{sphär.}} = (J_1 + J_2 + J_3 + \ldots . J_n)/n.$$

Die Lichtströme in diesen n Abschnitten sind aber $4\pi J_1/n$, $4\pi J_2/n$, $4\pi J_3/n$ bis $4\pi J_n/n$, also der gesamte Lichtstrom:

$$\Phi = 4\pi (J_1 + J_2 + J_3 + \ldots . J_n)/n = 4\pi J_{\text{sphär.}}$$

In der Praxis verwendet man häufig ein etwas abgeändertes graphisches Verfahren zur Bestimmung der mittleren sphärischen Lichtstärke und des Lichtstromes, das in Abb. 11 dargestellt ist. Es wird als Rousseaudiagramm bezeichnet und beruht darauf, daß in den meisten technischen Lichtquellen die Lichtstärke rund um eine Achse gleichmäßig verteilt ist. Bestimmt man nun die Lichtstärken in irgend einer durch diese Achse gelegten Halbebene, so gelten die gefundenen Werte auch für jede andere Halbebene durch diese Achse. Ist die Lichtstärke rund um die Achse nicht gleichmäßig verteilt, so kann man die Messung der Lichtstärken in mehreren um die Achse gleichmäßig verteilten Halbebenen vornehmen und und als Lichtstärke unter einem bestimmten Winkel zur Achse den Mittelwert der in den verschiedenen Halbebenen unter diesem Winkel gemessenen Lichtstärken annehmen. Die linke Seite der Abb. 11 stelle das Ergebnis einer solchen Messung dar. Die Halbebene ist nach Winkelgraden geteilt und auf jeder Richtung vom Orte der Lichtquelle O aus die zugehörige Lichtstärke aufgetragen. Man erhält so die stark ausgezogene Lichtverteilungskurve. Nun wäre es irrig zu glauben, daß etwa die von dieser Kurve eingeschlossene Fläche dem Lichtstrome proportional sei. Die einschlägigen Verhältnisse gehen vielmehr aus Abb. 12 hervor, in der eine Kugel von 1 m Halbmesser um die Lichtquelle als Mittelpunkt gezeichnet erscheint. Zu jeder der in Abb. 11 von 10 zu 10 Graden eingetragenen Lichtstärken gehört nun eine Kugelzone von gleicher Breite am Umfange eines größten Kreises gemessen. Die Flächen dieser Zonen und damit die zugehörigen Raumwinkel ω sind aber verschieden, und zwar gleich der Zonenbreite mal dem Zonenumfang $2r\pi$ wobei r für 90° gleich 1 ist und gegen 0° und 180° bis auf Null abnimmt. Fassen wir zum Beispiel die Zone für 60° von der Breite ob ins Auge, so ist ihre Fläche $ob \cdot 2r\pi$. Nun sind die Dreiecke OCB und oab einander ähnlich; es verhält sich also $r : 1 = oa : ob$ und $r \cdot ob$ ist gleich oa. Die Zonenfläche und damit auch der Raumwinkel ω ist also gleich $2\pi \cdot oa$ oder proportional oa. Der Lichtstrom in einer dieser Zonen ist gleich Lichtstärke mal Raumwinkel, also proportional $J \cdot oa$. Projiziert man nun, wie in Abb. 11 rechts die Zonenbreiten senkrecht auf eine zur Achse parallele Strecke, trägt ferner auf den Projektionslinien die in den zugehörigen Richtungen herrschenden Lichtstärken von der Grundlinie aus als Strecken auf und verbindet die Endpunkte dieser Strecken durch eine stetige Linie, so erhält man zwischen dieser Linie und der Geraden AB eine dem Lichtstrom porportionale Fläche. Hat man die Größe dieser Fläche bestimmt, so liefert die Höhe eines flächengleichen Rechteckes über derselben Grundlinie die mittlere sphärische Lichtstärke $J_{\text{sphär.}}$ Der Gesamt-Lichtstrom ist dann $= 4\pi J_{\text{sphär.}}$

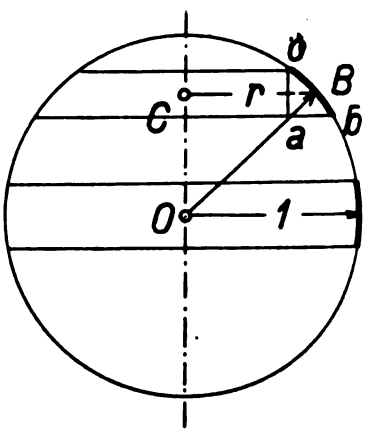


Abb. 12.

Die Einheit der Lichtmenge ist die Hefnerlumenstunde (HLh). Sie wird von einer Lampe geliefert, die eine Stunde lang mit dem Gesamt-Lichtstrome von einem Hefnerlumen leuchtet. Die Einheit der Beleuchtungsstärke erhält man, wenn auf die Flächeneinheit einer gleichmäßig beleuchteten Fläche der Lichtstrom von 1 Lumen fällt. Diese mit dem Quadratmeter als Flächeneinheit erhaltene Einheit der Beleuchtungsstärke heißt Hefnerlux (HLx). Dagegen bezieht man die Einheit der Leuchtdichte wieder auf das Quadratzentimeter; sie ist dann vorhanden, wenn ein Quadratzentimeter der Projektion der leuchtenden Fläche senkrecht zur Beobachtungsrichtung eine Lichtstärke von einer Hefnerkerze aufweist. Diese Einheit hat keinen eigenen Namen, die Leuchtdichte wird in Hefnerkerzen pro Quadratzentimeter (HK/cm²) ausgedrückt.

Legt man statt der Hefnerkerze die internationale Kerze als Einheit der Lichtstärke zugrunde, so erhält man die je 1·11 mal größeren ausländischen Grundeinheiten, deren Bezeichnungen im Abschnitte A der Einheiten und Definitionen angeführt sind.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"

ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

Heft 4 **27. März 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Lichtarchitektur. Von J. Teichmüller, Karlsruhe. S. 37. / Die Neonleuchtröhre. S. 43. / RUNDSCHAU. S. 46. / LITERATURBERICHT. S. 48.

Lichtarchitektur.

Von J. **Teichmüller**, Karlsruhe.[1])

I.

Als ich vor ziemlich genau fünf Monaten das Wort „Lichtarchitektur" zum ersten Male auszusprechen wagte, als ich es sogar wagte, dieses neue Wort mit großen Lettern an eine Wand meiner lichttechnischen Ausstellung auf der Gesolei in Düsseldorf zu schreiben, war mir doch etwas bange: Auf einer Ausstellung darf man, um auch den flüchtigen Beschauer eindrücklich anzuregen, wohl mal ein kräftiges Schlagwort gebrauchen; — aber würde es gelingen, diesen Begriff mit gehörigem Inhalt zu füllen, einem Inhalt, der dem vollen, kühnen Klange des Wortes entspräche und auch den nachdenklichen Betrachter noch befriedigte? Würde sich entwickeln, was ich alles im Keime zu sehen glaubte? — Diese Gedanken ließen mich nicht los und trieben mich, meine Augen weit offen zu halten für alles, was etwa zu dem Begriffe gehören könnte. Heute, nach fünf Monaten, stehe ich nicht mehr so zaghaft vor Ihnen: Es gibt eine Lichtarchitektur. Und nicht nur im Keime ist sie da. Überall sprießt und sproßt es schon, in einer Mannigfaltigkeit und einem Reichtum, daß es schwer ist, das ganze Feld zu überblicken und Ordnung in die Fülle der Erscheinungen zu bringen. Das zu tun möchte ich heute versuchen.

Daß ich dabei wieder etwas wage, darüber bin ich mir vollständig klar: betrete ich doch Gebiete, die mir niemals Gegenstand eigentlichen Studiums gewesen sind, Architektur, Ästhetik und Psychologie. Mit diesem Hinweise möchte ich Sie, vor allem die Architekten unter meinen Hörern, bitten, meine Ausführungen nachsichtig und wohlwollend beurteilen und auch entschuldigen zu wollen, wenn ich hie und da nicht ganz korrekte, vor allem nicht fachmännische Ausdrücke gebrauchen sollte. Vielleicht würde es dem Architekten, wenn er heute über ein ähnliches Thema vortragen sollte, ebenso gehen. Es kann heute, wo es noch keine architektonisch gebildeten Lichttechniker und keine lichttechnisch gebildeten Architekten gibt, wohl nicht anders sein. Einer muß den Anfang machen.

Ich darf wohl an meinen Vortrag erinnern, den ich vor 1½ Jahren hier in diesem Hause gehalten habe,[2]) und in dem ich in schnellem Überblick die gesamte Lichttechnik in drei Epochen vor Ihren Augen vorüberführte. Am Ende der dritten Epoche konnte ich Ihnen den Lichtingenieur auf einer Höhe zeigen, zu der er, über die eigentliche Technik weit hinaus, in das Gebiet der Kunst und der Ästhetik aufgestiegen war. Und im vorigen Winter durfte ich Ihnen das Bild des im Faust verkörperten deutschen Menschen vor Augen führen, wie er die gottgeschaffene Welt im Lichte der aufgehenden Sonne betrachtet und mit innigstem Gefühle, aber auch mit überraschend klarem Empfinden für die physiopsychologischen Vorgänge die Wunder bestaunt, die ihm im allmählichen Wechsel seiner Wirkungen das Licht über Natur und Leben offenbart[3]). — Heute möchte ich Ihnen den schaffenden Menschen vorstellen, wie er als Baukünstler seiner Hände Werk „ins rechte Licht stellt", damit es sich in den Augen des Beschauers abbilde und in seiner Seele ästhetische Empfindung wecke.

Es ist gut sich diesen Vorgang bis zur äußersten Grenze recht nüchtern physikalisch-natürlich vorzustellen: Indem der Architekt körperlich gestaltet, Mauern errichtet, Fensteröffnungen freiläßt, Gesimse anbringt, Nischen zurücktreten, Pfeiler vorspringen läßt, indem er so hoch und tief, vorn und hinten, rund und gerade, gewölbt und flach, glatt und rauh unterscheidet, tut er, als Künstler schaffend, für den späteren Beschauer des Bauwerkes zunächst nichts weiter, als daß er dem Lichte Gelegenheit gibt, Bilder auf der Netzhaut des Auges hervorzurufen. Die Sonne und das Himmelsgewölbe, mit oder ohne Bewölkung, müssen das ihre tun, indem sie das Gebäude bestrahlen, und die Gebäude müssen das ihre tun, indem sie das empfangene Licht zurückstrahlen. So malt der Architekt seine Bauwerke in das Auge des Beschauers[4]).

Aber mit diesem Netzhautbilde, der nachfolgenden Gesichtsempfindung, dem Wahrnehmen und dem Erkennen ist es nicht getan, um ein ästhetisches Gefühl hervorzurufen. Es gehört dazu noch das Betasten mit der Hand oder dem schreitenden Fuße oder mit beiden, dann die Erinnerung an schon einmal durch Auge und Tastsinn Wahrgenommenes und schließlich das urteilende Vergleichen dieser früheren Wahrnehmungen mit dem jetzt Wahrgenommenen. So erst entstehen Begriffe wie Haus, Raum, Mauer, Fenster, Säule und als Baustoffe: Stein, Holz, Glas, Metall und schließlich die Urteile schön, häßlich, prächtig, dürftig oder die Einreihung in bestimmte Baustile. Es ensteht ein Gefühl dafür, daß der Raum dem Zweck entsprechend gestaltet und ausgestattet, daß alle Bauformen zweck- und stoffentsprechend gebildet sein müssen; das Gefühl für die „Echtheit des Materials" wird wach. Eine ungeheuer mannigfaltige Menge von Eindrücken muß der Mensch, eine unbeschreiblich große Menge vor allem der Mensch im Kindesalter gehabt und verarbeitet haben, ehe er zu klaren Urteilen und Empfindungen über seine Wahrnehmungen kommen konnte. Wunderbar fein müssen Auge und Gesichtssinn beschaffen sein, daß sie meist schon allein, ohne Betasten im besonderen

[1]) Vortrag, gehalten in der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft in Wien, am 7. Oktober 1926. (Von den im Lichtbild vorgeführten Abbildungen konnte hier nur ungefähr die Hälfte aufgenommen werden. D. S.)

[2]) Vgl. „Die Lichttechnik" 1925, S. 65.

[3]) Vgl. „Die Lichttechnik", 1926, S. 17.

[4]) Siehe Teichmüller, „Die Stellung des Architekten zur Lichttechnik", Licht u. Lampe 1925, S. 729.

Digitized by Google

Falle, ein Urteil über das Gesehene gestatten. Kann man doch im allgemeinen schon aus dem Bilde auf der Netzhaut, oft sogar trotz eines verhüllenden Anstriches, auf den verwendeten Baustoff schließen So kommt es, daß beim Eindringen der Umwelt in unsere Psyche von den physiologischen Vorgängen — jedenfalls für den erwachsenen Menschen — der Sehvorgang zweifellos der wichtigste, oft der allein uns zum Bewußtsein kommende ist.

Wir stehen betrachtend vor einem Bauwerk, draußen vor einem Gebäude oder drinnen in einem Saale. Außerordentlich kompliziert sind die Linien, wie sie in perspektivischer Verkürzung und Verzerrung auf der (ungefähr) ebenen Netzhautmitte abgebildet werden, so kompliziert, daß der naive Durchschnittsmensch nicht imstande ist, das auf der Netzhaut Abgebildete einigermaßen richtig, vor allem winkelgerecht, zeichnerisch wiederzugeben. Und doch erkennen wir und zweifeln nicht daran, daß diese Flächen rechtwinklig, jene schiefwinklig zu einander stehen, daß dieser Pilaster an einer von vorn nach hinten sich hinziehenden Wand gleich oder auch nicht gleich jenem anderen an der den Raum quer vor uns abschließenden Wand ist. Wir ändern die Stellung, etwa indem wir aus einer Ecke des Raumes in seine Mitte treten, das Bild auf der Netzhaut hat sich in allen seinen Linien und Winkeln durchaus geändert. Verstand und Gefühl aber sagen uns, daß wir dasselbe sehen, was wir soeben sahen. Es gehört schon eine gewisse künstlerische Schulung dazu, den einen der beiden Standpunkte als den für die Betrachtung günstigeren zu erkennen und d e n Standpunkt herauszufinden, in dem unser Bild auf der Netzhaut das Bauwerk am vorteilhaftesten in Erscheinung bringt, sodaß die ästhetisch beste Wirkung herauskommt. — Die Beleuchtung ändert sich: wir hatten das Bauwerk zuerst vielleicht am Mittag bei Sonnenschein betrachtet, jetzt ist es Spätnachmittag und der Himmel bewölkt. Alle Kontraste der Reflexion, die auf dem Netzhautbilde in Kontrasten der Helligkeit, des Glanzes und der Farbe zum Ausdruck kommen, sind ganz anders geworden, und doch hat sich unser Eindruck nicht wesentlich geändert, jedenfalls nicht so, daß wir auch nur einen Augenblick zweifeln könnten, ob wir noch dasselbe Bauwerk, dieselben Ornamente vor uns haben. Bei Innenräumen kann sogar eine so radikale Änderung wie die vom Tageslicht, das durch die Fenster einströmt, in künstliches Licht, das von einigen Geleuchten im Innern ausgeht, solche Zweifel nicht aufkommen lassen. Der Grund für diese an und für sich höchst auffällige Tatsache ist nicht schwer zu finden: die Änderungen des Sonnen- und Himmelslichtes und der durch sie hervorgerufenen Beleuchtung und Beleuchtungswirkung sind etwas Natürliches. In diese Natur hinein sind wir Menschen geschaffen und den Änderungen des natürlichen Lichtes darum organisch angepaßt, sind vor allen Dingen von der jüngsten Jugend an an sie gewöhnt, so sehr gewöhnt,

Abb. 1.

daß wir uns der vielen feinen psychologischen Vorgänge, die während der Veränderung des Netzhautbildes durch Änderung des Standpunktes oder Änderung der Beleuchtung vor sich gehen (insbesondere Vorgänge der Erinnerung und der Vergleichung), gar nicht bewußt

Abb. 2.

werden. Wäre das nicht so, so müßte der Architekt bei der Gestaltung einer Fassade sorgfältig auf die Himmelsrichtung Rücksicht nehmen, zu der die Fassade gerichtet ist, müßte bei der ornamentalen Ausgestaltung eines Innenraumes anders verfahren, wenn sich Fenster nur an einer, oder wenn sie sich auch an einer anderen, etwa an der gegenüberliegenden Seite befinden, müßte vor allem auf die Räume, die nur bei künstlichem Lichte wirken sollen, wie Festsälen, Konzertsälen, Theaterräumen, die Ornamentik nur im engsten Zusammenhange mit der Lichtgebung ausbilden.

Digitized by Google

Wie weit das früher schon geschehen ist, möchte ich hier nicht weiter erörtern, und ich bin auch nicht in der Lage, das zuverlässig zu tun. Mir ist bekannt, daß schon in früheren Jahrhunderten feinfühlige Baukünstler auf die Orientierung des Gebäudes bei der Gestaltung der Fassaden sehr wohl Rücksicht genommen haben, und daß die Verschiedenheiten des

Abb. 3.

Himmelslichtes in den südlichen und den nördlichen Ländern die Ausbildung der Ornamentik, ja die Entwicklung der Baustile stark beeinflußt haben. Die scharfen Profile der Gothik sind aus der gefühlsmäßig gewonnenen Erkenntnis entstanden, daß durch die so

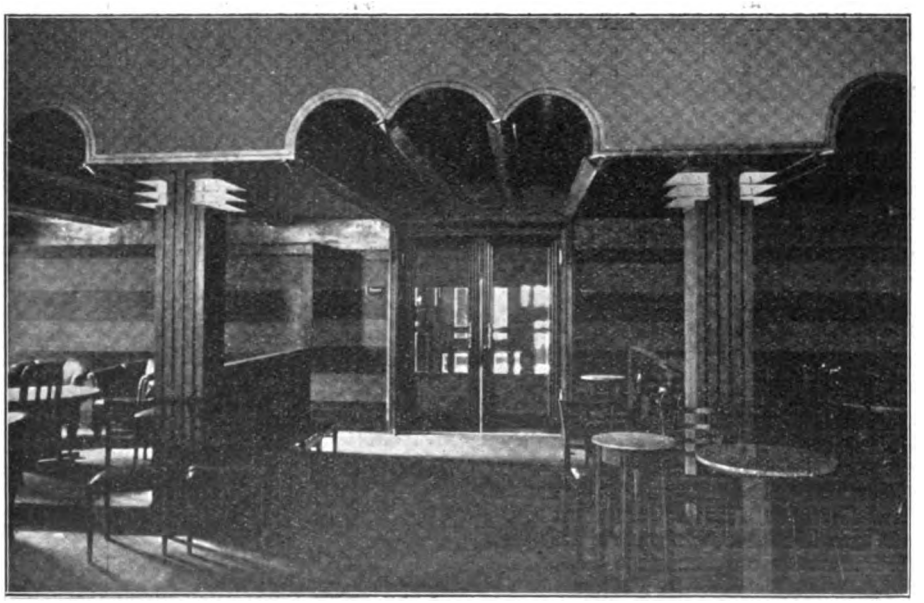


Abb. 4.

auch in dem diffusen Lichte des trüben Himmels der nördlichen Länder gebildeten tiefen Schatten scharfe, kraftvolle Linien entstehen. Nicht zu allen Zeiten aber ist die Baukunst so feinfühlig gewesen, und nicht jeder Baukünstler ist es. Beim Betrachten von zeichnerischen Fassadenentwürfen, in denen die Gestaltung und Gliederung des Gebäudes und seiner Fassade durch tiefe und scharfe Schlag- und Eigenschatten deutlich gemacht ist, muß ich mich immer fragen, ob das Licht auch wirklich so einfallen kann, wie es die gezeichneten Schatten voraussetzen, und ob der projektierende Architekt sich diese Frage überhaupt gestellt habe. Er kann ja das natürliche Licht nicht lenken und hat die Schattenbildung, wenn das Gebäude einmal steht, nicht in seiner Hand. Und auch wo sie es in der Hand haben, bei der künstlichen Beleuchtung von Innenräumen, lassen die Architekten ein Verständnis für die Bedeutung des Lichtes in der Architektur nicht selten vermissen. Ich würde das nicht zu sagen wagen, wenn sich die Beispiele nicht oft genug geradezu aufdrängten. Ein krasses Beispiel lieferte mir bei meinem letzten Wiener Besuche das Deutsche Volkstheater. Der Zuschauerraum eines Theaters ist doch gewiß immer künstlich beleuchtet, und man sollte annehmen, daß der Architekt bei der Projektierung dieses Raumes und seiner ornamentalen Ausgestaltung immer daran denken müßte, daß seine

Digitized by Google

Schöpfung erst durch das aufgestrahlte und danach reflektierte Licht zur Wirkung kommen kann, daß das vor allem für jene Teile gilt, die nicht mit der Hand oder dem Fuße betastet werden können. Im Deutschen Volkstheater ist aber nicht einmal das (vielleicht sehr schöne) Deckengemälde im Zuschauerraum ordentlich oder auch nur einigermaßen deutlich zu sehen. Daß solche Fehler vorkommen können, daß überhaupt in der Architektur auf die künstliche Beleuchtung der Innenräume oft so wenig Rücksicht genommen ist, findet seine Erklärung — wenigstens zum Teil — vielleicht in der Dürftigkeit der Beleuchtung in früheren Zeiten. Bei dem unruhigen Lichte der älteren Leuchttechnik konnte man ja an die Fähigkeit des Lichtes, die Architektur klar und deutlich auf der Netzhaut abzubilden, keine großen Ansprüche stellen. Dazu kommt, daß Gestalt und Anbringungsart der Geleuchte durch die mit den Flammen verbundene Feuersgefahr und durch die Notwendigkeit, die Abgase unschädlich abzuführen und die Brennstellen beim Anzünden erreichen zu können, bestimmt war, und die Geleuchte deshalb eine fast seit Jahrhunderten im wesentlichen festliegende Gestalt hatten. Auf ihre künstlerische Ausbildung verwendete der Künstler nun allen Fleiß, umsomehr vielleicht, weil ihm eben zur künstlerischen Behandlung des Lichtes selbst die Möglichkeit nicht gegeben war.

Abb. 5.

Die elektrische Glühlampe hat eine neue Zeit heraufgeführt. Da haben wir keine Flammen, keine Feuersgefahr, keine störenden Abgase und wenig Wärmeentwicklung. Das Licht ist in weitesten Grenzen, durch Schaffung von Glühlampen aller Größen, beliebig teilbar. Beim Anzünden und Auslöschen braucht man nicht zu den Brennstellen hinzulangen, und, was in unserem Sinne vom künstlerischen Standpunkte aus besonders wichtig ist, der erzeugte Lichtstrom ist ruhig und wird in einem bestimmten unveränderlichen photometrischen Körper ausgestrahlt.

Hält man sich diese Vorzüge[5]) vor Augen, so muß man sich wundern, daß nicht bald nach Verbreitung der Glühlichtbeleuchtung diese wundervollen Eigenschaften in ihrer Bedeutung für die Architektur erkannt und verwandt wurden. Wenn ich die Zeiten seit jenen Tagen recht verstehe, so liegt das hauptsächlich daran, daß es keine eigentliche Lichttechnik gab, sondern daß man sich ernsthaft nur mit der wissenschaftlichen und technischen Weiterbildung der Lichterzeugung beschäftigte. So kam es, daß man bis in die neueste Zeit hinein in bezug auf die praktische Verwendung des

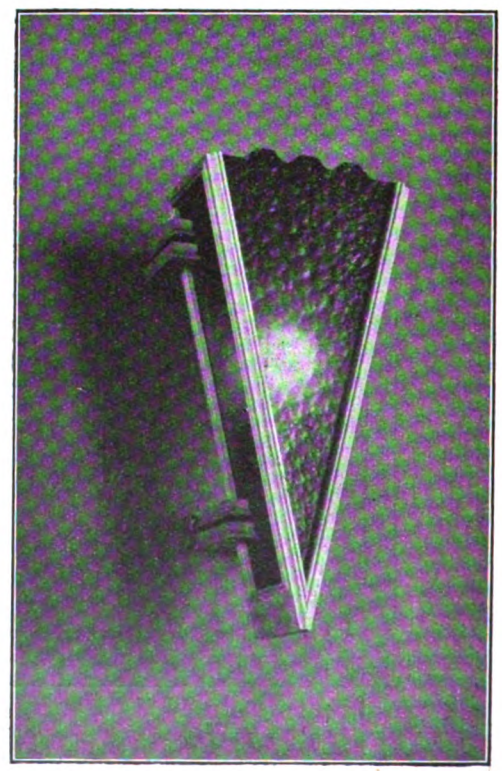


Abb. 6.

Lichtes, insbesondere die Gestaltung und Anbringung der Geleuchte ganz nach dem alten Schema weiter arbeitete; an den Kronleuchtern änderte man eigentlich nichts weiter, als daß man die Lichtquellen, die Glüh-

[5]) Daß auch das flackernde Kerzenlicht seine Vorzüge hat und besondere künstlerischen Reize hervorzubringen vermag, soll hier ausdrücklich zugegeben werden. Diese Vorzüge scheiden aber bei unseren Gedankengängen aus.

Digitized by Google

lampen nach unten richtete; und das ist heute noch in den meisten Fällen die grundsätzlich wichtigste Abweichung. Vor etwa zehn Jahren oder etwas mehr fing man an, Geleuchte nach leuchttechnischen Grundsätzen zu konstruieren. Diese Arbeit hat erfreuliche Ergebnisse gehabt; wir besitzen eine ganze Reihe guter Geleuchtekonstruktionen für alle möglichen Zwecke. Alle diese aus den Konstruktionsbüros der Fabriken hervorgegangenen Geleuchte sind freilich eigentlich nur dazu bestimmt, das Licht als Werkzeug wirken zu lassen, sie lassen sich wohl in technischen und industriellen Betrieben, im allgemeinen aber nicht da verwenden, wo es auf künstlerische Wirkung, also darauf ankommt, im Auge wohlgefällige Bilder hervorzurufen.

Aber etwa um dieselbe Zeit fing auch der Architekt

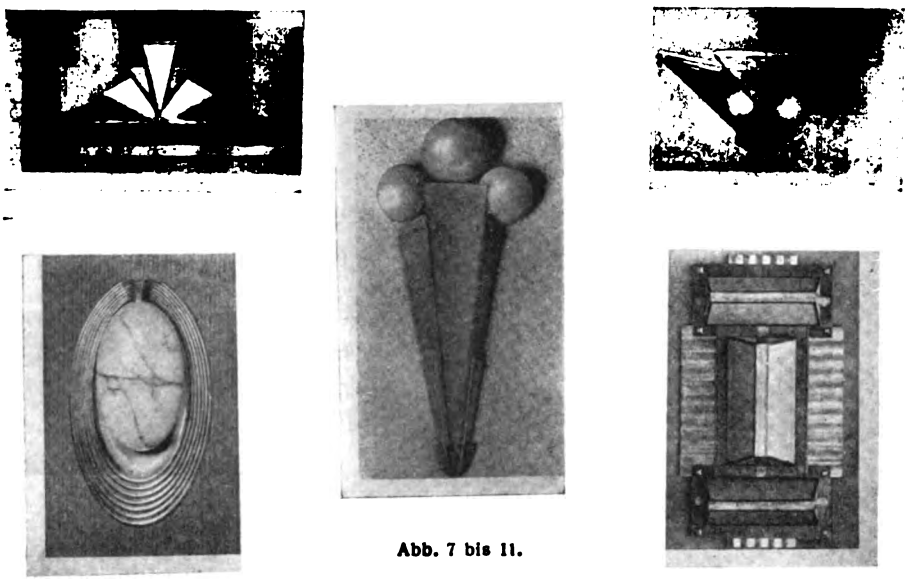


Abb. 7 bis 11.

— oder sagen wir richtiger: fingen einige wenige, vorausschauende Architekten an, die Eigenarten des elektrischen Lichtes zu begreifen und zu erkennen, welch ein ausgezeichnetes Mittel zur Hervorbringung künstlerischer Wirkungen man mit diesem Lichte zur Verfügung habe. Und bald setzt nun eine Entwicklung in zwei Richtungen ein. Die eine beschäftigt sich mit der Gestaltung der Geleuchte und führt mehr und mehr zu Formen, die sich dem Raume ganz anpassen, ja, sich seinen Formen und Ornamenten so einfügen, daß sie schließlich aus der Ornamentik des Raumes überhaupt nicht mehr gelöst werden können; Architektur einerseits und Lichtträger (Geleuchte) und vor allem auch das vom Geleuchte ausgehende Licht andererseits sind zu einer künstlerischen Einheit verschmolzen, so innig und untrennbar, daß man von einer Lichtarchitektur sprechen muß. Soweit ich sehen kann, hat auf diesem Wege Peter Behrens die Führung gehabt. Im vorigen Jahre haben Pariser Künstler und Kunstgewerbler auf einer Ausstellung Exposition Internationale des Arts Decoratifs Modernes, Paris 1925, neue Formen von Geleuchten in großer Zahl gezeigt, die in ähnlichem Sinne gebildet.

Die andere Richtung der Entwicklung betont die raumgestaltende Kraft des Lichtes. Welch wichtige Rolle bei der Bildung des Begriffes Raum dem Lichte zukommt, haben wir in der Einleitung gesehen: weder der Architekt noch der Lichtingenieur wird seine ungeheure Bedeutung hierfür leugnen. Aber doch stehen die beiden auf wesentlich verschiedenen Standpunkten; mit etwas Übertreibung kann man diese vielleicht so kennzeichnen: Für den Lichtingenieur ist das einzig Reelle zunächst nur das durch Licht entstandene Bild auf der Netzhaut, und vorsichtig schließt er von diesem aus auf eine tatsächliche Umwelt. Für den Architekten ist das primär Vorhandene das Bauwerk, und das Licht erklärt die Architektur des Bauwerkes. Das gibt noch keine Lichtarchitektur; man könnte sagen: wir haben es mit Architekturlicht zu tun. Aber dieses Architekturlicht kann zur Lichtarchitektur führen, wenn mit ihm und nur mit ihm besondere architektonische Wirkungen hervorgerufen werden, die gleichzeitig mit dem Lichte entstehen und verschwinden.

Diese beiden Richtungen umfassen nun noch nicht alles, was ich zur Lichtarchitektur rechnen möchte; ich muß mir eine freiere Disposition für meine folgenden Ausführungen gestatten. Daß ich dabei die Dinge vom Standpunkte des Lichtingenieurs aus betrachte, brauche ich nicht zu betonen, betonen aber will ich, daß dadurch meiner Ansicht nach die Bedeutung des Lichtes in der neuesten Architektur noch deutlicher wird, als wenn man die Bauwerke von vornherein mit den Augen des Architekten ansieht.

II.

Sehen wir uns um, wie weit wir durch Weiterbildung der Geleuchte, also der Kronleuchter, Wandleuchter und sonstiger Einrichtungen in die Lichtarchitektur hineingekommen sind, so ist hier eine gerade Linie deutlich erkennbar: Man hat Kronleuchter und Wandleuchter mehr und mehr an Decke und Wände herangerückt und sie nach und nach so gestaltet, daß sie zu einem Teil des Gebäudes geworden sind.

Abb. 1[6]) zeigt einen Restaurationsraum, in dem der Kronleuchter noch ganz nach alten Grundsätzen gebildet ist. Unter dem von Säulen getragenen Architrav aber sind Geleuchte angebracht, die durch Verkürzung von Deckenarmen entstanden gedacht werden können. Hierdurch und durch ihre ornamentale Ausschmückung bilden sie einen Teil der Architektur. Das ist ein Beispiel von vielen für eine einfache Lichtarchitektur, wie sie schon allgemein verbreitet sind. Zahlreiche Beispiele könnte ich anführen und sind gewiß jedem bekannt, in denen der einfache Kronleuchter — insbesondere durch Verbreiterung seiner oberen Teile — in ähnlichem Sinne umgebildet und mit der Deckenornamentik in so enge Verbindung getreten ist, daß er mit dieser Decke organisch verbunden zu sein scheint und der Raum ohne dieses Geleucht seinen Charakter verlieren und unvollständig erscheinen würde. Auch in späteren Bildern werden wir noch solche Beispiele sehen. Oft merkt

[6]) Die Bilder sind zum großen Teile insofern unvollkommen, als sie bei natürlichem Lichte aufgenommen werden mußten; es ging leider nicht anders. Für die Aufnahme der meisten, nämlich aller aus Düsseldorf stammenden Bilder hatte mir der Generaldirektor der Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke von Düsseldorf, Herr Beigeordneter Lenze, den Photographen der Werke, Herrn Dendel, zur Verfügung gestellt. Beiden Herren fühle ich mich zu größtem Danke verpflichtet.

Digitized by Google

man solchen Geleuchten noch recht deutlich an, daß der Künstler von dem Gedanken des ursprünglichen Kronleuchters nicht recht abkommen konnte; in anderen Fällen aber sind ganz neue Gebilde entstanden, die dann auch noch inniger zur Architektur des Raumes gehören. Solche Geleuchte sehen wir in einem Vorraum zur Stadthalle in Mülheim von Prof. Fahrenkamp, wo sie, in wundervoller Einfachheit gebildet, den Eindruck des Raumes dominierend mitbestimmen. Herrscht bei diesen Geleuchten die senkrechte Linie vor, so finden wir in anderen Fällen eine Bevorzugung der horizontalen Linie. Man sieht heute nicht selten Geleuchte, die im wesentlichen aus einer großen Kreisscheibe oder auch eckig begrenzten Mattscheibe bestehen. Diese Scheiben können

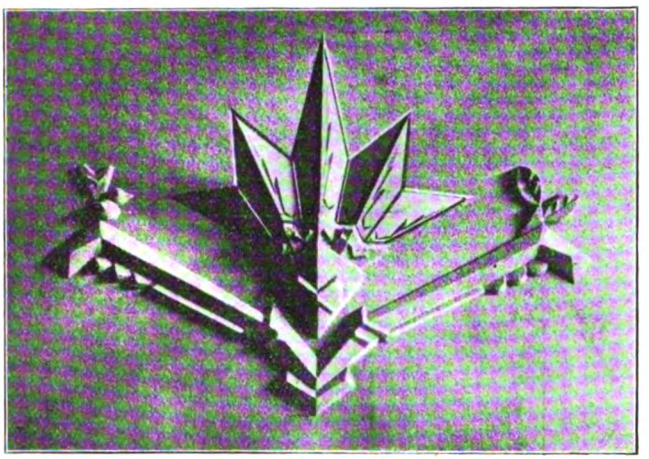


Abb. 12.

den Glühlampen so zugeordnet sein, daß die Glühlampen von keiner Stelle aus gesehen, also unter keinem Umständen blenden können; in anderen Fällen sind die Lampen noch durch senkrechte oder schräggestellte kleine Mattscheiben gegen den Beschauer abgeblendet (Beispiel: Kleiderablage der Rheinhalle in Düsseldorf von Prof. Kreis). Das Geleucht kann auch ganz oder fast ganz in die Decke gezogen werden. Eine diffus durchscheinende Scheibe mit ornamentaler Umgrenzung bildet dann einen Teil der Deckenornamentik. Solche Scheiben werden nicht selten aus buntem Glas hergestellt. In reizvoller Weise hat der Erbauer des Volksspeisehauses auf der Gesolei (Abb. 2) die Geleuchte in die Architektur eingeordnet. Es sind dies die in dem Bilde sichtbaren, aus leichten Holzstäben mit zwischengespannten Nessel rhombisch gestalteten Gebilde, die sich auch bei Tageslicht gegen die mit Rupfen bespannten Wände gefällig abheben. Sehr wirkungsvoll tragen zur Gestaltung des Kapitäls einfache matte Glühlampen in Kugelform in Abb. 3 bei, die einen Restaurationsraum in der Gesolei zeigt. Die Lampen wirken hier als Teil des Kapitäls schon, wenn sie ausgeschaltet sind; sind sie eingeschaltet, so ist die Ornamentik natürlich eine ganz andere, noch anders, wenn, wie auf dem Bilde, nur jede zweite Lampe eingeschaltet ist. Sehr fein ist das durch Lichtarchitektur ausgestaltete Säulenkapitäl in Abb. 4; die Glühlampen zwischen den am oberen Säulenende vorspringenden drei Mattscheiben bringen, ohne selbst gesehen zu werden, diese zu starkem Leuchten.

In sehr mannigfaltiger Weise sind Wandleuchter in lichtarchitektonischem Sinn ausgebildet. Man kann

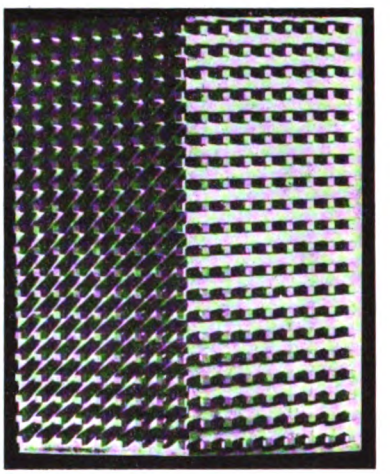


Abb. 14

auch hier verfolgen, wie die Entwicklung von den alten Formen schrittweise zur lichtarchitektonischen Gestaltung geführt hat. Noch als Wandleuchter kann man die großen Geleuchte am Eingang der Rheinhalle in Düsseldorf bezeichnen (Abb. 5), doch möchte man sie als Ornamente nicht missen. Ähnlich ist es bei den

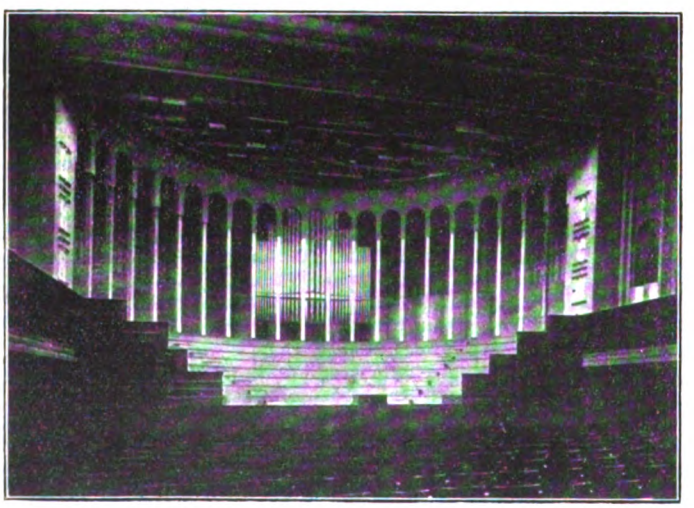


Abb. 13.

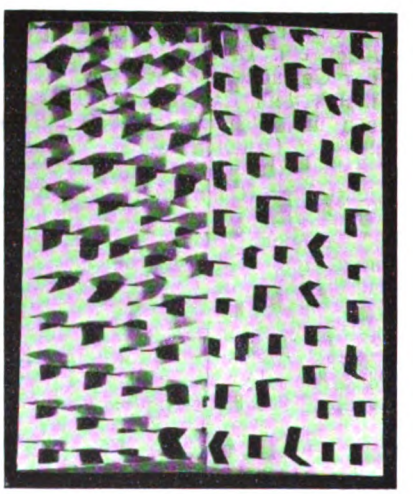


Abb. 15.

Wandgeleuchten in Abb. 6. In den folgenden Abbildungen dagegen, von denen Abb. 7 bis 11 von der Pariser Ausstellung im vorigen Jahre stammen, während das Geleucht in Abb. 12 von dem Architekten K. H. Tischer in Berlin gebildet ist, ist eine Trennung von Geleucht und Ornament nicht mehr möglich. In ausgeprägtem Maße gilt das von den leuchtenden Ornamenten Fahrenkamps in der neuen Stadthalle in Mülheim an der Ruhr, rechts und links von der Orchester-Bühne (Abb. 13).

Digitized by Google

III.

Eine zweite Linie der Entwicklung beginnt mit der gleichmäßigen Verteilung der Lampen über die Decke. Auch hier konnte selbstverständlich nur die Glühlampe zu einer Lichtarchitektur führen. Ja schon der Anfang, die gleichmäßige Verteilung der einzelnen Lampen ganz nahe der Decke ist mit Flammenlicht nicht denkbar.

Für den Architekten, der zum ersten Male die Glühlampen völlig gleichmäßig in quadratischer Verteilung an der Decke angebracht hat, war es kein großer Gedanke, die Decke in Kassetten einzuteilen, sei es durch Malerei, sei es körperlich; aber im Sinne der Lichtarchitektur war es ein bedeutungsvoller Schritt. Denn bald muß der Architekt erkannt haben, daß durch diese Lampenanordnung die Kassettendecke als solche in einer Regelmäßigkeit und einer Eigenartigkeit der Wirkungen zur Erscheinung gebracht werden kann, wie es bei der alten Art der Raumbeleuchtung, durch Kronleuchter oder auch durch Tageslicht schlechterdings niemals möglich ist: In jeder Kassette ist Licht und Schatten, Eigenschatten wie Schlagschatten, in vollkommen gleicher Weise verteilt, alle bilden sich deshalb in ganz gleicher Weise auf der Netzhaut des Auges ab. Das muß den Künstler anregen, das Licht in ganz anderer Weise, in viel höherem Grade zur Formgebung mit heranzuziehen, als er es bisher wohl zu tun gewohnt war. Man kann solche in lichtarchitektonischem Sinn ausgestaltete Kassettendecken schon sehr häufig finden, gute und schlechte Beispiele einer Lichtarchitektur. Auch Wandbekleidungen, die in ähnlicher Weise unterteilt sind, wobei jedes Feld eine Glühlampe enthält, kommen gelegentlich vor. Es sind dabei zwei interessante Fehler zu beobachten. Der eine besteht darin, daß bei Kassettendecken, um zu sparen, eine oder einige Reihen von Glühlampen nicht eingeschaltet sind. Das ist für die Wirkung einer solchen Decke meistens vernichtend. Ein anderer Fehler zeigt sich darin, daß die einzelnen Kassetten durch die ungleichmäßige Beleuchtung der wesentlich vertikal gerichteten Begrenzungsflächen, nicht mehr quadratisch, sondern durch Bogenvierecke begrenzt erscheinen. Hiergegen hilft nur eine sehr sorgfältig abgewogene Beleuchtung in Verbindung mit der Ornamentik. Es kann wohl nicht ausbleiben, daß die Fähigkeit des gerichteten Lichtes, in bestimmter Weise Licht und Schatten zu verteilen, von den Architekten bald bewußt zur ornamentalen Gestaltung oder Ausschmückung der Räume herangezogen werden wird. Einige Anregungen, wie das geschehen könnte, habe ich als Beispiele auf meiner Lichttechnischen Ausstellung in der Gesolei in Düsseldorf in Modellen gegeben, die ich als „Einige Elemente der Lichtarchitektur" bezeichnet hatte: sie sind in Abb. 14 bis 16 abgebildet. Durch Erhöhungen und Vertiefungen sind völlig gleich gestaltete Flächen (Wände) dem von Scheinwerfern herkommenden Lichte in verschiedener Richtung ausgesetzt. Die Abbildungen lassen erkennen, wie verschieden durch solche Lichtwirkung die völlig gleichgebildeten Flächen auf der Netzhaut abgebildet werden.

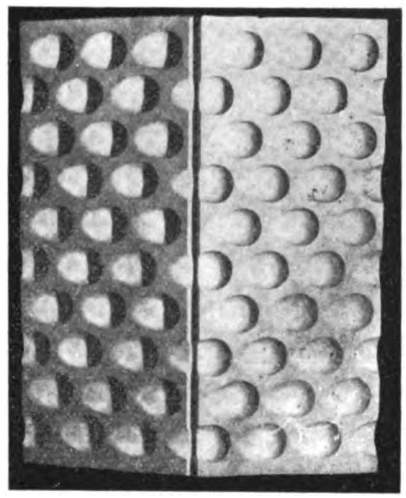


Abb. 16.

(Schluß folgt.)

Die Neonleuchtröhre.

Das Neonlicht hat eine große, stets zunehmende Bedeutung für die Lichttechnik. Es findet Verwendung als Grubenlampe; ferner in Theatern und Kinos, wo die Neonlampe eine geforderte schwache Hilfsbeleuchtung billig liefert, da ihr Wattverbrauch dem einer Glühlampe von niedriger Spannung gleichkommt, keine Energie in Zubehörteilen verloren geht und sie auch in Preis, Einfachheit und Sicherheit gegen die gewöhnlichen Glühlampen nicht zurücksteht; endlich für die Reklamebeleuchtung[1]).

Über die Herstellung der Neon-Leuchtröhren unterrichtet ein eingehender Aufsatz von R. W. Lohmann in „Transactions Illum. Eng. Soc.", Mai 1926. Die Methode zur Füllung von Röhren für Beleuchtungszwecke mit Gas besteht im allgemeinen darin, zuerst alle fremden Gase und Dämpfe so gut als möglich sowohl von den Glaswänden als aus den Elektroden zu entfernen und dann das gewünschte Gas nach vorausgegangener handelsüblicher Reinigung einzufüllen und es endlich dann in der Röhre selbst oder in einem mit ihr verbundenen Gefäß spektroskopisch rein zu machen. Viele Methoden zur Gasreinigung wurden von Claude erfunden und ihm auch patentiert. Sie bilden einen sehr wichtigen Teil bei der Herstellung dieser Röhren, da schon die geringsten Spuren fremder Gase das Spektrum ändern, ja, das sichtbare Gebiet desselben ganz vernichten können. Die Leitfähigkeit gasförmiger Leiter hat bei einem ganz bestimmten Gasdruck ihr Maximum und bei Neon trifft dieses Maximum gerade mit dem Maximum der größten Lichtstrahlung zusammen, so daß Neonröhren von großem Durchmesser und großer Länge gegenwärtig die wirtschaftlichsten Lichtquellen sind. Was die Dimensionen der Röhren betrifft, die oben als „groß" bezeichnet wurden, sei bemerkt, daß die Leitfähigkeit bei demselben Gasdruck mit dem Quadrat des Durchmessers ansteigt, daß aber ein Optimum erreicht wird, weil bei zu großen Dimensionen das Licht nicht mehr bis zur Oberfläche der Röhre gelangt und so verloren ist. Andererseits ist es aus der kinetischen Gastheorie bekannt, daß der größte Verlust, der bei der Zuführung von elektrischer Energie an ein Gas stattfindet, an den Elektroden auftritt, das heißt, daß der Potentialfall an der Übergangsstelle von Elektroden in Gas am größten ist. Infolgedessen ist die Ergiebigkeit der Leuchtröhre umso größer, je länger die Röhre, die zu einem Elektrodenpaar gehört, ist.

Was das Evakuieren betrifft, ist zu sagen, daß enge oder gekrümmte Röhren dasselbe außerordentlich ordentlich erschweren. Die Strömung des Gases in einer bestimmten Richtung hängt vom Durchmesser seiner Moleküle und von ihrer freien Weglänge ab. Bei niedrigen Drucken sind verhältnismäßig wenige Moleküle in der Raumeinheit enthalten und daher sind Zusammenstöße zwischen Molekülen im Verhältnis zum Anprall an die Röhrenwand selten. Wenn ein Molekül eine Fläche streift, wird es ganz unabhängig von der Auftreffrichtung zurückgeworfen und die Aussicht, daß es gerade in der Richtung der Röhrenachse reflektiert wird, ist sehr gering. Das Evakuieren ist daher umso

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1918, S. 389; 1920, S. 237, Anz., S. 97; 1921, S. 331; 1922, S. 479; 1923, S. 386, 417, 490. Die Lichttechnik 1925, S. 12.

Digitized by Google

schwieriger, je enger die Röhren sind. In der fertigen Röhre verschwindet, auch wenn sie gut ausgepumpt und richtig gefüllt worden ist, aus verschiedenen unbekannten Ursachen das enthaltene Gas allmählich unter gleichzeitigem Anstieg des Lampenwiderstandes, so daß weniger Strom durch die Röhre zu fließen und die Röhre schließlich zu flimmern beginnt. (Bei Neonröhren tritt dies allerdings erst bei 2000 bis 4000 stündiger Benützung ein, je nach der ursprünglichen Stromdichte der Röhre.) Man pflegte solche hartgewordene Röhren von der Gebrauchsstelle zu entfernen und in der Fabrik wieder zu füllen. Nun ist aber eine Entwicklungsstufe erreicht, die es gestattet, Röhren an der Gebrauchsstelle automatisch frisch zu füllen; sobald diese Neuerung durchgeführt sein wird, werden die Neonröhren nicht allein die ökonomischesten, sondern auch die langlebigsten künstlichen Lichtquellen sein. Da Neon, wie alle gasförmigen Leiter, negative Stromcharakteristik besitzt, das heißt, daß die Spannung mit wachsender Stromstärke abnimmt, hat es die Neigung, den Stromkreis kurzzuschließen. Die geeigneten Stromquellen zum Betrieb der Röhren sind daher Transformatoren mit hohem Magnetverlust oder gewöhnliche Transformatoren in Verbindung mit kleinen Widerständen. Die erforderliche Transformatorenspannung beträgt um 500 V.

Bis jetzt war in Amerika die Verwendung von Neonröhren für Außenreklame die häufigste. Die Röhren erlauben bekanntlich die Herstellung von Schriften in einem Zug, während bei Glühlampen immer nur ein Zusammensetzen aus einzelnen Einheiten möglich ist. Dabei fällt bei Neonröhren der Umstand ins Gewicht, daß sie bei größerer Wirkung bedeutend weniger Strom verbrauchen als Glühlampen. In Europa sind bereits viele Hotelhallen und Theaterfoyers und auch das Äußere von öffentlichen Bauten mit Neonröhren nach dem System Claude beleuchtet. Infolge der langen Wellenlänge und des monochromatischen Lichtes des sichtbaren Neonspektrums, ferner infolge der Durchdringungskraft und guten Sichtbarkeit des Neonlichtes wird es als Signallicht beim Paris—Londoner Luftverkehr, wegen seiner guten Durchdringung des Nebels, auch in vielen Leuchttürmen an der französischen Küste, verwendet. Für Innenbeleuchtung dagegen eignet sich Neon allein wegen der vorherrschenden roten Farbe nicht, doch wird auch diesbezüglich an Verbesserungen gearbeitet. Diese Verbesserungen laufen in zwei ganz verschiedenen Richtungen, deren eine in der Kombination von Neonröhren mit Quecksilberdampflampen verschiedener Durchmesser besteht, durch deren Wahl die Mischung des Lichtes variiert werden kann. Auch für Reklamezwecke werden Neon- und Quecksilberdampflampen nebeneinander verwendet, da das Hellblau des Quecksilbers einen guten Kontrast zu dem Rot des Neon gibt.

Die vielfache Verwendung der Neonlampe bringt die photometrischen Untersuchungen an solchen Lampen in den Vordergrund des Interesses. A. Sellerio hat darüber eine eingehende Arbeit im „L'Elettrotecnica", Bd. 12. Nr. 36, 1926, veröffentlicht. Die Untersuchungen wurden an beiden Lampentypen mit Wendeldraht und mit glockenförmigen Elektroden durchgeführt. Zunächst konnte mit Sicherheit festgestellt werden, daß es zweierlei Art von Glimmentladungen bei diesen Lampen gibt, nämlich „schwaches" Glimmen und „starkes" Glimmen; ersteres tritt bei recht geringer Stromstärke auf, letzteres bei höheren Werten der Stromstärke. Schwaches Glimmen hat seinen Sitz an der Anode, starkes an der Kathode, wie sich leicht in der folgenden Weise zeigen ließ: Bei der Gebrauchsspannung wird der Schalter der Lampe herausgezogen und die Überbrückung der so entstandenen Unterbrechungsstelle mit der Hand vorgenommen, wobei das „schwache" Glimmen an der Anode auftritt; mit eingelegtem Schalthebel springt die glimmende Hülle auf die Kathode über und leuchtet gleichzeitig stark. Diese Erscheinung tritt allerdings nur dann deutlich ein, wenn sich beim Herabgehen mit der Spannung nicht völliges Erlöschen einstellt, sondern ein bald schwaches bald starkes Glimmen, das durch einen Vorschaltwiderstand zum stabilen, „schwachen" Glimmen wird. Nebenbei bemerkt verfährt man, um die Pole der Lampe, deren richtiger Anschluß in Gleichstromanlagen von Belang ist, zu erkennen, in der nachstehend geschilderten Weise: Die Lampe wird in ein Wechselstromnetz gebracht und solange aus der Fassung geschraubt, bis nur der Gewindekorb Kontakt hat; man bemerkt dann im Dunklen, daß bei der Berührung des Gewindekorbes das Gas in der Nähe der berührten Stelle und an der einen Elektrode, die offenbar mit dem Gewindekorb verbunden ist, leuchtet. Das eben bezüglich der beiden Glimmzustände Gesagte gilt auch von der Lampe mit glockigen Elektroden und wird besonders leicht verifiziert, falls man die kleinere Halbkugelfläche als Anode benützt. Gleich nachdem das Glimmen an die Kathode überging, stellt sich der Zustand des normalen Kathodenfalles ein, das heißt, es bleiben der Spannungsabfall an der Kathode und die Stromdichte dortselbst konstant; die Stromstärke ist proportional der lichtbedeckten Fläche auf der Kathode, ein Umstand, der bekanntlich Gehrcke zur Konstruktion seines Glimmlichtoszillographen[2]) veranlaßte. Bei weiterer Steigerung beginnt mit dem Augenblicke, in dem die Kathode genau so ganz bedeckt ist, wie beim „schwachen" Glimmen oder dem sogenannten „Unterglimmlicht", das „Überglimmlicht"; die beiden zuletzt genannten Zustände sind dadurch gekennzeichnet, daß die Stromdichte proportional mit der Stromstärke wächst. Schließlich hat auch das „Überglimmlicht" seinen Endzustand erreicht, worauf es plötzlich in einen Lichtbogen übergeht, der eine Zeitlang bei steigender Stromstärke von gleichbleibender Stromdichte begleitet ist, dann die Stromdichte proportional mit der Stromstärke ändert und endlich

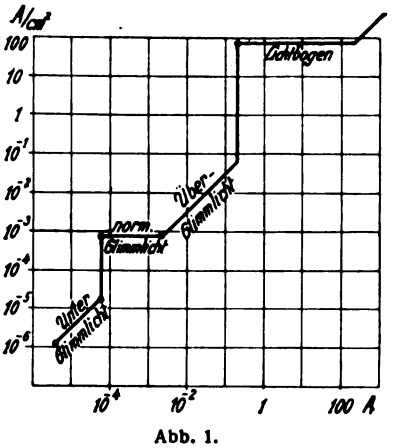


Abb. 1.

wieder plötzlich in den Zustand der Funkenentladung übergeht. Alle diese Zustände sind in der Abb. 1 ersichtlich gemacht und noch weiters durch Zuhilfenahme der Charakteristik der Entladung, nämlich der Beziehung zwischen der Elektrodenspannung V und der zugehörigen Stromstärke, $V = f(i)$ bezw. des Differentialquotienten dV/di, festgelegt.

Die vom Verfasser entwickelte Theorie des Unterglimmlichtes beruht auf bekannten atomistischen Vorstellungen; aus den entsprechenden Ausführungen soll hier nur das Wichtigste kurz gebracht werden. Demgemäß wäre der Zustand des Unterglimmens durch $V < V_{ion}$ charakterisiert oder dadurch, daß die Potentialdifferenz V im Felde an der Kathode viel kleiner ist als das Ionisationspotential V_{ion}. Beim Überschreiten von V_{ion} wächst der Strom außerordentlich rasch infolge der eintretenden Stoßionisation und des plötzlichen Herausströmens der Elektronen aus der Kathode durch die vorgelagerten positiven Ionen; daher der plötzliche Eintritt des „normalen" Zustandes.

Eine etwas genauere Vorstellung geben zwei Hypothesen: Die Diffusionshypothese und die Resonanzhypothese. Nach der Diffusionshypothese kehren die

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 270.

Digitized by Google

in beträchtlicher Entfernung von der Kathode durch Stoß frei gewordenen Elektronen wieder zur Kathode zurück, also gegen die Feldrichtung, und zwar infolge diffuser Kräfte, die nach atomistischer Vorstellung der Wärme zuzuschreiben sind. Die lebendige Kraft der Elektronen zehrt sich bei der Bewegung gegen das Feld auf, die Elektronen kehren den Bewegungssinn um und nehmen dabei an lebendiger Kraft solange zu, bis sie auf jenen Betrag gelangen, der für die Stoßionisation erforderlich ist. Wenn ein Elektron mit einer unter der Ionisationsgeschwindigkeit liegenden Geschwindigkeit beim Stoße seine lebendige Kraft an ein Atom abgibt, so kann es eine Resonanzerscheinung hervorrufen. Dazu sind beim Neon 16·65 V für die erste Resonanz, 18·45 V für die zweite Resonanz erforderlich (Ionisationsspannung 21·5 V). Die Resonanzerscheinungen sind aber mit Strahlung verbunden, zum Beispiel ultravioletter Strahlung bei den verdünnten Gasen, und darauffolgender Ionisation in einzelnen Punkten; außerdem ist noch $V < V_{ion}$ für diese Entladungen, die das Unterglimmlicht ausmachen, das also durch Resonanz und nicht durch Stoßionisation erhalten würde. Die positiven Ionen können da wegen ihrer Langsamkeit und zu großen Entfernung von der Kathode diese nicht beeinflussen. Dagegen wird bei Verstärkung des Stromes die Aureole sich von der Anode weg bis an die Kathode ausdehnen, dabei die posiven Ionen mitnehmen, und diese schaffen, an der Kathode angelangt, dort ein derart kräftiges Feld, daß die Elektronen massenhaft aus der Kathode treten; in ihrem weiteren Laufe rufen diese Elektronen die Stoßionisation hervor, worauf die „normale" Entladung einsetzt.

Die photometrischen Beobachtungen wurden mit Hilfe eines Lummer-Brodhun'schen Photometers durchgeführt, das als Vergleichslichtquelle ein an der Hefnerlampe geeichtes Neonlämpchen enthielt. Die zu untersuchenden Lampen waren an ein Wechselstromnetz, 150 V, mittels Spannungsreduktoren gelegt. Vorerst handelte es sich um die Beantwortung der Frage, ob eine Neonlampe gleichstark in kurzer und langer Brennzeit leuchte. Es zeigte sich, daß sie eine Viertelstunde zur Erreichung des stationären Zustandes brauchte, wohl infolge der schwachen Wärmeerzeugung, die erst nach einer Viertelstunde zur stationären Temperatur führt. Ferner ergab sich: Die Lichtverteilungskurven für verschiedene Erregungen sind einander nahezu ähnlich. Die Gleichung der Lichtverteilungskurve der Neonlampe mit Wendeldrahtelektroden ist

$$I_\alpha = \frac{I_0 + I_v}{2} + \frac{I_0 - I_v}{2}\cos 2\alpha = \frac{3 + \cos^2\alpha}{4} I_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1),$$

wenn I_0, I_v, I_α bezw. die Lichtstärken in der horizontalen, vertikalen und der Richtung α zur Vertikalen bezeichnen; insbesondere wäre für $\alpha = 90°$ $I_v/I_0 = 3/4$ und die untere hemisphärische Lichtstärke ergibt sich zu $11\,I_v/9$. Die Neonlampe mit Glockenelektroden, bei der die kleinere Glockenfläche leuchtet, hatte ein I_v/I_0 im ungefähren Werte von 1·46 in einem gegebenen Falle. Spannung V und zum Beispiel Vertikalintensität I_v sind proportional ebenso Spannung V und Stromstärke i, wie aus den folgenden aus 2 Meßreihen gewonnenen Gleichungen hervorgeht:

$$I_v = (V - 148)\,a, \quad i = (V - 151)\,b;$$
$$a = 0{\cdot}00127, \quad b = 0{\cdot}215 \quad \ldots\ldots (2).$$

Aus ihnen ergibt sich nach Elimination des V

$$I_v \cong 0{\cdot}0077 + 0{\cdot}005\,i,$$

eine Gleichung, die nur für relativ große Stromstärken, für den Zustand des „starken" Glimmens zutrifft, da sehr kleine Stromstärken, bezw. $i = 0$, aus ihr das widersinnige Resultat einer dann bereits vorhandenen Intensität liefern würden. Die Konstante, hier 0·0077, ist vernachlässigbar für recht große i, in welch letzterem Falle Licht- und Stromstärke proportional erscheinen. Diese Proportionalität findet sich auch im Zustande des „schwachen" Glimmens vor, wie die anschließende Tabelle zeigt:

Milliamp.	I_v	Quotient beider
0·046	0·00050	92
61	64	95
71	79	90
102	112	91
115	131	88
162	188	88

Zur Rechtfertigung der Einteilung der Entladungen in das „Unterglimmlicht", den „normalen" Entladungszustand und das „Oberglimmlicht" kann noch das Verhalten der Leuchtdichte in diesen drei Fällen dienen. Im ersten und dritten Falle sind Anode bezw. Kathode ganz lichtbedeckt, Stromstärke und Leuchtdichte daher proportional; im normalen Entladungszustand wachsen lichtbedeckte Fläche auf der Kathode und Stromstärke gleichzeitig, die Leuchtdichte bleibt hiebei konstant.

Beachtenswert ist das Verhalten der Neonlampe im Wechselstromkreise. Eine für 150 V Wechselspannung ausgeführte Lampe wird bei der gleichhohen Gleichstromspannung gewöhnlich nicht zünden, und auch der Effektivwert $V_{eff} = 150$ V ist für die Zündung nicht maßgebend, sondern ein höher gelegener Momentanwert, der dem Zündpotential V_z entspricht. Um den Mittelwert der Lichtstärke in irgendeiner Richtung zu halten, sei Proportionalität zwischen dem Momentanwert der Stromstärke i und der Lichtstärke I, so wie der Spannung V angenommen oder

$$I = K\,i, \quad V = V_z + A\,i; \quad V = V_0 \sin\omega t, \quad V_0 = \sqrt{2}\,V_{eff}\,. \quad (3).$$

Daraus folgt:

$$\frac{A}{K} It = V_0 \sin\omega t - V_z.$$

Der gesuchte Mittelwert I_m ist aus jenem Teil der von der halben Sinuslinie der Wechselspannung umschlossenen Fläche zu bestimmen, der zwischen der Ordinate $V = V_z$ und $V = V_0$ liegt und ergibt sich zu:

$$\frac{A}{K} I_m = \frac{2}{\pi}\left(\sqrt{2\,V_{eff}^2 - V_z^2} + V_z\,.\,\omega\,t_1\right) - V_z \quad . \quad (4)$$

und $V_z = \sqrt{2}\,V_0 \sin\omega t_1$; diese Gleichung kann auch in der Form

$$\frac{A}{K} I_m = V_c - V_z \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

geschrieben werden, wofern

$$V_c = \frac{2}{\pi}\left(\sqrt{2\,V_{eff}^2 - V_z^2} + V_z \arcsin\frac{V_z}{\sqrt{2}\,V_{eff}}\right);$$

V_c ist jene Gleichstromspannung, die dieselbe mittlere Lichtstärke hervorruft, wie die Wechselspannung V_{eff}. Es entspricht zum Beispiel $V_{eff} = 150$ V und $V_z = 150$

$$V_c = V_{eff}\,(\pi + 4)/2\pi \cong 1{\cdot}14\,V_{eff} = 171\ V,$$

was auch die Voltmeterablesung bestätigte. Übrigens beweist noch ein einfacher Versuch die Richtigkeit der vorgetragenen Anschauungen über das Zünden. Wählt man wieder $V_z = V_{eff}$ oder $\omega t_1 = \pi/4$, so müßte die Lampe durch eine Viertelperiode leuchten, dann wieder durch eine Viertelperiode dunkel sein usw. Man sieht tatsächlich in einem vor der Lampe rasch hin- und hergedrehten Handspiegel Lichtbänder die abwechselnd in der ganzen Fläche leuchten, bald einen dunklen Fleck haben.

Der spezifische Effektverbrauch oder die $W/I_\square$ lassen sich zum Beispiel aus $I_\square = I_v\,.\,11/9$ und den Gleichungen (2) leicht graphisch in Abhängigkeit von der Spannung darstellen, dazu etwa auch W und $I_\square$; bei 175 V Gleichstrom, entsprechend 150 V Wechselstrom, ergeben sich 20 bis 25 $W/K_\square$. Ein Vergleich mit den gewöhnlichen Glühlampen setzt Gleichheit des spezifischen Effektverbrauches und der Spannung in beiden Fällen voraus und liefert auf dem Wege des Versuches das Ergebnis, daß die Neonlampe den anderen Glühlampen keineswegs nachsteht. Theoretisch wäre eine Verbesserung der Ausnützung von elektrischen Entladungen denkbar vor allem durch die Resonanzerscheinung, die nicht nur ultraviolette Strahlung, sondern auch in Dämpfen der Alkalimetalle gelbe Strahlung liefern könnte. Abgesehen von den technischen Schwierigkeiten kommt aber hier noch in Betracht, daß die Elektronenstöße nur zum Teil wirksam sind, jedoch wirkt zum Beispiel ein geringer Zusatz von Wasserstoff zum Neon schon günstig.

Digitized by Google

Rundschau.

Die Wolframbogenlampe der Société anonyme française Philips wurde von H. Pécheux am elektromechanischen Institut zu Lille untersucht. Punktförmigkeit der Lichtquelle, kleine Abmessungen, ungestörtes Brennen, große Leuchtdichte und das sehr weiße Licht lassen diese Lampe für Zwecke der Mikrophotographie und der Mikroprojektion besonders geeignet erscheinen.

Den Aufbau der Lampe zeigt Abb. 1; zunächst die zwei kleinen Wolframkugeln *p*, *p'* von je 1·5 mm Durchmesser und ungefähr 1 mm Abstand, zwischen denen der Lichtbogen auftritt, wofern die Glasbirne von einem einatomigen Gas erfüllt ist. Zwischen dem Fußkontakt und dem Gewindekorb sind zwei Stromkreise, je samt Vorschaltwiderstand, der innerhalb des Gewindekorbes liegt, geschaltet: 1. Der Kreis des Lichtbogens, von *K* über 75 Ω zu *d* führend, während die Elektrode *d'* am Gewindekorb liegt. 2. Der Zündkreis, der von *K* über 6000 Ω zu *g*, dann zu den Zündelektroden *a*, *a'* aus Magnesium geht und an *bd'* anschließt. Der Rahmen *aza'* soll die Kugeln *p*, *p'* und die Drähte *t*, *t'*, an denen sie befestigt sind, unverrückbar in ihrer Lage gegenüber der Glasbirne halten.

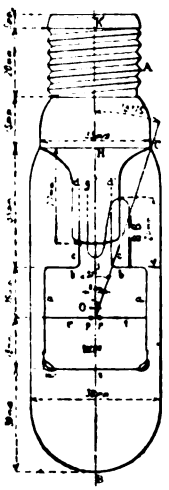


Abb. 1.

Die Inbetriebsetzung spielt sich in der folgenden Weise ab: Beim Anschluß an 220 V Wechselstrom erscheint zunächst eine kathodische Entladung zwischen den Zündelektroden *a* und *a'*, die die Entstehung des Lichtbogens zwischen den Elektroden *p*, *p'* erleichtert. Der Lichtbogen selbst nimmt nunmehr eine Spannung von 25 bis 26 V in Anspruch, 195 V herrschen an den Enden seines 75 ohmigen Vorschaltwiderstandes; im Augenblicke des Aufretens dieses Zustandes hört die Entladung an den Magnesiumelektroden auf. Die vom Beginn der Zündung an wachsende Stromstärke bringt die Elektroden in eine hohe Temperatur, bei der sich freie Elektronen des Metalls rasch von den Elektroden lösen und den Entladestrom verstärken bis schließlich der Lichtbogen auftritt. Die Kugelelektroden *p* und *p'* sind während einer Halbperiode abwechselnd Anode und Kathode. Das erhaltene Bogenlicht ist sehr weiß. Die Charakteristik des Wolfram-Lichtbogens, die Beziehung zwischen der Lichtbogenspannung oder der Spannung an *p*, *p'* und der Stromstärke wurde für die beiden Hauptzustände der Lampen aufgenommen, für das Zünden und für die darauffolgende Entwicklung des Lichtbogens; sie ist aus Tabelle I zu entnehmen:

Tabelle I.

1. Zustand	Spannung, V	100	97·5	100	102	103	104	104	96	82	77	76	69
	Stromstärke, A	0·1	0·15	0·175	0·2	0·225	0·25	0·325	0·333	0·366	0·4	0·425	0·45
2. Zustand	Spannung, V	68	63·5	61	56	52	48	45	42	37·5	35	32·5	28	26
	Stromstärke, A	0·466	0·5	0·55	0·6	0·65	0·75	0·825	0·935	1·075	1·20	1·35	1·7	2·025

Die Spannungsänderung von 100 auf 26 V ist dabei von Erscheinungen begleitet, die mit einer kirschroten gegen das hellgelb sich wandelnden Färbung der Kugeln *p*, *p'* beginnen, wie es auch ähnlich mit den Drähten *t*, *t'* der Fall ist; gleichzeitig werden die anfänglich um die Kugeln *p*, *p'* beobachtete Fluoreszenz und die violette Färbung der Glasbirne schwächer. Auf diese zwischen 100 bis 104 V (0·1 bis 0·325 A) vor sich gehenden Veränderungen reihen sich im Bereiche von 104 bis 69 V ein Zurückgehen der Kugeln *p*, *p'* und der Drähte *t*, *t'* auf hellrot und das Auftreten eines guten Lichtbogens. Von 69 gegen 26 V zu werden diese Erscheinungen immer ausgesprochener bei gleichzeitigem Verschwinden der Fluoreszenz der Birne und an den Kugeln *p*, *p'* bis zu 35 V. Die zum Entwurf der Lichtverteilungskurve erforderliche Bestimmung der Lichtstärken in den verschiedenen Richtungen einer Meridianebene wurde mittels eines Lummer-Brodhunphotometers meist aber durch Messungen vermittels des Luxmeters vorgenommen; Meridanebene war bei frei herabhängender Lampe die Ebene senkrecht auf dem Rahmen *atz*, Vergleichslampe eine Gasfüllungslampe, die an 110 V eine Horizontalintensität von 26·85 bougies décimales (b. d.) oder 30·34 HK zeigte, 121 cm und 79 cm, die Abstände der Wolframbogen- bezw. der Gasfüllungslampe vom Photometerschirm, ergaben die Horizontallichtstärke von 63 b. d. mit 0·4 vH Fehler bei einer Ablesegenauigkeit der erwähnten Entfernungen von 0·2 vH. Ferner stellte sich die Vertikalintensität in der Richtung *OB* mit 56·2 b. d., in der Richtung *OH* mit 7 b. d. heraus. Alle übrigen Intensitätsmessungen erfolgten mit Hilfe des Luxmeters, das sich dabei in einer vom Lichtpunkt um $h = 0{\cdot}75$ m senkrecht abstehenden Horizontalebene und zwar noch im Abstande *D* vom Fußpunkt der Lampenachse auf dieser Horizontalebene befand. Es gelten die Beziehungen

$$E = \frac{I}{A}, \quad I = AE, \quad \left(A = \frac{(D^2 + h^2)^{3/2}}{h}\right),$$

die der Tabelle II über die Beleuchtungs- und Lichtstärken zugrundeliegen; *a* ist hier der Winkel der Meßrichtung mit der Horizontalen.

Tabelle II.

α in Graden	D in m	A	E über dem Horizont lx	E unter d. Horizont lx	I = A . E über dem Horizont bd	I = A . E unter d. Horizont bd
0	Horizont	—	—	—	63	63
15	2·800	32·440	1·95	1·95	63·5	63
20	2·060	14·050	4·60	4·55	64	64
30	1·299	4·500	14·75	14·45	66	65
40	0·894	2·120	32·50	31·25	69	66·25
45	0·750	1·590	45·25	42·75	72	68
50	0·629	1·250	58·25	55·20	73	69
60	0·433	0·866	85	80·33	73·6	69·50
70	0·273	0·678	106	91·50	72	62
75	0·201	0·624	110·33	40	69	25
80	0·132	0·589	110·33	22	65	13
90 (Vertikal)	0	0·562	100	12·50	56·2	7

Aus diesen Werten ergaben sich die mittleren sphärischen Lichtstärken für den gesamten, den unteren und den oberen Halbraum zu:

$$I_O = 65 \text{ bd}, \quad I_U = 67{\cdot}13 \text{ bd}, \quad I_{\bigcirc} = 62{\cdot}88 \text{ bd}.$$

Die unter Benützung der Tabellenwerte verzeichnete Lichtverteilungskurve und das aus dieser konstruierte Rousseausche Lichtstromdiagramm kennzeichnen die Lichtquelle als eine nahezu punktförmige, was ganz besonders gut aus den Horizontalbeleuchtungskurven für eine Ebene oberhalb und unterhalb des Lichtbogens in jedem Abstande von 0·75 m hervorgeht, wenn man die einer wirklichen punktförmigen Lichtquelle entsprechenden Beleuchtungskurven für diese Ebenen zum Vergleich heranzieht. Der spezifische Effektverbrauch je b. d. sphärisch beträgt $26 \times 2{\cdot}025/65 = 0{\cdot}8$ kW/b. d., die erforderliche Spannung ist 220 V.

O—k.

(Revue générale de l'Electricité, Bd. 20, Nr. 16, 1926.)

Eine neue Methode zur Bestimmung der Blendung. Von Dr. Couvreux. Blendung ist eine Empfindung und als solche wie jede andere Empfindung nicht genau definierbar; man kann höchstens sagen, daß die

Digitized by Google

Empfindung unangenehm sei. Die Ursachen dieser Empfindung, die häufig mit undeutlichem Sehen verbunden ist, liegen in einer fehlerhaften Verteilung von Leuchtdichten oder in zu hohen Leuchtdichten innerhalb des Sehfeldes. Es gibt zwei Arten von Blendungen, deren erste als Blendung, bewirkt durch unzureichende Adaption, bezeichnet werden kann und beim Übergang von dunkler zu heller Umgebung, sowie umgekehrt, eintritt. Dabei verengt oder erweitert sich die Iris, das Pigment steigt aus dem Epithel zwischen den Stäbchen und Zapfen auf oder umgekehrt: das aufsteigende Pigment vermindert zwar die dem Lichte zugänglichen Flächen der Stäbchen und Zapfen, vermindert daher die Empfindlichkeit des Auges, führt ihnen aber Nährstoff zu, der kräftigeres Funktionieren bewirkt. Nutting fand zwischen der Empfindungsschwelle T und der Leuchtdichte B, an welche das Auge adaptiert ist, die Beziehung:

$$2{\cdot}4 \log T - 1{\cdot}8 \log B + 4{\cdot}32 = 0.$$

B und T sind in Millilambert ausgedrückt und B liegt zwischen 10^{-6} und 100. Diese Gleichung ist anwendbar auf den praktischen Fall eines Auges, das beim Arbeiten zwischen hellen und zu dunklen Stellen wandert, wobei die Iris ermüdet, Blendung eintritt. Versuche von Couvreux stellten fest, daß nach etwa zehnmaligem raschen Wechsel des Blickes zwischen Flächen von 20 ml und 0 ml die Reaktion der Iris 15 sec benötigte, was deutliches Sehen ganz unmöglich macht.

Während nun die besprochene Blendung nach vollzogener Adaption verschwindet, hat die eigentliche Blendung dauernden Charakter. Es ist die schmerzhafte Empfindung vermöge zu großer Leuchtdichte im Sehfelde noch zu begreifen, nicht aber warum der ganze Sehapparat nicht normal funktioniert, so daß man über diesen letzten Punkt nur durch Hypothesen wegkommen kann. Es wäre möglich, daß die lichtbrechenden Mittel des Auges leicht lichtzerstreuend und fluoreszierend wirken, wodurch ein Schleier über der Netzhaut entsteht: die Stäbchen phosphoreszieren wegen des in ihnen enthaltenen Sehpurpurs, also gleichfalls eine Schleierwirkung; zu starke Einwirkung bringt nahe der Netzhaut ein Zerflattern der physiologischen und daher auch der psychologischen Wirkungen hervor. Ob diese Hypothesen Berechtigung haben ist nicht sicher, dagegen sehr wohl die Tatsache, daß das Sehen von einer Blendung begleitet ist, die wenn auch noch so schwach, niemals mit der Zeit ganz verschwinden kann. Über diesen kontinuierlichen Charakter der Blendung herrscht kein Zweifel. Es lassen sich deshalb Änderungen der Blendung nur durch Änderungen der Sehfähigkeit bewerten, welch letztere von drei Eigenschaften abhängen kann: Wahrnehmungsvermögen für Leuchtdichtenunterschiede, Fähigkeit Formen und Fähigkeit Farben wahrzunehmen.

Das Wahrnehmungsvermögen für Leuchtdichtenunterschiede ist am leichtesten zu messen und zwar durch den Ausdruck $E_1/(E_1 - E_0)$, dem Sichtbarkeitsfaktor V, wenn E_1 und E_0 die Leuchtdichten des betrachteten Gegenstandes und des Hintergrundes bezeichnen. Jener Wert P dieses Bruches, der dem Schwellenwert der Leuchtdichtendifferenz entspricht, der Koeffizient der Wahrnehmungsfähigkeit, hat für Leuchtdichten zwischen 1 Millilambert und 1 Lambert den runden Wert 150 und nimmt außerhalb dieses Leuchtdichtenbereiches rasch ab. Für die Arbeit soll dieser Koeffizient nicht Werte unter 10 haben, ferner beträgt er beim monokularen Sehen die Hälfte seines Betrages für binokulares Sehen.

Das Formenunterscheidungsvermögen wird durch den Grad der Sehschärfe gemessen, wächst von 0 bis 1, wenn die Leuchtdichte des Hintergrundes von 0 bis 1 Millilambert zunimmt und bleibt für größere Leuchtdichten ziemlich konstant, während gleichzeitig der Koeffizient der Wahrnehmungsfähigkeit abnimmt: dieser Koeffizient und die Sehschärfe verhalten sich demnach in dem praktisch vorkommenden Leuchtdichtenbereich umgekehrt, die Sehfähigkeit erscheint daher als Funktion beider Größen. Die Deutlichkeit der Formenunterscheidung nimmt ab, die Blendung zu, wenn die Irradiation zunimmt, der Koeffizient der Wahrnehmungsfähigkeit abnimmt, oder positive Nachbilder auftreten.

Die Irradiation gibt unter sonst gleichen Bedingungen ein richtigeres Maß für die Blendung ab, als die Sehschärfe; es werden zum Beispiel zwei parallele schwarze Striche mit einem weißen Streifen von 0·5 Winkelminuten dazwischen infolge der Irradiation noch als getrennt gesehen, obwohl der weiße Streifen auf schwarzem Grunde allein nicht mehr sichtbar sein würde und das Umgekehrte ist der Fall, wenn zwei parallele weiße Streifen auf schwarzem Grunde durch einen schwarzen Streifen von 1 Winkelminute getrennt sind. Durch die Irradiation tritt immer eine scheinbare Veränderung der Umrißlinie ein, insbesondere wird ein schwarzer Fleck von Kreisform mit dem scheinbaren Halbmesser A für das Auge verschwinden, sobald

$$A < 10{\cdot}7 \log B - 2{\cdot}07 \log P - 37{\cdot}4,$$

wie Luckiesh und Holladay fanden; A ist in Winkelminuten ausgedrückt gedacht, B und E, die Leuchtdichten des Kreisfleckes und seiner Umgebung, wären in Millilambert (ml) einzusetzen und die Formel ist zutreffend für $E = 0{\cdot}1$ bis 1000 ml, $B = 30$ bis 6000 ml, wo dann $A =$ 1 bis 12 Minuten sich einstellt. Ein Beispiel: Weißes Glanzpapier von $E = 10$ ml enthalte schwarze Buchstaben und das von der Papierfläche reflektierte Bild der Lichtquelle besitze die Leuchtdichte $B = 2000$ ml, dann können in dem durch die Reflexion entstandenen Lichtflecke Buchstaben nur dann sichtbar werden, wenn ihr scheinbarer Durchmesser

$$A > 10{\cdot}7 \log 2000 - 2{\cdot}07 \log 10 - 37{\cdot}4 \cong 6{\cdot}5 \text{ Winkelminuten.}$$

Ferner existiert eine Abhängigkeit der Irradiation vom Sichtbarkeitsfaktor V, da nämlich

$$V < [M(d - 0{\cdot}5)]^{0{\cdot}4}$$

die Bedingung für das Unsichtbarwerden eines Gegenstandes von d Winkelminuten Durchmesser auf einem viel helleren Grunde von der Leuchtdichte B darstellt; die Grenzen der vorkommenden Größen sind zu entnehmen aus: $d = 0{\cdot}75$ bis 12, $B = 1$ bis 400; $M = 40$ bis 50 je nach der Form des Objektes. Es sei zum Beispiel ein Strich von 10 ml auf einem Grunde von 11 ml vorhanden; man hat dann $V = 10/(11 - 10) = 10$, ein Wert der weit unter dem Koeffizienten der Wahrnehmungsfähigkeit 150 liegt, und der Strich wird gerade erst sichtbar, falls $10 < [45\ (d - 0{\cdot}5)]^{0{\cdot}4}$ oder $d > 7{\cdot}6$ Winkelminuten. Weiters wurde durch amerikanische Versuche gefunden, daß die Irradiation einer Lichtquelle äquivalent ist einer Vergrößerung des Sichtbarkeitsfaktors V um E/D^2 ml, wenn E die Beleuchtungsstärke auf der Pupille in Lux bedeutet und D in Winkelgraden die Neigung der Verbindungslinie Objekt — Auge zur Augenachse angibt. So gibt zum Beispiel eine Lichtquelle von der Intensität 200 K in 0·5 m Entfernung vom Auge eine Vergrößerung von V um $200/0{\cdot}5^2 \cdot 10 = 8$, $D = 10^0$. Diese Vermehrung von V ist für $D = 30^0$ schon vernachlässigbar, beträgt bei einer Lichtquelle von 900 K in 1 m Entfernung vom Auge nur noch 1. Bei mehreren Lichtquellen verhält es sich so, wie wenn jede einzelne unabhängig von den anderen zur Vergrößerung von V beitragen würde. Mehrere Lichtquellen im Sehfelde setzen ferner die Empfindlichkeit des Auges für Leuchtdichtenunterschiede oder den Koeffizienten der Wahrnehmungsfähigkeit herab, worüber aber wenig Bestimmtes näher bekannt ist. Bordonis Untersuchungen ergaben lediglich ein Sinken dieses Koeffizienten unter den Wert 10 für eine punktförmige Lichtquelle in der Nähe der Augenachse, wenn die Beleuchtungsstärke auf der Pupille der mittleren Beleuchtungsstärke, auf welche das Auge adaptiert ist, gleichkommt; mit $D =$ rund 30^0 verschwindet dieser Einfluß. Ferner setzen leuchtende

Digitized by Google

Flächen mit über 4° an scheinbarem Durchmesser bei gleicher Leuchtdichte die vorgenannte Empfindlichkeit umsomehr herab, je größer sie sind. Einen beträchtlichen Einfluß auf die Deutlichkeit des Sehens haben die positiven Nachbilder. Entstehen sie in der Netzhautgrube oder ist das Auge direkt auf die Lichtquelle gerichtet, so wird die Deutlichkeit des Sehens gänzlich unterbunden, die Blendung ist vollständig; bilden sie sich auf den peripherischen Stellen der Netzhaut aus, so lenken sie von der Arbeit ab, da das Auge sich der Störung des Sehens zu entziehen sucht. Bekanntlich dauert jedes positive Nachbild eine Zeit lang an, verändert hiebei seine Farbe, erscheint und verschwindet mehrmals hintereinander und verschwindet gänzlich in der zur Objektfarbe komplementären Farbe. Jene kleinste Leuchtdichte B (in ml), die ein Objekt haben müßte, um bei der Adaptionsleuchtdichte E (in ml) nach einer Expositionszeit des Auges von 4 sec ein Nachbild hervorzurufen, ist aus der Formel $E = (B/1480)^4$ zu entnehmen, und zwar für $E = 0{\cdot}075$ bis 2. Die Zeitdauer eines Nachbildes befolgt die Gleichung:

$$\log t = 1{\cdot}1 \log B - 0{\cdot}31 \log E - 3{\cdot}08;$$

t in Sekunden, $E = 0{\cdot}06$ bis 100, $B = 675$ bis 53 000. Ferner tritt vollständige Unterbrechung der Deutlichkeit des Sehens ein für $\log B > 3{\cdot}3 + 0{\cdot}3 \log E$; $E = 0{\cdot}1$ bis 100 ml. Der Vorschlag von D. Couvreux geht nun von der Ansicht aus, daß Methoden zur Prüfung der Blendung jedenfalls nicht auf die Messung des Pupillendurchmessers gegründet werden können; die Größe dieses Durchmessers hängt nämlich nicht nur mit der Änderung der Lichtwirkung des leuchtenden Objektes, sondern auch mit nicht eliminierbaren Umständen wie dem Akkomodationszustand, der Erregbarkeit und Euphorie der Person zusammen. Überdies erreicht der Pupillendurchmesser für Adaptionsleuchtdichten von 1 bis 2 ml fast seinen kleinsten Wert; größere Leuchtdichten haben kaum meßbare Änderungen des erwähnten Durchmessers zufolge. Dagegen wird eine wesentliche Abhängigkeit der Unterscheidungs- bezw. Sehgeschwindigkeit von dem Grade der Blendung vermutet. Die Untersuchungen von Hoorweg, Weiß und Lapicque haben das Vorhandensein einer physiologischen Zeit, Bourguignon hat die Benützung dieser Zeit zur Beurteilung der Ermüdung gelehrt. Blondel, Pierron und Rey wiesen nach, daß es im Besonderen eine physiologische Zeit für das Sehen gebe, die wahrscheinlich für den Zustand des Sehapparates sehr wesentlich sei und darin liegt ihr Wert für ihre Eignung zur Prüfung der Blendung. To.

(Bull. Soc. Franç. El., Bd. VI, Nr. 60. 1926.)

Die Deutsche Leuchtmittelindustrie im Jahre 1925. Wie die ETZ berichtet, sind im Jahre 1925 rund 78 Mill. Metalldrahtlampen und Nernstlampen (71·5 Mill. i. J. 1924) hergestellt und rund 29 Mill. (29·8) davon ausgeführt worden, ferner wurden 1900 Quecksilberdampflampen und dergleichen hergestellt (4200), 777 447 kg (715 806) Brennstifte, wovon 602 032 kg (549 265) ausgeführt wurden. Schließlich betrug die Erzeugung an Gasglühkörpern 51·7 (45·7) Mill. Stück. Kohlefaden- und Metalldrahtlampen bis zu 20 V und 15 W sind in den ersten Zahlen als nicht steuerpflichtig nicht berücksichtigt. Die Einfuhr ist gegen 1924 gefallen und belanglos. Von den 92 Betrieben der Leuchtmittelindustrie (71 erzeugen steuerpflichtige, 15 steuerfreie Leuchtmittel und 6 waren nicht in Tätigkeit) entfielen 48 auf Bezirke des Landesfinanzamtes Berlin, wo 88 vH aller nachgewiesenen Metalldrahtlampen und 91 vH der Gasglühkörper hergestellt wurden. Der Reinertrag der Leuchtmittelsteuer war 8 Mill. Mk. (6·8 i. Vj.) oder 13 Pf. (11 Pf.) je Kopf der Bevölkerung. Etwa 90 vH der Steuer entfallen auf Metalldrahtlampen und Nernstbrenner.

Literaturbericht.

2591 **Photometry.** Von John W. T. Walsh, London, Constable & Co. Ltd., 1926.

Dieses Werk beschränkt sich nur auf die praktische Photometrie und hat mit den eigentlichen Beleuchtungsaufgaben nichts zu tun; dafür gibt es die Entwicklung der Instrumente und Methoden sehr ausführlich wieder, und zwar mit besonderer Berücksichtigung der letzten 15 Jahre. Es liefert so eine Ergänzung zu den wenigen guten Büchern über praktische Photometrie, insbesondere zu dem 1907 erschienenen klassischen gleichnamigen Werke Dr. Liebenthals; eine umso notwendigere Ergänzung, als ja die physikalischen Methoden der Photometrie, die verschiedenen Beleuchtungsmesser, erst in den letzten 20 Jahren aufkommend, bereits eine wichtige Rolle in der Praxis spielen.

Der ganze Stoff ist in 16 Kapiteln behandelt, von denen das erste einen historischen Rückblick und auch einen Ausblick auf die zukünftigen Aufgaben, wie die Steigerung der Meßgenauigkeit und die Vereinfachung tragbarer Lichtmesser bringt. Kapitel 2 über die Strahlung und Kapitel 3 über das Auge und das Sehen enthalten in kurzer Form das Notwendigste an Theorie zur Bequemlichkeit des aufmerksamen Lesers, der sich sonst die Theorie aus verschiedenen anderen Büchern und Abhandlungen zusammensuchen müßte. Die Einheitslampen und Zwischenlichtquellen sind im Kapitel 5 zusammengestellt, ihm gehen die Grundlagen der Photometrie voraus. Diesen vorbereitenden Abschnitten schließen sich solche über einzelne photometrische Probleme an. Das letzte Kapitel ist dem photometrischen Laboratorium gewidmet. Im Anhang sind außer einer Liste von Büchern über Photometrie Ergänzungen zu einigen Stellen des Werkes enthalten, darunter auch eine Zusammenstellung der Symbole und Definitionen der photometrischen Größen. Ein Sachregister beschließt das Buch. Ausführliche literarische Angaben, erscheinen immer am Schlusse eines jeden Buchabschnittes. Bezüglich der 303 Abbildungen im Texte (von Frederick G. H. Lewis geliefert) ist — abgesehen von ihrer Deutlichkeit — noch hervorzuheben, daß bei vielen Konstruktionszeichnungen von Instrumenten der beigefügte Maßstab rasch eine Vorstellung von deren wirklicher Größe zu geben vermag. Die englische, ausgesprochen gegenständliche Art der Darstellung kommt dem vorliegenden praktischen Thema sehr zugute, selbst in den theoretischen Teilen. J. Ondracek.

Vortrag.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft
(Wien, VI., Theobaldgasse 12) und

Österreichischer Automobiltechnischer Verein
(Wien, IX., Severingasse 7).

Montag, den 28. März d. J., um 3/4 6 Uhr abends, im Österr. Museum für Kunst und Industrie, Wien, I., Wollzeile 41, Vortrag des Herrn Ing. Hanns Koch, Wien, über: **„Neuzeitige Automobilbeleuchtung".** (Mit Lichtbildern und Vorführungen.)

Inhaltsangabe: Chronologische Entwicklung der Automobilbeleuchtung. Beschreibung der Bilux-Lampe. Deren Nah- und Fernwirkung. Blendungsfrage. Scheinwerfertypen. Statistik.

Der I. Schriftführer:
J. Ondracek e. h.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"

ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

Heft 5 **24. April 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Lichtarchitektur. Von J. Teichmüller, Karlsruhe. S. 49. (Schluß.) / Neuzeitliche Armaturen Von Dr. F. Schuster, Berlin. S. 55. / RUNDSCHAU. S. 57. / LITERATURBERICHT. S. 59. Österreichische Lichttechnische Gesellschaft. S. 60.

Lichtarchitektur.

Von J. **Teichmüller**, Karlsruhe.

(Schluß aus Heft 4, Seite 37.)

IV.

Erkennt man, daß das Licht der Glühlampe in der Kassette durch regelmäßig in gleicher Weise wiederholte Betonung von vorspringenden und zurücktretenden Teilen in der Kassette für sich raumgestaltend wirkt, so wird man diese Fähigkeit des Lichtes gern in umfassenderem Sinne und in größeren Beispielen benützen. Ein vortreffliches Beispiel liefern zwei vom Architekten K. H. Tischer gebaute Gesellschaftsräume, die ich in Abb. 17 in einer Zeichnung zeigen kann. Die Decke des unteren der beiden Räume, die an der einen Seite in einen durch beide Stockwerke hindurchgehenden Raum zusammengefaßt sind, wird nach dieser Seite hin in Form einer umgekehrten Pyramide nach unten gezogen und diese Pyramide von der Deckenbeleuchtung des Raumes auf der einen Seite, von

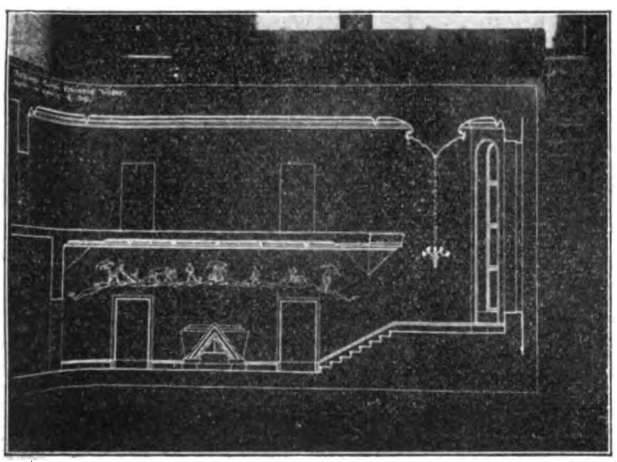


Abb. 17.

dem lang herabhängenden Kronleuchter auf der anderen Seite beleuchtet. Beide Räume, der untere und der durch beide Stockwerke hindurchgehende Vorraum, werden dadurch je für sich abgeschlossen. Wir werden bei diesen Betrachtungen daran erinnert, wie sehr, was übrigens dem Raumkünstler längst bekannt ist, schon der Anstrich eines Raumes raumgestaltend wirkt. Striche in wagrechter Richtung verkürzen die Höhe, in senkrechter Richtung dehnen sie die Höhe und verhüllen Ecken im Raum. Auch dies kann man zur Lichtarchitektur rechnen.

Daß und wie Gestalten und Beleuchten für den Architekten eine Einheit sein muß, haben wir im Vorangegangenen an Beispielen gesehen, in denen der Architekt als Künstler wirkt. Es wird aber auch an Beispielen deutlich werden, wo er mehr als Bautechniker zu wirken hat. Das interessanteste und wichtigste Beispiel hierfür ist wohl die Treppe, wichtig insofern, als eine durch schlechte Gestaltung und Beleuchtung hervorgerufene schlechte Begehbarkeit der Treppe zu Unfällen Anlaß geben kann. Dieser Wichtigkeit mir bewußt, lag es mir am Herzen, in der lichttechnischen Ausstellung in der Gesolei gut und schlecht gestaltete und beleuchtete Treppen nebeneinander zu zeigen. Von den beiden Bildern (Abb. 18 und 19), die die vier Treppen (wegen der Schwierigkeit der Photographierung leider nur unvollkommen) wiedergeben, will ich nur das Wichtigste hervorheben.[7]) Die Treppen steigen in elf Stufen zu einem Podest und von da in acht Stufen in das obere Stockwerk. Die Form der Stufen ist bei allen Treppen dieselbe. Ihre Gestaltung ist — abgesehen von der Decke — nur verschieden durch Anstrich und Belag der Stufen und durch Anstrich und Formgebung der Fußleisten. Bei der besten Treppe, der zweiten in Abb. 18, sind die Fußleisten nach oben durch gerade Linien begrenzt, die mit der Neigung der Treppe schräg abfallen und nur auf dem Podest durch eine horizontale Linie unterbrochen werden; sie sind weiß angestrichen, während die Treppenstufen schwarz gestrichen sind. Die „Stufigkeit" der Treppe, wie man wohl sagen darf, ist für den Hinabschreitenden scharf zu erkennen, weil die Stufen gegen die Fußleisten stark kontrastieren und sich dadurch in der perspektivischen Verkürzung gegeneinander deutlich abheben; ein hellbrauner Linoleumläufer, dessen Teile auf den einzelnen Stufen sich in derselben Weise scharf von einander abheben, unterstützt diese Wirkung. Bei zwei anderen Treppen, nämlich den beiden ersten in Abb. 18 und 19, machen die Fußleisten den Rhythmus der Stufen mit, bei der erstgenannten sozusagen gleichphasig, bei der zweitgenannten in einer Phasenverschiebung von 180°. Beides ist nicht günstig, besonders im zweiten Falle, wo durch gleichen Anstrich der Fußleisten und der Stufen der vorhin als fördernd empfundene Kontrast aufgehoben wird. Ganz schlecht ist die vierte Treppe, die zweite von Abb. 19. Hier überspannen die Stücke der Fußleiste immer drei Stufen und der Kontrast zwischen Stufe und Leiste ist ebenfalls (entgegen dem Eindruck vom Bilde) durch gleichen Anstrich verschwindend klein. Wird schon hierdurch die Treppe

[7]) Wie mir später von befreundeter Seite mitgeteilt worden ist, soll schon Goethe ähnliche Gedanken über die Gestaltung der Treppe geäußert haben. Eine Literaturstelle darüber konnte mir leider nicht angegeben werden. Ich würde für Mitteilung einer solchen sehr dankbar sein.

Digitized by Google

sehr schlecht begehbar, so wird sie gefährlich dadurch, daß die unteren elf Stufen mit ihren Fußleisten dunkelgrün gestrichen, die oberen acht Stufen dagegen mit rotem Linoleum belegt und die Fußleisten entsprechend

Abb. 18.

gestrichen sind; in gleicher Breite ist nun noch das Podest mit rotem Linoleum belegt, sodaß hier eine Stufe vorgetäuscht wird. Eine schlechte, blendende Beleuchtung tut das ihre, und es sind wenige Besucher, die die Treppen hinabgegangen sind, ohne an dieser Stelle zu straucheln oder zum mindesten zu stutzen.[5])

[5]) Dieses Beispiel einer schlecht gestalteten und beleuchteten Treppe scheint übertrieben unsinnig zu sein. Die Anregung dazu habe ich aber aus einer Treppe eines großen preußischen Bahnhofs entnommen, die die Unterführung mit dem Bahnsteig verbindet. Leider bieten die Bahnhöfe viele Beispiele schlechter Beleuchtung, während doch gerade hier alles getan werden sollte, den Verkehr gefahrlos zu gestalten und zu erleichtern.

V.

Eine dritte Entwicklungslinie zur Lichtarchitektur beginnt mit der ganzindirekten Beleuchtung. Bekanntlich war diese eine Zeit lang das Lieblingskind der Beleuchtungstechniker. Man glaubte damit das Beste erreichen zu können, was bei der Aufgabe, einen Raum, etwa einen Konstruktionssaal, gut zu beleuchten, überhaupt erreichbar wäre; und viele Konstrukteure beschäftigten sich mit der Ausbildung von Geleuchten für ganz-indirekte Beleuchtung. Jetzt denken wir anders; wir

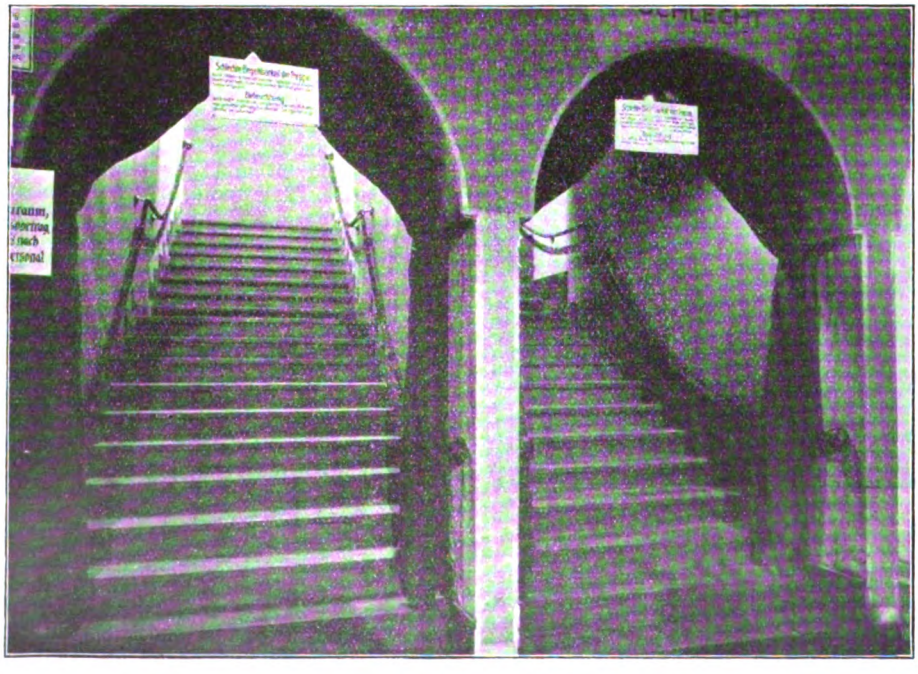


Abb. 19.

Digitized by Google

wissen, daß diese schattenlose ganzindirekte Beleuchtung keine Beleuchtung liefert, in der das „Licht als Werkzeug" gut zur Geltung käme. Dagegen hat sich die ganzindirekte Beleuchtung als Stimmungsbeleuchtung durchgesetzt, und zwar in der Form der Voutenbeleuchtung, wie wir sie heute in vornehmen Restaurationsräumen finden, und wie ich sie in meiner Aus-

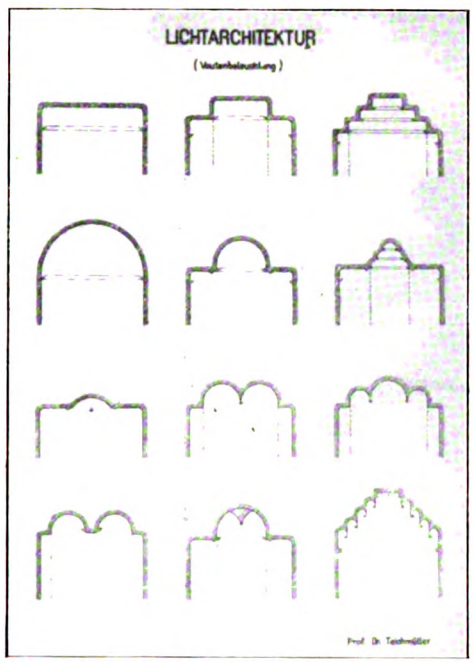


Abb. 20. *a* bis *c*

Abb. 21. *a* bis *c*

Abb. 22. *a* bis *f*

stellung in Düsseldorf in einem Musikzimmer gezeigt hatte.

Zahlreiche Beleuchtungsanlagen, die feinfühlige Baukünstler in den letzten Jahren geschaffen haben, lassen sich als Abarten dieser einfachen Voutenbeleuchtung erkennen; und man kann leicht eine Stufenfolge in der Entwicklung dieser Beleuchtung finden: Von der einfachen soeben gezeigten Art, die in Abb. 20 *a* schematisch dargestellt ist, kommt man über die von Abb. 20 *b* zu der in Abb. 20 *c* ebenso schematisch dargestellten Form. Hierbei kann man sich den Grundriß rechteckig oder auch rund denken, und im ersten Falle die Vouten an allen Seiten oder vielleicht nur, wenn der Raum lang ist, an den Längsseiten. Bei kreisrunden oder ovalen Grundrissen wird man die Decke gern kuppelförmig halten (siehe Abb. 21 *a*). Ein grandioses Beispiel für einen Raum mit kreisrundem Grundriß bietet die große Rheinhalle von Kreis in Düsseldorf, die bekanntlich auch als Planetarium benützt wird (Abb. 23). Hier kommt die Voutenbeleuchtung in ihrer ganzen Schönheit, allerdings auch in ihren unvermeidlichen Mängeln zur Geltung. Die Kuppel kann man nur einen Teil der Decke einnehmen lassen, und man kann sie auch vermehrfachen. Es kommt dann zu Abb. 21 *b* und 21 *c*. Kehrt man zum einfachen Geleucht für ganz indirekte Beleuchtung zurück, so kann man es zur lichtarchitektonischen Gestaltung benützen, indem man es vom Zenit einer kuppelförmigen Aussparung in der Decke herabhängen läßt, die nun allein grell beleuchtet ist und ihr Licht durch Reflexion nach unten abgibt. Das ist in Abb. 22 *a* skizziert. Von hier aus entwickeln sich die Formen 22 *b* bis *e*. Man wird hierbei die Grundrisse zunächst wohl kreisförmig annehmen, kann sie sich aber auch quadratisch oder rechteckig und auch sehr langgestreckt denken, wobei dann die Vouten wiederum in der Richtung der Längsachse des Raumes verlaufen. Beispiele für die in den Abb. 20 bis 22 schematisch angegebenen Beleuchtungsarten können in neuen Bauten ziemlich viele gefunden werden. Leider ist es nicht möglich hier Abbildungen davon aufzunehmen. Ein Beispiel für den Typus von 22 *c* bietet uns der in Abb. 4 abgebildete Raum, in der die durch Lichtarchitektur gebildeten Säulenkapitäle gezeigt werden sollten. Die Voutenbeleuchtung ist in der Abbildung nicht eingeschaltet. Für Abb. 22 *d* können wir ein Beispiel in dem Tischerschen, durch zwei Stockwerke gehenden Vorraum, Abb. 17 erkennen; und für 22 *e* hat Kreis in dem Kuppelraum am Eingange zur Kunsthalle in Düsseldorf ein herrliches Beispiel geschaffen, (das sich leider nicht photographieren ließ).

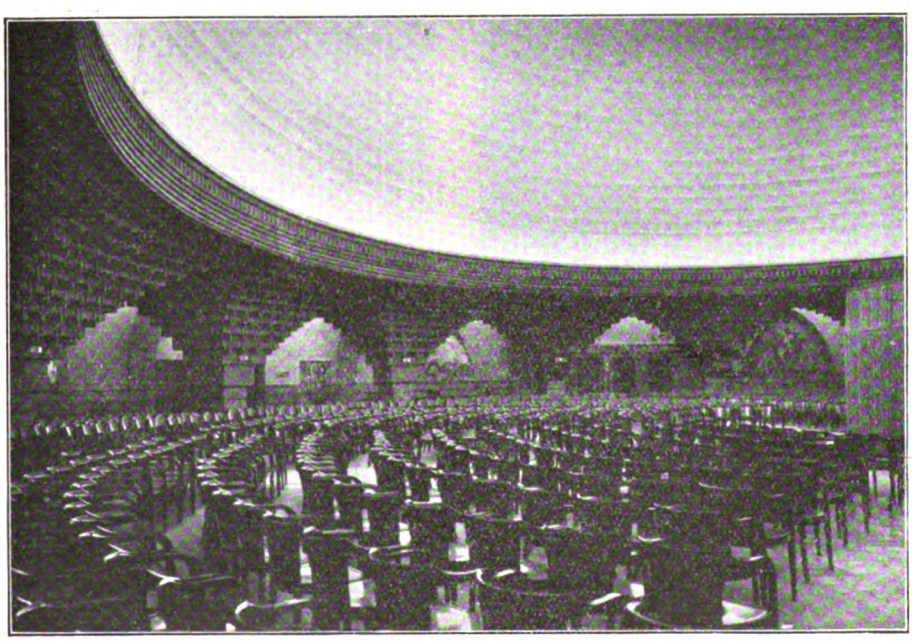


Abb. 23.

Jeder, der diese Abbildungen gefühlvoll betrachtet hat, wird empfinden, daß der Künstler mit dieser Art der Beleuchtung ein wundervolles Mittel zur Raumgestaltung in Händen hat. In dem Beispiel von Abb. 17 hat es Tischer durch geschickt entworfene Kurven von der Voute bis zu dem die Vorraumdecke abschließen-

Digitized by Google

den Gesims verstanden, den Vorraum auch hierdurch in ausgezeichneter Weise von den anderen Räumen abzutrennen. Auch die Lichtgebung in Abstufungen von größter bis zu geringer Helligkeit in den einzelnen, durch das Voutenlicht beleuchteten Teilen kann eine unerwartet schöne Wirkung hervorgerufen werden. Ähnlich überraschend wirkt es, wenn nur eine oder einige von den kreisförmigen Vouten eingeschaltet sind. Ja, der phantasievolle Baukünstler, der sich der zahlreichen Mittel, die ihm das Licht durch Veränderung von Leuchtstärke und Farbe bietet, bewußt ist, wird besorgt sein müssen, seine Phantasie nicht ins Übermäßige ausarten zu lassen. Alle Möglichkeiten, durch Wechsel von Farbe und Leuchtstärke kräftige und berauschende Wirkungen zu erzielen, scheint mir K r e i s in seinem Rheingoldsaal in Düsseldorf bis zur Grenze des ästhetisch eben noch Zulässigen erschöpft zu haben: Die vergoldete Innenkuppel wird hauptsächlich durch den, auch zur Lichtarchitektur gehörenden Kronleuchter beleuchtet; die anschließenden, mit Gold und Silber bemalten Wölbungen werden durch Glühlampen, die hinter Muscheln verborgen sind und verschiedenfarbiges Licht geben, zum Leuchten in zauberhaftem Farbenspiel gebracht.

Aus der Voutenbeleuchtung sind auch Beleuch-

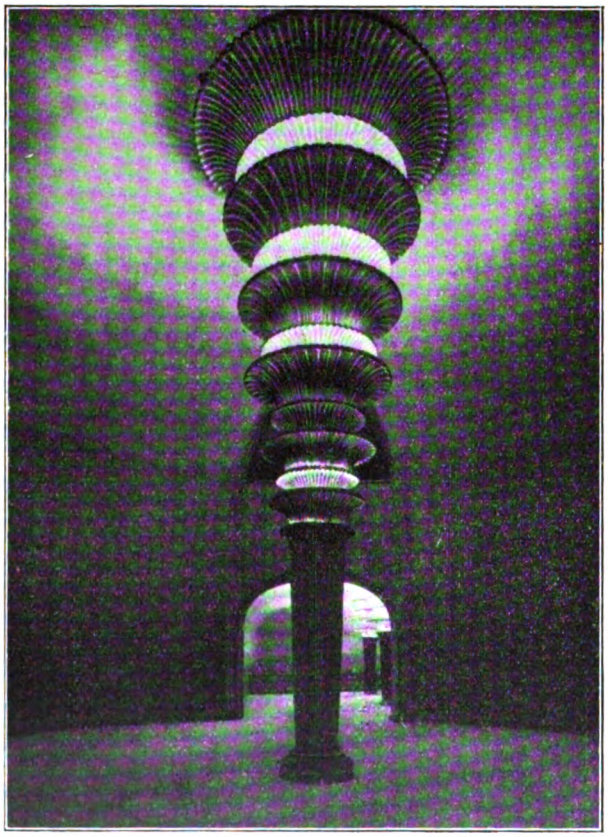


Abb. 24.

tungsarten entstanden, wie man sie neuerdings in Säulenkapitälen sieht. Ein sehr frühes und großartiges Beispiel bietet das Große Schauspielhaus in Berlin von P o e l z i g, von dem in Abb. 24 eine Säule abgebildet ist.

VI.

Es würde sich wohl verlohnen, in allen vorangegangenen Beispielen zu überlegen, wo und wieweit das Licht nur zur Beleuchtung erzeugt wurde, und wo andererseits die Leuchtung an sich schon lichtarchitektonische Wirkungen ausüben sollte, wo schließlich nur, oder in erster Linie, an die raumgestaltende Wirkung des Lichtes gedacht wurde. Zu diesen Wirkungen können wir jetzt eine weitere hinzufügen: Man will mit dem Licht malen. Das Malen mit dem Lichte wird sich hierbei von dem Malen mit Farbe dadurch unterscheiden, daß man im letzteren Falle Körper, nämlich Farben, von verschieden starkem und verschieden farbigem Reflexionsvermögen auf Oberflächen aufträgt und das in der Regel nicht besonders behandelte Licht veranlaßt, von diesen reflektiert zu werden. Bei der Lichtmalerei dagegen werden wir auf Körperoberflächen, also Innen- und Außenwände von Gebäuden, Licht auf gewisse Stellen so werfen, daß das reflektierte Licht an und für sich eine irgendwie malerische Wirkung ausübt. Hierbei kann die beleuchtete Oberfläche beliebig sein, sie kann aber auch etwa durch einen besonderen Anstrich für die beabsichtigte Wirkung vorbereitet sein. Dieser Anstrich wird aber nicht die Bedeutung des durch viele Kontraste gekennzeichneten Anstriches der eigentlichen Malerei haben.

Beispiele solcher Lichtmalerei fanden sich auf der Gesolei in Düsseldorf an verschiedenen Stellen, so in dem Gebäude der Vereinigten Konditoreien. An der Außenfassade dieses Gebäudes sah man merkwürdig nach unten verjüngte Pilaster mit ausgeprägten Kapitälen. In diesen Kapitälen saßen Glühlampen, die einen gewissen Bereich des Architravs bestrahlten und dadurch eine eigenartige Wirkung hervorriefen. In derselben Weise leuchteten im Innern dieses Hauses Glühlampen im Stuck der Säulen in Höhenmitte; die Lampen waren in den kleinen knaufartigen Vorsprüngen in etwa 2 m Höhe über dem Fußboden angebracht. Ein Anstrich unterstützte diese Leuchtwirkung weder drinnen noch draußen. In dem Rheinpalast dagegen, ebenfalls einem Gebäude der Gesolei, wurden nischenförmige Aussparungen der Fassade mitten über den Fenstern in ganz gleicher Weise durch verborgene Glühlampen beleuchtet, aber die Wirkung durch einen intensiv gelben Anstrich der Nische unterstützt. Die Leuchtung nimmt natürlich nach oben hin schnell ab. Einen gleichmäßig leuchtenden Flächenstreifen kann man durch Benützung einer nur sehr wenig geöffneten Voute erzielen, wobei man die Wirkung auch durch einen entsprechenden Anstrich verstärken kann. Das Licht einer solchen Voute zeigt Abb. 25, ein Stück meiner lichttechnischen Ausstellung auf der Gesolei. In hübscher Weise war in der Persilhalle von H e n k e l auf der Ausstellung ein solches leuchtendes Band um ein Portal gezogen.

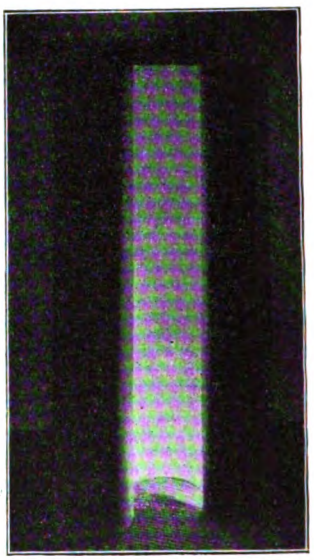


Abb. 25.

Auch mit dem Wechsel von Licht und Schlagschatten kann man in dieser Weise malen. Ein wahrscheinlich unfreiwilliges Beispiel bot sich in dem Gange einer Halle der Gesolei, der in Abb. 26 wiedergegeben ist. Die hochgehängten Glühlampen beleuchten die kabinenartig abgegrenzten Teile des Ganges und werfen ziemlich scharfe Schlagschatten auf die oberen Grenzwände der Kabinen. Wären die Geleuchte um die Glühlampen genau eingestellt gewesen, so würden die immer wiederkehrenden Schattenlinien eine hübsche Wirkung erzielt haben.

Mir schwebte seit längerer Zeit der Gedanke vor, die Möglichkeit, die uns das Licht, insbesondere auch durch die Bildprojektion bietet, zur ornamentalen Ausgestaltung von Räumen zu verwenden. Knüpfen wir an die in der Einleitung ausgesprochenen Gedanken an, so kann man nach der Betrachtungsart des Lichtingenieurs in absichtlich übertriebener Weise sagen, daß es ganz gleichgültig ist, ob die Ornamente eines Innenraumes, zum Beispiel eines Festsaales, körperlich gebildet sind,

Digitized by Google

oder in Farben gemalt oder ob sie schließlich lichtgemalt sind. Die Lichtmalerei hat aber zweifellos einen großen Vorzug, nämlich den, daß sie auf die einfachste Weise schnell geändert werden kann. So bietet sie uns ein Mittel, einen Festsaal, der heute für eine lustige, morgen für eine ernste, vielleicht eine Trauerfeier bestimmt ist, und in dem übermorgen eine politische Versammlung oder eine Gartenbauausstellung abgehalten werden soll, je nach der besonderen Veranstaltung stimmungsgemäß ornamental auszugestalten. Wände und Decke eines solchen Saales werden möglichst glatt und einfarbig hell angestrichen sein müssen, die Wände wenigstens bis zu einer gewissen Höhe herab. Diese Gedanken habe ich auf meiner lichttech-

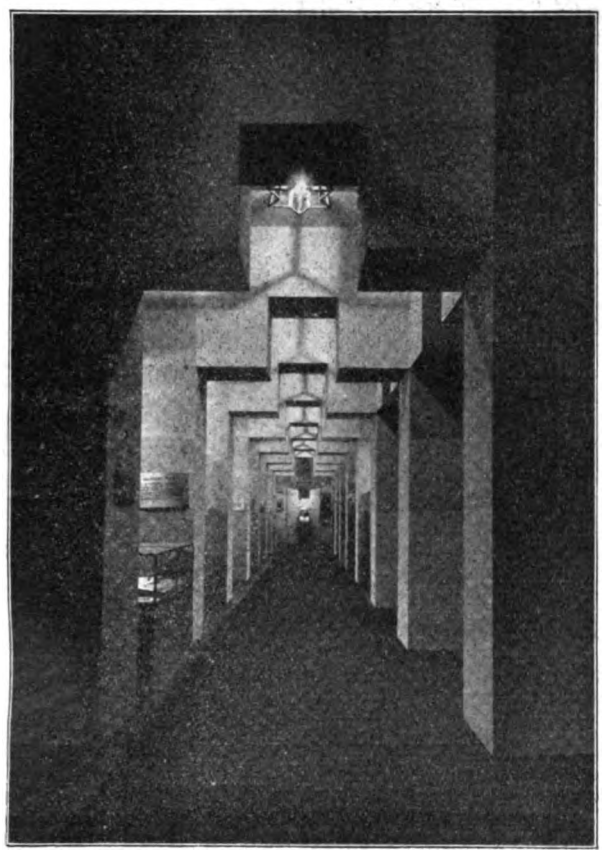


Abb. 26.

nischen Ausstellung auf der Gesolei verwirklicht, allerdings in einer noch recht unvollkommenen, aber immerhin doch das Grundsätzliche des Gedankens verdeutlichenden Form. Als Typus eines Festsaales ließ ich dort einen Kuppelraum von 11 m im Durchmesser bauen, der abgesehen von einer kräftigen Voute, welche Glühlampen zur farbigen Beleuchtung der Kuppel enthielt, nur glatte Wände hatte. In diesem Kuppelraum wurde in der Mitte ein Apparat aufgehängt, der gleichzeitig als tiefstrahlendes Geleucht und als Projektionsapparat zur ornamentalen Ausgestaltung der Kuppel diente. Den Apparat baute nach meinen Angaben die Firma Schwabe & Co., Berlin. Durch den Projektionsapparat konnte eine große Anzahl verschiedenartiger Lichtbilder in die Kuppel projiziert werden, wobei die Bilder durch einen Schnurzug von außen ausgewechselt wurden. Leider wurde meine Absicht nur unvollkommen erreicht, insofern, als die Kuppel nur zu ihrem kleineren Teile bemalt werden konnte und auch insofern die Bilder nicht allen künstlerischen Anforderungen genügten. Überraschend war es für mich, bei dieser Art der ornamentalen Lichtmalerei auch eine raumgestaltende Wirkung zu beobachten: bei vielen Lichtbildern — bei den einen weniger, bei den anderen mehr — schien es deutlich, als ob von den Grenzen des Lichtbildes an, sich eine zweite Kuppel von kleinerem Radius über der ersten erhöbe; Abb. 27. In einem anderen Raume meiner Ausstellung, einer Rotunde, in der in sieben Kabinen eine Skulptur in siebenmal verschiedener Beleuchtung gezeigt wurde, blieb über den Kabinen ein Fries von ungefähr 2 m Höhe. Auf diesen wurde durch sieben, an der gegenüberliegenden Wand dicht nebeneinander strahlenförmig aufgestellten Projektionsapparate sieben zeichnerische Bilder projiziert, und zwar mit einer Schärfe, daß sie auch bei Beleuchtung der Rotunde gut erkennbar waren. Auch diese Ausführung der Lichtmalerei oder Lichtornamentik will nur in ihrer grundsätzlichen Bedeutung als Beispiel gewertet sein. Setzt sich dieser Gedanke der ornamentalen Lichtmalerei durch, so öffnet sich ein neues, weites Feld für Lichttechnik und Lichtarchitektur.

VII.

Wenn ich am Eingange meines Vortrages eine Richtung der Lichtarchitektur so definiert hatte, daß mit dem Lichte, und nur mit ihm, besondere architektonische Wirkungen hervorgerufen werden, die gleichzeitig mit dem Lichte entstehen und verschwinden, so gehört ganz gewiß auch die Konturenleuchtung dazu, wie man sie bei festlichen Illuminationen findet, und wie man sie in ausgezeichneten Beispielen auf der Gesolei in Düsseldorf in der Konturenleuchtung der Rheinbrücke und der Hauptgebäude der Ausstellung sehen konnte. Außerdem muß man die Reklameleuchtung, wie sie sich in den Großstädten mehr und mehr ausbreitet, wenigstens zu einem Teile dazurechnen.

Ich erwähne diese Arten der Lichtarchitektur nur der Vollständigkeit wegen. Genauer auf sie einzugehen, muß ich mir, schon wegen der für einen Vortrag notwendigen zeitlichen Beschränkung, hier versagen.

Meine Herren! Habe ich schon in der Einleitung zu meinem Vortrage um Nachsicht bitten müssen, so muß ich es am Schlusse erst recht tun. Sie werden vielleicht das Gefühl haben, daß ich in meiner Einleitung mehr versprochen habe, als ich nachher gehalten habe. Die Architekten unter Ihnen werden wohl gar urteilen, daß ich mich zu weit und unvorsichtig in das architektonisch-ästhetische Gebiet hereingewagt hätte. Aber das glaube ich gezeigt zu haben, daß wir jetzt in einer Zeit unruhigen, tastenden Suchens nach neuen Ausdrucksformen in der Baukunst stehen, bei denen das Licht eine besonders wichtige Rolle spielt, eine viel wichtigere als in früheren Zeiten. Der Architekt ahnt, welche Mittel ihm die moderne Lichttechnik an die Hand gibt, um künstlerische Wirkungen hervorzurufen, fühlt, daß Gestaltung und (künstliche) Lichtgebung in viel weiterem Sinne als eine Einheit zu begreifen sind, als es früher der Fall sein konnte: und er schafft aus diesem, oft noch unklaren Gefühl heraus, unbekümmert um physikalische oder lichttechnische Gesetze, die Wirkungen rein gefühlsmäßig abschätzend. Aber er greift doch mit frischem Mute zu. Der Lichttechniker steht diesem Schaffen etwas verdutzt und ratlos gegenüber, überrascht von der Fülle der Erscheinungen. Bei diesem Stande der Dinge habe ich es als meine Aufgabe angesehen, in diese Mannigfaltigkeit systematisch einzudringen. Wollen Sie meinen Vortrag als einen Versuch hierzu auffassen, einen Versuch, der wohl nicht anders angestellt werden konnte, als dadurch, daß man, wie ich es getan habe, über die neuen Formen, über das Neue, das ich unter dem Namen der Lichtarchitektur glaubte zusammenfassen zu können, in systematischer Ordnung berichtete. Es ist vieles Schönes darunter, manches Bedenkliche, manches offenbar Schlechte. Aber „mag sich der Most noch so absurd gebärden, es gibt zuletzt doch noch 'e Wein". Ich wenigstens zweifle keinen Augenblick daran.

Die Abklärung zu einem Weine, einem guten Weine wird umso besser und schneller vor sich gehen, je näher Architekt und Lichttechniker mit einander in Beziehung treten und von einander lernen werden. Einige Winke glaube ich in dieser Hinsicht jetzt schon geben zu können:

Digitized by Google

Sache des Architekten ist es, der raumgestaltenden Kraft des Lichtes (und des Schattens) bewußt, sich die Mittel anzueignen, die ihm das moderne künstliche Licht hierzu bietet, insbesondere bei kleinflächiger Leuchtung. Er beachte die Gefahren, die großflächige Leuchtung für den Raum in sich schließt: sie kann die Raumwirkung zerstören. Er vergesse nicht, daß Beleuchtendes auch leuchtet, wodurch Flächen, Streifen, Punkte im Raum geschaffen oder betont werden können, — daß Leuchtendes auch beleuchtet, also in der Umgebung ungewollte Helligkeiten hervorrufen kann, — daß spiegelnde Reflexe beleben, aber auch stören, eine Raumwirkung sogar zerstören können, — daß großflächige Spiegelung den Raum in der Regel zerstört. Er lerne die Möglichkeit, mit dem elektrischen Licht Leuchtung und Beleuchtung nach Intensität und Farbe leicht in weiten Grenzen ändern zu können, recht gebrauchen und hüte sich dabei vor Übertreibungen. Er lerne mit dem Lichte auf Decken und Wände zu malen und zu zeichnen. In allen Fällen lerne er das neue Licht, das jetzt geradezu als neuer Baustoff auftritt, materialgerecht zu verwenden.

Wenn mir der Architekt hierauf antwortet, daß er sich das alles selbst schon gesagt habe und wisse, so erlaube ich mir zu erwidern: Si duo dicunt idem, non est idem. Vom Standpunkte der Lichttechnik aus erscheinen solche Regeln, Empfehlungen, Warnungen, glaube ich, in anderer Bedeutung. Dabei will ich mich gewiß nicht als Lehrmeister des Künstlers aufspielen. Das Genie schaffe frei, wie es der Geist ihm eingibt! Und auch den gereiften Architekten wird sein künstlerisches Empfinden bei der Verwendung des neuen Baustoffes bald richtig leiten. Aber der junge Architekt, damit sein Empfinden richtig genährt werde, lerne die physikalischen und physiologischen Regeln, die ihm die Lichttechnik zur Verfügung stellt, lerne sie nach Wagners Rat:

Die Meisterregeln lernt beizeiten,
Daß sie getreulich euch geleiten
Und helfen wohl bewahren.
Was ihr in jungen Jahren...
Euch unbewußt ins Herz gelegt,
Daß ihr es unverloren hegt.

Um einige anzuführen: Er lerne die dreierlei Leuchtung und ihre Eigenarten: Selbstleuchtung, Leuchtung durch Reflexion, Leuchtung durch Durchlassung, lerne, daß und wie mit jeder Lampe, jedem Geleucht ein Lichtverteilungskörper verbunden ist, lerne die Abstrahlungs- und Aufstrahlungsgesetze. Er lerne weiter, daß das Auge wahrnimmt und erkennt durch Kontraste, und zwar bei diffuser Reflexion und Durchlassung Kontraste dem Grade und der Art, Farbe, nach, oder durch Kontraste in der Beleuchtungsstärke, die durch Verschiedenheit der Aufstrahlung nach Intensität und Richtung und durch Eigen- oder Schlagschatten hervorgerufen sein können.

Der Lichtingenieur hat freilich viel mehr zu lernen. Er lerne, daß wir nicht nur beleuchten, um zu erkennen — das tut die Beleuchtungstechnik — oder um das Be-

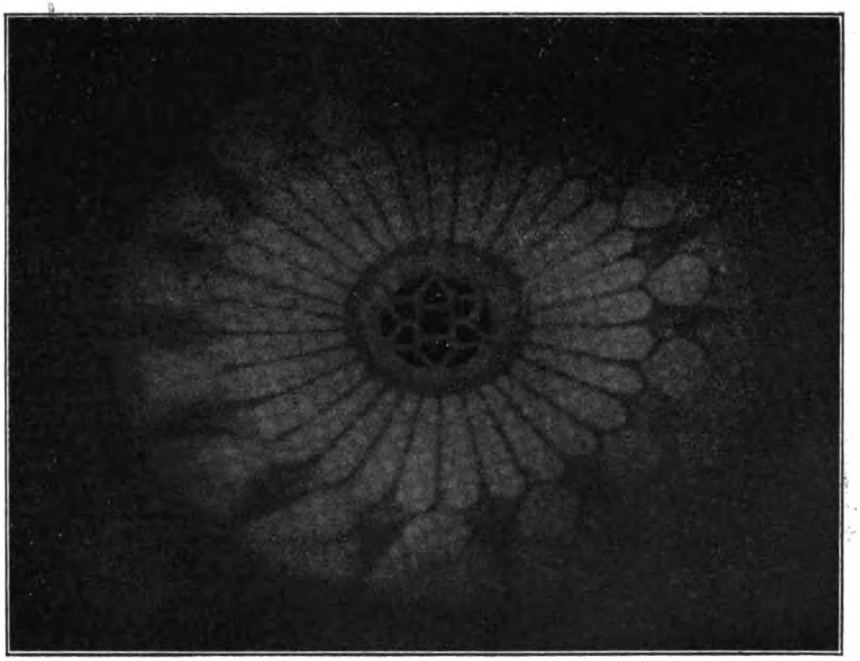


Abb. 27.

leuchtete gefällig und schön zu sehen — das tut die Beleuchtungskunst, — sondern daß wir beleuchten und leuchten, um zu gestalten — das tut die Lichtarchitektur — oder: Indem wir beleuchten und leuchten, gestalten wir auch und lassen dabei Gestaltung und Lichtgebung zu einer Einheit verschmelzen. Dabei dürfen wir uns nicht an die alte Regel halten, daß wir es der Sonne nachtun müßten; wir müssen es besser machen als die Sonne. Von den rein lichttechnischen Forderungen, die die neue Zeit an uns Lichttechniker stellt, will ich nur eine erwähnen: Wir müssen bedenken, daß der Lichtverteilungskörper wegen der endlichen Ausdehnung des Leuchters nach innen begrenzt ist, und müssen trotzdem die Beleuchtungswirkungen vorausberechnen lernen. Vor allem aber müssen wir lernen: den Architekten verstehen und ihm nachfühlen.

Das ist eine große und schöne, freilich auch schwere Aufgabe. Aber darüber muß sich der Lichtingenieur immer klar sein und immer wieder von neuem klar werden: er ist nicht bloß Techniker, dessen Tätigkeit sich in der praktischen Anwendung mathematisch formulierter physikalischer Gesetze erschöpft. Und ich darf auch hier wieder an meinen früheren Vortrag erinnern, wo ich den Lichtingenieur auf der stolzen Höhe des künstlerisch schaffenden Technikers und technisch schaffenden Künstlers zeigte. Auf dieser Höhe muß er heimisch werden und seine Arbeit leisten zur Schaffung nicht nur wirtschaftlicher, sondern auch künstlerischer Werte, — gerade so wie der Architekt; wie der Sänger mit dem König, so soll der Architekt mit dem Lichttechniker gehen; sie beide wohnen auf der Menschheit Höhen.

Digitized by Google

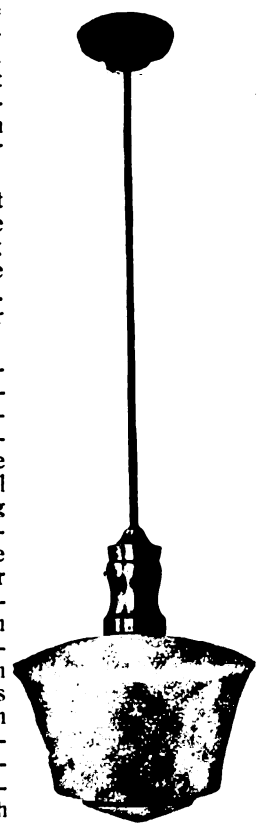
Neuzeitliche Armaturen.

Von Dr. F. Schuster, Berlin.

Als Folge der argen wirtschaftlichen Verhältnisse der Kriegs- und unmittelbaren Nachkriegszeit waren, wie in gleicher Weise auf fast sämtlichen anderen Gebieten, die direkten Kosten ausschlaggebend bei der Verwendung künstlicher Beleuchtung. Ungeachtet der durch schlechte Beleuchtung erzielten Schäden und indirekten Auslagen und ungeachtet der großen Vorteile, die man sich im entgegengesetzten Fall allenthalben erwirkt, ging man von der Billigkeit aus und vermeinte, einen lichttechnischen Weg einzuschlagen, statt von dieser Seite die Entwicklung zu eröffnen; unter sonst gleichen Bedingungen wird man selbstverständlich zu jeder Zeit die wohlfeilste Beleuchtung vorziehen. Billig beleuchten heißt daher im Sinne dieser Ausführungen schlecht beleuchten.

Wenn wir nunmehr die Frage nach der guten Beleuchtung stellen, so lautet die Antwort einfach: Gut beleuchten heißt zweckmäßig beleuchten. Dies erreichen wir erstens durch viel Licht und zweitens durch richtig verteiltes Licht. Während die erste Forderung bis zu einem gewissen Grad verhältnismäßig leicht zu erfüllen ist, bietet die zweite bereits manches Problem. Das Verlangen nach viel Licht kann nur durch eine einzige Maßnahme befriedigt werden, womit sich dieser Punkt erschöpft. Dagegen hängen mit der Lichtverteilung mehrere Fragen zusammen. Ein Vergleich von Tabellen über erforderliche Beleuchtungsstärken zeigt, wie man mit der Zeit zu immer höheren Werten übergegangen ist, ohne vielfach Ausreichendes fordern zu können, denn das Tageslicht, das für seinen Ersatz das Vorbild abgibt, übertrifft bei weitem alle Angaben. Auch hinsichtlich des zweiten Punktes nehmen wir am besten das zum Muster, was wir ersetzen wollen.

Die Verteilung des Lichtes obliegt den Reflektoren und Armaturen, die außerdem *a*) die Augen gegen Blendung und *b*) die Lampen gegen schädliche Einwirkungen der Umgebung bezw. *c*) die Umgebung gegen solche der Lampen schützen sollen.



Von mancher Seite wird die Blendung heute noch als ärgstes Übel erachtet; ganz befangen von dieser Ansicht versucht man häufig (wie seinerzeit vom Standpunkt der Billigkeit) alle Beleuchtungprobleme anzugehen. Ich will weder die Schädlichkeit der Blendung ableugnen, noch die tatsächlichen Fortschritte und positiven Ergebnisse schmälern, die man, ausgehend von der Blendung und ihrer Vermeidung, erzielt hat. Jedoch scheint mir, wie wenn man angesichts einer an sich recht bedeutungsvollen Einzelheit, aber eben nur einer Einzelheit, allzu leicht das große Ganze aus den Augen verlieren könnte und auch schon gelegentlich verloren hat. Wenn man von einem richtigen Grundsatz ausgeht und den richtigen Weg beschreitet, dann müssen sich ganz von selbst die Erfolge so einstellen, daß alle Bedingungen erfüllt werden, und zwar derart, daß das Wichtige, Maßgebende in den Vordergrund tritt und durch seine richtige Behandlung und Verwirklichung weniger Wichtiges (dessen Bedeutung an sich, losgelöst von allen übrigen Bedingungen, groß sein mag) selbsttätig erreicht. Es können eben von mehreren notwendigen Maßregeln nicht alle für den gewünschten End- und Gesamtzweck gleiche Bedeutung haben.

In jenen Zeiten, als es in der Lichttechnik buchstäblich erst zu dämmern anfing, bot man die Lichtquelle direkt dem Beschauer und schnitt außerdem aus dem dunklen Gesamtraum einen mehr oder weniger begrenzten Lichtkegel scharf heraus. Die nackte Lichtquelle, ein fast punktförmiges Gebilde, bewirkt dank dieser Eigenschaft das Auftreten starker Kontraste und Schlagschatten, was auf das Auge durchaus nicht angehm wirkt. Es muß sich, um bald im vollen Licht befindliche Gegenstände, bald wieder solche aus dem gegensätzlichen Dunkel zu erkennen und zu beobachten, ständig umadaptieren, eine physiologisch und psychologisch schädliche Notwendigkeit. Und auf die Blendung hätten wir ganz vergessen!

Man sah früher die Hauptaufgabe der Reflektoren in der Lichtverteilung und wies den Armaturen vorzugsweise die übrigen erwähnten Aufgaben zu[1]). Die Entwicklung hat hier jedoch eine Wandlung geschaffen. Durch die Reflektoren, deren Wirkung von den Glocken (zumeist Klarglas!) unterstützt wird, erzielt man im wesentlichen drei Grundarten der Lichtverteilung: Tief-, Breit- und Hochstrahlung, die durch entsprechende Verquickung untereinander gewünschte Übergänge ermöglichen. Mit derartigen Anordnungen erhält man mit Hilfe der genannten Lichtquellen eine ziemlich ungleichmäßige Lichtverteilung, indem die Beleuchtungsstärke mit der Entfernung von der Lampe rasch abnimmt und in ihrer unmittelbaren Nähe oft unliebsame Höchstwerte aufweist. Zur Verminderung der Blendung verdeckt man häufig bis zu einem bestimmten Gesichtswinkel den Leuchtkörper mit Hilfe der Armaturen. Dies ist im großen und ganzen der ungefähre Stand der

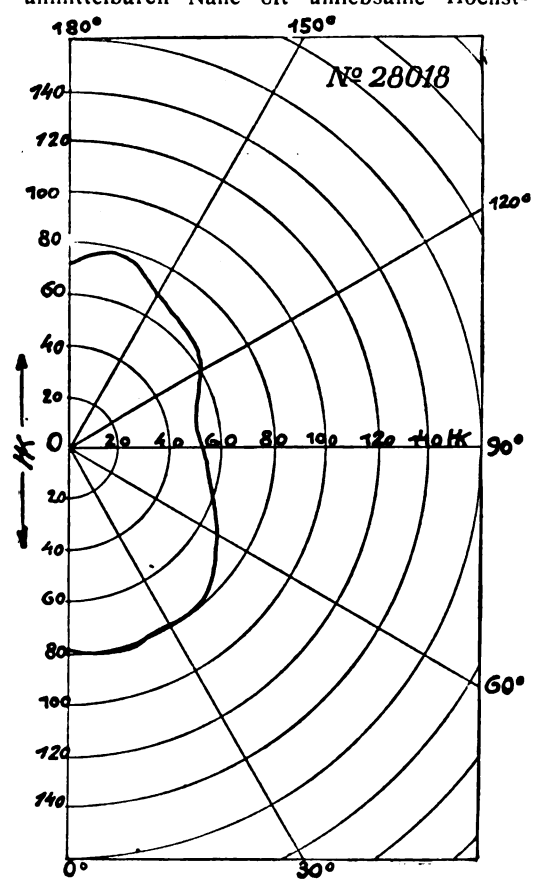
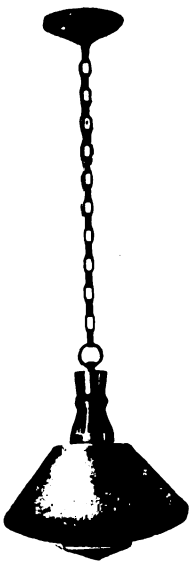


Abb. 1. Auer-Stotz Innenarmatur. Nr. 28018.

[1]) Vgl. L. Bloch, Lichttechnik. Oldenbourg. München und Berlin 1921. Seite 208.

Digitized by Google



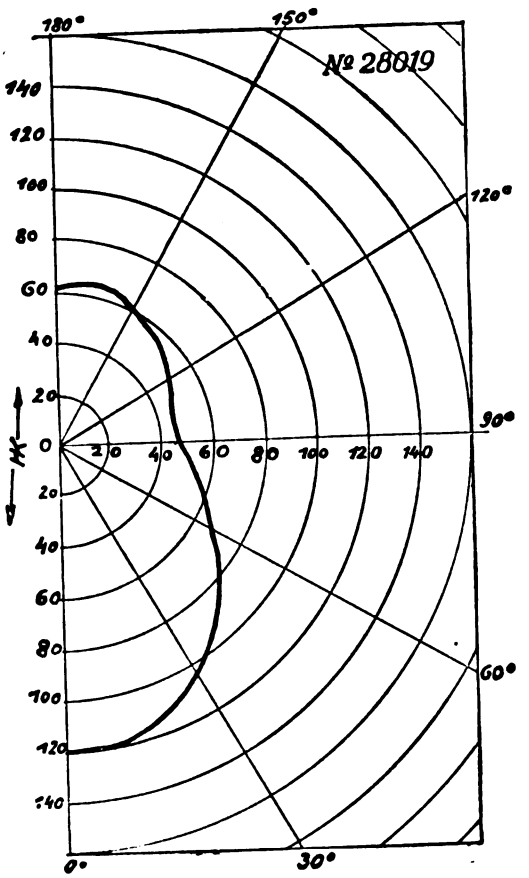


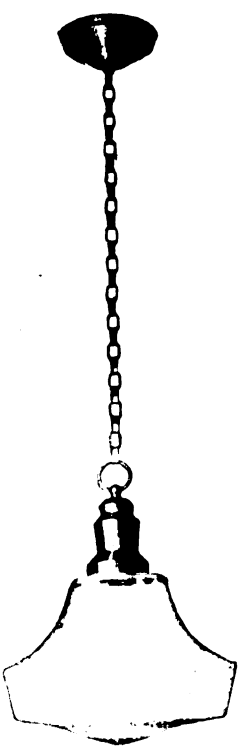
Abb. 2. Auer-Stotz Innenarmatur. Nr. 28019.

heutigen Außenbeleuchtung (Straßenbeleuchtung usw.). Als Material für die Armaturen dient in diesen Fällen emailliertes Eisenblech; es sollen ja Ausschnitte aus dem Raum gar kein Licht empfangen.

Während die Außenbeleuchtung in gewisser Beziehung mit einigem guten Recht die erwähnten Gesichtspunkte beibehält, geht die Entwicklung der Innenbeleuchtung einen großen Schritt weiter. Es hätte ja zum Beispiel wenig Sinn, im Freien, auf der Straße, Licht unbehindert nach oben zu werfen, mit anderen Worten den Nachthimmel beleuchten zu wollen. Dagegen erstrebt man in abgeschlossenen Räumen nach Tunlichkeit überall möglicht gleichmäßig zu beleuchten — oft unter kontrastarmer Betonung gewisser Zonen oder Teile. Die im Freien noch zu entschuldigende Kegelbeleuchtung findet man leider auch in Werkstätten, Büros und Wohnräumen als intensive, jedoch unzweckmäßige Platzbeleuchtung.

Ersetzt man die annähernd punktförmige Lichtquelle durch einen größeren Leuchtkörper, so daß eigentlich mehr von strahlenden Flächen gesprochen werden könnte, dann erzielt man erfahrungsgemäß eine gleichmäßigere Lichtverteilung, scharfe Kontraste werden verwischt, milde Schatten entstehen. Diese Erscheinungen lassen sich optisch leicht begründen.

Bei der Gasbeleuchtung versucht man die gleichmäßigere Lichtverteilung in allerletzter Zeit dadurch zu erreichen, daß man unter einer Glocke eine größere Zahl kleinerer Glühkörper zu einem Komplex vereinigt, womit man tatsächlich sehr gute Wirkungen nach den erwähnten Richtungen hin zu verzeichnen hat.



Eine vollkommene Verwirklichung bietet sich erst durch Ersatz der Klarglasglocken durch solche aus Opalglas oder dergleichen, weil man dann in der Tat die ursprünglich punktförmige Lichtquelle zu einem größeren, gleichmäßig leuchtenden Körper ausdehnt. Bei modernen Innenarmaturen geht dies so weit, daß die Glocke die Reflektoren und fast alle sonstigen Teile umspannt. Einen weiteren Entwicklungsschritt stellt die indirekte Beleuchtung dar, die aber infolge der Notwendigkeit großer Reflexionsflächen nur beschränkter Anwendung fähig ist. Diesen letzten Schritt kann die Außenbeleuchtung nicht mitmachen, jedoch wird sie zweifelsohne von der heutigen Innenbeleuchtung noch Manches übernehmen.

Die Wirkungen der erwähnten Armaturen sind von der Natur der angewandten Lichtart unabhängig; ja man gestaltet sie heute derart, daß sie die Lichtquelle überhaupt nicht mehr, selbst nicht einmal durchscheinend, erkennen lassen. Sie sind somit grundsätzlich allgemeiner Anwendung fähig.

Wir wollen nunmehr an Hand von einigen, die Grundtypen neuzeitlicher Armaturen darstellenden Beispielen die obwaltenden Verhältnisse näher besprechen. Es handelt sich um Erzeugnisse der Auergesellschaft, Abt. Auer-Stotz-Beleuchtungskörper, Berlin O. 17. Die zu den einzelnen Armaturen gehörenden Lichtverteilungskurven wurden mit einer Osram-Nitralampe von 1000 Lumen aufgenommen. Die Armaturen sind mit Spiegelglasreflektoren und zweiteiligen Glasglocken ausgestattet.

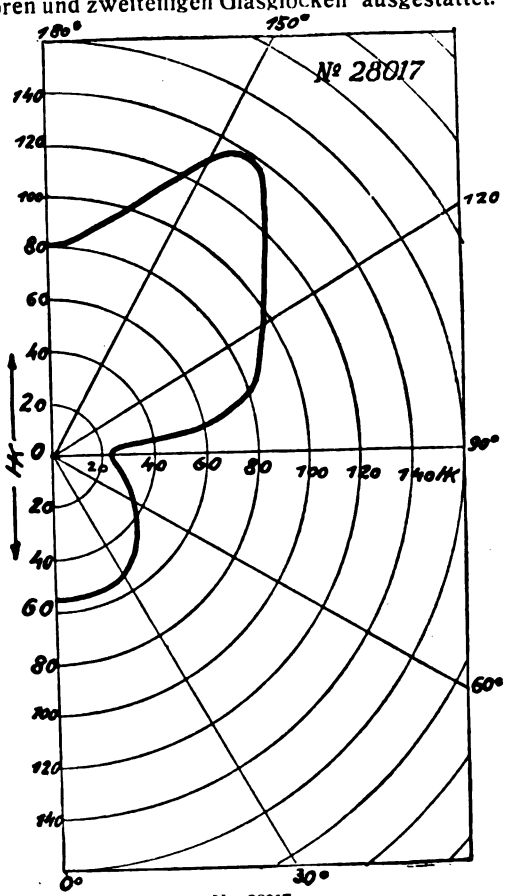


Abb. 3. Auer-Stotz Innenarmatur. Nr 28017.

Digitized by Google

Die in Abb. 1 wiedergegebene Armatur 28018 liefert, wie die zugehörige Lichtverteilungskurve entnehmen läßt, eine nach allen Richtungen im Raum hin gleichmäßige Beleuchtung; sie strahlt nach oben, seitwärts und unten in fast derselben Stärke aus und wird überall dort Verwendung finden, wo man im ganzen Raum gleichmäßige Helligkeit wünscht.

Will man vorzugsweise den unteren Teil eines Raumes hell, ohne die Decke ganz zu vernachlässigen, dann wird sich die Armatur 28019 nach Abb. 2 gut eignen. In diesem Fall hebt man, ohne unangenehme grelle Kontraste zu schaffen, die untere Raumhälfte heraus und lenkt die Aufmerksamkeit des Beschauers in vornehmer Weise darauf. Im Falle einer gut reflektierenden Decke kann man die dem Auge angenehme Wirkung noch erhöhen.

Eine halbindirekte Beleuchtung, die dank der ästhetischen Wirkung der Leuchtkörper manchmal sogar der vollkommen indirekten vorzuziehen sein dürfte, erzielt man mit Armatur 28017 nach Abb. 3. Die Lichtverteilungskurve läßt die starke Lichtstrahlung nach der Decke erkennen. Bei deren guter Reflexion erhält man ein äußerst diffuses Licht, verbunden mit geringster Schattenwirkung.

Die drei älteren Grundtypen der Tief-, Breit- und Hochstrahler werden in unserem Fall durch die drei besprochenen charakteristischen Formen abgelöst; wir reden von Gesamtraum-, vorwiegend Tiefraum- und vorwiegend Hochraumstrahlung. Nebenher sind sämtliche Übergänge denkbar; diesbezügliche Armaturen werden von der erwähnten Firma auch hergestellt.

Armaturen müssen so beschaffen sein, daß alle notwendigen Teile leicht zugänglich sind. Wenn man die Glocken, die heutzutage den wichtigsten Teil der Armatur bilden, zweiteilig gestaltet, um den Zugang zur Lichtquelle zu gestatten, ist es nicht zweckmäßig, die Verbindung der Teile durch Metallstücke oder dergleichen zu bewirken, weil dadurch die Lichtverteilung empfindlich gestört wird. An den erwähnten Armaturen sind Ober- und Unterteil der Glasglocken mit je zwei diametral gegenüberliegenden Aussparungen versehen, so daß sich das Unterteil mühelos in das Oberteil einführen, umlegen und leicht drehen läßt, eine Neuerung, die von der Auergesellschaft zum Patent angemeldet wurde. Die Glocke besteht also nur aus dem lichtverteilenden Trübglas, wodurch eventuelle schädliche Schattenbildungen gar nicht in Frage kommen können.

Zum Schluß möchte ich auf ein besonderes Gebiet hinweisen: die Lichtreklame. Während wir bisher das Hauptgewicht auf gleichmäßige Raumbeleuchtung gelegt haben, sucht die Lichtreklame ihr ganzes Heil in einer möglichst kontrastreichen Flächenbeleuchtung. Diese den Amerikanismus versinnbildlichende Art, wobei man mit direktem Licht und oft unter Vereinigung der einzelnen Lichtkörper zu leuchtenden Flächen arbeitet, macht mehr und mehr einer indirekten, vornehm wirkenden, jedoch nicht minder die Aufmerksamkeit erregenden Beleuchtung Platz. Die Entwicklung geht also auch hier jenen Weg, den wir bereits an anderer Stelle ausführlich besprochen haben, wodurch sich der Verwendung der beschriebenen Armaturen weite Möglichkeiten eröffnen.

Rundschau.

Die lichttechnischen Untersuchungen der Physikalisch-Technischen-Reichsanstalt. Über die photometrischen Messungen der P.-T.-R. wird im Tätigkeitsbericht für das Jahr 1925 das folgende berichtet[1]). Es wurden geprüft 26 Hefnerlampen, 8 Kohlenfadenlampen als Normallampen, 412 Metallfadenlampen, hievon 248 als Normallampen für Photometrie, 23 ebensolche bei verschiedenen Spannungen gemessen und 141 in Dauerprüfung mit insgesamt 132 991 Brennstunden. Weiters ein Schnellkugelphotometer, 3 Scheinwerfer und 1 Effektbogenlampe.

Die Bestimmung der Energieverteilung einer 1000 W Nitralampe erfolgte durch Vergleichung mit einer Kohlenfadenlampe, die bei der Farbtemperatur des Platinschmelzpunktes brannte und durch direkte Farbvergleichung mit der Farbe des schwarzen Körpers beim Platinschmelzpunkt geeicht worden war.

Aus internationalen Vergleichungen namentlich mit dem NPL in Teddington[2]) ergaben sich Unstimmigkeiten zwischen der Hefnerkerze und der internationalen Kerze für die Farbe der Metallfadenlampe. Aus neueren Messungen der P.-T.-R. ergibt sich, daß eine Bestimmung des Farbensprunges Metallfadenlampe-Kohlenfadenlampe mit dem Trapezfeld des Lummer-Brodhunschen Würfels zu jenen Werten führt, die die P.-T.-R. angibt, während sich bei Benützung des Flimmerphotometers um 2·5 vH kleinere Werte ergeben.

Die bekannte Abhängigkeit des Farbeneindrucks von der Intensität des Lichtes bei verschiedenen Wellenlängen wurde näher untersucht. Die Veränderungen lassen sich darauf zurückführen, daß die Gelb-Blau-Erregung einen höheren Schwellenwert hat als Rot-Grün, aber nach Überschreiten des Schwellenwertes einen sehr schnellen Anstieg mit der Intensität zeigt. Rot-Grün-Erregung verhält sich also zur Gelb-Blau-Erregung etwa wie die normale photographische Platte zur Reproduktionsplatte.

Die Beobachtungen über die Gesamthelligkeit des schwarzen Strahlers beim Platin- und Palladium-Schmelzpunkt sind abgeschlossen. Hiebei war durch eine Vergleichung verschiedener schwarzer Strahler bei diesen Fixpunkten zu untersuchen, bis zu welchem Genauigkeitsgrad die Strahlung reproduzierbar ist, um beurteilen zu können, ob sich darauf eine Lichteinheit gründen lassen würde. Tatsächlich läßt sich in den benützten schwarzen Körpern sowohl die Temperatur des Palladium- wie die des Platinschmelzpunktes stets so genau einstellen und durch längere Zeit konstant erhalten, daß die Gesamthelligkeit mit etwa 1 vH festgelegt erscheint. Bei der Messung wurden beim Palldiumschmelzpunkt drei Öfen benützt: einer mit Platinfolie auf einem Rohr aus Marquardtscher Masse, ein zweiter mit einem Platin-Iridium- und ein dritter mit einem Iridium-Heizrohr. Beim Platinschmelzpunkt konnte nur der Iridiumofen benützt werden. Die Helligkeit des schwarzen Körpers betrug beim Palladium-Schmelzpunkt im Mittel 15·66 HK/cm², beim Platin-Schmelzpunkt 65·24 HK/cm². Demgegenüber bestimmte Ives im Jahre 1924 den Wert der Gesamthelligkeit beim Platinschmelzpunkt mit 55·40 cdl/cm², der unter Anwendung des Umrechnungsfaktors 1·11 in der deutschen Einheit 61·5 HK/cm² ist. Der Wert der P.-T.-R. ist also um 6 vH größer als der Wert von Ives. Vielleicht ist daran die Verschiedenheit der Methode Schuld. Der Umrechnungsfaktor 1·11 für das Verhältnis int. Kerze/HK, der nach den Vergleichungen von Kohlenfadenlampen aus dem Bureau of Standards mit den Normalen der P.-T.-R. im Jahre 1924 bestimmt wurde, dürfte keinen Anteil an dem Unterschied der Messungsergebnisse haben. — Weitere Messungen der Gesamthelligkeit bis hinunter zum Goldschmelzpunkt sind begonnen worden. Conrad.

Die neueste Entwicklung der Bogenlampe behandelt Dipl. Ing. G. Laue, Leipzig, unter besonderer Bezugnahme auf eine neue Dauerbrandbogenlampe. In der Kriegszeit sind die Bogenlampen wegen des Mangels an Bedienungspersonal fast ganz durch die gasgefüllten Glühlampen verdrängt worden. Dagegen sind in Amerika noch immer Städte von 300 000 bis 500 000 Einwohnern zu 59 vH und solche von 10 000 bis 20 000 Einwohnern zu 20 vH mit Bogenlampen beleuchtet. Sie sind eben in Fällen, wo starke Lichtquellen benötigt werden umsoweniger abgetan, als neue Bauarten die gegenüber den Glühlampen bestehenden Nachteile unbeschadet des höheren Lichtwirkungsgrades erheblich vermindert haben. In dieser Hinsicht ist besonders die von Tito Livio Carbone entworfene Dia-Corbone-Bogenlampe der Firma Körting & Mathiesen zu erwähnen, bei der die den Brennraum abschließende Glasglocke aus einem Stück so hergestellt wurde, daß die festen

[1]) Z. f. Instrumentenkunde 1926, Heft 3 und 4.
[2]) Vgl. Die Lichttechnik, 1926, S. 97.

Digitized by Google

Verbrennungsprodukte nur in dazu bestimmten Kondensationsräumen niedergeschlagen werden und den Lichtaustritt nicht behindern. Die Brenndauer der Lampe wurde durch den dichteren Abschluß auf 120 Stunden gegenüber früher 60 bis 90 Stunden erhöht, wodurch sich auch die Bedienungs- und Kohlenkosten vermindern. Flachere oder tiefere Reflektoren sorgen je nach Bedarf für die gewünschte Lichtverteilung auf der zu beleuchtenden Fläche. Abb. 1 zeigt schematisch die Bauart der Lampe. 1 ist der lichtdurchlässige Teil der Glasglocke; 2 und 3 sind die Niederschlagsräume. Die Temperatur des Abschnittes 1 wird durch eine zweite mantelförmige Außenglocke möglichst hoch gehalten, damit sich hier keine Niederschläge bilden. Die Lampe besitzt ein Differential-Solenoid-Regelwerk, dessen Gehäuse gegen den Brennraum gut abgedichtet ist.

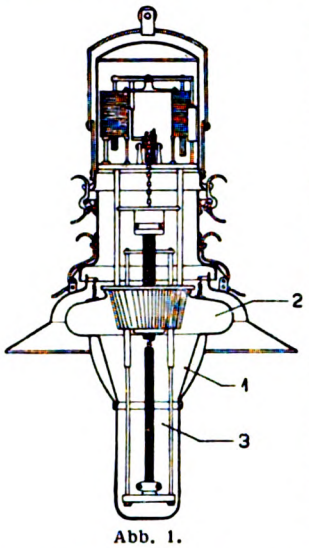


Abb. 1.

Für Reihenschaltung werden die Bogenlampen mit einem sich automatisch einschaltenden Ersatzwiderstande versehen. Sie werden für 8 bis 15 A Gleich- oder 10 bis 18 A Wechselstrom gebaut. Die Kohlen sind Homogen-Effektkohlen der Gebr. Siemens & Co. von 14 bis 27 mm Durchmesser je nach der Stromstärke, die ein gelbliches Licht und geringe Niederschläge geben. Die Lampen können zu zweien auf 110 V oder zu vieren auf 220 V geschaltet werden. Ihr Energieverbrauch beträgt etwa 0·27 W/HK$_{\text{▭}}$ gegen 0·5 W/HK$_{\text{▭}}$ der Glühlampen; die Lichtausbeute ist etwa 20 bis 30 Hefnerlumen/W. Der Verfasser berechnet mit einem Strompreise von 10 Pf/kWh und einem Stundenlohn von 2 Mk. für die Bedienung einschließlich Instandhaltung und Nebenspesen eine Ersparnis von etwa 30 vH gegenüber der Beleuchtung mit Glühlampen. Bei gleichem Energieverbrauch soll die neue Bogenlampe fast doppelt so viel Licht geben, als die Glühlampen.

R. H.

(ETZ, Bd. 47, Heft 49, 1926.)

Gasgefüllte Lampen. W. J. Jones. Die Gasfüllung gestattet bekanntlich eine höhere Lichtausbeute, da durch sie die Verstäubung des Lampenfadens bedeutend herabgesetzt wird und man daher in der Lage ist, denselben bei höherer Temperatur, das heißt aber, mit größerer Belastung, leuchten zu lassen. Die Gasatmosphäre entzieht aber dem Faden einen großen Teil seiner Wärme, das erhitzte Gas in der unmittelbaren Nachbarschaft des Fadens steigt in die Höhe und macht kälterem Platz, so daß ein fortwährender Hitzetransport vom Faden an das Glas stattfindet. Die gasgefüllte Lampe ist für Benützung in hängender Lage bestimmt und der verlängerte Hals bezweckt, die etwa vorhandenen, Schwärzung hervorrufenden Teilchen, die zugleich mit dem Gas nach oben geführt werden, an seiner Wandung aufzunehmen und sie vom Ballon, an dem die Schwärzung schädlich wäre, fernzuhalten. Wenn aber eine gasgefüllte Lampe liegend oder mit dem Hals nach unten benützt wird, sind diese Bedingungen gestört und es könnten folgende Mängel auftreten: 1. Der Ballon könnte unmittelbar über dem Faden zu stark erhitzt und als Folge davon rissig werden. 2. Die Schwärzung, die sonst nur im Hals auftreten würde, tritt am Ballon auf und verursacht Lichtverluste. 3. Durch den verkürzten Weg des Gastransportes können die Temperaturverhältnisse im Faden gestört werden und es könnten als Folge hiervon Verhältnisse eintreten, welche die Lebendauer ungünstig beeinflussen würden. In Berücksichtigung dieser letzten Tatsache ist in den englischen Normalien vorgeschrieben, daß man von normalen Lampentypen eine Lebensdauer von 1000 Stunden nur dann erwarten darf, wenn die Lampe in der Lage brennt, für die sie bestimmt ist. Je größer die Lampe ist, desto wichtiger ist die Frage des Brennens in hängender Lage, während bei kleineren Lampen dieser Einfluß gering ist. Bei Vakuumlampen treten Wärmeverluste nur durch Leitung an die Zuführungsdrähte und durch Strahlung auf, bei gasgefüllten Lampen kommt als dritter Wärmeverlust eben der durch den Gastransport, Konvektion, dazu. Es ist klar, daß unmittelbar oberhalb des Fadens die Erhitzung des Ballons am größten ist, und zwar ist das die Stelle, an welcher der Ballon in den Hals übergeht. Diese Stelle wird bei den großen Typen, bei denen zur Abhaltung der Hitze von den Stromzuführungen Glimmerplättchen an derselben angebracht sind, noch mehr erhitzt. Die Einschließung der gasgefüllten Lampe in eine Armatur erfordert daher spezielle Berücksichtigung einer geeigneten Hitzeverteilung. Die meisten der im Handel befindlichen Armaturen besitzen genügende Größe, um die Hitze vermöge ihrer großen, strahlenden Oberfläche gut zu zerstreuen, ohne daß die Lampe im Innern zu stark erhitzt wird. Immerhin soll von der Benützung zu kleiner Armaturen ausdrücklich gewarnt werden. Bei großen Lampen, von 500 W an etwa, ist es aber schwierig, die Hitze gut zu verteilen und deshalb sind die meisten großen Armaturen mit besonderen Ventilationen versehen. Bei kleineren Lampen sind solche überflüssig und sollen tunlichst vermieden werden, da sie wieder andere Unzukömmlichkeiten im Gefolge haben, wie übermäßiges Erhitzen des Sockels und Staubablagerung. Es wird manchmal die Frage aufgeworfen, ob gasgefüllte Lampen so viel Hitze erzeugen, daß sie Brände verursachen könnten. Bei kleinen Lampen ist dies ausgeschlossen, bei größeren könnte Papier oder Stoff, allerdings nur in unmittelbarer Berührung mit der Lampe, verkohlen. Ein etwas größerer Abstand zwischen Lampe und Papier- oder Stoffschirm beseitigt diese Möglichkeit aber vollkommen. Fin.

(The Ill. Engineer, Bd. 19, Juli 1926.)

Eine neue experimentelle Bestimmung der Helligkeit eines schwarzen Körpers und des mechanischen Äquivalents des Lichtes beschreiben Edward P. Hyde, W. E. Forsythe und F. E. Cady. Die Helligkeit des schwarzen Körpers wurde zuerst im Jahre 1901 von Lummer und Pringsheim bei drei Temperaturen bestimmt. Zwei Jahre später erweiterte Nernst diesen Bereich bis zum Schmelzpunkt von Iridium, den er auf 2621° K berechnete. Damals gab es noch keine zuverlässige Temperaturskala und den von Eisler nach Plancks Gleichungen und der Sichtbarkeitskurve nach Langley berechneten Werten, sowie den Bestimmungen von Langmuir und von Ives und Kingsbury haften Unsicherheiten an. Die Bestimmung der Verfasser gründet sich auf den Wert $c_2 = 14{\cdot}350\ \mu$. Grad der Planckschen Formel, ferner 1336° K als den Schmelzpunkt von Gold und 1828° als den von Palladium. Ferner fanden die früher[1]) von den Verfassern erhaltenen Sichtbarkeitswerte Anwendung. Die Helligkeitsmessungen wurden zumeist an einem besonders konstruierten, wassergekühlten Kohlenrohrofen, teilweise auch mit einem platingeheizten Porzellanofen, in dem sich ein Lummer-Kurlbaumsches Schwarzkörperrohr befand, durchgeführt. Ferner wurde ein Lummer-Brodhunsches Kontrastphotometer mit 3·5 vH Kontrast und als Vergleichslampe bei niedrigen Temperaturen eine Kohlenfadenlampe, bei hohen eine Wolframlampe benützt. Die Temperatur wurde mit einem optischen Pyrometer bestimmt. Die photometrischen Messungen wurden im allgemeinen bei tunlichster Farbengleichheit ausgeführt, mit Ausnahme jener bei mehr als 2400°, da die Wolframlampe diese Beanspruchung nicht vertragen hätte. Die Ergebnisse wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate verwertet und lieferten die Gleichung

$$u = a + bt + ct^2 + dt^3,$$

worin u den Logarithmus der Flächenhelle in c. p./cm^2, $t = \log T - 3{\cdot}2$ und T die Temperatur in Kelvingraden bezeichnet.

[1]) Abstr. Bull. of Nela Res. Laborat. 1. 370; 1922.

Digitized by Google

Die Werte der Konstanten waren: $a = 0{\cdot}2626$, $b = 14{\cdot}959$, $c = -12{\cdot}38$ und $d = -1{\cdot}13$.

Der in diesen Bereich fallende, von Lummer und Pringsheim bestimmte höchste Punkt weicht nur um 3·5 vH von der durch die obige Formel gegebenen Kurve ab. Die auf Grund der früher ermittelten Sichtbarkeitskurve bestimmten Werte stimmen ohne Ausnahme bis zu den höchsten Temperaturen mit der Helligkeitskurve auf 1 vH überein. Die erhaltenen Kurvenwerte zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1.

Helligkeit eines schwarzen Körpers bei verschiedenen Temperaturen.

Temperatur in °K	Helligkeit in c. p./cm²	Temperatur in °K	Helligkeit in c. p./cm²	Temperatur in °K	Helligkeit in c. p./cm²
1700	5·08	2050	60·0	2400	354
1750	7·64	2100	80·1	2450	438
1800	11·3	2150	105·7	2500	537
1850	16·3	2200	137·6	2550	651
1900	23·2	2250	177	2600	785
1950	32·2	2300	226	2650	939
2000	44·3	2350	284		

Die Helligkeit von 70·2 c. p./cm² entsprechend einer schwarzen Temperatur von 2077° K wird als Lichtnormale empfohlen. Das mechanische Äquivalent M des Lichtes wird als die spezifische Leistung in Watt/Lumen für monochromatisches Licht größter Sichtbarkeit definiert. Ist B_0 die normale Helligkeit des schwarzen Körpers in c. p./cm² bei irgend einer Temperatur T_1, ferner $E\lambda$ der Strahlungsstrom pro cm² und Einheit der Wellenlänge, $V\lambda$ die relative Sichtbarkeit der Strahlung bei derselben Wellenlänge λ in Bruchteilen der maximalen Sichtbarkeit als Einheit, so ist

$$M = \frac{1}{\pi B_0} \int_0^\infty E\lambda \,.\, V\lambda \,.\, d\lambda.$$

Die Grenzen der Sichtbarkeit sind 0·4 μ im Violett und 0·70 μ im Rot. Der Wert von E und damit auch der von M hängt von der Konstanten c_1 in der Planckschen Gleichung, oder von ihrem Äquivalent σ in der Stefan-Boltzmannschen Formel ab. Setzt man $c_1 = 14{\cdot}350\,\mu$. Grad, so ist $\sigma = 5{\cdot}7 \,.\, 10^{-12}$ Watt/cm² . Grad⁴. Dann wird $c_1 = 3{\cdot}77 \,.\, 10^{-12}$ Watt/cm². Obige Gleichung muß für beliebige Temperaturen den gleichen Wert liefern. Wählt man 0·566 μ als die Wellenlänge von größter Sichtbarkeit, so erhält man $M = 0{\cdot}00150 \pm 0{\cdot}00005$. Die bisher gefundenen Werte sind also:

Hyde, Forsythe und Cady	$0{\cdot}00150 \pm 0{\cdot}00005$
Nutting	$0{\cdot}00120 \pm 0{\cdot}00005$
Ives	$0{\cdot}00160 \pm 0{\cdot}00003$
Coblentz	$0{\cdot}00162 \pm 0{\cdot}00005$. R. H.

(Abstr. Bull. of Nela Res. Laborat. 1. 532. Dez. 1925.)

Beleuchtungsforschung. Das Departement of scientific and industrial Research stellte 1923 einen Ausschuß für Beleuchtungsforschung unter der Leitung von C. C. Paterson auf. Anlaß zur Einsetzung dieses Ausschußes waren die vom Komitee für Beleuchtung im britischen Ministerium des Innern über die Industriebeleuchtung erstatteten Berichte, aus denen die Schwierigkeiten dieser Beleuchtungsfrage recht deutlich hervorgingen. Die Hauptaufgaben des erwähnten Ausschußes sind: 1. Untersuchung und Überwachung der Beleuchtung von Gebäuden sowie ähnliche Probleme; 2. Ausführung des physikalischen und physiologischen Teiles von Beleuchtungsuntersuchungen unter Beihilfe des Forschungskomitees der britischen Gesellschaft der Ärzte (Medical Research Council); 3. Prüfung der Notwendigkeit von Beleuchtungsuntersuchungen und Überwachung von im Gange befindlichen.

Das gegenwärtige Arbeitsprogramm des Ausschußes bezieht sich auf dreierlei Gebiete: *a*) Solche für Architekten und Ingenieure: *b*) Physikalische und physiologische; *c*) Rein physikalische. Unter Punkt *a*) fallen Arbeiten über die Lichtdurchlässigkeit verschiedener Glassorten, die Wirkung prismatischer Gläser bezüglich der Beleuchtung in den Tiefen von Innenräumen; Arbeiten über den Einfluß der Fenstergröße, der Farbe und des Reflexionsvermögens der Wände auf die Beleuchtung an den von den Fenstern abgelegendsten Raumstellen; die zweckmäßigste Beleuchtung von Bildergalerien, die Wirkung verschiedener Lampeneinstellungen innerhalb eines Werkstättenreflektors, Glanz und Sichtbarkeit in der Straßenbeleuchtung und die Temperaturverteilung im Glase sowie an anderen Stellen einer Armatur sind weitere hiehergehörige Gegenstände. In die Gruppe *b*) reihen sich: Untersuchung der Blendungserscheinungen; die Wirkung des flimmernden Lichtes in Anlagen mit starken Spannungsschwankungen oder beim Ansehen des Kinofilmes; der Zusammenhang zwischen Beleuchtung und Leichtigkeit sowie Genauigkeit feiner Arbeiten, wie etwa beim Letternsetzen. In die Gruppe *c*) kamen: Entwurf und Konstruktion von Instrumenten zur Messung des Tageslichtes in Gebäuden; die Bestimmung der mittleren Leuchtdichte (Flächenhelle) des Himmels zu verschiedenen Zeiten im Jahre.

Bis jetzt erschienen in Broschürenform einige Arbeiten[1]), auf die später hier noch näher eingegangen werden soll.

Literaturbericht.

3513 **Das elektrische Licht.** Von den Anfängen bis zur Gegenwart. Nebst einer Geschichte der Beleuchtung. Von Artur Fürst. Mit 136 Abb. Verlag Albert Langen, München. Preis geh. Mk. 7·—, geb. Mk. 10·—.

Dieses letzte Buch des leider zu früh dahingeschiedenen Autors fesselt von Anfang bis zu Ende. Die poetische Ausdrucksweise, die Einflechtung zahlreicher Anekdoten, die mit der Entwicklung der Beleuchtung verwoben, zum Teil aber selbst in Fachkreisen nicht bekannt sind, machen das Buch zu einem der wenigen technischen Bücher, die man mit dem Vergnügen liest, das man gewöhnlich nur beim Lesen schöngeistiger Literatur empfindet. Zum Unterschied von Max Eynth bleibt der Autor mit allem persönlichen Erleben ganz im Hintergrund, erzählt dafür aber Interessantes aus dem Leben der Pioniere des Beleuchtungswesens, soweit es mit demselben zu tun hat. Aber selbst Homer und Goethe werden mit ihren Äußerungen über Beleuchtung herangezogen. — Nach einer Einleitung, die sich allgemein mit dem Wesen der Beleuchtung beschäftigt, folgt ein Kapitel, welches in einfachster, primitiver Weise das Licht, die Begriffe der Wellenlänge, der elektrischen Einheiten, der Lichteinheit usw. erklärt, für den Fachmann durch die launige Art, für den Laien durch die leichte Verständlichkeit interessant. Hierauf wird ausführlich die Geschichte der Beleuchtung vom Kienspan bis zum Gaslicht erzählt. Viel längst allgemein Bekanntes, viel seltener Erwähntes vereinigt der Autor zu einer angenehm zu lesenden Entwicklungsgeschichte. Die Arbeiten und Verdienste Argands, Murdochs, Auers werden eingehend und packend besprochen. Das folgende Kapitel, der Bogenlampe, der ältesten elektrischen Lampe gewidmet, behandelt alle Arten von Bogenlampen, von den ältesten, von Hand zu regulierenden bis zu den nicht zu regulierenden Wolframbogenlampen. Es folgt nun eine ausführliche Entwicklungsgeschichte der Kohlenfadenglühlampe, in welcher der Abschnitt über Edison und seine Verdienste besonders anziehend ist. In weiterer Folge werden dann die Nernst, die Osmium-, die Tantal- und endlich die Wolframlampe besprochen. Hierauf folgt ein besonderes Kapitel über die Herstellungsstufen der letzteren. Mit Besprechung der Lumineszenzlampen ist die Geschichte der elektrischen Lampe zu ihrer vorläufig letzten Entwicklungsstufe gelangt. Das Buch enthält noch zwei Kapitel, deren eines sich mit der Messung von Licht und Beleuchtung, deren anderes sich mit der Lichtwirtschaft befaßt. Wenn an dem Buch etwas zu beanständen wäre, ist es der Umstand, daß es an manchen Stellen die geschichtliche Genauigkeit nicht sehr hoch hält. Zum Beispiel wird das Verdienst amerikanischer Erfinder zu sehr geschmälert, wenn Coolidge, der bereits im Jahre 1906 an ziehbarem Wolframdraht gearbeitet hat, nicht erwähnt wird.

Dr. Finlayson.

[1]) Zu beziehen bei H. M. Stationary Office, Adastral House, Kingsway, London, W. C. 2; 28, Abington Street, S. W. 1.

Digitized by Google

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

Lichttechnische Größen.

Das Komitee für theoretische Beleuchtungsfragen hat als Nachtrag zu den in der „Lichttechnik" 1925, Heft 3, Seite 40 veröffentlichten Größen Bezeichnungen und Erklärungen noch einige weitere lichttechnische Größen behandelt und bringt hiemit seine Vorschläge den Mitgliedern der Ö. L. G. mit dem Ersuchen zur Kenntnis, ihre allfälligen Einwendungen oder Abänderungsvorschläge ihm bis längstens 31. Juni d. J. zugehen zu lassen.

Größe Name	Zeichen	Einheit Name	Zeichen
6. Leuchtstromdichte	$\varphi = d\Phi_e/df$	Hefnerlambert	HLb
7. Sichtbarkeitsfaktor	$s = \Phi/N$	Hefnerlumen je Watt	HL/W
8. Relativer Sichtbarkeitsfaktor	$\sigma = s/s_{max}$	Höchstwert der Sichtbarkeit	Verhältniszahl
9. Reflektionsfaktor	$\varrho = \Phi_r/\Phi$	Einfallender Lichtstrom	"
10. Absorptionsfaktor	$a = \Phi_a/\Phi$	"	"
11. Durchlaßfaktor	$\tau = \Phi_\tau/\Phi$	"	"

Hierin bedeuten außer den schon bei den Größen 1 bis 5 angegebenen Bezeichnungen:

Φ_e den von einer Fläche ausgesandten Lichtstrom;
$d\Phi_e$ den von einem Flächenelemente df ausgesandten Lichtstrom;
Φ_r den von einem Körper zurückgeworfenen (reflektierten) Lichtstrom;
Φ_a den von einem Körper verschluckten (absorbierten) Lichtstrom;
Φ_τ den von einem Körper durchgelassenen (transmittierten) Lichtstrom;
N den Energiestrom einer Strahlung in W.

Den lichttechnischen Einheiten 6. und 7. entsprechen die nachstehenden, je 1·11 mal größeren, auf der ausländischen Einheit der Lichtstärke beruhenden Grundeinheiten:

6. Candle-power-Lambert (c. Lb.),
7. Candle-power-Lumen je Watt (c. L./W).

Die Größen unter 8. bis 11. sind als reine Verhältniszahlen von der Wahl der Einheiten unabhängig.

Erläuterungen.

6. Leuchtstromdichte (spezifische Lichtausstrahlung) ist das Verhältnis des von einem Flächenelemente ausgesandten oder zerstreuten Lichtstromes zur Größe des Flächenelementes, das ist die Flächenlichtstromdichte einer primären oder sekundären Lichtquelle. Die Einheit der Leuchtstromdichte ist das Hefner-Lambert (HLb); sie wird durch die gleichförmige Leuchtstromdichte einer Fläche dargestellt, welche ein Hefner-Lumen je cm² aussendet.

Die Leuchtstromdichte wird mit φ bezeichnet. Eine ebene oder nach außen gewölbte (konvexe) Fläche, die nach allen Richtungen die gleiche Leuchtdichte e aufweist, liefert eine Leuchtstromdichte $\varphi = \pi e$

Der von einer solchen ausgedehnten Fläche mit einer nach Ausgangsstelle und Richtung ungleichförmigen Leuchtdichte ausgesandte Lichtstrom geteilt durch den Flächeninhalt ist die mittlere Leuchtstromdichte der Fläche. Ist φ_m diese Leuchtstromdichte, so ist $e_{mitt.} = \varphi_m/\pi$ die mittlere sphärische oder hemisphärische Leuchtdichte dieser Fläche. Bei einer hohlen selbstleuchtenden oder zurückwerfenden Fläche gilt diese Beziehung wegen der mehrfachen Zurückwerfung nur für eine, die hohle Fläche zu einer geschlossenen ergänzende, leuchtend gedachte, ebene oder nach außen gewölbte Abschlußfläche (Fenster).

7. Sichtbarkeitsfaktor einer Strahlung ist das Verhältnis ihres, bei einer Beleuchtung des Photometerschirmes von 20 bis HLx gemessenen Lichtstromes zu ihrem Energiestrome. Die Sichtbarkeitsfaktoren einwelliger Strahlungen sind je nach der Wellenlänge der Strahlung verschieden. Das Zeichen für den Sichtbarkeitsfaktor ist s. Er wird in HL/W oder in cL/W gemessen.

8. Relativer Sichtbarkeitsfaktor einer einwelligen oder zusammengesetzten Strahlung ist das bei einer mittleren Beleuchtung des Photometerschirmes von 20 bis 40 HLx bestimmte Verhältnis ihres Sichtbarkeitsfaktors zum Höchstwert des Sichtbarkeitsfaktors für einwellige Strahlung. Das Zeichen für den relativen Sichtbarkeitsfaktor ist σ. Die Einheit des relativen Sichtbarkeitsfaktors wird durch seinen Höchstwert dargestellt.

9. Reflexionsfaktor eines Körpers ist das Verhältnis des von ihm zurückgeworfenen zu dem auf ihn einfallenden Lichtstrome. Er wird mit ϱ bezeichnet und würde den Wert 1 erreichen, wenn der gesamte einfallende Lichtstrom zurückgeworfen würde

Die Zurückwerfung des Lichtes kann regelmäßig, diffus oder gemischt sein. Bei der regelmäßigen Zurückwerfung wird jeder Lichtstrahl unter einem dem Einfallswinkel gleichen Zurückwerfungswinkel reflektiert. Bei der diffusen Zurückwerfung wird der auffallende Lichtstrom nach allen von der Körperoberfläche wegführenden Richtungen zerstreut. Bei vollkommen oder rein diffuser Zurückwerfung verteilt sich der zurückgeworfene Lichtstrom nach dem Lambertschen Cosinusgesetz. In den meisten praktischen Fällen tritt eine Überlagerung von regelmäßiger und diffuser Zurückwerfung ein.

10. Absorptionsfaktor ist das Verhältnis des von einem Körper absorbierten zu dem auf ihn einfallenden Lichtstrome. Er wird mit a bezeichnet und würde den Wert 1 erreichen, wenn alles auffallende Licht absorbiert würde.

11. Durchlaßfaktor ist das Verhältnis des von einem Körper durchgelassenen zu dem auf ihn einfallenden Lichtstrome. Er wird mit τ bezeichnet und würde wie oben den Wert 1 erreichen, wenn alles auffallende Licht durchgelassen würde. Die Durchlassung kann eine regelmäßige, diffuse oder gemischte sein.

Zwischen Reflexions-, Absorptions- und Durchlaßfaktor besteht die Beziehung

$$\varrho + a + \tau = 1.$$

Der Obmann: Dr. R. Hiecke. Der Schriftführer: Ing. J. Ondracek.

Vorträge in der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft.

Die Vorträge finden im Hörsaal III des Elektrotechnischen Institutes der Technischen Hochschule in Wien, IV., Gußhausstraße 25, statt.

Donnerstag, 28. April 1927, um ½7 Uhr abends.

Vortrag des Herrn Ing. Fritz Reiter, Wien, über:

„Moderne Schaufensterbeleuchtung."

1. Einleitung. 2. Grundlagen für eine gute Schaufensterbeleuchtung. 3. Auswahl und Anordnung der Beleuchtungskörper. 4. Berechnung der Beleuchtungsstärke bezw. der Anzahl und Stärke der Glühlampen. 5. Entwurf einer Schaufensterbeleuchtung: *a)* bei neuen bezw. richtig gebauten Schaufenstern; *b)* bei unrichtig gebauten Schaufenstern. 6. Schlußwort.

Der I. Schriftführer: J. Ondracek e. h.

Donnerstag, 12. Mai 1927, um ½7 Uhr abends.

Vortrag des Herrn Ing. Otto Herbatschek, Wien, über:

„Neuzeitliche Lichtreklame in Wien."

Wesen der Lichtreklame. Ihre Einteilung. Beschreibung einiger bemerkenswerter Wiener Anlagen. Weitere Entwicklungsmöglichkeiten.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 6 **22. Mai 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Neuzeitliche Lichtreklame in Wien. Von Ing. O. Herbatschek, Wien. S. 61. / Das „STEWE"-Lichtreklameschild am Direktionsgebäude der städt. Elektrizitätswerke in Wien. Von Direktionsrat Ing. C. Deck, Wien. S. 68. / Fassadenbeleuchtung. Von Ing. Ernst Weisse, Leipzig. S. 71. / RUNDSCHAU. S. 73.

Neuzeitliche Lichtreklame in Wien.

Von Ing. O. **Herbatschek**, Wien[1]).

Der rasche Aufschwung, den die Lichtreklame in den letzten Jahren bei uns genommen hat, gab wiederholt dazu Veranlassung, einzelne besonders bemerkenswerte Anlagen in der Tages- und Fachpresse eingehend zu schildern. Da jedoch alle diese Veröffentlichungen sich einerseits stets auf ein einziges Objekt beschränken, andererseits von verschiedenen Gesichtspunkten aus die Materie behandeln, erscheint es notwendig, einmal eine kritische zusammenfassende Darstellung des bisher Erreichten auf lichttechnischer Grundlage zu geben, um uns darüber Rechenschaft abzulegen, welche Fortschritte erzielt wurden und welche Arbeit uns für die nächste Zeit noch erwächst.

Zwei Ursachen sind es vor allem, denen die Lichtreklame ihre große Verbreitung verdankt und die zugleich ihr Wesen bezeichnen. Einmal die Notwendigkeit, geschäftliche Straßenankündigungen auch nach Sonnenuntergang wirken zu lassen, um deren Werbekraft zu vermehren, zum anderen aber die Erkenntnis, durch ein neuartiges, belebendes und anregendes Propagandamittel die Aufmerksamkeit des Käufers zu einer Zeit zu wecken, zu welcher er frei von den Sorgen und der Hast des Tages für jeden besonderen Eindruck aufnahmsfähiger und aufnahmswilliger geworden ist.

Vor dem Kriege waren in Wien nur wenige Lichtreklameanlagen vorhanden. Es mag das zum Teil darin seinen Grund haben, daß die technischen Möglichkeiten damals bei weitem noch nicht jene wie heute waren und es an Firmen fehlte, die sich mit diesem Zweige der Elektrotechnik eingehender beschäftigt hätten. Auch diese wenigen Anlagen verschwanden während des Krieges zum größten Teil und erst um das Jahr 1922, nachdem auch in anderen Ländern, allen voran die Vereinigten Staaten von Amerika, die Lichtreklame einen bedeutenden Aufschwung genommen hatte, begann auch bei uns das Interesse für diese wieder rege zu werden.

Das Zusammentreffen mehrerer gleichgerichteter Kräfte hat damals die Bewegung besonders begünstigt. Neben der durch die wirtschaftliche Lage geschaffenen Notwendigkeit einer gesteigerten Werbetätigkeit war die Vervollkommnung der Lichtquellen ihr bedeutendster Anstoß; denn erst mit der Möglichkeit Anlagen schaffen zu können, die bei genügender Leuchtkraft sparsam im Verbrauche waren, konnte an eine allgemeine Einführung der Lichtreklame gedacht werden. Diese wurde außerdem noch dadurch gefördert, daß die städtischen Elektrizitätswerke damals einen besonders ermäßigten Reklametarif einführten, dem vor etwa Jahresfrist eine weitere Verbilligung und vor kurzem neue Begünstigungen gefolgt sind. Von den ersten der am Beginn dieser Entwicklung ausgeführten Großanlagen besteht heute noch eine, nämlich jene des Moulin Rouge.

Bevor ich nun dazu übergehe, das seither Geleistete in einigen Bildern zu veranschaulichen, möchte ich kurz einiges über die Anforderungen anführen, die an eine gute Reklamebeleuchtung gestellt werden müssen, sowie zur nachherigen besseren Orientierung einige Worte über die Klassifikation derselben vorausschicken. Da es sich uns hier in erster Linie nicht darum handelt, die Werbewirksamkeit einer solchen Reklame festzustellen, sondern lediglich über die lichttechnischen Forderungen Klarheit zu gewinnen, ohne die keine Lichtreklame zweckmäßig durchgebildet werden kann, so setze ich voraus, daß jene, soweit sie individuelle Gestaltung, Schönheit, Bildwirkung, Größe und Farbe betrifft, erfüllt ist. Es ist selbstverständlich, daß in der Praxis hier keine strengen Grenzen bestehen, da der eine Teil den anderen bedingt und die richtige Kombination der charakteristischen Erfordernisse erst die beste Gesamtwirkung ergeben wird.

Über die Anforderungen, die nach C. A. Atherton an eine richtig durchgebildete Lichtreklame gestellt werden, wurde in der „Lichttechnik" bereits berichtet[2]). Sie sind folgende:

1. Gute Lesbarkeit in der größten Entfernung, auf welche die Reklame noch deutlich gesehen werden soll.
2. Geschlossener Lichteindruck; die Schriftzüge müssen einen kontinuierlichen Linienzug bilden. Es ist deshalb die geringste Entfernung, aus welcher die Reklame noch wirken soll, festzulegen und darnach der Lampenabstand zu bemessen.
3. Richtige Helligkeit, vor allem in Bezug auf die Umgebung, um den entsprechenden Kontrast hervorzubringen.

Entsprechend diesen Forderungen hat Atherton einfache Gleichungen für die verschiedenen Arten von Glühlampenreklame aufgestellt, aus denen sich bei gegebenen Reichweiten bezw. noch guter Lesbarkeit, Lampenzahl, Lampenabstand und Buchstabengröße entnehmen läßt, deren Anführung jedoch hier zu weit führen würde[3]).

Was nun die Einteilung der Anlagen für Lichtreklame betrifft, so ist es natürlich möglich, diese nach einer großen Zahl von Gesichtspunkten vorzunehmen, zum Beispiel nach Größe und Form oder nach dem Verwendungszweck. Da es uns hier aber, wie oben gesagt, vor allem darauf ankommt, das was in den letzten Jahren an solchen Anlagen geschaffen wurde, vom lichttechnischen Standpunkte aus zu betrachten, so möge der Klassifikation die Art und Weise, durch welche die Lichtwirkung erzielt wird, zugrunde gelegt werden.

Man unterscheidet dann zwei große Gruppen der Lichtreklame und zwar:

1. jene, deren Lichtwirkung direkt oder indirekt durch Glühlampen also durch Temperaturstrahler hervorgebracht wird und
2. jene, deren Lichtwirkung auf Luminiszenzstrahlung beruht.

[1]) Vortrag, gehalten vor der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft in Wien am 12. Mai 1927.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik, 1925, S. 135.

[3]) Die Lichttechnik, l. c.

Digitized by Google

Diese Einteilung scheint mir nicht nur wegen der prinzipiell verschiedenene Art der Lichterzeugung der beiden Gruppen als Grundlage jeder weiteren dienen zu müssen, sondern auch weil die erzielbaren Wirkungen, was Formgebung, Farbe und Helligkeit anlangt, bei beiden Arten sich bedeutend voneinander unterscheiden. Es ist selbstverständlich, daß beide Elemente sich oft bei einer einzigen Reklame zusammenfinden; doch bleiben Temperaturstrahler und Luminiszenzstrahler stets eigentlich auch dort jeder eine Lichtreklame für sich, wo zur Erzielung bestimmter Wirkungen ihre gemeinsame Anwendung gegeben erscheint.

I. Glühlampen-Reklame.

Der überwiegende Teil aller Wiener Lichtreklameanlagen ist im Gegensatz zu anderen Großstädten dieser zuzurechnen. Um in die Fülle der verschiedenen Ausführungsarten und Möglichkeiten ein ordnendes

Abb. 1.

System zu bringen, sind hier nach lichttechnischen Gesichtspunkten betrachtet, vier Gruppen zu unterscheiden[4]):

1. Schilderbeleuchtung (soweit sie nicht einer der folgenden Gruppen angehört);
2. durch streuende Medien wirkende Lichtzeichen (Transparente);
3. direkt wirkende Lichtzeichen und
4. indirekt wirkende Lichtzeichen,

die wieder einzeln oder gemeinsam in einer Anlage zur Anwendung kommen können.

1. Schilderbeleuchtung:

Ein Schild, sei es nun als Firmenbezeichnung oder als ausgesprochenes Reklameschild in Verwendung, läßt sich am einfachsten und zweckmäßigsten durch eine Reihe verdeckt angeordneter Lichtquellen beleuchten.

Abb. 2.

Bei Firmenschildern in guter Ausführung wird bekanntlich durch verdeckt angebrachte 25 bis 32 NK Soffittenlampen eine gleichmäßige, über die ganze Fläche reichende Ausleuchtung erzielt. Eine andere Schildbeleuchtung mit Soffittenlampen (zirka 200 Stück zu 16 und 25 NK) von ruhiger und vornehmer Wirkung zeigt die Verschalung des Donner-Brunnens auf dem Neuen Markt (Abb. 1). Das Beispiel einer Anleuchtung plastischer Buchstaben, die in vorzüglicher Weise durch wenige in entsprechend kleinen Reflektoren verdeckt angeordnete Glühlampen erzielt wird, gibt das Firmenschild eines Reisebüros in der Kärntnerstraße.

Nur in besonderen Fällen zulässig ist die Beleuchtung eines Schildes durch einen Kranz nackter Lampen, die zum Beispiel bei einem Schuhgeschäft installiert ist. Diese Anlage besteht aus einer die Tafel umgebenden Umrahmung von je einer Reihe grüner bezw. roter 15 W-Naturglaslampen, über welche mittels eines einfachen Schaltmechanismus Schatten, die durch Ausschalten einiger Lampen entstehen, derart laufen, daß sie einander nachzujagen scheinen. Durch diesen Effekt und durch die gewellte Linienführung der Umrahmung wird Leben und Bewegung in das Bild gebracht und gleichzeitig der Firmenname, welcher plastisch auf weißem Alabasterglas aufgesetzt ist, annehmbar beleuchtet. Im allgemeinen wäre es jedoch falsch, Schilder durch einen Kranz nackter heller Lampen zu beleuchten, da durch deren größere Helligkeit gegenüber den Schriftzeichen diese gewöhnlich vollkommen verschwinden, wie man sich am besten bei einem schwarz grundiertem und mit weißen Buchstaben versehenen Schild überzeugen kann.

Etwas besser wird die Wirkung zwar, wenn der Grund, wie im vorliegenden Falle, aus weißem Alabasterglas besteht und die Buchstaben plastisch aufgesetzt sind oder überhaupt dunkle Buchstaben auf weißem Grund sich befinden, doch ist naturgemäß auch hier Blendwirkung vorhanden und die verdeckte Anordnung der Glühlampen unbedingt vorzuziehen[5]).

2. Transparentbeleuchtung.

Eine weitere, einfache und sehr häufig verwendete Form der Lichtreklame, bei welcher lichtdurchlässige, streuende Medien (Glas, Leinwand, seltener Marmor, Alabaster usw.) durch hinter denselben angebrachte Lichtquellen beleuchtet werden, ist die Transparentbeleuchtung. Sie vereinigt mit gutem Tagesaussehen die Vorteile einer in der Anschaffung und im Betriebe wenig kostspieligen und doch besonders für kleine Flächen und nicht zu große Entfernungen äußerst wirksamen Reklame, allerdings nur dann, wenn die die Schrift oder die Bemalung tragenden Glasscheiben mit Beinglas unterlegt werden, das erst eine gleichmäßige blendungsfreie Ausleuchtung des ganzen Schildes gewährleistet. Werden bloß mattierte Scheiben verwendet, so rufen die Glühlampen auf diesen Lichtflecke hervor, die die Schrift an der betreffenden Stelle nicht mehr deutlich erkennen lassen, wie man sich bei vielen ausgeführten Anlagen leicht überzeugen kann.

Abb. 3.

Die Formen, in denen Transparent-Reklame gebaut werden, richten sich je nach dem Verwendungszweck. Abb. 2 zeigt die Ausführung eines Steckschildes einer Teppichfirma, wobei wie ersichtlich, dem Schild die Form und Einrahmung eines Teppiches gegeben wurde. Das Schild ist aus einer leichten Eisenkonstruktion hergestellt, die mit den Glastafeln (Unterlage Beinglas, Decke, bemalte Tafel) verkleidet ist. In den so gebildeten Kasten sind vier Lampen zu 60 W untergebracht. Eine originelle Form der Transparentbeleuchtung sind die Pfeile, die zur ständigen Ausstellung der Städt. Elektrizitätswerke im Zuge der Universitäts- und Alserstraße hinweisen[6]).

Eine in anderen Großstädten schon seit langem übliche, bei uns aber erst in letzter Zeit sich durchsetzende Transparentbeleuchtung ist jene in Form von Säulen an Straßenbahn-Haltestellen. Abb. 3 zeigt eine

[4]) Vgl. Die Lichttechnik, l. c.

[5]) Über gute Firmenschildbeleuchtung gibt das Osram-Lichtheft C 1 erschöpfend Auskunft.

[6]) Siehe S. 68 dieses Heftes.

Digitized by Google

solche Säule mit einem Kugelaufsatz aus Beinglas der Städt. Elektrizitätswerke; im Gegensatze zu den Ausführungen des Auslandes ist in Wien jede Säule nur einer einzigen Firma zugewiesen und zeigt, wenn auch nicht immer besten Geschmack, so doch stets eine wohltuende Einheitlichkeit. In der Kugel ist die auf einem Stativ angebrachte Glühlampe für 200 W eingebaut, im Körper selbst zwei Lampen je 150 W, eine am Boden, die andere an der Decke.

3. Direkt wirkende Lichtzeichen.

Zu den wirksamsten und verbreitesten Lichtreklamen gehören unstreitig die elektrischen Leuchtzeichen, die infolge ihrer vielseitigen Verwendbarkeit, der Möglichkeit Bewegung und damit Leben in eine tote Lichtfülle zu bringen, in der Lichtreklame noch immer eines der besten und effektvollsten Propagandamittel darstellen, die wir besitzen.

Die Leuchtzeichen, in Buchstabenform auch Leuchtsoffiten-Buchstaben genannt, bestehen im wesentlichen aus Zink- oder verbleitem Eisenblech, welches rinnenartig gebogen ist und ein weiteres Einlageblech zur Aufnahme von wasserdichten Fassungen in sich schließt. Abb. 4 zeigt die verschiedenen Formen der Leuchtzeichen im Querschnitt. Zur Erzielung einer guten Tageswirkung sind die gewöhnlich mit Tagesleisten versehen, die in beliebiger Farbe gestrichen werden können oder aber als geschlossene Profile ausgeführt, die auch mit Rücksicht auf Haltbarkeit, Schutz gegen Körperschlüsse durch Feuchtigkeit usw. jenen der offenen Bauart entschieden vorzuziehen sind.

Während die größeren Formate der elektrischen Leuchtzeichen heute gewöhnlich mit Normallampen von 15 W ausgestattet werden, ist dies bei kleinen wegen

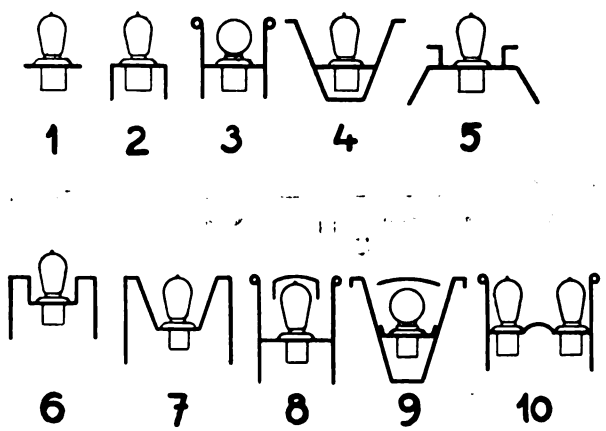


Abb. 4. Querschnitt von Leuchtbuchstaben.

des dadurch bedingten ziemlich hohen Stromverbrauches nicht möglich. Da jedoch die Glühlampentechnik Lampen von zum Beispiel 5 W, wie sie für solche kleine Anlagen gebraucht werden, für Normalspannungen rationell herzustellen noch nicht imstande ist, mußte zur Serienschaltung von 14 V-Lampen geschritten werden, um einen halbwegs billigen Betrieb zu ermöglichen. Diese Lösung hat aber den Nachteil, daß bei Verlöschen einer Lampe die ganze betreffende Serie vollständig versagt, was bei Gleichstrom dadurch zu umgehen versucht wurde, daß in den Lampensockeln Ersatzwiderstände für jede einzelne Lampe eingebaut wurden, eine Maßnahme, die sich aber nicht besonders bewährte. Bei Wechselstrom konnte man sich insoferne leichter helfen, als man kleine Transformatoren in Anwendung brachte, die die Netzspannung auf 14 V herabsetzten. Alle diese Hilfsmittel bringen aber neben einer Verteuerung der Anlage eine weitere Fehlerquelle in diese, so daß man heute davon wieder weniger Gebrauch macht und, wo es der Betrieb nur einigermaßen gestattet, Normallampen einbaut. Dort wo farbige Wirkungen in Betracht kommen, verläßt man mehr und mehr die früher allgemein gebräuchliche Verwendung von in Lack getunkten Lampen und greift zur Naturglaslampe, die trotz ihres 100 vH höheren Preises dennoch gewöhnlich einen rationellen Betrieb der meisten Großanlagen gewährleistet, da das je nach der Güte des Lackes lange vor Erreichung der 1000 Brennstunden notwendige Austauschen erhebliche Kosten verursacht.

Bei Serienlampen ist man in letzter Zeit allgemein, bei Normallampen zum Teil mit gutem Erfolg dazu übergegangen, sie mit blauem Glaskolben auszustatten, um damit eine weißere, dem Tageslichte ähnlichere Beleuchtung zu erzielen.

Von den überaus zahlreichen Leuchtzeichenanlagen in Wien sollen hier zwei Ausführungen zur Deutlichmachung des eben Gesagten erläutert werden. Abb. 5 zeigt eine Anlage mit Tageslicht-Serienlämpchen

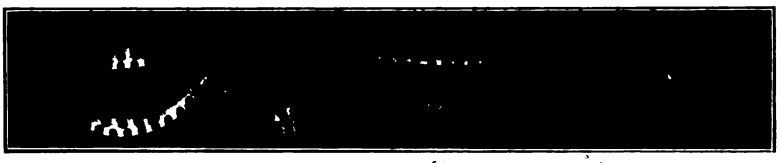


Abb. 5.

für 14 V mit offenem Profil (gebaut von der „Olso" A.-G.); ein Beispiel für Firmenschildbeleuchtung dieser Art und zugleich eines, um die Freiheit der Linienführung, die sich hier erzielen läßt, dazutun. Die ausgezeichnete Tageswirkung des Schildes wird dadurch erreicht, daß die Lampen vertieft auf weißem Grunde angeordnet sind.

Eine Großanlage mit Leuchtbuchstaben, ebenfalls mit offenem Profil, jedoch mit Naturglas-Normallampen ausgerüstet, ist das Schild des Pantherbräukellers. Abb. 6 zeigt eine Anlage, ausgeführt von der Olso A.-G., bei welcher jeder Buchstabe durch zwei scharf begrenzte, schmale Lichtstreifen gebildet und dadurch eine bessere und plastischere Wirkung erzielt wird; eine solche Anlage kann, wenn sie sachgemäß ausgeführt wird, von Laien auf Entfernung oft nicht von Neon-Leuchtröhren unterschieden werden; außerdem ist die Tageswirkung solcher geschlossener Profile — wie schon erwähnt — eine bedeutend bessere.

Abb. 6.

So gut eine solche durch Größe, Anordnung und Farbe wirkende Reklame dort ist, wo sie in genügendem Kontrast zur Umgebung sich befindet, so sehr kann sie an einer Stelle unbeachtet bleiben, an welcher die Fülle anderen Lichtes von Straße, Schaufenster oder ähnlichen Anlagen ihre Wirkung herabmindert.

Geleitet von der Erkenntnis, daß das Auge sich einer stets gleichmäßigen Helligkeit bald anpaßt und diese dann nicht mehr als Reiz empfindet, ging man in solchen Fällen bald dazu über, Bewegung in die tote Lichtmasse zu bringen; denn wechselt die Beleuchtungsstärke einer Stelle des Blickfeldes, so werden wir unwillkürlich der Ursache dieser von uns als Störung empfundenen Erscheinung nachforschen; es wird eine auf solchem Prinzip gebaute Lichtreklame daher viel eher als eine ruhende beachtet werden.

Die primitivste Weise der Aufmerksamkeitserregung durch wechselnde Beleuchtung stellt das Blinken dar. Die vielen, oft äußerst einfachen mit thermischen Schaltern ausgeführten, aber doch ihre Wirkung selten verfehlenden Anlagen dieser Art sind allgemein bekannt.

Eine andere schon mehr oder minder komplizierte Apparaturen benötigende Lichtreklame ist jene, bei

Digitized by Google

welcher die Zeichen wechselweise nacheinander eingeschaltet werden, und zwar entweder buchstabenweise oder jede Glühlampe bezw. zusammengehörige Glühlampengruppe für sich, eine Ausführungsart, die der Phantasie des Erbauers den weitesten Spielraum läßt. Da gerade solche Anlagen eine große Zukunft zu besitzen scheinen, soll eine der bedeutendsten, erbaut von der Firma H. Schacht, genauer erläutert werden.

Das dabei zur Verwendung gelangende, im Grunde einfache Schaltwerk (Abb. 7), arbeitet nach folgendem Prinzip: Von jeder einzelnen Lampe bezw. Lampengruppe führt bis zu diesem ein Kabel, welches in einem Kontaktfinger endigt. Diese Kontaktfinger schleifen nacheinander auf einem streifenförmig ausgeschnittenen Metallzylinder, der an einem Pol des Netzes angeschlossen ist, wodurch der Stromkreis geschlossen und der Kontakt gegeben ist. Das bewegte Bild (Abb. 8) selbst stellt in unserem Falle zweimal die Marke der Firma Del-Ka dar: Eine Dame die einen

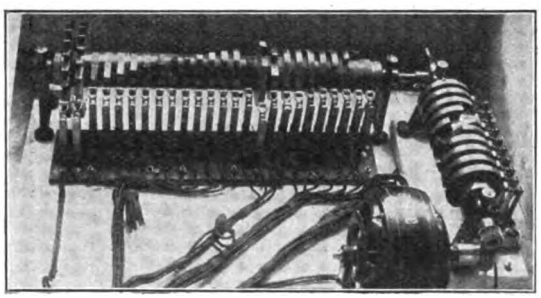


Abb. 7.

Schuh in der Hand hält; die beiden Bilder, die einander gegenüber aufgestellt sind, leuchten langsam aus dem Dunkel auf. Die eine Dame hält einen Tanzschuh in der Hand, oberhalb des ersten Markenkopfes erscheint nun eine Leuchtschrift „Ein guter Tanzschuh", während im gleichen Augenblick der Schuh plötzlich zur zweiten Figur überspringt, oberhalb welcher das Wort „kostet" aufleuchtet. Der Schuh springt zurück und in der Mitte des Bildes erscheint rot leuchtend die Ziffer „9·80", hierauf verschwinden die Bilder für eine Weile und das Spiel beginnt von neuem. Außerdem sind während der ganzen Leuchtzeit die Augen der beiden Frauenköpfe in

Abb. 8.

Bewegung, wobei einzelne, die Augen darstellende Lämpchen aufleuchten und verlöschen. Damit die Aufmerksamkeit des Beschauers auch während der Lichtpausen erregt wird, laufen Lichtkreise als Rahmen um die Marken sowie eine große Umrahmung um das ganze Bild, für welches insgesamt fast 2000 Lampen zu 14 V, 5 W, je 8 in Serie geschaltet, zur Verwendung gelangen.

Eine ähnliche, äußerst originelle und ausschließlich durch die Abrollung eines Bewegungsvorganges wirkende Lichtreklame von der gleichen Firma, zeigt die Anlage beim Handlungshaus Herzmansky. Hier werden drei verschiedenfarbige Stoffballen durch eine riesige Schere mit drei gewaltigen Schnitten nacheinander abgetrennt und fallen auf die am unteren Rande des Schildes befindliche Schrift. Auch hier sind Serienlämpchen von 5 W, 14 V, verwendet und von einem Schaltwerk gleicher Art betätigt.

Es ist jedoch nicht nötig, daß, wie in den vorliegenden Beispielen, Text oder Bild zu einer bewegten Reklame ausgestaltet werden; um die Aufmerksamkeit des Vorübergehenden zu erregen, genügt es, Farbe und Bewegung durch sich selbst wirken zu lassen bezw. als bloßen Hinweis auf den in ruhenden Lichtzeichen daneben gesetzten Text zu betrachten. Welch neuartiger lebendiger und nicht zuletzt ästhetischer Reiz von einer solchen Anlage auszugehen vermag, beweist am besten die nach dem Entwurf des Herrn Direktionsrates Ing. Deck für die Städt. Elektrizitätswerke im vorigen Jahre ausgeführte Reklamebeleuchtung[7]).

Der Vollständigkeit halber sei hier noch die Anlage bei der Firma Gerngroß A.-G., erbaut von Ing. Krötlinger erwähnt, die hier schon beschrieben worden ist[8]).

Zur Glühlampenreklame gehört schließlich eine Gruppe, die man als Universalanlagen bezeichnen kann. Ihre ursprüngliche, in Wien schon vor dem Kriege, allerdings bloß in einer einzigen

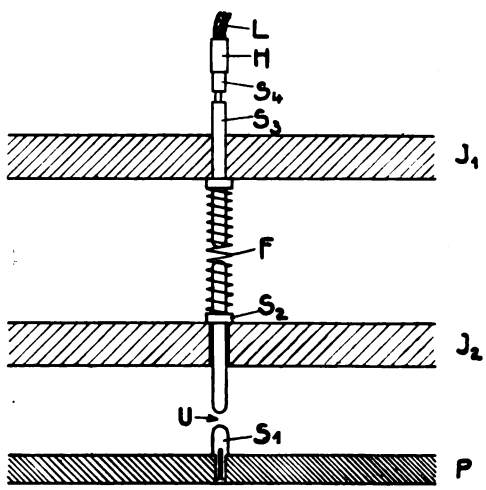


Abb. 9. Wechselschrift.

Ausführung, vorhanden gewesene Stammform der Universalbuchstaben ist heute im Gegensatz zu anderen Städten vollständig verschwunden. Bekanntlich besteht ein solcher aus einem rechteckig geformten Eisenrahmen, bei welchem die beiden Diagonalen und Mittellinien Glühlampenfassungen tragen. Durch einen komplizierten Schaltmechanismus werden die Lampen zu den verschiedensten Buchstaben zusammengesetzt. Die Anwendung dieser Buchstaben erscheint gegenwärtig bereits überholt, da es möglich ist, viel beweglichere, größeren Spielraum gewährende Universal-Lichtreklamen zu bauen, ohne eine solche komplizierte Apparatur, wie es Universalbuchstaben fordern, aufstellen zu müssen, wie eine der modernsten Reklamen dieser Art, erbaut von der Internationalen Lichtreklame-Ges. m. b. H., die Fiat-Lux-Anlage am HAPAG-Hause, deutlich beweist.

Im Gegensatz zu der später zu besprechenden Wanderschrift erscheint hier nicht eine laufende Schrift, sondern ein ganzes Bild, das acht Sekunden stehen bleibt und dann wechselt (Abb. 9). Hiebei ist der kontaktschließende Teil eine klischeeartige Aluminium-

[7]) Vgl. S. 67 ff. dieses Heftes.

[8]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, Heft 3, Seite 28.

Digitized by Google

platte *P*, die in der Größe der ganzen Kontaktvorrichtung mit genau so viel und genau so angeordneten Löchern versehen ist, als das Lampenfeld mit Lampen. Die Matrize, die die Darstellung jeder Schriftart, Zeichnung usw. gestattet, wird nun in der Weise hergestellt, daß in die in Betracht kommenden Löcher der Platte splintartige Kontaktstifte S_1 gesteckt werden. Die Platten passieren jetzt, über zwei Trommeln gelegt und zu einem endlosen Band gekettet, die Kontaktvorrichtung (Abb. 10). Hier werden sie nacheinander durch ein Exzenter an die Kontaktfläche gedrückt und dadurch die betreffenden Lampen am Lampenfeld eingeschaltet. Bei jeder Fortbewegung der Platten wird die betreffende eben unter der Kontaktvorrichtung befindliche gesenkt, so daß sie frei die Kontaktbahn passieren kann. Die Stromzuführung erfolgt direkt mittels Bürsten auf die Platten, welche durch die eingesetzten Stifte den Strom in die zugehörigen Kontakte der Kontaktvorrichtung (S_2, S_3, S_4) leiten und von hier über *H* und *L* zu den Lampen (I_1, I_2 isolierende Kontaktstiftträger, *F* Distanzfeder). Durch die Unterteilung der Rückleitung wird die Stromführung in mehrere Stromkreise zerlegt.

Bei der Wiener Anlage stehen 150 Lampenreihen zu je 24 Stück Lampen nebeneinander. Entsprechend dieser Zahl sind auch die Kontakte in der Kontaktvorrichtung angebracht. Die Lampen sind mattiert und tragen rückwärts einen weißen und einen darüber befindlichen schwarzen Lackanstrich zwecks besserer Reflexion des Lichtes.

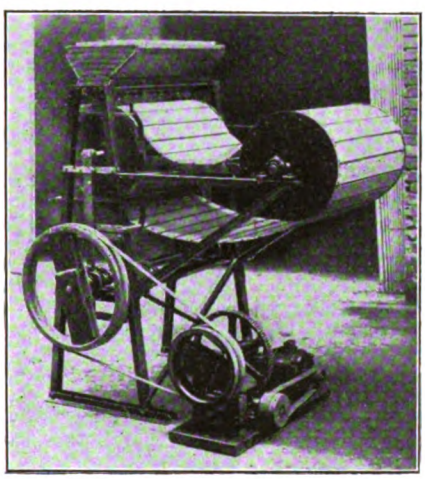


Abb. 10.

Die sehr verbreiteten Wanderschriftanlagen, die gegenüber der eben beschriebenen Wechselschrift wohl den Nachteil keiner soweit reichenden Verwendbarkeit besitzen, dafür aber eine raschere Umstellungsmöglichkeit bieten und deshalb auch dazu verwendet werden, um neben der laufenden Reklame neueste Meldungen, Tagesereignisse usw. zu bringen, haben sich bei uns rasch einzubürgern vermocht. Wir besitzen gegenwärtig zwei solcher Anlagen, die trotz verschiedenartiger Ausführung nach im Grunde gleichen Prinzip arbeiten.

Bei der Wanderschriftanlage im Hause des Dianabades sind die Lampen außen am Lampenfeld in der Weise angeordnet, daß je zehn übereinander in einer Reihe und 300 solcher Reihen nebeneinander stehen. Die Buchstaben sind aus einer Aluminiumlegierung hergestellt und so beschaffen, daß das eigentliche Buchstabenzeichnen (Abb. 11) erhaben hervorragt. Die Kanten sind abgeschrägt, was zur sukzessiven Hebung der Stifte notwendig erscheint. An jedem Buchstaben befindet sich an einer Seite ein Splint und auf der anderen eine hakenförmige Lasche, so daß die Buchstaben leicht zu einer Kette aneinander gereiht werden können. Diese Kette ohne Ende führt nun über die Förderungstrommel, welche mit Zähnen (Stiften) zur Förderung versehen ist, zur Kontaktvorrichtung. In der Kontaktvorrichtung hat jede Lampe des Außenfeldes ihren eigenen Kontakt; diese sind im selben Sinn eingebaut, wie die Lampen am Lampenfeld. Es stehen also zehn Stück Kontaktstifte senkrecht in einer Reihe zur Laufrichtung, während 300 solcher Reihen in der Richtung nebeneinander angeordnet sind. Kommt nun ein Buchstabe durch die Kontaktvorrichtung, wo er zwischen der Gleitbahn *G* unter der Führungsschiene FS_2 präzise geführt wird, so hebt er alle Kontaktstifte, die auf die erhabenen Konturen des Buchstabens „B" zu stehen kommen. Da nun der Buchstabe gleitet, lösen sich die geschlossenen Kontakte in dem Momente, in dem die folgenden geschlossen werden. Die Schrift erscheint daher außen am Lampenfelde laufend, nur um das 20fache vergrößert. Die Kontaktschließung geschieht hiebei wie folgt:

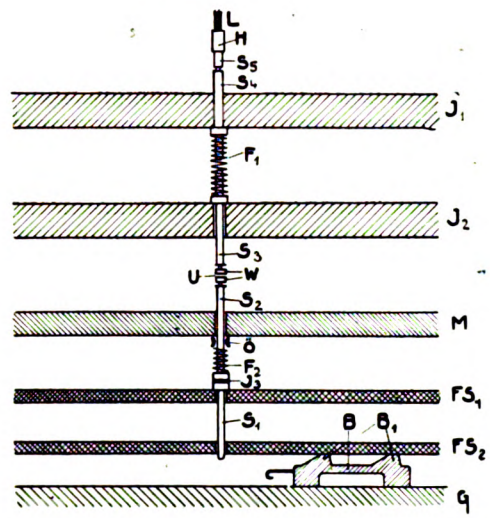


Abb. 11. Wanderschrift.

Der Stift S_1 wird durch den Buchstaben „B" gehoben, hebt selbst den Stift S_2, von dem er durch die Isolation J_3 (Preßspan) getrennt ist und schließt so den Kontakt bei *U*. Der Strom geht nun durch die Verteilungsschiene *M*, an welche die Zuleitung angeschlossen ist, durch die Verbindungsfeder F_2 durch den nun geschlossenen Kontakt bei *U* in den Stift S_3, von da durch die Verbindungsfeder F_1 in den Stift S_4 und S_5 und von hier über *H* und *L* zu der entsprechenden Lampe auf dem Lampenfelde, sodann durch die gemeinsame Rückleitung zurück. (Je 100 Lampen sind zu einem gemeinsamen Rückleiter vereinigt.) Die Kontaktstellen *W* sind zwecks geringerer Abnützung aus Wolfram hergestellt, die Unterbrechungsstelle ist 0·4 mm, der Hub 1 mm, so

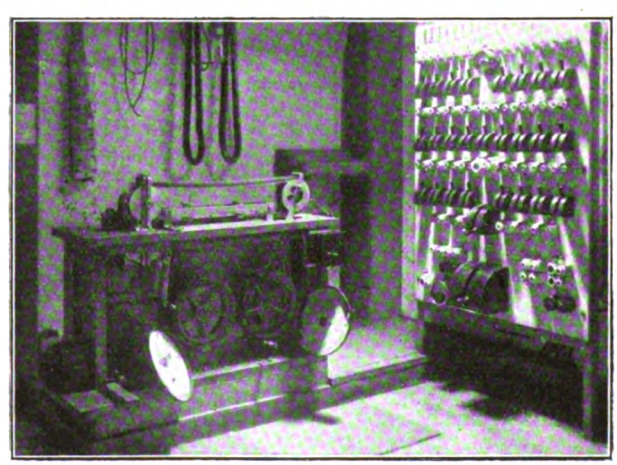


Abb. 12.

Digitized by Google

daß der Stift S_3 noch um 0·6 mm gehoben und ein inniger Kontakt hergestellt wird. Durch Unterbrechung der Verteilungsschiene *M* werden die einzelnen Stromkreise gebildet. Die diversen Führungsplatten J_1, J_2, *M*, FS_1, FS_2 und die Gleitbahn „*G*" sind mit Distanzbolzen einstellbar untereinander verbunden und an den entsprechenden Stellen isoliert; gegen unvorgesehene Störungen ist die Apparatur durch eine selbsttätig funktionierende Leerlaufvorrichtung gesichert. Die Geschwindigkeit der Schrift an der Außenanlage beträgt 3·5 m pro sec. Die Lampen sind für 125 V Betriebsspannung gebaut, jedoch mit 110 V betrieben, brennen daher mit Unterspannung und sind im übrigen so ausgeführt wie die der Fiat-Lux-Anlage.

Unterspannung und Mattierung haben den Zweck, den beim Schnellauf der Schrift entstehenden Lichtschweif zu dämpfen.

Ähnlich dieser ist die Wanderschrift am Heinrichshofe, erbaut durch die „Gewista", ausgeführt (Abb. 12), nur wird hier die Kontaktgebung auf etwas andere Weise besorgt. Die Kontaktbahn enthält hier 700 Lampen, und zwar 100 Reihen zu 7 Lampen, welche in Aluminium-Reflektoren, die aneinander grenzen, untergebracht sind. Eine Kontaktbahn enthält die entsprechenden 700 Kontakte, die zu den Glühlampen am Leuchtschild führen. Über die Kontaktbahn wird ein Film gelegt, welcher Löcherungen in Buchstaben- oder Zeichenformen aufweist. Oberhalb des Filmes liegt ein Lederband, welches mit feinen Metallhaaren ausgestattet ist und als Stromzuleitung dient. Dort wo der Film gelocht ist, reichen die Bürstenhaare auf die Kontakte und bewirken so das Aufleuchten der entsprechenden Lampen. Auch hier sind besondere Vorsichtsmaßregeln getroffen, um im Falle des Reißens des Filmes bezw. bei Stillstand der Maschine den Strom automatisch auszuschalten.

Zu erwähnen wäre noch eine von Krüger & Friedeberg, Berlin, ausgeführte, aber bei uns nicht verwendete Lichtschriftreklame, bei welcher mittels einer Schreibmaschine mit üblicher Tastatur durch Niederdrücken der entsprechenden Typen auf eine als Kontaktfeld dienende Zither und der dadurch hervorgerufenen Erregung der Spule eines Elektromagneten in einem Relaisfeld die zugehörigen Kontakte geschlossen und die diesen entsprechenden Lampen zum Aufleuchten gebracht werden.

4. Indirekt wirkende Lichtzeichen:

Das sind solche, bei denen sich Buchstaben oder Zeichnung von einem hell erleuchteten Hintergrund abheben, also als Silhouette wirken; da diese Art der Reklamebeleuchtung nur auf kurze Entfernung sichtbar ist, wird sie fast ausschließlich als Firmenbezeichnung verwendet. Ein Beispiel ausgeführter Anlagen zeigt den Namen einer bekannten Ölfirma auf ihren Benzinzapfstellen. Der Hintergrund ist rot angeleuchtet, die Buchstaben plastisch vor diesen gestellt.

II. Neonröhrenreklame.

Über die Erzeugung und Verwendung von Röhrenlicht, insbesondere über jenes mit Neonfüllung, ist in den letzten Jahren in verschiedenen Veröffentlichungen, auch in dieser Zeitschrift[9]) sowohl theoretisch als auch praktisch erschöpfend berichtet worden, so daß ich diese Grundlagen hier als bekannt voraussetzen darf und nur zur Illustrierung des folgenden die charakteristischen Eigenschaften, so weit sie für unser Thema von Interesse sind, zusammenfasse:

Geringer Stromverbrauch (1 m Einfachrohr zirka 30 W), weitreichende Sichtbarkeit, auch bei Nebel und dunstigem Wetter, intensiv gefärbtes Licht, völlige Blendungsfreiheit, geringe Erwärmung (Oberflächentemperatur 35°), lange Lebensdauer, gute Tageswirkung und schließlich die Möglichkeit, jede Art von Zeichnung, Schrift, Linienzügen usw. zur Darstellung zu bringen, sind die wesentlichsten Merkmale dieses jüngsten und erfolgreichsten Zweiges der Lichtreklame. Der Nachteil der hohen Anschaffungskosten, der Notwendigkeit der Verwendung von Wechselstrom höherer Spannung und der dadurch bedingten besonderen Vorsichtsmaßregeln sowie das Fehlen von Bewegungsmöglichkeiten, hat ihre Verbreitung nicht besonders beeinträchtigen können.

[9]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Heft 4, S. 43.

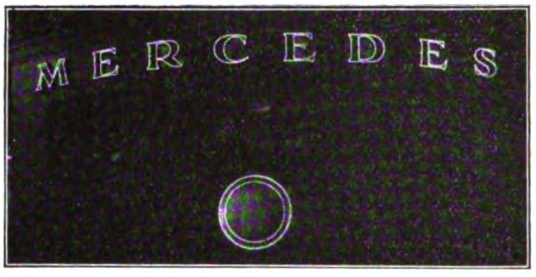


Abb. 13.

Nach dem eben Gesagten ist es selbstverständlich, daß jede Art von Reklamebeleuchtung in Neonröhren ausgeführt werden kann. Je nach der Größe der Zeichen werden diese mit einfachem oder doppeltem Linienzug hergestellt und gewöhnlich mit Metallplatten unterlegt, oft auch plastisch hervorgehoben, um gute Tageswirkung zu erzielen. Als Beispiel einer Firmenschildbeleuchtung zeigt Abb. 13 die für das Schuhhaus Mercedes von der Firma H. Schacht mit Agelindusröhren ausgeführte Anlage. Die in Tombak getriebenen Buchstaben haben eine Höhe von 70 cm, die Konturen der Buchstaben sind in Neonröhren nachgezogen, so daß sich ein doppelter Linienzug und gute plastische Wirkung ergibt. Die Elektroden sowie ihre Anschlüsse sind im Innern der Buchstaben untergebracht. Außerdem ist ein roter und blauer Neonring um die reliefartig angebrachte Firmenmarke gelegt.

Ein Steckschild größeren Formates in blauen Neonröhren den Namen der Firma in Schriftbuchstaben zeigend, ebenfalls mit Agelindusröhren ausgeführt, ist das des Kleiderhauses Tiller. Dunkelblau gestrichene Platten tragen hier in einem Alpacca ähnlichen Metall plastisch ausgearbeitete Buchstaben, welche durch Neonröhren beleuchtet werden. Das Schild hat eine außerordentlich gute Tageswirkung und eine besonders günstige Fernwirkung; die Anlagenkapazität beträgt ungefähr 1500 W.

Abb. 14.

Neonröhren lassen sich, wie schon erwähnt, wie keine andere Lichtreklameart zu jeder Zeichnung, schönen Linienführung und Anpassung an die Architektur eines Gebäudes besonders vorteilhaft verwenden. Abb. 14 zeigt ebenfalls ein Steckschild, ausgeführt von Schwabe & Comp., das durch seine weiche Linienführung jedermann auffällt. Ein Wandschild einer Galanteriefirma auf der Mariahilferstraße ist deshalb bemerkenswert, weil dort nicht nur blaues und rotes, sondern das auch seltener verwendete grüne Neonlicht zur Anwendung kommt; diese Färbung wird bekanntlich aus der blauen, durch hellbraune Tönung der Glasröhre abgeleitet.

Eine der größten Wiener Anlagen, ist jene der Firma Krupnik, die nebst schöner Linienführung bei der Dar-

Digitized by Google

stellung des Warenzeichens auch die eben genannte gute Anpassung an die Gebäudearchitektur durch Hervorheben bestimmter Linien erkennen läßt. Abb. 15 zeigt

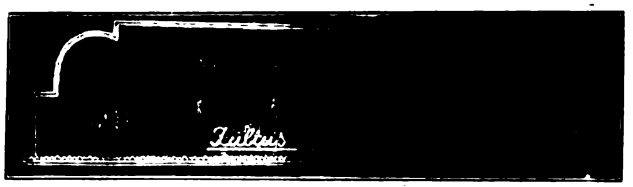


Abb. 15.

jenen Teil der Anlage, bei der Konturenbeleuchtung durch Neonröhren in Wien zum ersten Mal wirkungsvoll angewendet wurde. Der doppelte Linienzug der Umrahmung, der unten durch Auflösung einer Geraden in eine Wellenlinie einen, wenn auch ein wenig unruhigen, so doch interssanten Abschluß bildet, sowie die gut eingesetzen Schriftzüge mit dem Namen der Firma, machen diese Lichtreklame zu einer der besten hier bestehenden, wozu auch die interessante, gut gelöste Fensterbeleuchtung wesentlich beiträgt.

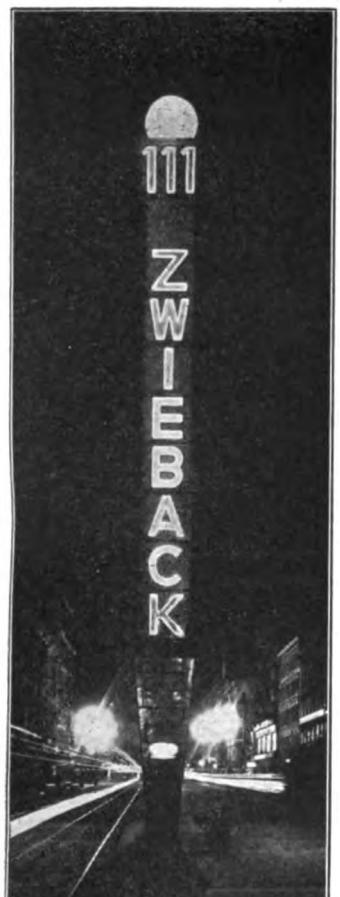


Abb 16.

Zum Schlusse noch einige bemerkenswerte Großanlagen. Bei der Persilanlage ist die Schrift aus einer leichten Eisenkonstruktion hergestellt, so daß eine außerordentlich günstige plastische Tageswirkung entsteht. Die Buchstaben, deren größter 2 m hoch ist, sind in roter, der Strich unter denselben in grüner Farbe ausgeleuchtet. Das Innere der Buchstaben nimmt die Elektroden und kleine Streufeldtransformatoren für 2000 V auf, so daß den einzelnen Buchstaben nur Niederspannung zuführt wird.

Als Beispiel einer kombinierten Reklame sei die mit Leuchtbuchstaben in Verbindung stehende Dachreklame der Firma Palugyay (ausgeführt von der Firma Prometheus), erwähnt, bei der die beiden Worte „Wein" und „Sekt" abwechselnd eingeschaltet werden, während der Firmenname ständig sein rotes Neonlicht aussendet.

Schließlich ist eine originelle, nicht alltägliche Ausführung einer Neonreklame der Zwiebackturm, der auf große Entfernung die Mariahilferstraße beherrscht. Auch hier sind die Konturen plastischer Buchstaben bezw. Ziffern mit roten Röhren eingefaßt, wodurch gute Tageswirkung und formenschöne, massige Gestaltung erreicht wird. Die Anlage, die von der transparenten Glaskugel gekrönt wird, ist mit Philipp's-Neonröhren ausgestattet (Abb. 16).

Neuerdings hat die Agelindus für kleine Steckschilder und Auslagenreklame Neonröhren gebaut, die mit hochfrequenten Strom gespeist werden. Dieser wird in einer an das Netz angeschlossenen Wolframbogenlampe erzeugt, der ein Schwingungskreis parallel gegeschaltet ist. Dadurch wird der Netzstrom in nicht sinusförmig verlaufenden Wechselstrom von zirka 500 Impulsen/s umgeformt. Ebenso hat die Olso A.-G. in allerletzter Zeit eine Röhrenreklame herausgebracht, die mit Hochfrequenzströmen betrieben wird und infolge des Wegfalles der Transformation eine bedeutende Verbilligung der Herstellung ermöglicht. Daß das Licht dieser Röhren flimmert, kann eher als Vor- denn als Nachteil im Sinne des vorhin über Bewegung in der Lichtreklame Gesagten angesehen werden.

Endlich möchte ich nur kurz erwähnen, daß eine Röhrenart, wie sie sich im Deutschen Reiche für Reklamezwecke einigermaßen eingebürgert hat, nämlich die Mooreröhre, bei uns keinen Boden zu gewinnen vermag, und die einzige schon vor dem Kriege bei der Firma Orendi in ihren Auslagen erbaute Anlage heute nicht mehr in Betrieb steht.

Aus dieser nur sehr unvollständigen Übersicht über die Reklamebeleuchtung in Wien, ist zu ersehen, daß in den letzten drei bis vier Jahren hier immerhin manches geleistet worden ist. Doch ist dies erst ein Anfang; man braucht nur das abendliche Bild der Großstädte anderer Länder auf sich wirken lassen, um zu erkennen, daß noch vieles zu tun übrig bleibt, um den Vorsprung auch unserer Nachbarn im Deutschen Reiche nur einigermaßen einzuholen. Der Lichtreklame werden dabei neue Aufgaben erwachsen.

Vor allem wäre der Bewegung des Lichtbildes mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Dort, wo sich eine große Zahl von Anlagen, zum Beispiel in der Kärnterstraße, nebeneinander befinden, sind die Wirkungen der einzelnen bedeutend abgeschwächt, weil die Summe aller Lichteffekte ein einheitliches Lichtmeer hervorbringt, auf das der Beschauer kaum mehr reagiert. Kommt dagegen in dieses etwas Lebendiges, so wird es sogleich die Aufmerksamkeit im hohen Grade erregen. Je mehr sich also die Lichtreklame einbürgert, desto mehr ist Bewegung in ihr erforderlich! Nebst diesen dringendsten Aufgaben stehen die anderen etwas zurück, da sie sich nicht so allgemein lösen und anwenden lassen, jedoch in besonderen Fällen auch zu besonderen Wirkungen führen können. Hier sind in erster Linie Konturen- und Flutlichtbeleuchtung zu nennen. Diese beiden kommen nur dort in Frage, wo ganze Gebäudefronten einheitlich behandelt werden können. Erstere ist in Wien schon in einigen Anlagen durchgeführt, doch noch viel zu wenig beachtet, letztere aber leider noch in keiner einzigen Ausführung vertreten[10]).

Schließlich könnte für große Flächen noch die Projektion gleichbleibender oder wechselnder Bilder, die bisher viel zu wenig Beachtung gefunden hat, mit Vorteil verwendet werden. Die Abteilung der Städt. Elektrizitätswerke in der Ausstellung „Wien und die Wiener", nach den Entwürfen des Herrn Direktionsrates Ing. Deck ausgeführt, zeigt deutlich, welche neuartige anziehende und unmittelbar auf den Beschauer wirkende Effekte sich auf solche Weise erzielen lassen.

[10]) Welch schöne Wirkungen des Beleuchten von großen Gebäuden hervorzubringen vermag, zeigt die Festbeleuchtung des Wiener Rathauses. Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 31.

Digitized by Google

Das „STEWE"-Lichreklameschild am Direktionsgebäude der städt. Elektrizitätswerke Wien.

Von Direktionsrat Ing. C. **Deck**, Wien.

Vor etwas mehr als Jahresfrist hat die Direktion der städt. Elektrizitätswerke anschließend an das bisher bestandene Direktionsgebäude, IX., Mariannengasse-Höfergasse, einen Büro- und Werkstättentrakt errichtet, in dessen Parterreräumlichkeiten die „STEWE-Aus-

Abb. 1. Lichtpfeil.

stellung" („STEWE" ist die gebräuchliche Abkürzung für die „Ständige Ausstellung der städtischen Elektrizitätswerke Wien") untergebracht wurde, in welcher den Konsumenten der Städt. Elektrizitätswerke fortlaufend neue

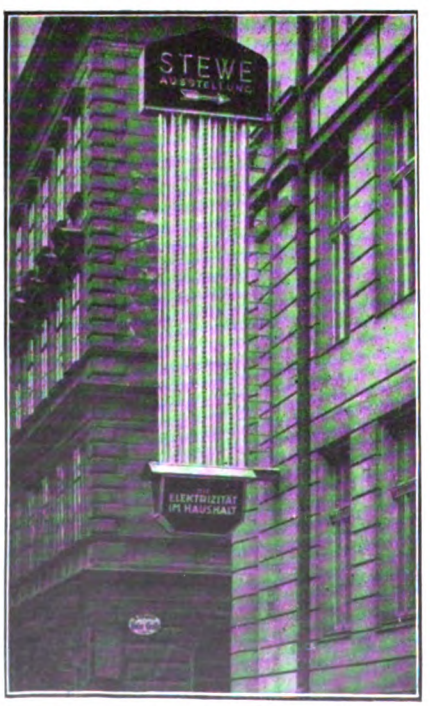


Abb. 2. Lichtreklameschild bei Tag.

elektrische Geräte gezeigt werden. Da diese Ausstellung abseits der nächsten großen Verkehrsader liegt, war es naheliegend, mittels geeigneter Wegweiser die Richtung zur Ausstellung zu zeigen.

Dies wurde in der Weise durchgeführt, daß an allen 15 Lichtmasten der öffentlichen Straßenbeleuchtung, beginnend vom belebten Schottenring bis zur Ecke Alserstraße-Spitalgasse, transparente Leuchtpfeile mit entsprechendem Text angebracht wurden (siehe Abb. 1). Von der Spitalgasse aus übernimmt ein „Neon"-Leuchtröhrenschild die weitere Führung und weist ein neuerliches Steckschild am Allgemeinen Krankenhaus den Weg zur Mariannengasse. Wer einmal hier ange-

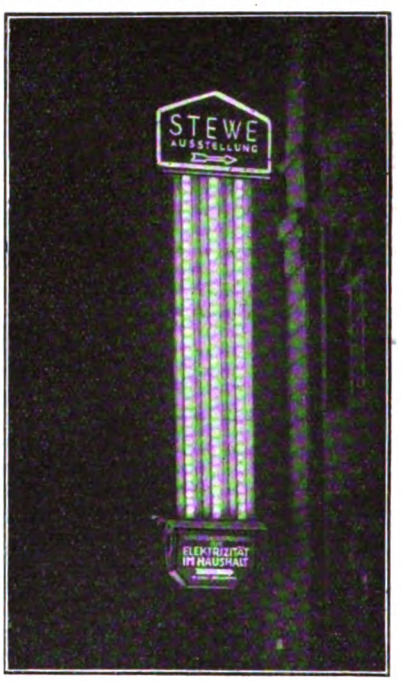


Abb. 3. Lichtreklameschild bei Nacht.

langt ist, der braucht wohl nicht weiter mehr zu fragen, denn ihm leuchtet in den Abendstunden ein Schild von 7·30 m Höhe entgegen, erstrahlend in dauernd wechselnden Farbeneffekten.

An diesem Schild hat der Verfasser versucht, die derzeit üblichen Reklamebeleuchtungen, und zwar Neonlicht, transparentes Licht, indirekt wechselndes farbiges Licht, direktes bewegtes Licht, zu einem einheitlichen

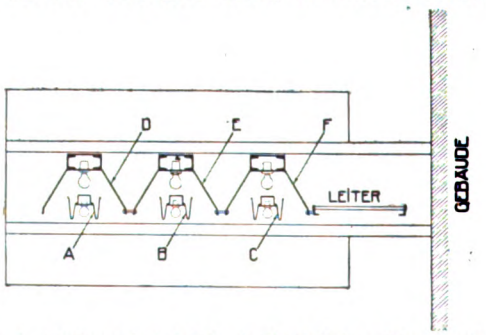


Abb. 4. Horizontalschnitt durch die Reflektor-Blechstreifen.

architektonischen Ganzen zu vereinigen. Abb. 2 zeigt den Körper bei Tag, Abb. 3 bei Nacht, wobei natürlich zu beachten ist, daß farbig bewegtes Licht photographisch nicht erfaßt werden kann, die Aufnahme also in keiner Weise auch nur annähernd ein Bild des Effektes geben kann.

Das Kopfstück enthält die „Neon"-Lichtreklame mit der Aufschrift „STEWE-Ausstellung" in rotleuchtenden

Digitized by Google

Neon-Buchstaben. Die zum Betrieb der Neon-Röhren notwendige Hochspannungsanlage ist im Kopfstück selbst untergebracht. Das untere Endstück enthält transparentes Licht in Form einer Laterne, die zur Aufnahme wechselnder Inschriften geeignet ist. Die Verbindung beider Stücke geschieht durch drei auf der Vorderseite mattweiß gestrichene Reflektor-Blechrillen *D*, *E* und *F* (Abb. 4). Jeder dieser drei Reflektoren trägt drei verschiedenfarbige Lampengruppen in vertikaler Anordnung, das sogenannte Wechsellicht *WE* (Abb. 5). Vor diesen drei Blechrillen sind drei wesentlich schmälere Blechprofilstäbe *A*, *B* und *C* (Abb. 4) so gelagert, daß die dahinter liegenden Glühlampen des Wechsellichtes *WE* von vorne unsichtbar sind. Die vorderseitig angeordneten Blechprofilstäbe tragen von vorne unmittelbar sichtbar pro Stab 70 Stück Kugellampen zu 25 W, wetterfest gelb gefärbt, in vertikaler Anordnung, das

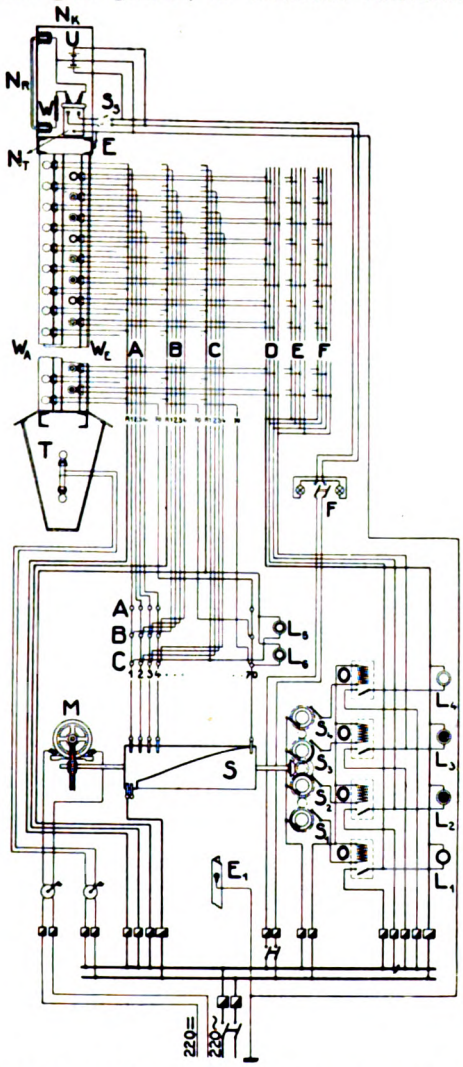


Abb. 5. Schaltungsschema des „STEWE"-Lichtreklameschildes.

sogenannte Wanderlicht *WA* (Abb. 5, auch in Abb. 2 deutlich sichtbar). Das Wechsellicht *WE* besteht pro Stab aus drei Lampengruppen zu je 17 Stück 40 W-Lampen, und zwar aus grünem, rotem und gelbem Naturglas, die über die ganze Höhe des Stabes gleichmäßig, also in der Anordnung grün-rot-gelb, grün-rot-gelb usw. verteilt sind. Die durch diese Anordnung ermöglichten Licht- und Farbeneffekte sind nun folgende:

1. In den drei Wechsellichtstreifen *D*, *E* und *F* werden die grünen Lampen zum Aufleuchten gebracht. Das grüne Licht wird durch die beschriebene Reflektorenanordnung so nach außen reflektiert, daß die Wirkung eines gleichmäßig leuchtenden grünen Hintergrundes entsteht. Nach einer kurzen Pause beginnt in den drei Wanderlichtstreifen, von oben beginnend, eine Lampe nach der anderen aufzuleuchten, so daß der Eindruck entsteht auf einem grünleuchtenden Hintergrunde ziehen drei gelbe Lichtbänder von oben nach unten zur Laterne. Unten bleiben die drei Bänder einen Moment stehen, dann verlöscht unten beginnend eine Lampe nach der anderen; die gelben Lichtbänder ziehen auf grünem Hintergrund wieder nach oben.

2. Nun wechselt der Hintergrund seine Farbe, in dem Wechsellicht werden die roten Lampen zum Aufleuchten gebracht und die drei Wanderlichtstreifen ziehen nach einer kurzen Pause auf rotem Hintergrund zur Laterne hinunter und wieder zurück.

3. Abermaliges Wechseln der Farbe des Hintergrundes, die gelben Lampen leuchten in den Wechsellichtstreifen auf und die drei Wanderlichtstreifen ziehen wieder nach einer kurzen Pause auf gelbem Hintergrund zur Laterne hinunter und wieder zurück.

Nach dem Verlöschen des gelben Hintergrundes beginnt das Spiel von neuem, das heißt die drei gelben Lichtbänder ziehen zuerst auf einem grünen, dann auf einem roten und dann auf einem gelben Hintergrund zur Laterne hinunter und wieder zurück. Zum Betriebe der Anlage dient eine im Keller befindliche Schaltwand

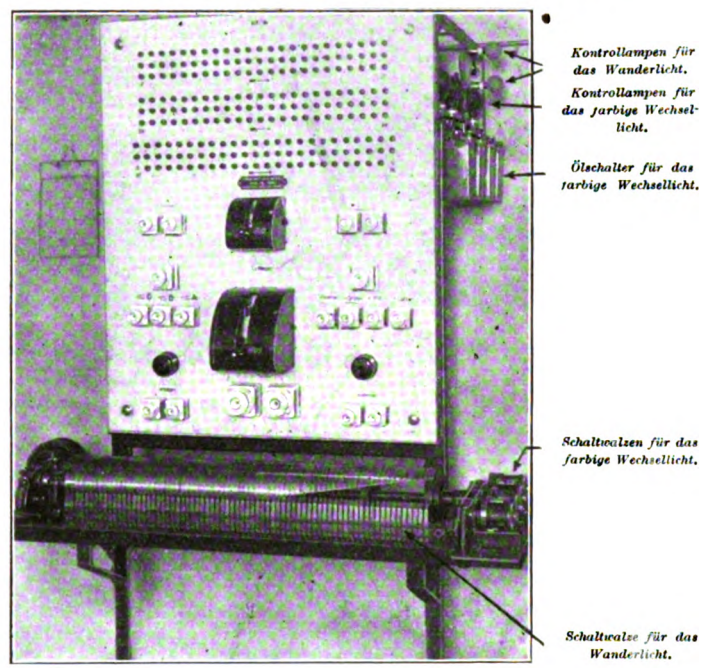


Abb. 6. Schalttafel.

(Abb. 6), auf der alle erforderlichen Schalteinrichtungen angebracht sind. Das Schaltungsschema der Anlage zeigt Abb. 5. Auf dem Schema ist auch der Vertikalschnitt des Schildes dargestellt; oben befindet sich der Neonkopf N_K mit der zum Betrieb der Neonröhren N_R notwendigen Hochspannungseinrichtung. Der untere Teil des Schildes ist als Transparent-Laterne *T* ausgebildet. Zwischen beiden sind die bereits erwähnten Reflektoren für Wander- und Wechsellicht angeordnet, von denen der Wanderlichtstreifen *A* und der Wechsellichtstreifen *D* im Schnitt zu sehen ist. Die Streifen *B* und *E* bezw. *C* und *F* sind als hinter der Bildebene liegend zu betrachten.

Der Neonkopf.

Von der an das 220 V-Wechselstromnetz angeschlossenen Sammelschiene der Schalttafel führt die Zuleitung zum Neonkopf über Hebelschalter und Sicherungen zu dem an der Außenwand des Gebäudes befindlichen Feuerwehrschalter *F*, durch den der Neonkopf bei Gefahr von der Straße aus ausgeschaltet werden kann. Zur Auffindung des Schalters bei Nacht dienen zwei Signallampen, die ein kleines Transparent beleuchten (in Abb. 3 unterhalb des Schildes deutlich zu sehen). Von hier aus führt die Zuleitung zu einem

Digitized by Google

doppelpoligen Sicherheitsschalter S_s, der selbsttätig ausschaltet, sobald der Neonkopf zum Zwecke von Revisionen usw. geöffnet wird und dann zur Primärwicklung des Neontransformators N_T, der die zum Betrieb der Neonröhren N_R erforderliche Hochspannung von 3500 V erzeugt. Die rotleuchtenden Neonröhren „STEWE-Ausstellung" samt Pfeil und die blauleuchtende Umrahmung (Abb. 3), deren Elektroden in Porzellanisolatoren ruhen, sind parallel am Transformator N_T angeschlossen. Die Stromdichte in den einzelnen Neonröhren ist durch Widerstände W ausgeglichen. Gegen Überspannungen und atmosphärische Entladungen ist der Neonkopf durch Überspannungssicherungen U geschützt. Sowohl Transformator als auch die Konstruktion des Schildes sind durch eine Erdleitung E vorschriftsmäßig geerdet.

Wechsel- und Wanderlicht.

Um die 3 × 70 Lampen des Wanderlichtes nacheinander von oben nach unten ein- und von unten nach oben wieder auszuschalten dient eine Schaltwalze S, die unter Zwischenschaltung eines Schneckenradgetriebes von einem $^1/_8$ PS Gleichstrom-Nebenschlußmotor M angetrieben wird. Die Schaltwalze, die an einen Pol des Wechselstromnetzes gesichert angeschlossen ist, schleift über 70 Kontaktfinger, die an der Vorderseite leicht zugänglich angeordnet sind (Abb. 6). Von jedem dieser 70 Kontaktfinger führt eine Leitung zu je drei Schalttafelklemmen am oberen Teil der Schalttafel, so daß für die 3 × 70 Lampen des Wanderlichtes 3 × 70 Klemmen an der Schalttafel zur Verfügung stehen (Abb. 6). Die 3 × 70 Lampen der drei Wanderlichtstreifen sind nun nacheinander von oben nach unten an die Klemmengruppen 1 bis 70 angeschlossen. Im Schema Abb. 5 sind nur die Drähte 1, 2, 3, 4 und 70 gezeichnet. Die Stromrückleitung von den Wanderlichtlampen erfolgt für jeden Reflektor in einem gemeinsamen Rückleiter R, der an den anderen Pol des Netzes gesichert angeschlossen ist. Gleitet nun die Schaltwalze so über die Kontaktfinger, daß dieselben von 1 beginnend bis 70 nacheinander eingeschaltet und von 70 bis 1 zurück wieder ausgeschaltet werden, so wird auf den drei Wanderlichtstreifen oben beginnend eine Lampe nach der anderen aufleuchten und dann von unten nach oben wieder verlöschen. (Bei Betrachtung des Schemas ist zu berücksichtigen, daß nur der Wanderlichtstreifen A im Schnitt gezeichnet ist, der prinzipiell gleiche Anschluß der Streifen B und C also nur angedeutet werden konnte).

Um das Spiel des Wanderlichtes von der Schalttafel aus verfolgen zu können, dienen Kontrollampen L_5 und L_6, die mit der ersten und letzten Lampe des Wanderlichtes parallel geschaltet sind.

Mit der Welle der Schaltwalze S im Verhältnis 3 : 1 gekuppelt sind drei kleinere Schaltwalzen S_1, S_2 und S_3 und die normal außer Betrieb befindliche Reservewalze S_4. Von diesen Schaltwalzen aus erfolgt das Umschalten des Wechsellichtes WE in den Reflektoren D, E und F. Da hier jedoch pro Stab und Farbe 17 Lampen, zusammen 51 Lampen bei großer Schalthäufigkeit gleichzeitig ein- und ausgeschaltet werden, ist es nicht mehr möglich, diese Leistung auf den langsam laufenden Schaltwalzen S_1, S_2 und S_3 selbst zu unterbrechen.

Zur Schaltung jeder der drei Farbengruppen des Wechsellichtes dient in der beschriebenen Anlage je ein kleiner Ölschalter O, der den Arbeitsstrom ein- und ausschaltet und der von je einer Schaltwalze aus gesteuert wird. Die Schaltwalzen S_1, S_2 und S_3 tragen Schleifringsegmente von je $^1/_3$ der Länge des Umfanges, die so gegeneinander eingestellt sind, daß nacheinander immer ein Ölschalter eingeschaltet wird (der der Schaltwalze S_4 zugeteilte Ölschalter ist außer Betrieb und dient zur Reserve). Nach jeder Umdrehung der Schaltwalze, während der auf dem Schilde die drei gelben Lichtbänder von oben nach unten und wieder zurück ziehen, wird also eine Ölschalterumstellung bewirkt. Durch diese Anordnung konnte das oben erwähnte Licht- und Farbenspiel hervorgerufen werden. Von jedem der drei Ölschalter, die einerseits an einen Pol der Sammelschiene gesichert angeschlossen sind, führt nun zum Schild eine Leitung, an die die Lampen der betreffenden Farbe des Wechsellichtes parallel angeschlossen sind. Auch hier ist zu berücksichtigen, daß im Schema nur der Wechsellichtstreifen D im Schnitt gezeichnet ist, der Anschluß der dahinterliegenden Streifen E und F, also auch hier nur angedeutet ist.

Die ebenfalls gesicherte Rückleitung erfolgt für alle Lampen des Wechsellichtes gemeinsam zum anderen Pol der Sammelschiene. Auch für das Wechsellicht sind Kontrollampen L_1, L_2 und L_3 in der entsprechenden Farbe angeordnet (L_4 ist Reserve), die an der Schalttafel ein genaues Verfolgen des Farbenspieles ermöglichen.

Durch die beschriebene Ölschalter-Anordnung konnte die gesamte Schaltanlage sehr betriebssicher gestaltet werden, da die Schaltwalzen nur mehr den sehr schwachen Steuerstrom zu unterbrechen haben.

Transparent.

Das Transparent T ist mit neun Glühlampen zu je 60 W ausgeleuchtet, die über Schalter und Sicherung an der Sammelschiene angeschlossen sind.

In Abb. 6 ist die Anordnung der Schaltwalzen, der Ölschalter und der Kontrollampen an der Schaltwand zu ersehen. Der in der Mitte befindliche große Schalter mit Schutzkappe ist der Hauptschalter, mit dem die ganze Anlage vom Netz getrennt werden kann. Darüber befindet sich, ebenfalls unter einer Schutzkappe, der Hebelschalter für den Neonkopf. Das Schalttafelgerüst selbst ist geerdet (E_1 Abb. 5).

Trotz raumsparender Anordnung der Apparate wurde auf möglichst gute Übersichtlichkeit derselben besonderer Wert gelegt.

Die einzelnen Zeitintervalle des Farbenspieles sind in nachstehender Tabelle ersichtlich.

Wechsellicht	Gelbes Wanderlicht	Leistungsaufnahme	Zeit in Sekunden		
	Pause	3·2 kW	4		
	Abwärtslauf	steigt auf	4		
grün	Stillstand	8·4 kW	1	13	
	Aufwärtslauf	fällt auf	4		
	Pause	3·2 kW	4		
	Abwärtslauf	steigt auf	4		
rot	Stillstand	8·4 kW	1	13	39
	Aufwärtslauf	fällt auf	4		
	Pause	3·2 kW	4		
	Abwärtslauf	steigt auf	4		
gelb	Stillstand	8·4 kW	1	13	
	Aufwärtslauf	fällt auf	4		
	Pause	3·2 kW	4		
grün	usw. ↓				

Aus der Tabelle ist auch zu ersehen, daß das gesamte Schild eine Grundbelastung von 3·2 kW aufweist, während das Belastungsmaximum bei vollem Auslauf der drei gelben Wanderlichtstreifen 8·4 kW beträgt.

Bei einer Betriebszeit von fünf Stunden im Winter macht die Schaltwalze täglich 1400 Umdrehungen und einer der Ölschützen zirka 470 Aus- und Einschaltungen.

Trotz der großen Beanspruchung ist eine Ölerneuerung (0·8 l pro Ölschalter) erst nach zirka 10 000 Ausschaltungen erforderlich.

Digitized by Google

Fassadenbeleuchtung.

Von Ing. Ernst **Weisse**, Leipzig[1]).

Die Fassadenanleuchtung stammt aus Amerika. Vor ungefähr Jahresfrist fand man fast in jeder amerikanischen Fachzeitschrift Abbildungen von angeleuchteten Denkmälern und Bauten und das damals geprägte Schlagwort „Floodlighting" (Flutlicht) fand seinen Weg sehr bald auch nach Europa. Für Viele gilt ja heute alles was aus Amerika kommt als vorbildlich und nachahmenswert, obwohl es oft gar nicht zu den hiesigen Verhältnissen paßt. Die Anregung, schöne Fassaden und Monumente auch bei nächtlichem Dunkel sichtbar zu machen, ja sogar besonders hervorzuheben, hat jedoch auch bei uns mit Recht Beachtung gefunden.

Sieht man von einigen wenigen Ausnahmen ab, so kann man im allgemeinen leider nicht behaupten, daß die bisher in Deutschland ausgeführten Fassadenanleuchtungen ihren künstlerischen Zweck erfüllen. Woran liegt das? Die Wirkung einer Fassadenanleuchtung hängt von gewissen lichttechnischen Bedingungen ab, auf die man bisher zu wenig oder gar keine Rücksicht genommen hatte. Was man in der Beleuchtungstechnik ganz allgemein als richtig erkannt hatte, scheint man bei der Fassadenanleuchtung über Bord geworfen oder vor Begeisterung über die Neuartigkeit solcher Beleuchtungen vergessen zu haben. Mit Recht fordert

Abb. 1. Unschön wirkende Fassadenanleuchtung. (Ungleichmässigkeit unnatürliche Schattenbildung.)

der Lichttechniker von einer Beleuchtung eine gewisse Gleichmäßigkeit, und es ist kein Grund vorhanden, bei der Fassadenanleuchtung von dieser Forderung abzuweichen. Soll ein Bauwerk mit allen seinen architektonischen Schönheiten auch am Abend zur Geltung kommen, dann muß es so erscheinen, wie es das Auge am Tage zu sehen gewöhnt ist, gleichmäßig hell — lichtüberflutet. Eine Fassadenanstrahlung, die wie die Abb. 1 und 2 zeigen, lediglich Teile der Hauswand hell erleuchtet, andere Partien aber im Schatten läßt, kann keineswegs ein eindruckvolles, künstlerisch befriedigendes Bild des Bauwerkes vermitteln.

Es ist oft nicht leicht, eine gleichmäßige Anleuchtung der ganzen Fassade zu erreichen. Sie wird meistens nur gelingen, wenn die Anleuchtgeräte in größerem Abstand von der zu beleuchtenden Fläche angebracht sind, wodurch allerdings ein bedeutender Mehraufwand an Lichtenergie erforderlich ist.

Eine weitere, in der Beleuchtungstechnik allgemein gültige Forderung ist die Wahl des richtigen Lichteinfallswinkels und die Vermeidung störender Schlagschatten. Auch hierauf muß bei der Fassadenanleuchtung Rücksicht genommen werden, da in der Regel bizarre, dem Auge ungewohnte Schattenbildungen durch Gesimse, Dachgiebel und ähnlichem ein völlig verändertes Aussehen der Fassade bewirken.

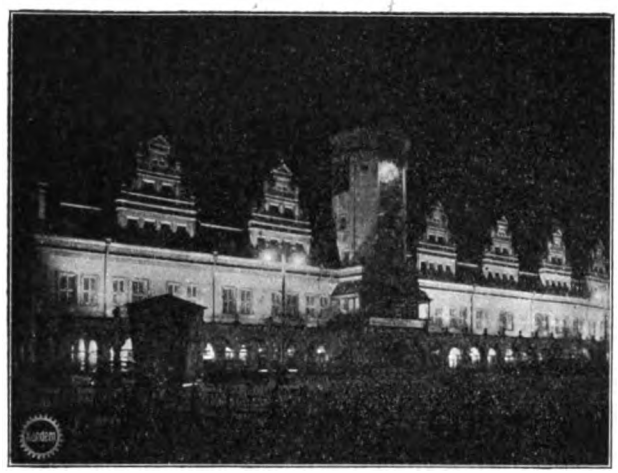


Abb. 2. Ungleichmässige Fassadenanleuchtung. (Bizarre Schatten, völlig verändertes unnatürliches Aussehen des Hauses.

Eine befriedigende Lösung wird auch in dieser Hinsicht nur durch die Wahl geeigneter Stützpunkte für die Leuchtgeräte erreicht werden können, von der ürigens das Gelingen einer guten Fassadenanleuchtung in erster Linie abhängt. Bei der Wahl der Stützpunkte

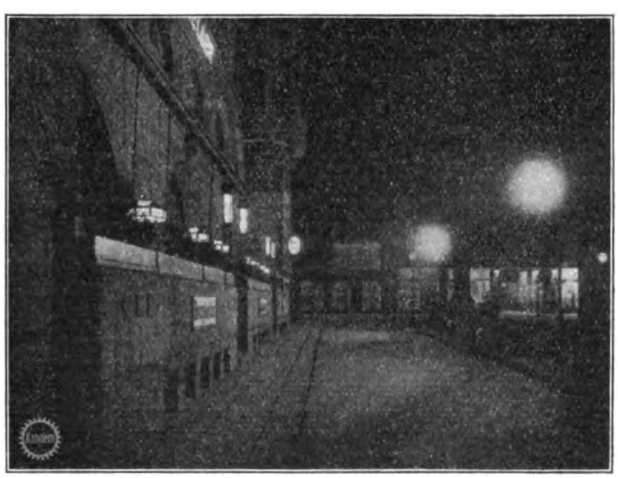


Abb. 3. Falsche Anordnung der Anleuchtgeräte. (Blendung beim Heraustreten und Vorbeigehen.)

muß auch darauf Rücksicht genommen werden, daß bei Tage die Anleuchtgeräte nicht störend und unschön wirken.

Der schlimmste, aber leider auch der häufigste Fehler einer Beleuchtungsanlage ist die Blendung. Es hat lange gedauert, bis sich die an und für sich so einfache Erkenntnis durchgerungen hatte, daß grelle, unabgeschirmte Lichtquellen im Blickfelde das Erkennungsvermögen des Auges sehr stark herabsetzen

[1]) Die Abbildungen wurden von der lichttechnischen Spezialfabrik Körting & Mathiesen Aktiengellschaft, Leipzig-Leutzsch, zur Verfügung gestellt.

Digitized by Google

und unter Umständen gänzlich aufheben können. Eine blendende Lichtquelle auf der Straße ist eine große Gefahr für den Verkehr, eine Unfallsquelle allererster erster Ordnung. Das darf auch bei der Fassadenanleuchtung nicht vergessen werden. Häufig werden die Anleuchtgeräte so unsachgemäß angebracht, daß sie in die Verkehrsrichtung strahlen, Wagenführer und Fußgänger ungemein stören. Auch derjenige, der aus dem angestrahlten Hause heraustritt, darf durch die Anleuchtgeräte nicht geblendet werden. Wie leicht kann sonst ein Unglück passieren. Der aus dem dunklen Hausinnern Heraustretende wird unter Umständen, geblendet durch die grellen Anleuchtgeräte, in einen gerade vorüberfahrenden Wagen hineinlaufen.

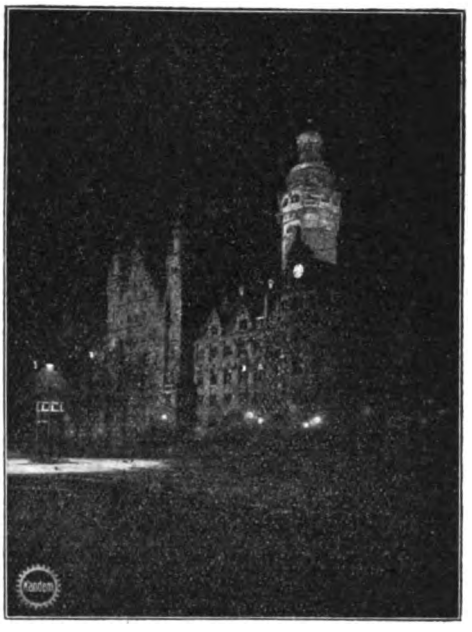


Abb. 4. Richtige, wirkungsvolle Anleuchtung. (Große Gleichmässigkeit, natürliches Aussehen, keine störenden Schlagschatten.)

Eine Anordnung, wie sie die Abb. 3 darstellt, ist schon vom Standpunkt der Verkehrssicherheit durchaus unzulässig. Es wäre verfehlt, die mühsam gewonnenen lichttechnischen Erkenntnisse bei der Fassadenbeleuchtung zu mißachten.

Von den wenigen lichttechnisch fehlerfreien Fassadenstrahlungen, die in Deutschland ausgeführt worden sind, sei hier nur die Turmanleuchtung des Leipziger Neuen Rathauses erwähnt.

Richtiger Lichteinfall und große Gleichmäßigkeit der Beleuchtung geben hier eine künstlerisch hervorragende Wirkung und vermitteln einen geradezu imposanten Eindruck des Bauwerkes.

Ausnahmen bestätigen die Regel. Im allgemeinen ist die Frage der Fassadenanleuchtung eng verknüpft mit dem Problem der Straßenbeleuchtung. Beruht doch die Wirkung einer Fassadenbeleuchtung hauptsächlich auf dem Kontrast zwischen dem leider meistens noch so düsteren Straßenbild und der hellangestrahlten Fläche. Je stärker dieser Kontrast, um so größer die Wirkung. Wer möchte es aber heute wagen, die Forderung aufzustellen: Dunkle Straßen und helle Fassaden! Der wachsende Verkehr und die zunehmende Schnelligkeit der Verkehrsmittel bedingen eine bedeutende Steigerung der Beleuchtungsstärke vor allem auf den Hauptverkehrsstraßen. Aus Gründen der Verkehrssicherheit wird man in gar nicht mehr allzuferner Zeit Beleuchtungsstärken von 20, ja 50 Lux auf den Straßen haben müssen. Dann wird aber die Anstrahlung der Fassaden unnötig sein, da alle Häuserfronten bereits durch die Straßenbeleuchtung aufgehellt sind. Den wirklichen Verhältnissen entsprechend darf daher gefordert werden: „Helle Straßen und dadurch aufgehellte Fassaden". Leider sind wir aber von einer solchen idealen Beleuchtung der Straßen noch weit entfernt, so daß die Fassadenanleuchtung, sofern sie lichttechnisch richtig ausgeführt wird (Abb. 4), als ein vorzügliches Mittel zur Verschönerung des Stadtbildes zu gelten hat.

Abb. 5. Wirkungsvolle Fassadenbeleuchtung durch sichtbare Lichtquellen zu Reklamezwecken. (Dia-Carbone-Bogenlampen.)

Dort, wo es nicht darauf ankommt, die Schönheit der Fassaden-Architektur zu zeigen, wo vielmehr nur die Aufmerksamkeit erregt und das Publikum angezogen werden soll — wie zum Beispiel bei Geschäftshäusern, Restaurants — ist eine Fassadenanleuchtung meist

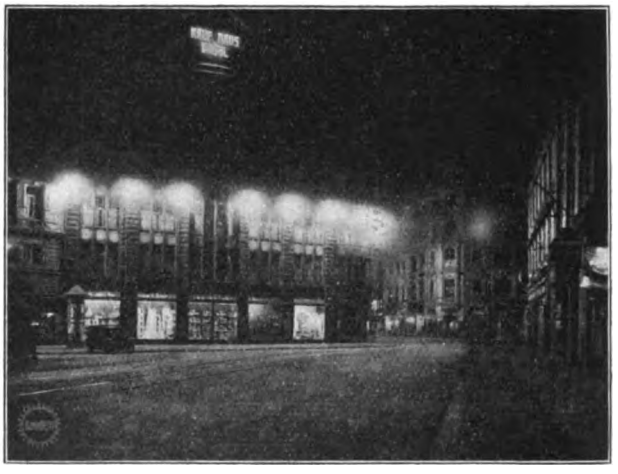


Abb. 6. Fassadenbeleuchtung eines Warenhauses durch sichtbare Lichtquellen. (Dia-Carbone-Bogenlampen.)

weniger wirksam als eine Reihe an der Häuserfront aufgehängter Lichtquellen, die eine strahlende Helligkeit erzeugen. (Siehe Abb. 5 und 6.)

Vorzüglich geeignet sind für solche Zwecke die Dia-Carbone-Bogenlampen[2]), die ein etwas rötlich-gelbes, psychologisch sehr eindrucksvolles Licht geben. Eine solche Anordnung ist dann keine eigentliche Fassadenbeleuchtung mehr, sondern hat den Charakter einer außerordentlich wirksamen — dabei wirtschaftlichen — Reklame-Beleuchtung.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Heft 5, Seite 57.

Digitized by Google

Rundschau.

Neuere Einrichtungen zur Lichtreklame. Das zunehmende Bedürfnis der Kaufmannschaft nach einer wirksamen Lichtreklame hat allerorts den Erfindergeist geweckt und zu einer Anzahl recht interessanter Erfindungen auf diesem Gebiete geführt. Über die bemerkenswertesten derselben soll hier an Hand der letzten Patentliteratur berichtet werden.

Vorerst sind es die verschiedenen Ausgestaltungen, die Buchstaben für Reklameschrift erhielten.

Eine Erfindung von Hugh Milner Black in Brighton (Brit. Pat. Nr. 245492) ermöglicht es, daß Buchstaben oder andere Zeichen zu wachsen oder sich zu verkleinern scheinen. Der Buchstabe ist in Form einer durchscheinenden Platte ausgebildet, die sich vor einem dunklen Hintergrund befindet, das Ganze ist auf einer Glasplatte befestigt, die den Abschluß eines Kastens bildet, in dem die Vorrichtung untergebracht ist. In diesem Kasten ist eine Tragplatte für eine Anzahl von Glühlampen befestigt, und zwar sind die Lampen in konzentrischen Gruppen angeordnet und durch lichtundurchlässige Zwischenwände getrennt. Jede Lampengruppe ist an einen besonderen Schalter angeschlossen, die nacheinander durch einen entsprechenden Mechanismus geschlossen werden. Die konzentrischen Lampengruppen werden daher zum Beispiel von innen nach außen nacheinander unter Strom gesetzt, so daß es den Anschein hat, als ob das von ihnen beleuchtete Zeichen wachsen würde.

Den Gegenstand einer im Österr. Pat. Nr. 104320 niedergelegten Erfindung von Stefano D'Angelo in Palermo bildet eine elektrische Lampe, die eine beliebige Gestalt, Größe und Stärke haben kann, wie sie zur Bildung von Reklameaufschriften benutzt wird. Je nach der Stromstärke sind entweder im Innnern der Lampe oder außen zwei elektrische Leiter angeordnet, und zwar isoliert, wenn sie außerhalb der Lampe und blank, wenn sie im Innern der Lampe selbst liegen. Auf diese Weise wird für die Bildung von Reklamebuchstaben nicht für jede einzelne Lampe eine besondere Fassung benötigt. Dies ist besonders wichtig, wenn eine große Anzahl von Lampen benutzt werden soll und diese Lampen in den verschiedensten Anordnungen angebracht werden müssen. Der Strom, der sonst einer einzelnen Lampenfassung zugeführt wird, kann dann sämtlichen Lampen, die in Reihe geschaltet sind, zugeführt werden, indem der Strom diese betreffende Lampenreihe durchfließt. Auf diese Weise ist es leicht, eine größere Anzahl von Lampen in Buchstabenform zusammenzustellen.

Nach der Erfindung von Ing. Ferdinand Proksch und Ing. Gustav Tilles in Wien (Ö. P. Nr. 103735) ist es möglich, in beliebiger Weise und in jeder Lage Buchstaben oder Bildnisse aus Glas, die als Glühlampen ausgebildet sind, derart aneinander zu reihen, daß diese Wort- oder Zeichengebilde in unbeschränkter Variationsmöglichkeit bilden. Die Kontakte des Glühfadens jeder zum Beispiel einen Buchstaben darstellenden Lampe, befinden sich außerhalb des Glaskörpers. Die Buchstaben können in rillenförmig ausgebildete parallele Leiterstücke eingeschoben werden, so daß durch Aneinanderreihen entsprechend gewählter Buchstaben beliebige Worte dargestellt werden können. Die Lampen können auch mit Edelgas gefüllt und durch hochfrequente Ströme zum farbigen Leuchten gebracht werden.

Aus Glasplatten oder lichtdurchlässigem Material mit im Innern angeordneter Lichtquelle bestehende Lichtreklameschilder sind bekannt. Eine Erfindung von Moritz Lewin in Berlin (D. R. P. Nr. 418975) unterscheidet sich von dem Bekannten dadurch, daß der Rand dieser Schilder nach der rückwärtigen Seite zu abgeschrägt und geschliffen ist. Die Lichtquelle durchstrahlt die Glasplatte und die Lichtstrahlen werden an der abgeschrägten Fläche reflektiert, so daß sie bei dem Schilde als glänzender Rand erscheinen. Die vordere Glasfläche des Schildes bleibt dem gegenüber dunkel. Lediglich der Rand erscheint glänzend, und zwar je nach der Farbe des Lichtes oder des Randes in der Öffnung, in der die Lichtquelle steckt. Der schimmernde Rand scheint daher frei in der Luft zu schweben. Das Reklameschild besteht aus einer Glastafel, deren Mitte eine senkrecht zur Platte durchlaufende Aussparung erhält, in welche eine Glühlampe eingesetzt ist. Man kann auch in der Glasplatte mehrere Glühlampen anbringen, die abwechseln einzeln oder gemeinsam zum Aufleuchten gebracht werden. Färbt man zum Beispiel in einer Öffnung eine halbe Kante rot, in der anderen Öffnung die entgegengesetzte Halbkante grün, so erscheinen die Ränder halb grün, halb rot oder regenbogenartig durcheinander glänzend, je nachdem die Lampen eingeschaltet sind.

Bei Leuchtschildern, auf deren Vorderseite sich die schrift- oder zeichenbildenden Glasteile elektrischer Leuchtröhren befinden, ist das Nachsehen der auf der Rückseite des Schildes oder bei kastenförmigen Schildern im Innern angeordneten Elektroden, Transformatoren und Hochspannungsleitungen stets dann mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft, wenn die Schilder nicht freistehen, sondern an Wänden oder Häuserfronten befestigt sind. Es muß entweder das Schild von seiner Tragfläche abgenommen oder bei kastenförmigen Schildern, die Deckwand entfernt werden. Diese Nachteile werden durch eine im Ö. P. Nr. 104337 geschützte Erfindung der Firma Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische Glühlampen m. b. H. in Berlin behoben. Die Elektroden und Transformationsgeräte sind in einem am Schild angebrachten und dieses rahmenartig umschließenden Kanal untergebracht, der von der Vorderseite des Schildes aus leicht zugänglich ist, etwa dadurch, daß er für gewöhnlich durch einen abnehmbaren Deckel verschlossen gehalten wird. Soll eine Prüfung oder Reparatur stattfinden, so ist es nur notwendig, den Deckel, der den Kanal abschließt, zu lösen, worauf alle Hochspannung führenden Teile leicht zugänglich sind.

Es sind Einrichtungen zur Vorführung von Wanderschriften bekannt, bei denen die Zusammenschaltung der Glühlampen jedes Lampenfeldes für ein vorzuführendes Schriftzeichen durch eine Kombinationsvorrichtung während der Vorführung erfolgt. Die Stromkreise werden durch Kabel geschlossen, die durch Löcher eines Isolierbandes mit Gegenkontakten in Berührung treten. Dabei erfordert jede Abänderung der vorzuführenden Schriften die Neuherstellung des Bandes und sämtliche Kabel jedes Lampenfeldes müssen bis zur Kontaktvorrichtung durchgeführt werden. Eine Erfindung von Ing. Alfred Wilhelm in Wien nach Ö. P. Nr. 103189 besteht nun in einer Einrichtung zur Vorführung von Wanderschriften, bei der die in Parallelstromkreisen liegenden Lampen jedes Lampenfeldes durch Verbindungsleitungen zu jenen Schriftzeichen, an deren Bildung sie mitzuwirken haben, zusammengeschlossen sind. Es sind also alle zu schaffenden Schriftzeichen im nämlichen Lampenfelde durch bereits vorhandene Verbindungsleitungen vorbereitet und jedem Schriftzeichen entspricht eine gemeinsame Klemme, von der ein einadriges Kabel zur Schaltvorrichtung weiterführt. Die von den gleichen Schriftzeichen der einzelnen Lampenfelder kommenden ein-

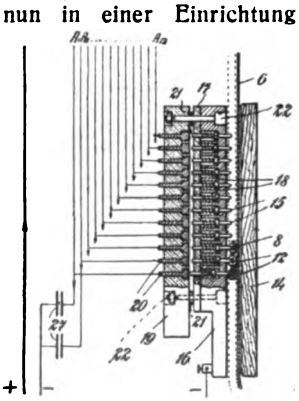


Abb. 1.

Digitized by Google

adrigen Kabel A_1 bis A_{12} (Abb. 1) führen zu einer Reihe von Kontakten 20, die durch einen Anschlag 12, der längs einer Führungsleiste 8 verstellbar ist, aufeinanderfolgend geschlossen werden. Das Band 6 gleitet längs einer Führung 14 an Kontaktstiften 15 vorbei, die zwischen Platten 16, 17 verschiebbar angeordnet sind und durch je eine Feder 18 gegen die Anschläge 12 gedrückt werden. Die Anzahl der übereinander angeordneten Kontakte, die zur aufeinanderfolgenden Schießung des gleichen Schriftzeichens für die einzelnen Lampenfelder dienen, entspricht der Zahl der Lampenfelder.

Es sind Vorrichtungen zur Erzeugung wechselnder Lichtreklame bekannt, bei denen gegenüber einer Schaufläche eine oder mehrere verschiebbare, gelochte Platten vorgesehen sind. Jede Platte enthält in gelochter Form einen anderen Buchstaben, so daß damit nur eine Monogrammbildung bewirkt werden kann. Nach einer im D. R. P. Nr. 432619 geschützten Erfindung von Bernhard van Leer in Amsterdam wird die zur Erzeugung wechselnder Lichtreklame verwendete Vorrichtung so ausgebildet, daß sämtliche Reklameträger auf ihrer gesamten Oberfläche dieselbe Lochteilung wie die Schaufläche aufweisen und außerdem in einer oder mehreren Zwischenreihen in paralleler oder versetzter Anordnung universal oder in Textform gehalten sind. Die nicht zum Reklametext gehörigen Lochungen der Reklameträger bei universaler Ausführung werden durch Blenden oder Stöpsel abgedeckt. Damit die Stöpsel zweier benachbarter Platten sich in der Bewegung nicht hindern, kann zwischen zwei beweglichen Platten eine Abstandsplatte vorgesehen werden. Diese Platte erhält nur dieselbe Lochteilung wie die Schaufläche. Die in den festen und beweglichen Platten, Bändern usw. angeordneten Lochungen, die im gewünschten Augenblick zur Buchstaben-, Zahlen- oder Wortbildung dienen, fallen in bestimmten Stellungen der Platten zusammen, sodaß sie Licht durchlassen, das von einer hinter den Platten angeordneten Lichtquelle kommt. Alle anderen Lochungen, die in diesem Augenblick nicht miteinander zusammenfallen, bleiben abgeschlossen und unsichtbar. Die Reklameträger können durch elektromagnetisch geschaltete Nockenscheiben gesteuert werden.

Zum Schlusse sollen noch Anordnungen zur Schaufensterbeleuchtung hier angeführt werden.

Eine Erfindung von August Abel (Ö. P. Nr. 103728) in Leipzig betrifft eine Vorrichtung für gruppenweise Beleuchtung von Schaufenstern und besteht in einer Kombination einer oder mehrerer auf jede beliebige Stelle des Schaufensterraumes einstellbarer Scheinwerferlampen mit einer Umschaltvorrichtung, durch deren Kontaktanordnung jeweils eine oder mehrere Lampen eingeschaltet werden, während die allgemeine Schaufensterbeleuchtung ausgeschaltet wird und umgekehrt. Die Kontaktstücke 9″ bis 11″ (Abb. 2) sind um 120° gegeneinander versetzt. Die zur Beleuchtung der Objekte 6 dienende Reflektorlampe 4 ist an die Kontaktscheibe 9, die andere

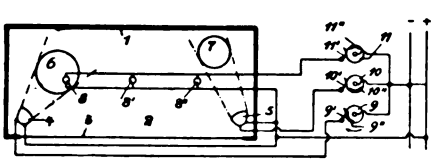


Abb. 2.

zur Beleuchtung der Objekte 7 dienende Reflektorlampe 5 an die Kontaktscheibe 10 angeschlossen. Die drei zueinander parallelgeschalteten Lampen 8, 8′, 8″ der allgemeinen Schaufensterbeleuchtung sind an die Kontaktscheibe 11 angeschlossen. Bei dem durch den Pfeil angegebenen Drehsinn wird zuerst die Reflektorlampe 4 zur Scheinwerferbeleuchtung der Gruppe 6 eingeschaltet, während die andere Reflektorlampe und die allgemeine Schaufensterbeleuchtung ausgeschaltet sind. Hierauf wird die Reflektorlampe 4 ausgeschaltet und dafür die Reflektorlampe 5 zur Scheinwerferbeleuchtung der Gruppe 7 eingeschaltet; alsdann wird diese ausgeschaltet und die allgemeine Schaufensterbeleuchtung mit den drei Lampen 8, 8′, 8″ eingeschaltet, worauf das Spiel von neuem beginnt.

Eine Erfindung von Ing. Robert Goldmann (Ö. P. Nr. 103326) betrifft eine Sparbeleuchtung von Geschäftsauslagen oder dergleichen, die darauf beruht, daß die Auslage nur dann beleuchtet wird, wenn sie ihrem Zweck entsprechend von Passanten besichtigt wird. Zu diesem Zweck sind die Beleuchtungsmittel mit ein oder mehreren, vom Passanten zu betätigenden Schaltvorrichtungen, wie elektrischen Schaltern bei elektrischer Beleuchtung oder Hähnen bei Gasbeleuchtung, versehen. Die Schaltvorrichtungen können nach Zeit oder beim Loslassen selbsttätig ausschaltbar sein. Die Einrichtung ist auch zur zeitweisen Beleuchtung von Hausnummerschildern oder Geschäftsschildern verwendbar. Kl.

Über Beleuchtungsfragen des Lichtspieltheaters hat H. A. Rodde, Leiter der technischen Abteilung der Ufa, vor den Mitgliedern der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft und der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft gesprochen und dabei vorausgeschickt, daß die Ufa Höchstleistungen nur dann erwarte, wenn Wissenschaftler, Fabrikant und Verbraucher zusammenarbeiten, wie es in der Kinotechnischen Versuchsanlage im Ufatheater in Weinbergsweg zum Ausdruck komme, einer Studien-, Beratungs- und Prüfungsstelle.

Eine der wichtigsten Aufgaben besteht in der wirksamen Außenreklame. Gewöhnlich fand man früher in wenig hellen Straßen eine unschöne Armatur, den Hauptschlager des Programms beleuchtend, und diesen etwa noch mit winzigen Glühlampen, deren Fassungen auf Holzleisten montiert waren, erhellt. Hierauf folgte eine Etappe, bei der der Name des Theaters, Programmanzeigers, Photos usw. in Schaukästen Beleuchtung erhielten; infolge ihrer Häufigkeit hat sie für das Publikum den Reiz des Neuen, Fesselnden verloren. Gegenwärtig beginnen amerikanische Methoden, nach Form und Intensität der Beleuchtung deutschen Verhältnissen angepaßt, in Aufnahme zu kommen. So zum Beispiel die bewegliche Lichtreklame in Form der Wanderschrift oder Transparenten, die Filmbilder bringen und mit Schaltwerken oder Blinkautomaten ausgerüstet sind; ferner eine Lichtwalze, die die Decke des Eingangs oder ein Schild, das den Filmtitel enthält, nacheinander in verschiedenen Farben erstrahlen läßt. Wirkungsvoll erweist sich das Wechseln der Außenbeleuchtung gleichzeitig mit dem Filmprogramm; farbige Glühlampen, künstliches Tageslicht, Opallampen, Scheinwerfer zum Anleuchten wechseln miteinander ab. Künstlerisch eindrucksvoll läßt sich die Neonbeleuchtung gestalten, auch das Transparent, die direkte und indirekte Beleuchtung. Buchstaben auf dem Dache oder in durchleuchteten größeren Fenstern, weiters dekorative und plastische Außenbeleuchtung wären hier Lösungsmöglichkeiten. Prinzipiell muß aber die Forderung aufgestellt werden, daß die Außenlichtreklame nicht nur nachts, sondern auch untertags wirksam sein soll.

Schwächer als die Außenbeleuchtung ist die Beleuchtung der Gänge und Vorhallen zum Kassenraum und in diesem selbst zu halten. Direktes, indirektes System und Moorelichtanlagen wurden da durchgeführt. Wandelgänge und Foyer bekommen eine festliche Beleuchtung, die aber abgedämpft eine Vorbereitung zur lichttechnischen Stimmung im Zuschauerraum bilden. Im Zuschauerraum soll man während der Pausen ein Programm ohne Augenanstrengung lesen können und während der Vorstellung so viel Licht haben, daß sich das Publikum ohne störend wirkende Taschenlampe zurechtzufinden vermag. Eine warme, dem Auge vor allem durch entsprechende Farbtönung wohltuende Beleuchtung hier zu schaffen, muß das Ziel sein. Dazu käme noch ein

Digitized by Google

offenes Orchester, in dem der Solospieler oder Dirigent vermittels eines farbigen Lichtkegels hervorgehoben wird. Es lassen sich auch der Bühnenausschnitt und die Seitenwände in farbiges Licht tauchen, ein glitzernder, buntschillernder Metallvorhang an Stelle des Hauptvorhanges anordnen und zu beiden Orchesterseiten die Flächen für eine eindrucksvolle Farbenmusik wählen.

Von zwei weiteren lichttechnisch schwierig zu lösenden Aufgaben, der Stufen- und der Notbeleuchtung, hat die erste durch die Verwendung von Glimmlampen eine auch wirtschaftlich gute Lösung gefunden. Die Notbeleuchtung, durch einzelne im Bild des Zuschauerraumes sich ungünstig ausnehmende Lampen bewerkstelligt, ist wirtschaftlich betriebssicher gestaltbar, am einfachsten so, daß die im Netz liegenden schwachen Notbeleuchtungslampen beim Versagen der Netzspannung durch einen Spannungsrückgangs-Umschalter automatisch auf eine stationäre Akkumulatorenbatterie geschaltet werden. Im Vorführungsraum genügen Deckenleuchten und wasserdichte Wandarmaturen an den einzelnen Arbeitsstellen und an den Projektionsapparaten mit beweglichen Wandarmen. Während der Vorführung darf nirgends Licht vorhanden sein, ausgenommen beim Filmroller.

Die Hauptforderungen sind: Ein technisch und wirtschaftlich ins Kleinste durchgearbeitetes Projekt, technisch einwandfreie Ausführung mit bestem Material, reichlich bemessene Kupferquerschnitte zur Vermeidung von immer gefahrdrohenden provisorischen Leitungen, rasche Orientierungsmöglichkeit in der ganzen Anlage, entsprechend vorgebildetes Personal und eine jährlich einmalige Nachprüfung der gesamten kinotechnischen Anlage auf Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit durch einen Sachverständigen. To.

(Licht und Lampe, Heft 8, 1927.)

Zur Bühnenbeleuchtung bringt W. C. Brown einige ergänzende Anregungen, die Allgemeinbeleuchtung betreffend. Er findet bei fast allen Bühnen die Beleuchtung von oben ungenügend, auch bei den Vorbühnen. Den üblichen Abhilfen, wie Scheinwerfer, die an den vorderen Logenbrüstungen angebracht oder in einem Kronleuchter versteckt auch vielleicht an der Decke befestigt sind, stellt er einen anderen Vorschlag gegenüber: Der Proszeniumsbogen möge über den Bühnenbodenrand hinausgeführt und durch kreisförmige Öffnungen in ihm das Licht der Scheinwerfer herabfallen gelassen werden. Diese Art der Vorbühnenbeleuchtung schließe illusionsstörende Beleuchtung der Gesichtszüge spielender Personen, die in den anderen Fällen leicht eintreten kann, aus. Ferner ist oft das Fehlen von grünem Licht zu bemerken, das im Verein mit weißem, rotem und blauem Licht, sowie geschicktem Abschwächen alle Farbtöne hervorzubringen gestattet, jedenfalls aber Farbfilter überflüssig macht. Man findet in der Regel kleinere Bühnen besser beleuchtet als große, obwohl das Gegenteil allgemein angenommen wird. Amerikanischen Kleinbühnen mit Rampenlicht und Proszeniumsoffitte, ferner drei oder mehreren Bühnensoffitten, darunter eine für die Horizontalbeleuchtung, dazu noch einige Versatzlichter (Scheinwerfer), sind die folgenden Zahlen für die Beleuchtungswatt entnommen; dabei ist die Breite der Bühnenöffnung mit 7 bis 33 m vorausgesetzt und die Watt für rotes, grünes und blaues Licht sind immer untereinander gleich, jedoch unter den Watt für weißes Licht. Grünes Licht pflegt erst bei Bühnenöffnungsbreiten über 10 m eingestellt zu werden.

Beleuchtungskörper	Ungefähre Länge	Watt/m weiß	Watt/m rot, grün blau
Rampenlicht	5—30 m	210—375	150—315
Soffitten	5—30 m	330—630	150—210
Horizontsoffitten	7—33 m	450—725	235—270

In der Horizontsoffitte tritt an Stelle der grünen Farbe die gelbe. Hiezu kommen noch Versatzlichter von 1000 bis 5000 W je Soffitte.

(Light, Bd. 5, Nr. 3, 1927.)

Objektive Messung der Lichtverteilung von Lampen. E. Spiller. Die Lichtverteilung von Lampen wurde im Prüfraume bisher mittels visueller Photometer bestimmt. Da es sich hiebei durchaus um Helligkeitsvergleiche von spektral gleichartig zusammengesetztem Licht handelt, erscheint es zulässig, die photometrische Messung durch die Bestimmung der ausgestrahlten Gesamtenergie zu ersetzen, wenn man nur Sorge trägt, die dunkle Wärmestrahlung, die von solchen Lampenteilen ausgeht, welche kein Licht aussenden, wie zum Beispiel von der erwärmten Glasbirne und dergleichen durch ein geeignetes Strahlenfilter abzublenden. Der Verfasser verwendet zur Energiemessung ein Thermoelement von Moll und Burger, das von der Firma Kipp & Zonen (Delft) in den Handel gebracht wird und aus einem mit Silber gelöteten und an der Lötstelle auf 1 μ Dicke ausgewalzten Konstantan-Manganinstreifen hergestellt ist. Der Streifen ist 0·5 bis 0·1 mm breit und bildet ein einzelnes, in einem von einem doppelten Kupfermantel umgebenen Vakuumgefäße eingeschmolzenes Thermoelement. Die Einstellungsdauer beträgt nur 2 bis 3 sec, der Widerstand 20 Ohm; 10^{-6} g-kal/s geben 100 μV. Das Thermoelement war mit einem Schleifengalvanometer verbunden, das noch $7{\cdot}5 \cdot 10^{-}$ A abzulesen gestattete. Durch eine 8 Zoll-Linse wird das Bild der Lichtquelle (zum Beispiel einer Glühlampe) nach Passieren eines Filtergefäßes auf eine zweite 2 Zoll-Linse und durch letztere das Öffnungsbild der ersten Linse auf einen Behälter entworfen, in dem das Thermoelement untergebracht ist, derart, daß es gleichmäßig beleuchtet erscheint. Das Filtergefäß wurde mit konzentrierter Eisensulfatlösung gefüllt. Die mit dieser Meßeinrichtung erhaltene Lichtverteilung stimmt bei den untersuchten Lampentypen mit der auf visuellem Wege ermittelten bis auf Abweichungen von der Größenordnung 1 vH überein. Die Versuche erstreckten sich auf eine Kohlenfadenlampe, eine gewöhnliche Metalldrahtlampe, eine Metalldrahtlampe mit in einer Ebene angeordneten Fäden und eine blaugefärbte Tageslichtlampe. Die Lichtstärken lagen zwischen 30 und 100 HK. Das Verfahren führt viel rascher zum Ziele als die übliche photometrische Methode. R. H.

(Z. f. techn. Physik, Bd. 8, Nr. 1, 1927.)

Über das Polieren von versilberten Scheinwerfern bringt das Heft 9 von „Licht und Lampe" die folgenden Vorschriften. Die Scheinwerfer werden nach dem Versilbern (galvanisch) gut getrocknet und dann auf einer Schwabbelscheibe vorpoliert, um alle gröberen Unebenheiten schnell zu entfernen, ohne die Silberhaut stark anzugreifen. Das Poliermittel soll folgende Zusammensetzungen haben: 100 Teile gute und weiße Polierseife werden fein geschabt und mit 5 Teilen pulverisierter Zinnasche, 14 Teilen fein pulverisierter Kreide und 9 Teilen Hirschhornsalz innig vermischt, oder 80 Teile gute und gelbe Polierseife werden fein geschabt, mit 4 Teilen Ammoniakalaun, 3 Teilen Weinsteinsäure, 4 Teilen Tripel und 5 Teilen kohlensaurem Bleioxyd vermischt und mit weichem Wasser unter stetigem Rühren leicht zu Brei aufgekocht, oder 80 Teile gute und weiße Polierseife werden fein geschabt, mit 2 Teilen pulverisiertem Pariserrot und 18 Teilen gebrannter fein pulverisierter Magnesia innig vermischt, mit weichem Wasser zu einem leichten Brei angerührt und langsam unter stetem Rühren aufgekocht. Die vorpolierten Scheinwerfer müssen mit einem weichen Polierleder nachpoliert werden, das vor dem Gebrauche in einer leichten Seifenlauge, der ein Teil Soda zugesetzt ist, kräftig ausgewaschen und gespült wird; es ist erforderlich, daß das Polierleder vollkommen frei von Staub ist.

Für Hochglanzpolitur eignet sich besonders folgende Zusammensetzung: 200 Teile Kochsalz läßt man mit 10 Teilen Alaun in 1400 Teilen Wasser kräftig aufkochen; während der Kochperiode werden dieser Lösung 80 Teile gute weiße Polierseife stückweise zugegeben, nach dem Erkalten ist es zum Polieren gebrauchsfertig.

Für das Nachpolieren wird die Paste hauchdünn auf den Scheinwerfer aufgetragen und mit dem

Digitized by Google

trockenen Polierleder verrieben. Die Polierbewegung darf nur kreisförmig und nach der Mitte hin ausgeübt werden; der Druck durch den Handballen darf nur mäßig sein, wenn ein Hochglanz erreicht werden soll. Bei der Nachpolitur muß vollkommene Reinlichkeit herrschen, da schon das geringste Staubkörnchen in das empfindliche Metall Striche ziehen kann und einen Hochglanz vereitelt.

Beleuchtung eines Ball- und Tennissaales[1]). Um einen Ballsaal in einem amerikanischen Hotel auch zum Tennisspielen einrichten zu können, war vor allem eine entsprechende, sehr gleichförmige Beleuchtung erforderlich, da sich die Geschwindigkeit des Balles beim Übertreten von Hell zu Dunkel scheinbar ändert; außerdem muß die Bahn des Balles in jeder Höhe deutlich und rasch verfolgbar sein. Gleichförmigkeit und Schattenlosigkeit der Beleuchtung genügen aber allein nicht, es ist vielmehr noch eine ausgiebige Beleuchtungsstärke von Belang, nicht, wie üblich, 60 Lux sondern 240 Lux. Die aufgezählten Momente führten automatisch zur indirekten und halbindirekten Beleuchtung als der einzig geeigneten, und bestimmten gleichzeitig die Lage der Lichtquellen; diese mußten nämlich außerhalb des Bereiches der Bälle verlegt werden, um Drahtschutzkörbe und ähnliche Vorrichtungen zu vermeiden. Zur Lösung der vorliegenden Aufgabe wurden drei Beleuchtungsarten herangezogen: Nischenbeleuchtung, Deckenfeldbeleuchtung und eine Art von Soffittenbeleuchtung. 10 spitzbogige Nischen liegen zu Köpfen von ebensovielen 5·5 m voneinander entfernten Säulen auf den zwei Galerien im Raume; Nischenlänge, Breite und Tiefe betragen 1·2, 0·6, 0·44 m, der die Nische nach unten zu abschließende und den Beleuchtungskörper enthaltende Korb hat ungefähr 4·8 m Abstand vom Fußboden. Der Beleuchtungskörper besteht aus einem passend um drei Lampen geformten Spiegelreflektor; zwei von diesen Lampen haben 750 W, die dritte hat 200 W Verbrauch. Es können alle oder nur einzelne von diesen Lampen eingeschaltet sein und die 200 W-Lampen werden mit Vorliebe bei Gesellschaftsunterhaltungen oder zur Erzielung farbiger Wirkungen benützt. Eine starke Deckenbeleuchtung und eine gleichmäßige Wand- und Vertikalbeleuchtung im Raume sind die Vorzüge der Nischenbeleuchtung. Von den vier Deckenfeld-Beleuchtungskörpern mit gewöhnlichen Deckenbeleuchtungsarmaturen steht jeder beim Tennisspiel mit 1800 W im Gebrauch; bei anderen Gelegenheiten können sie weißes oder farbiges Licht geben. Nischen- und Deckenfeldbeleuchtung allein würden die Enden des Saales im Dunkeln lassen, weshalb noch eine Art Soffittenbeleuchtung in den Deckenbalken, die 4·2 m von den Endwänden abstehen, untergebracht ist. Von den zwei Soffitten enthält iede 12 Stück 200 W Lampen über der Spiegelglasauskleidung und das Licht wird so reflektiert, daß es auf den genannten Wänden in 2·1 m Höhe über dem Fußboden abschneidet. Reflektiert wird vom aufgewandten Lichtstrom wegen der weißgestrichenen Decke und der cremefarbigen Wände sehr viel. Messungen ergaben die mittlere Beleuchtungsstärke horizontal zu 240 Lux und einen guten Gleichförmigkeitsgrad. Die Vertikalbeleuchtungsstärke an den Längs- und Querwänden wurde zu 108 bezw. 120 Lux gefunden. Die ungefähr 60 bis 70 W je m² und insgesamt 30 kW ließen anfangs hohe Ausgaben für den Strom befürchten, die sich aber später als unter den gewöhnlichen Beträgen für die Benützung der Spieleinrichtung liegend herausstellten. T o.

(Light, Jänner 1927.)

[1]) Die Lichttechnik 1926, S. 122.

NEUE DRUCKSCHRIFTEN.

Osram-Lichtheft C1. Die Beleuchtung des Firmenschildes. 19 Seiten mit 16 Abb.

Nach einer Darstellung über die Bedeutung des beleuchteten Schildes für die Reklame werden Einzelheiten angeführt. Eine gute Beleuchtung des Schildes ist mit Osram-Soffittenlampen ausführbar, die so angeordnet sind, daß sie ihr volles Licht auf die Schildfläche fallen lassen, für den Beschauer aber vollständig unsichtbar bleiben. Diese Lampen können an einer oder auch an beiden Längsseiten angeordnet sein. Die gleiche Wirkung wird mit Osram-Glühlampen erzielt, die in einem soffittenartig ausgebildeten Beleuchtungskörper angeordnet werden. Für kleine Schilder kommen auch Osram-Röhrenlampen in Frage. Sehr große Schilder sind am besten mit Osram-Nitralampen von 200 bis 1000 W in schräg strahlenden Reflektoren zu beleuchten, die an Eisenarmen in einem gewissen Abstand von der Schildfläche und in bestimmter Höhe über den oberen Rand angebracht werden; bei günstigster Lichtverteilung muß Blendung der Passanten vermieden werden. Unmittelbar vor dem Schild angebrachte Lampen ohne lichtstrahlende Gläser sind unzweckmäßig. Nach einer Gegenüberstellung von guten und schlechten Beispielen der Firmenschildbeleuchtung werden Transparentschilder eingehend besprochen und erwähnt, daß auch Blinkvorrichtungen empfehlenswert sind, wenn die Beleuchtungszeit länger ist als die Beleuchtungunterbrechung.

Böker & Krüger, Spezialfabrik für Beleuchtungstechnik G. m. b. H. in Essen. Verkehrseinrichtungen zur Regelung des Verkehrs durch einheitliche Fahrbestimmungen, Schaffung von Verkehrsinseln usw. mittels Lichtsignals. Als Beleuchtungsapparate für die Verkehrsregelung dienen: 1. Lichtschildarmaturen. 2. Lichtschildkandelaber zur Bezeichnung von Straßennamen, Haltestellen der Straßenbahn usw. 3. Leuchtsäulen zur Kennzeichnung der Rettungsinseln an den Brennpunkten des Straßenverkehrs. 4. Leuchtsäulen mit Lichtschildaufsatz zum gleichen Zweck, verbunden mit Verkehrshinweisen. 5. Verkehrsregler-Armaturen, Farben-Signalarmaturen, beruhend auf der indirekten Beleuchtung weißer Schildflächen durch farbige Lichtquellen.

„Rehag", Reklame- und Handelsgesellschaft m. b. H. in Essen. Das Lichtschild besteht aus einer Glühlampenarmatur in Verbindung mit einem Reklameplakat oder Straßenschild, kann also sowohl zur allgemeinen Beleuchtung als auch gleichzeitig zur Bestrahlung eines darunter befindlichen Schrift- oder Reklameschildes dienen. Im Gegensatz zu den an gleicher Stelle bisher verwandten Transparentschildern oder -kästen hat diese Anordnung den Vorteil, daß sie den darunter befindlichen Platz intensiv beleuchtet, ferner daß die Schilder bei Tag dieselbe Wirkung bezw. Lesbarkeit zeigen wie bei Dunkelheit; die Schilder sind leicht zu reinigen und auswechselbar, so daß der Schrifttext öfter geändert werden kann. Das Reklame-Lichtschild besteht aus einem einfachen Wandarm, einer soliden, gußeisernen Wandplatte mit Rohrarm und gußeisernem Armaturenkopf, der starr mit der Armaturenhaube verbunden ist. Darunter befindet sich, durch seitliche Messingschrauben gehalten, das aus Eisenblech mit Messingrohrumrandung bestehende Schild. Die Lichtquelle selbst wird dem Auge entzogen, die Lampe ist tief in der Armatur verborgen, strahlt aber infolge der entsprechenden Form des Reflektors das Licht gegen die beiden Seiten des Schildes.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT
BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

Heft 7 **26. Juni 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Moderne Schaufenster-Beleuchtung. Von Ing. Fritz Reiter, Wien. S. 77. / Die österreichische Schaufenster-Lichtwerbung. Von Dr. E. Bausenwein, Wien. S. 81. / Das werbende Licht. Von Ing. Hanns Koch, Wien. S. 83. / Schaufensterbeleuchtung mit Spiegelreflektoren. Von Dipl. Ing. Klein, Berlin. S. 84. / Die Beleuchtung von Schaufenstern mittels Schrägstrahlern. Von Ing. Ernst Weisse, Leipzig. S. 86. Kritische Bemerkungen zur Schaufensterbeleuchtung. Von Dipl. Ing. Johannes Schaer, Buchschlag bei Frankfurt a. M. S. 88. / Schaltapparate für Schaufensterbeleuchtung. Von Paul Grünfeld, Wien. S. 89. / Lichtreklame- und Auslagenbeleuchtung. Von A. Bambula. S. 90. / RUNDSCHAU. S. 91. / LITERATURBERICHTE. S. 92.

Moderne Schaufenster-Beleuchtung.

Von Ing. Fritz **Reiter**, Wien[1]).

Dem Lichttechniker drängt sich die Frage auf, wie eigentlich ein Schaufenster beleuchtet sein muß, um seinen Zweck, das vorübergehende Publikum aufmerksam zu machen, es zum Stehenbleiben und zum Betreten des Geschäftes zu veranlassen, erfüllen zu können. Diese Frage zu beantworten ist nicht so leicht, wie es auf den ersten Blick erscheinen mag. Setzt sich doch die Gesamtwirkung eines Schaufensters auf den vorübergehenden Passanten aus so vielen Teilmomenten zusammen, daß eine genaue Definierung und Aufzählung derselben wohl schwerlich durchführbar wäre. Zwei Dinge werden aber immer ausschlaggebend sein. Es sind dies einerseits die Aufmachung der ausgestellten Gegenstände, andererseits eine entsprechende Sichtbarmachung und Erkenntnismöglichkeit der Waren. Ein Schaufenster soll nicht nur für den bereits Stehengebliebenen anziehend und zum Kaufe anregend sein, es soll insbesondere am Abend bei künstlicher Beleuchtung den Blick des Vorbeieilenden erfassen und ihn zum Stehenbleiben zwingen. Dies wird erreicht, wenn die künstliche Beleuchtung dem Schaufenster ein möglichst natürliches Aussehen so wie am Tage gibt.

Bekanntlich entspricht eine gut eingerichtete und gut beleuchtete Bühne den oben erwähnten Anforderungen, weshalb getrachtet werden muß, ein Schaufenster nach Art einer solchen einzurichten und zu beleuchten, was zur Voraussetzung hat, daß die eigentliche ausschlaggebende Beleuchtung von oben und vorne erfolgt, da diese der Tageslicht-Beleuchtung am nächsten kommt. Selbstverständlich wird es in vielen Fällen notwendig sein, zur Aufhellung störender Schatten, zur Beleuchtung von Gegenständen, die durch das von oben kommende Licht nicht vorteilhaft beleuchtet werden, Zusatzbeleuchtungen anzuwenden, die meist aus unten oder seitlich angebrachten Soffitten bestehen.

Um den oben aufgestellten Forderungen Genüge zu leisten, darf vor allem nichts im Schaufenster vorhanden sein, was den Passanten ablenken oder unangenehm beeinflussen könnte. Es muß daher auch hier eine Hauptforderung der modernen Lichttechnik erfüllt werden, welche lautet: Blendung muß vollkommen vermieden sein. Aber nicht nur das, im Schaufenster sollen überhaupt Lichtquellen nicht sichtbar sein, um den Beschauer von der Betrachtung der Waren nicht abzulenken, da die Flächenhelle auch einer mit stark streuendem Glas abgeschirmten Lichtquelle groß genug ist, um die Aufmerksamkeit in erster Linie an sich zu ziehen. Es ergibt sich daher als erste Forderung, die an eine gute Schaufensterbeleuchtung gestellt werden muß: Glühlampen bezw. Beleuchtungskörper sind verdeckt anzuordnen.

Um die ausgestellten Gegenstände deutlich wahrnehmen zu können, müssen sie so stark beleuchtet sein, daß das mühelose Erkennen derselben in Form und Farbe, ebenso wie bei Tageslicht möglich ist. Im allgemeinen gilt: Je heller die ausgestellten Waren, desto geringer, je dunkler, desto größer muß die Beleuchtungsstärke sein. Die zweite Forderung lautet daher: Die vorhandene Beleuchtungsstärke muß eine deutliche und gute Unterscheidung der ausgestellten Waren in allen Einzelheiten ermöglichen.

Eine noch so starke Beleuchtung wird aber ihren Zweck nur dann erfüllen können, wenn die Gegenstände richtig beleuchtet sind, das heißt wenn Licht und Schatten im entsprechenden Verhältnisse stehen und und dadurch die notwendige Plastik gewährleistet erscheint. Dabei ist zu beachten, daß zur besseren Hervorhebung der Gegenstände der Hintergrund bei hellen Waren dunkel, bei dunklen Waren hell gehalten werden soll. Die dritte Forderung lautet daher: Richtige Anwendung der Beleuchtung um deutliches und natürliches Aussehen der Waren zu erreichen.

Die letzte und in Anbetracht der heutigen Verhältnisse wichtigste Forderung geht nach größter Wirtschaftlichkeit der ganzen Beleuchtungsanlage. Vor allem sind zwecks vorteilhafter Energieausnützung Lampen höherer Wattstärke zu verwenden, wobei jedoch die notwendige Gleichmäßigkeit nicht außer Acht gelassen werden darf. Es wird daher bei mittelgroßen Schaufenstern zwar nicht mit 1 oder 2, aber meist mit 3 oder 4 Lichtquellen das Auslangen gefunden werden können. Zusatzbeleuchtungen, wie Soffittenlampen und dergleichen fallen aus obiger Forderung, die in erster Linie für die Hauptbeleuchtung gilt, heraus. Selbstverständlich ist es auch von größter Wichtigkeit, Beleuchtungskörper von geringen Lichtverlusten zu wählen, die das Licht in der gewünschten Weise in das Schaufenster ausstrahlen. Die Auswahl des Beleuchtungskörpers wird daher nicht nur von der Art der zu beleuchtenden Ware, sondern auch von der Größe und Bauart des Schaufensters abhängig sein. Die vierte Forderung lautet infolgedessen: Verwendung möglichst hochwattiger Glühlampen in Beleuchtungskörpern mit richtiger Lichtverteilung und hohem Wirkungsgrad.

Zur Erzielung besonderer Effekte und zur Erhöhung der Anziehungskraft des Schaufensters werden

[1]) Vortrag, gehalten in der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft in Wien am 28. April 1927.

Digitized by Google

färbige Gläser, sowie kleine Scheinwerfer verwendet, die die Aufgabe haben, Gegenstände in farbigem Lichte erstrahlen zu lassen, bezw. bestimmte Waren besonders hervorzuheben.

Die Anwendung künstlichen Tageslichtes ist im allgemeinen nicht zu empfehlen, da sie nur in ganz seltenen Fällen tatsächlich benötigt wird, dagegen aber ein Mehrfaches an Strom gegenüber der normalen Beleuchtung bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke im Schaufenster verlangt und in vielen Fällen (zum Beispiel Fleischbänken, Delikatessengeschäften und dergleichen) sogar ein unerwünschtes und unansehnliches Aussehen der Gegenstände hervorruft.

Wie schon erwähnt, ist in vielen Fällen außer der Hauptbeleuchtung, auch eine Zusatzbeleuchtung notwendig, die vorne unten oder vorne seitlich (auf einer oder auf beiden Seiten) angebracht wird, um eine richtige Verteilung von Licht und Schatten zu ermöglichen (Abb. 1 und 2)[2]). Außerdem werden mitunter Beleuchtungskörper von mehr oder weniger scheinwerferartiger Wirkung, zwecks Hervorhebung einzelner Gegenstände oder Teile derselben verwendet.

Zur Erzielung farbiger Effekte kommen entweder besondere Beleuchtungskörper mit farbigen Abschlußgläsern in Frage oder es werden die normal zur Beleuchtung des Schaufensters dienenden Leuchten mit farbigen Abdeckgläsern versehen, um fallweise die gewünschte Farbwirkung zu erzielen.

Für die erwähnte Hauptbeleuchtung kommen Leuchten mit vorwiegend tiefstrahlender Wirkung in Betracht, damit harte Schatten und ungünstige Beleuchtungseffekte vermieden werden. Selbstverständlich hängt die Wahl des Beleuchtungskörpers in erster Linie von den auszustellenden Gegenständen ab, in zweiter Linie erst von der Größe und der Bauart des Schaufensters. Für die seitlichen und unten angebrachten Lichtquellen werden vorteilhaft Blechreflektoren verwendet, wobei beachtet werden muß, daß der Beschauer von direkten Lichtstrahlen nicht getroffen werden kann, was, wie schon erwähnt, für alle im Schaufenster angebrachten Lichtquellen gilt.

Um den richtigen Beleuchtungskörper auswählen zu können, ist es erforderlich, die Wirkungsweise der einzelnen Leuchtentypen kennen zu lernen. Man unterscheidet solche, die vorwiegend direkt gerichtetes Licht mit harter und scharfer Schattenbildung und solche, die diffuses Licht mit weicher und verschwommener Schattenbildung geben. Es ist wohl klar, daß man hier keine genauen Grenzen ziehen, sondern nur charakteristische Typen, die die eine oder die andere Eigenschaft im höheren oder geringeren Maße besitzen, anführen kann. Zum Verständnis der Beleuchtungswirkung der einzelnen Typen muß erwähnt werden, daß je spiegelnder, das heißt je gerichteter, die von einem Reflektor zurückgeworfenen Lichtstrahlen sind, desto härter die Beleuchtung ist. Daher stellt der Scheinwerfer mit parabolisch geschliffenem Spiegel den Grenzfall nach der einen Seite, ein Beleuchtungskörper für ganz indirekte Beleuchtung, welche allerdings für Schaufenster nicht in Frage kommt, den Grenzfall nach der anderen Seite dar.

Entsprechend den oben angegebenen Beleuchtungsarten sollen die verschiedenen Beleuchtungskörpertypen der Reihe nach besprochen werden. Zuerst wären Beleuchtungskörper mit ausgesprochener Scheinwerferwirkung anzuführen, die, in Form den Automobilscheinwerfern ähnlich, an der Decke des Schaufensters befestigt und verstellbar sind, wodurch ihr Lichtkegel je nach Wunsch auf einzelne Objekte oder Stellen des Schaufensters gerichtet werden kann. Anwendungsgebiet ist die Beleuchtung von Gegenständen, auf die das Hauptaugenmerk des Beschauers gerichtet sein soll, zum Beispiel besondere Erhöhung der Plastik oder Hervorhebung eines ausgestellten Gegenstandes und dergleichen.

Als nächste in dieser Reihe kommen Leuchten mit spiegelndem Reflektor (bekannt unter dem Namen Spiegellichtlampen), die je nach der Form des Spiegels und der Beschaffenheit des Abdeckglases mehr oder weniger scheinwerferähnliche Wirkung erzielen. Sie werden als Grundbeleuchtung für Schaufenster verwendet und sind insbesondere in hohen Schaufenstern, sowohl bei Gegenständen, die an und für sich geringe plastische Wirkung besitzen, wie Stoffe, Kleider und dergleichen, oder auch dort am Platze, wo aus bestimmten Gründen eine scharfe und harte Beleuchtung erwünscht ist.

Wieder einen Schritt weiter kommt man zu den am häufigsten verwendeten Schaufensterleuchten, welche zwar auch spiegelnde Reflektoren besitzen, jedoch durch Rillen und Riffelungen kein so stark gerichtetes Licht wie die vorher genannten Typen geben und unter dem Namen Silberspiegel-Reflektoren bekannt sind. Trotzdem diese Leuchten keine ausgeprägte scheinwerferartige Wirkung aufweisen, werden doch noch ziemlich starke Kontraste zwischen Licht und Schatten erzielt (Abb. 3 und 4). Anwendungsgebiet sind vorzugsweise mittelhohe und hohe Auslagen mit dunklen oder mitteldunklen Gegenständen, womit nicht gesagt sein soll, daß derartige Beleuchtungskörper nicht auch in kleineren Auslagen mit hellen Waren Verwendung finden können. Die universelle Verwendbarkeit und der verhältnismäßig geringe Preis tragen zu ihrer starken Verbreitung bei (Abb. 5).

Hauptmerkmale der bisher erwähnten Beleuchtungskörper als auch der nächsten Gruppe sind entsprechend tief gezogene Reflektoren, deren Form der gewünschten Lichtverteilung angepaßt ist.

Eine bedeutend weichere Beleuchtung mit weniger scharfen Schatten und geringeren Kontrasten zwischen Hell und Dunkel, geben Email- oder Stoffreflektoren (Abb. 6 und 7), da die Rückstrahlung in diesem Falle kein gerichtetes Licht gibt, wodurch eine entsprechende Weichheit der Schatten bedingt ist. Sowohl diese als auch die bisher genannten Beleuchtungskörper sind meist verstellbar, so daß nach Aufmontieren der Beleuchtungskörper die gewünschte Stellung des Reflektors vorgenommen werden kann (Abb. 8 und 9).

Einen ganz anderen Beleuchtungscharakter ergibt ein Schaufenster, wenn an Stelle eines Beleuchtungskörpers der alles Licht nach unten wirft, ein solcher Anwendung findet, der einen mehr oder minder großen großen Teil des Gesamtlichtstromes an die Decke des Schaufensters wirft (Abb. 10 und 11). In diesem Falle trifft, helle Decken vorausgesetzt, selbstverständlich noch viel weitergehende Aufhellung der Schatten ein, so daß eine diffuse Beleuchtung entsteht (Abb. 12). Einzelne Ausführungen solcher Beleuchtungskörper werden, eventuell auch mit reflektierenden Abdeckblechen gegen die Vorderseite des Schaufensters hergestellt, dagegen spielt die Neigung der Beleuchtungskörper mit Rücksicht auf die Art der Lichtverteilung schon eine geringere Rolle (Abb. 13 und 14).

Wählt man aus bestimmten Gründen einen Beleuchtungskörper, der nicht mehr vorwiegend direktes Licht abgibt, sondern mehr halbindirekte Beleuchtung erzeugt, die selbstverständlich nur bei Schaufenstern mit hellen Decken gewählt werden kann, so erübrigt sich jede Verstellungsmöglichkeit. Mit Rücksicht auf den ungünstigen Raumwirkungsgrad, der mit den zwei letzt genannten Typen verbunden ist, wird von der Anwendung solcher Leuchten nur selten Gebrauch gemacht, insbesondere dann, wenn es sich um die vollkommene Neueinrichtung eines Schaufensters handelt und nicht bereits vorhandene Leuchten aus Sparsamkeitsrücksichten benützt werden müssen.

Eine Ausführung, die die Vorzüge der diffusen und der direkten Beleuchtung vereint, aber bereits verhältnismäßig kostspielig ist, besteht darin, daß die Decke des Schaufensters aus mehr oder weniger

[2]) Die in der Beilage enthaltenen Abbildungen sind zum Teil einer Druckschrift der Siemens-Schuckert-Werke zum Teil dem Lichtheft B 10 der Osram-Lampen-Gesellschaft (Dr. Ing. Putnoky, „Die Technik der Schaufensterbeleuchtung") entnommen.

Digitized by Google

stark mattierten oder gerippten Glas besteht, über dem einige Beleuchtungskörper mit tiefstrahlender Wirkung angebracht sind (Abb. 15). Der Vorteil dieser schönen und guten Beleuchtung wird durch erhöhte Anlage- und Betriebskosten erkauft (Abb. 16 und 17).

Die bereits einmal erwähnten Soffittenlampen zur Beleuchtung des Schaufensters von der Seite bezw. von unten müssen verdeckt angeordnet und halbverspiegelt sein, damit möglichst viel Licht unter Vermeidung jedweder Blendung in das Innere des Schaufensters fällt (Abb. 18). Zur Aufhellung von Schatten und Erzielung von Beleuchtungseffekten, welche durch oben angebrachte Beleuchtungskörper und Soffitten nicht erreicht werden können, werden vorteilhaft ebenfalls verdeckt angeordnete Beleuchtungskörper mit leicht scheinwerferartiger Wirkung verwendet, die in der Abstimmung ihrer Lichtstärke dem zu erzielenden Gesamteindruck genauest angepaßt werden müssen. Falls als Hauptlichtquellen mit Rücksicht auf geringe Bauhöhe des Schaufensters oder anderen hier nicht näher zu erörternden Gründen, Soffittenlampen gewählt werden müssen, so können, ähnlich wie in Theatern, solche mit weiß emaillierten Abdeckblechen genommen werden.

Wieviel Beleuchtungskörper bezw. wie stark die einzelnen Glühlampen gewählt werden sollen, läßt sich nicht durch eine Regel oder Formel festlegen, da der notwendige Gesamtlichtstrom, besser gesagt die gesamt aufzuwendende Wattzahl nicht nur von der Größe, der Form und der Farbe der ausgestellten Gegenstände abhängig ist, sondern auch durch die Lage des Geschäftslokales, sowie durch andere daneben befindliche Schaufenster und manchmal auch von der Jahreszeit beeinflußt wird.

Auch durch Spiegelung kann die gegenüberliegende Häuserfront und der Himmel dem Beschauer im Schaufensterglas sichtbar werden, wenn das Schaufenster am Tage infolge ungünstiger Lage nicht stark genug durch das Tageslicht aufgehellt und keine oder eine zu schwache künstliche Beleuchtung vorgesehen ist.

Die verwendeten Beleuchtungskörper werden vorteilhaft an mehrere Stromkreise gelegt, um die Beleuchtungsstärke durch Zu- oder Abschalten von Leuchten verändern zu können. Besonders für kleinere Schaufenster ist es von großer Bedeutung, auch solche Beleuchtungskörper zu verwenden, bei denen die Lampenfassung verstellbar ist, wodurch jederzeit der Leuchtfaden der Glühlampe in die relativ günstigste Stellung innerhalb des Reflektors gebracht werden kann.

Was die Beleuchtungsstärke im Schaufenster betrifft, so muß diese mit Rücksicht auf die Farbe und das Reflexionsvermögen der ausgestellten Gegenstände bestimmt werden. Sicher ist, daß Schaufenster, deren ausgestellte Gegenstände bezüglich Farbe im Mittel zwischen hell und dunkel liegen, mindestens eine Beleuchtungsstärke von 200 Lux erhalten müssen, um halbwegs einen gut beleuchteten Eindruck zu erwecken. Dieser Wert stellt eine untere Grenze dar und wird bei sehr gut beleuchteten Schaufenstern 1000 und mehr Lux betragen.

Zur überschlägigen Bestimmung des für ein Schaufenster notwendigen Leistungsaufwandes kann man je nach Art und Farbe der ausgestellten Waren 100 bis 400 W je m² annehmen. Diese Zahlen können aber nur für eine ganz oberflächliche Schätzung verwendet werden, da erst der konkrete Fall die endgiltige Festlegung der notwendigen Beleuchtungsstärken, das heißt des Leistungsaufwandes gestattet.

Unter Berücksichtigung der bereits früher aufgestellten Forderung nach entsprechend großen Lampenstärken zur wirtschaftlichen Ausnützung des Stromes, welche andererseits aber wegen der verlangten Gleichmäßigkeit eine Übertreibung in dieser Hinsicht verbietet, kann in den meisten Fällen mit Lampenstärken von 150 bis 750 W das Auslangen gefunden werden.

Den schätzungsweisen Leistungsaufwand gibt auch nachstehende Tabelle an, welche genau so wie die oben erwähnte Methode nur zur überschlägigen Berechnung verwendet werden darf[3]).

[3]) Vgl. Osram-Lichtheft B 10.

Ungefährer Leistungsaufwand in W für		helle	mittlere	dunkle
		Dekoration		
kleine	Schaufenster	200	400	800
mittlere		400	900	1600
große		1000	2000	4000

Die Schwierigkeit, eine genaue Berechnung der notwendigen Wattstärken vorzunehmen, liegt außer in oben erwähnten Umständen noch darin, daß auch der Wirkungsgrad des verwendeten Beleuchtungskörpers und der sogenannte Raumwirkungsgrad, der von der Lichtverteilung und dem Reflexionsvermögen der Wände und ausgestellten Gegenstände abhängt, in Betracht gezogen werden muß. Dazu kommt noch ein meist vernachlässigter Umstand, nämlich die bei verschiedenen Lampenstärken bessere oder schlechtere Ausnützung der aufgewendeten Energie. Schwankt doch die Lichtausbeute bei den für Schaufenster in Frage kommenden Glühlampen zwischen 14 und 20 Lumen pro W oder in der bisher üblichen Ausdrucksweise des Energieverbrauches zwischen 1·2 und 0·75 W pro Kerzenstärke. Der Vollständigkeit halber sei noch kurz erwähnt, daß der Wirkungsgrad eines Beleuchtungskörpers für Schaufenster mit durchschnittlich 70 bis 80 vH angenommen werden kann, während der Raumwirkungsgrad, das heißt das Verhältnis der tatsächlich ausgenützten Lichtmenge zu der vom Beleuchtungskörper in den Raum ausgestrahlten Lichtmenge durchschnittlich 30 bis 50 vH angenommen beträgt.

Was die Anzahl der verwendeten Glühlampen bezw. Beleuchtungskörper anbelangt, so muß diese auch bei kleinen Schaufenstern mindestens 2 oder 3 betragen, um Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung und richtige Schattengebung zu gewährleisten. Bei größeren Schaufenstern kann durchschnittlich eine Entfernung von 40 bis 70 cm zwischen den einzelnen Beleuchtungskörpern angenommen werden.

Unter Berücksichtigung aller bisher besprochenen Punkte soll nun kurz eine vollständige Beleuchtungsanlage des Schaufensters eines größeren Geschäftes, das Dekoration und Anordnung der ausgestellten Waren mehrmals im Jahre ändert, beschrieben werden (Abb. 19). Im Schaufenster gelangen zur Verwendung:

A) Schaufensterleuchten mit tiefstrahlender Wirkung in mehrere Stromkreise geteilt, um eine verschieden starke Beleuchtung zu erreichen.

B) Zusatzbeleuchtung von der Seite (Soffittenlampen).

C) Zusatzbeleuchtung von unten (Soffittenlampen oder sogenannte Streuzellen, das sind viereckige, innen weiß emaillierte Blechkasten, die eine Glühlampe enthalten und mit weißen oder farbigen Deckgläsern versehen werden können).

D) Schaufenster-Scheinwerfer (schmaler Lichtkegel).

E) Schaufenster-Streulicht auch Flutlicht genannt (breiter Lichtkegel).

Zur Erzielung farbiger Beleuchtungseffekte können Beleuchtungskörper mit Farbfiltern versehen werden (Abdeckglasplatten) oder werden besondere Beleuchtungskörper angeordnet.

Um die Schaufensterbeleuchtung täglich rasch ein- und ausschalten zu können, empfiehlt es sich, für jedes Schaufenster außer den Schaltern für einzelne Stromkreise auch einen Hauptausschalter zu verwenden. Eine Beleuchtungsanlage, wie oben besprochen, kommt nur für größere Schaufenster in Frage, weil bei kleineren weder die gewünschten Effekte erzielt, noch die Kosten einer solchen Anlage mit den Einnahmen eines kleinen Geschäftes in Einklang gebracht werden können. Grundbedingung für ein derartig eingerichtetes Schaufenster ist selbstverständlich auch die entsprechende Gruppierung der ausgestellten Waren, damit eine gute Ausleuchtung des Schaufensters durch die vorhandenen Beleuchtungskörper möglich ist. Außerdem muß das Schaufenster im oberen Teile ungefähr

Digitized by Google

40 bis 60 cm oder mehr gegen die Straße zu durch Holzverschalung oder entsprechende Vorhänge abgedeckt sein, um dem Auge des Beschauers die an der Decke des Schaufensters angebrachten Beleuchtungskörper bezw. Lichtquellen zu entziehen. In den meisten Fällen genügen jedoch einige der als Hauptlichtquellen bezeichneten Beleuchtungskörper bezw. braucht zur Unterstützung dieser nur die eine oder die andere Art der Zusatzbeleuchtung angewendet werden, um eine richtige und gute Schaufensterbeleuchtung zu erhalten.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn ein bereits vorhandenes Schaufenster entweder aus baulichen Gründen oder mit Rücksicht auf die erheblichen Kosten eines Umbaues nicht entsprechend umgestaltet werden kann, trotzdem aber seine Beleuchtungsanlage verbessert und mit den vorhandenen Mitteln möglichst das Auslangen gefunden werden soll.

Es ist selbstverständlich nicht möglich für alle in der Praxis vorkommende Fälle genaue Angaben zu machen, wie die Verbesserung der Beleuchtung durchzuführen ist. Es soll daher nur an einigen charakteristischen Beispielen gezeigt werden, auf welche Art eine Verbesserung der Beleuchtung mit geringen Kosten erzielt werden kann.

1. Fall. Schaufenster mit weit hereinhängenden nackten Lampen mit oder ohne Schirm, eventuell noch sichtbare unverspiegelte Soffittenlampen seitlich oder unten (Abb. 20).

Nachteile dieser vollkommen schlechten Anlage sind starke Blendungserscheinungen, schlechte und unvollkommene Beleuchtung der ausgestellten Gegenstände. Ein großer Teil des Lichtes fällt auf die Straße, daher unwirtschaftlich und nicht zweckentsprechend.

Abhilfe: Hochziehen der freihängenden Glühlampen, Ersetzen der nackten Lampen durch mattierte oder Opallampen, wenn halbwegs möglich Verwendung von entsprechenden Reflektoren. Anbringung einer Holz- oder Vorhangabdeckung im oberen Teil des Schaufensters, um zu verhindern, daß direkte Lichtstrahlen der hochgezogenen Glühlampen das Auge des Beschauers treffen. Auswechslung eventuell vorhandener veralteter Soffittenlampen durch verspiegelte bezw. Abdeckung derselben durch seitliche Leisten.

2. Fall. Schaufenster mit Beleuchtungskörpern mit lichtstreuenden Gläsern, Blendung gering, oder überhaupt nicht vorhanden, Beleuchtungskörper hängt ziemlich weit in das Schaufenster hinein (Abb. 21).

Nachteile dieser Anordnung sind zum Großteil dieselben wie im Fall 1, doch in etwas verringertem Maße.

Abhilfe: Die Beleuchtungskörper sind ähnlich wie im Fall 1 hochzuziehen und nahe der Decke zu befestigen. Ist das Schaufenster hoch oder sind die Beleuchtungskörper nur für geringe Lampenstärken geeignet, ist es am besten diese durch irgendwelche Schaufenster-Reflektoren zu ersetzen. Sind Soffitten vorhanden gilt dasselbe wie bei Fall 1.

3. Fall. Schaufenster mit vielen Glühlampen (nackte, mattierte oder Opallampen bezw. Glühlampen mit Streuglas), welche gleichmäßig über die ganze Decke verteilt sind (Abb. 22 und 23).

Nachteile: Diese Anordnung, auch als Kassettenbeleuchtung bekannt, erzeugt je nach den oben erwähnten Fällen geringere oder größere Blendung. Der Hauptnachteil aber liegt in der unrichtigen Schattenwirkung im Schaufenster, sowie in der starken Ablenkung durch die Sichtbarkeit der Lichtquellen.

Abhilfe: schwer möglich, da nur durch vollkommene Entfernung der über das ganze Schaufenster zerstreuten Lichtquellen eine entsprechende Verbesserung der Schaufensterbeleuchtung erreicht werden kann.

4. Fall. Die Beleuchtung des Schaufensters erfolgt durch außen im Freien vor dem Schaufenster angebrachte Beleuchtungskörper, die mit Opal- oder Milchglasglocken versehen sind oder Reflektoren besitzen, die das Licht der Glühlampen gegen das Schaufenster zu werfen (Abb. 24 und 25).

Nachteile: Unwirtschaftliche Anlage, da ein Großteil des Lichtes für die Beleuchtung des Gehsteiges verwendet bezw. durch das Schaufensterglas absorbiert wird. Außerdem kann bei entsprechendem Lichteinfall durch die spiegelnde Wirkung des Glases ein Teil der Lichtstrahlen dem Beschauer ins Auge fallen und Blendung hervorrufen.

Abhilfe: Die Beleuchtungskörper müssen entfernt und durch richtige im Innern des Schaufensters verdeckt angeordnete Leuchten ersetzt werden.

Die Verwendung von Beleuchtungskörpern vor dem Schaufenster ist eventuell dann zulässig, wenn es sich um sogenannte Wandschaukästen von ganz geringer Tiefe (weniger als 30 cm) handelt, wo weder tiefstrahlende Beleuchtungskörper noch Soffitten angebracht werden können bezw. durch solche eine entsprechende Beleuchtung des Schaukastens unmöglich ist. In diesen Fällen ist selbstverständlich ein Beleuchtungskörper zu wählen, der den größten Teil des Lichtes auf den Schaukasten wirft, gegen die Straße zu abgeblendet ist und in einer derartigen Höhe angebracht wird, daß der Einfallswinkel des Lichtes Blendung des Beschauers ausschließt.

In den meisten Fällen wird außer den vorstehend geschilderten Nachteilen auch die Beleuchtungsstärke als solche bezw. die Anzahl und Stärke der verwendeten Glühlampen eine zu geringe sein, um nur den bescheidensten Anforderungen gerecht zu werden.

Auch die Gruppierung der aufgestellten Gegenstände wird jetzt meist ganz unzweckmäßig durchgeführt, so daß nicht einmal bei natürlicher Beleuchtung die gewünschte Schaufensterwirkung erzielt wird. Im allgemeinen soll ein Schaufenster so aufgebaut sein, daß die ausgestellten Waren von vorne nach rückwärts ansteigend gruppiert sind, so daß der Beschauer einen guten Überblick hat und die vorne oben im Schaufenster angebrachten Beleuchtungskörper den ganzen Raum richtig ausleuchten können.

Die Beleuchtung eines Schaufensters muß ferner so wie die Einrichtung und Ausstattung desselben nach ganz bestimmten künstlerischen Gesichtspunkten entworfen werden, um durch ihre Wirkung auf den Beschauer den gewünschten Werbezweck voll und ganz zu erreichen. Der für die Erzielung der gewünschten Beleuchtungseffekte notwendige Sinn kann nicht angelernt werden, sonst wird statt einer lebendigen Lichtwirkung ein totes Schema erzielt, wobei die vielleicht an und für sich gute Aufmachung des Schaufensters nicht zur Geltung kommen kann.

Selbstverständlich muß auch die Beleuchtung des Geschäftslokales selbst eine zweckentsprechende und genügend starke sein, wenn der durch das Schaufenster angezogene Kunde den Laden betreten und den sein Wohlgefallen erweckenden Gegenstand auch erwerben soll. Allerdings sind die Bedingungen und Voraussetzungen für eine gute Innenbeleuchtung ganz andere als für die Schaufensterbeleuchtung. In einem Punkt jedoch sind sie einander gleich: Blendung muß unter allen Umständen vermieden werden.

Digitized by Google

Abb. 2

Siemens-Spiegelleuchte

Abb. 3

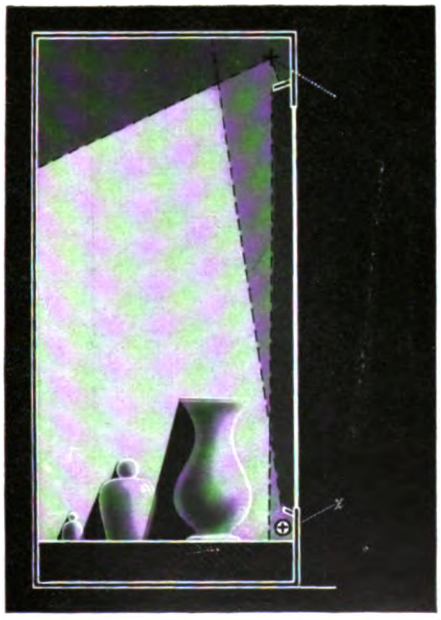


Abb. 1

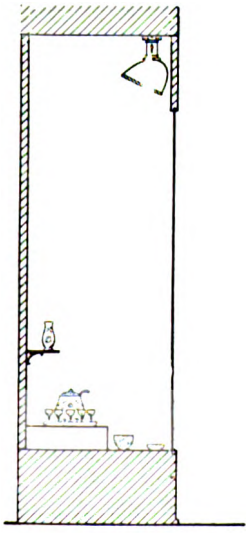


Abb. 4

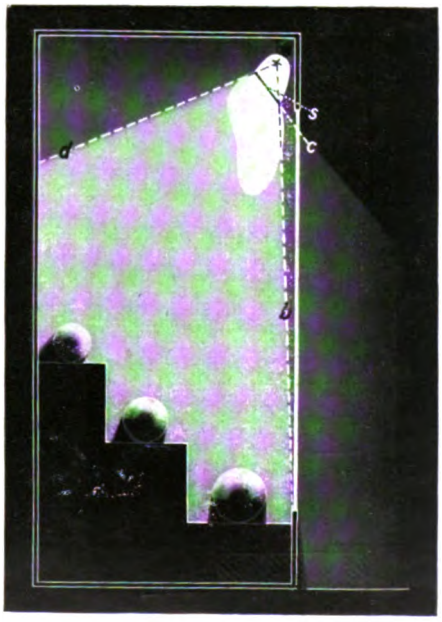


Abb. 5

Digitized by Google

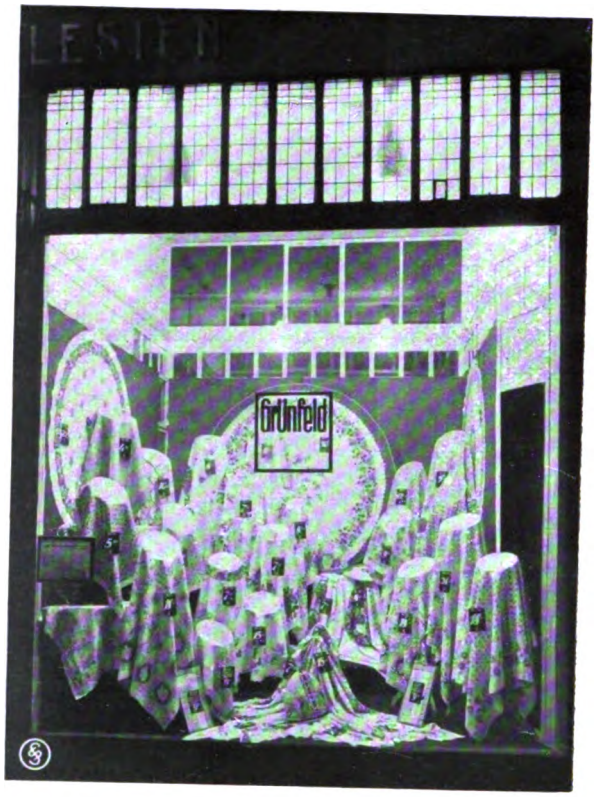


Abb. 7

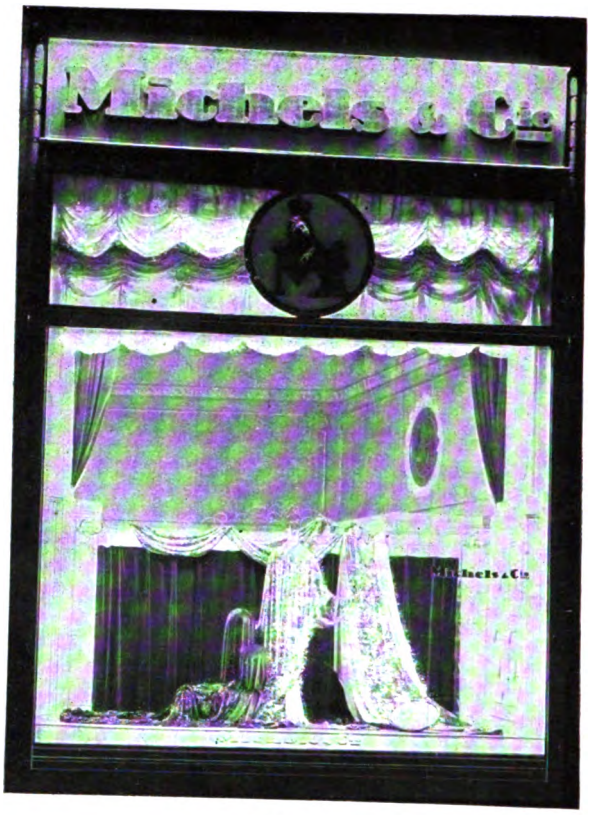


Abb. 12

Siemens-Schirmleuchte

Abb. 8

Siemens-Luzette

Abb. 10

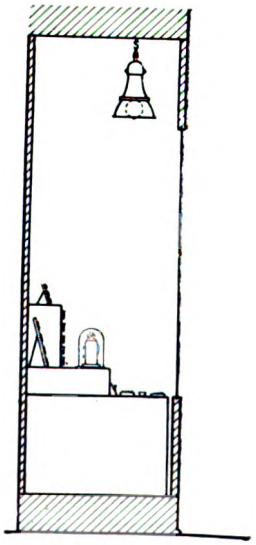


Abb. 6

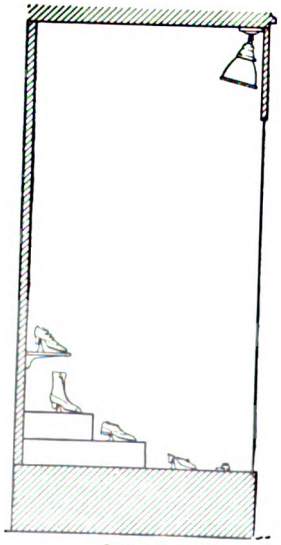


Abb. 9

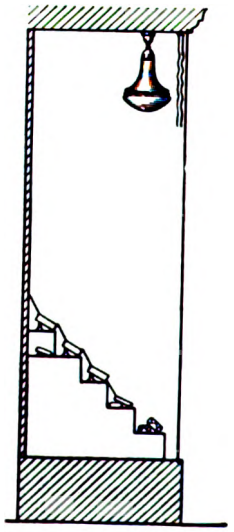


Abb. 11

Digitized by Google

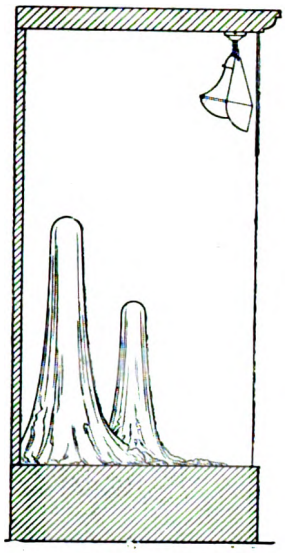


Abb. 14

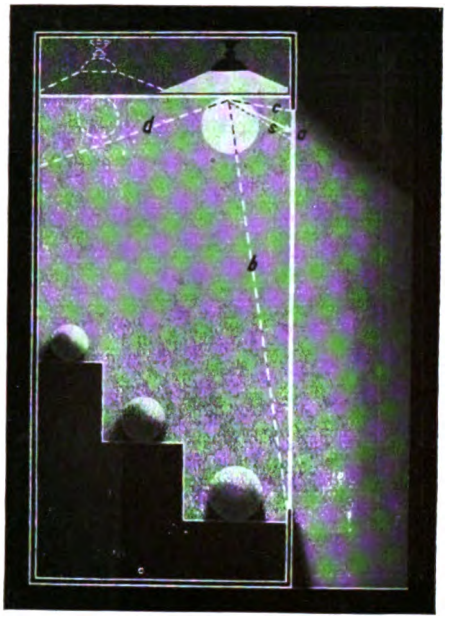


Abb. 15

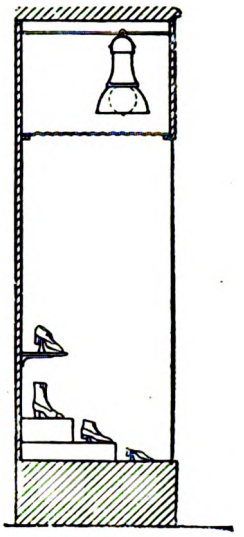


Abb. 16

Siemens-Luzette mit Abblendschirm für Schaufenster

Abb. 13

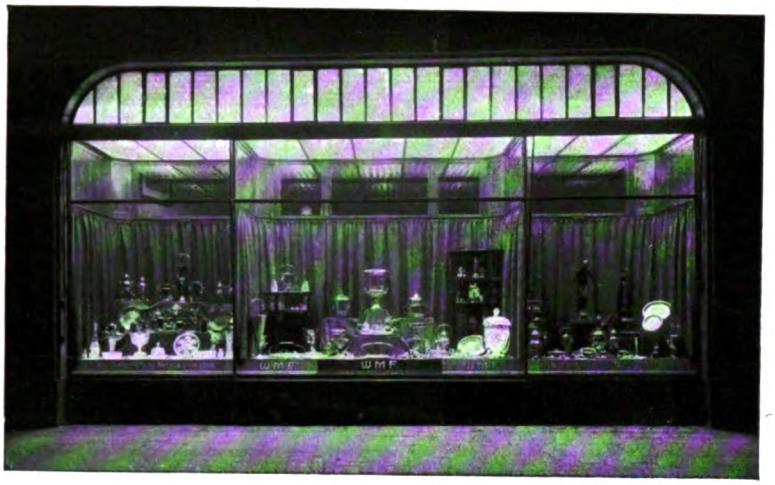


Abb. 17

Abb. 18

Digitized by Google

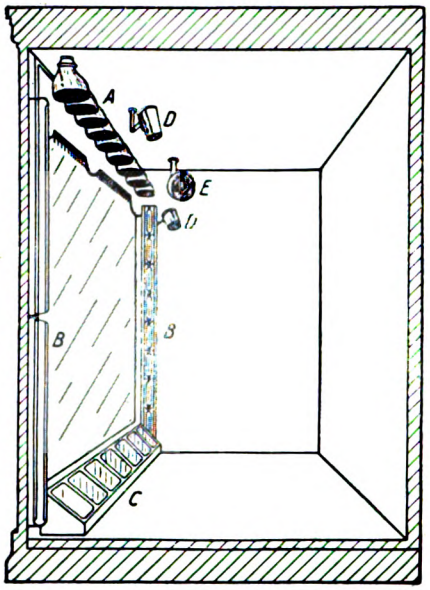


Abb. 19

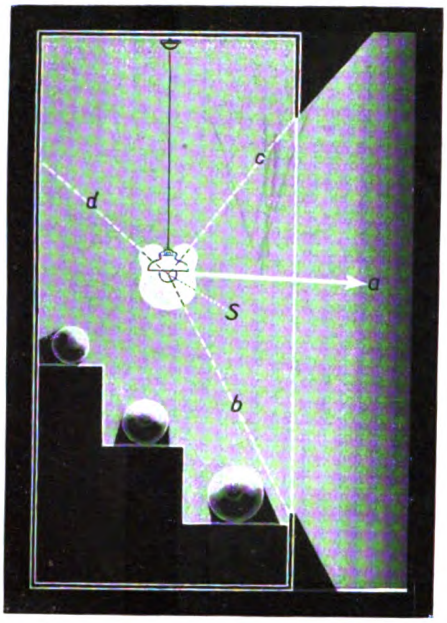


Abb. 20

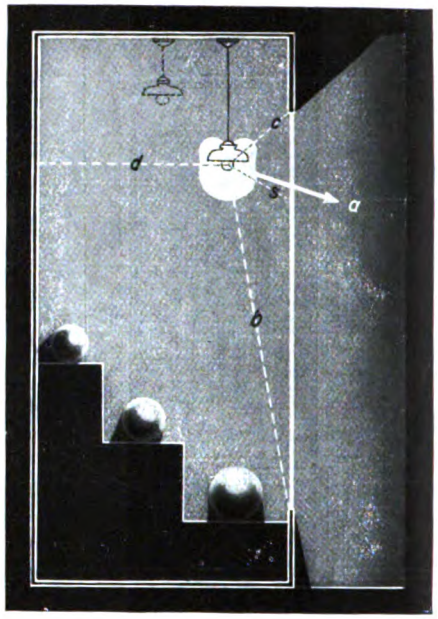


Abb. 21

Abb. 23

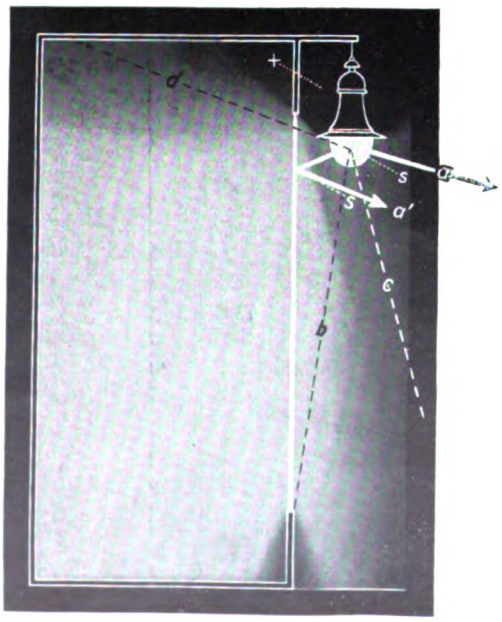


Abb. 24

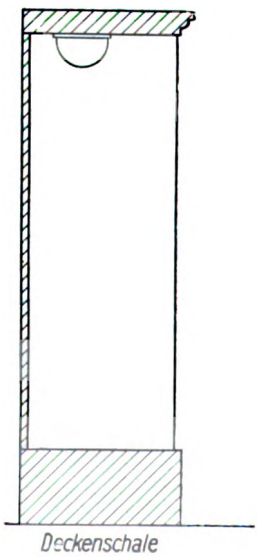


Abb. 22

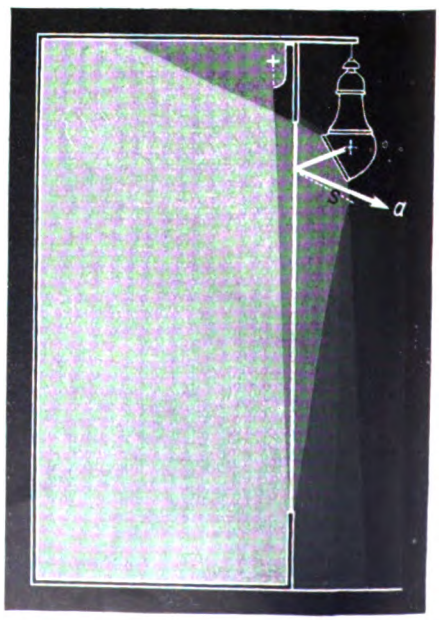


Abb. 25

Digitized by Google

Die österreichische Schaufenster-Lichtwerbung.

Von Dr. E. **Bausenwein**, Wien[1]).

Schaufenster und Auslagen machen ihre lockende Kraft fast ausschließlich nur bei künstlichem Lichte geltend. Darum steht und fällt die Schaufensterkunst mit der Beleuchtungstechnik.

Mit Genugtuung und Anerkennung kann festgestellt werden, daß unter dem instruktiven Einfluß unserer lichttechnischen Kreise innerhalb der letzten zwei Jahre in Wien auf diesem Gebiete ein bemerkenswerter Fortschritt gemacht worden ist, der auch vielfach schon in den Bundesstädten in gleich erfreulicher Weise wahrnehmbar wird. Aber doch bleibt noch viel zu leisten übrig!

Hier setzt nun eine Aktion ein, zu der sich alle führenden Organisationen des Handels, Gewerbes und der Industrie zusammengeschlossen haben, um in planmäßigem Aufbau die werbende Energie guter Auslagenbeleuchtung für alle jene wirksam zu machen, die durch das Schaufenster den Kontakt mit dem Konsumenten suchen. Es ist eines der Ziele der Aktion, den praktischen Nachweis zu erbringen, daß nicht die Kaufkraft des Publikums, die Qualität und Marktfähigkeit der Ware allein für den Geschäftsgang entscheidend ist. Gerade die wirtschaftliche Drepression zwingt den Kaufmann, alle Mittel in Bewegung zu setzen, um den Geschäftsgang zu heben, und gerade die verminderte Kaufkraft der Bevölkerung muß durch starke und eindrucksvolle Impulse, wie sie beispielsweise die wünschenswert gemachte Ware des Schaufensters darstellt, für wertbringende Einkäufe gewonnen werden.

Hiezu gesellt sich noch eine nicht leicht abzuweisende Erwägung. Die Beleuchtungskultur, oder sagen wir vielleicht besser der Lichthunger ist nicht nur jenseits des Ozeans, sondern auch in den westeuropäischen Ländern so außerordentlich rasch gestiegen, daß wir alle Mühe haben werden, den Abstand bei uns nicht zu groß werden zu lassen. Dies gilt überall, aber am auffälligsten bei der Geschäfts- und Auslagenbeleuchtung.

Dabei — und das ist für unseren gegenwärtigen wirtschaftlichen Zustand von hohem Gewicht — ist gute, das heißt beleuchtungstechnisch richtige Auslagenbeleuchtung durchaus nicht immer gleichbedeutend mit höherem Beleuchtungsaufwand. Im Gegenteil, die vielen falschen, grell-blendenden Beleuchtungsanlagen verzehren häufig sogar viel mehr Strom, als beleuchtungstechnisch einwandfreie Auslagen und sind dabei wesentlich unwirksamer. Man spart also sicher in mehrfacher Richtung und macht die Beleuchtungsausgaben unmittelbar produktiv, wenn das Auslagelicht dem heutigen beleuchtungstechnischen Standard entspricht.

Aus alldem geht hervor, daß die Aktion vor einer keineswegs einfach und leicht zu lösenden, aber wirtschaftlich außerordentlich fördernden Aufgabe steht. Eine lange Reihe von weitausgreifenden und mühevollen Arbeiten hat nun in einem wirklich harmonischen und uneigennnützigen Zusammenwirken aller beteiligten Interessenten, jene Voraussetzungen geschaffen, die die Ziele der Aktion zum Vorteil des Einzelnen und zum Nutzen der Gesamtheit erreichen lassen werden.

Im Mittelpunkt der ganzen Aktion steht das schwierige und undankbare Problem, unseren Wiener Geschäftsleuten, deren Tagwerk mit Sorgen und Lasten reichlich erfüllt ist, die Notwendigkeit nahe zu legen, ihre Schaufenster mit kritischer Aufmerksamkeit zu prüfen, deren Beleuchtungszustand im Rahmen des technisch Richtigen und finanziell Möglichen zu verbessern. Die Wege, die hier zu einem befriedigenden Ergebnis führen, sind zahlreich, alle aber werden sie mit der ungünstigen Wirtschaftslage des Geschäftsmannes, vielleicht auch ein bischen mit der Empfindlichkeit Einzelner zu rechnen haben, wenn an ihrer Auslage Kritik geübt wird.

Der Wiener Schaufenster-Lichtwerbeaktion wurden nun diese Wege erfreulicher Weise recht sehr geebnet. Sie konnte nämlich auf die reichen Erfahrungen zurückgreifen, welche bei der Durchführung gleichgerichteter Veranstaltungen aus anderen Ländern vorlagen. Da ist vor allem Amerika das typische Land der Geschäftscampagne, jener oft mit ganz absonderlichen, immer aber großartigen Ideen durchgeführten Reklamefeldzügen, in dem die Methodik für solche Aktionen praktisch und mit Aufwand ungeheurer Mittel entwickelt wurde. Viel wichtiger aber ist es für uns, daß im Vorjahre in Deutschland eine geradezu bewundernswert durchdachte Organisation „Schaufenster-Lichtwerbeaktionen" mit ganz gleichen Zielen und unter sehr nahverwandten Bedingungen in 32 der größten deutschen Städte zur Ausführung und zu glänzendem Erfolg brachte. In freundlichstem Entgegenkommen hat uns die „Zentralleitung der deutschen Schaufenster-Lichtwerbeaktion" (Zetdeschau) nicht nur in das Zusammenspiel ihres ganzen organisatorischen Apparates Einblick nehmen lassen, sondern auch mancherlei Hilfsmittel und Erfahrungen zur Verfügung gestellt. Dadurch wurde es dem Wiener Arbeitsausschuß möglich, die Vorarbeiten, die in Deutschland ein volles Jahr in Anspruch genommen und ungewöhnlich hohe Mittel verlangt hatten schon innerhalb einiger Monate und mit wesentlich geringerem Geldaufwand soweit vorwärts zu treiben, daß heute schon die unbedingte Sicherheit dafür geboten ist, daß die Aktion sich heuer in Wien und Graz, im kommenden Jahr in den übrigen Bundesstädten durchsetzen und den erwarteten Erfolg bringen wird.

Im Anschluß an diese mehr programmatischen Bemerkungen sei im Nachfolgenden ein kurzer Abriß über die bereits durchlaufenen und die noch bevorstehenden Phasen der Aktion gegeben.

Unter der Patronanz des Gremiums der Wiener Kaufmannschaft, dessen Vizepräsident Herr Kommerzialrat Bittmann den Vorsitz im Arbeitsausschuß der Aktion führt, haben sich nachstehende Organisationen und Wirtschaftskörper zur Durchführung die „Wiener Schaufenster-Lichtwerbung" vereinigt:

Der Gewerbeförderungsdienst des Bundesministeriums für Handel und Verkehr, das Gewerbeförderungsinstitut der Kammer für Handel, Gewerbe und Industrie in Wien, das Gremium der Wiener Kaufmannschaft, die Österreichische Lichttechnische Gesellschaft, die Städt. Elektrizitätswerke in Wien, die österreichische Elektroindustrie, die Genossenschaft der konzessionierten Elektrotechniker, der Reichsverband der konzessionierten elektrotechnischen Installationsfirmen Österreichs, der Verband der elektrotechnischen Handelsfirmen, die Beleuchtungskörperfirmen, die österreichische Glühlampenindustrie.

Die offizielle Eröffnung der Aktion fand Montag, den 9. Mai, im Festsaale des Gremiums der Wiener Kaufmannschaft, in Anwesenheit des Bundesministers für Handel und Verkehr, sowie der Spitzenvertreter und Amtsführer aller interessierten Gruppen und Verwaltungsstellen, sowie der gesamten Wiener Presse in feierlicher Weise statt. Doch waren vorher schon in recht mühevoller Arbeit des vorbereiteten Ausschusses eine ganze Reihe grundlegende Vorarbeiten durchgeführt worden.

[1]) Nach einem Referat, erstattet in der Ausschußsitzung der Österr. Lichttechnischen Gesellschaft am 2. März 1927.

Digitized by Google

Da eine Fülle von Einzelleistung und Teilarbeit zu leisten war, mußte schon in den Wochen des Frühlings und Sommers für Beleuchtungsfragen gearbeitet werden.

Eine Hauptvoraussetzzung für die Aktion war die Feststellung der Beleuchtung der Wiener Auslagen in ihrem tatsächlichen heutigen Zustand. Denn nur der freundliche Hinweis auf den doch nicht ganz zutreffenden Beleuchtungszustand der einzelnen Schaufenster kann dem Appell zur Verbesserung beim Schaufensterbesitzer Anspruch auf Gehör verschaffen. Außerdem liegt es im Wesen einer modernen, großzügigen Aktion Kräfteaufwand, Wirkung und Entwicklung statistisch zu erfassen und auszuwerten. Zu diesem Zweck wurden vorher eigens hiezu instruierte Aufnahmsorgane in alle 21 Bezirke Wiens ausgesendet, um sämtliche Wiener Schaufenster — es handelt sich hier um die Zahl von zirka 21 000 Einzelfällen — nach streng fixierten Gesichtspunkten einer objektiven einheitlichen und beleuchtungstechnisch erfaßbaren Wertung zu unterziehen. Dabei handelte es sich hauptsächlich um die Beurteilung der Beleuchtungsstärke, Blendungsfreiheit und des allgemeinen Beleuchtungseindruckes (Kontrast). Die Aufnahmen wurden Abend für Abend in wochenlanger, mühsamer Arbeit nach einem arithmetischen Bewertungsschlüssel vorgenommen, die Ergebnisse sodann durch Lichtingenieure überprüft und in einer Karthotek niedergelegt.

Der nächste Schritt bringt nun allen beurteilten Schaufensterbesitzern, in einem persönlich gehaltenen Brief, das Bewertungsergebnis seiner derzeitigen Schaufensterbeleuchtung zur Kenntnis und gleichzeitig die Einladung, sich für die im Herbste 1927 stattfindende allgemeine Schaufensterbeleuchtungskonkurrenz, durch Verbesserung seiner Beleuchtungsanlage, zu rüsten. Dem Brief liegt ein instruktives Merkblatt bei, welches die Hauptforderungen für gutes Auslagenlicht enthält. Gleichzeitig werden die Auslagenbesitzer aber auch in Kenntnis gesetzt, daß alle Auskünfte in dieser Richtung durch eine vom Arbeitsausschuß errichtete, geschäftlich nicht interessierte und fachmännisch einwandfreie Beratungsstelle, selbstverständlich kostenlos, erteilt werden.

Eine andere Aufgabe war der Schaufensterlichtwerbungsaktion in der Instruktion der Elektroinstallateure gestellt[2]). Handelt es sich doch bei der Auslagenbeleuchtung um besondere Spezialkenntnisse und beleuchtungstechnische Voraussetzungen, die begreiflicher Weise nicht jedem Installateur, der ja auch durch seine kaufmännische Tätigkeit stark in Anspruch genommen ist, geläufig sein müssen. Der Arbeitsausschuß hat dabei die wertvolle Unterstützung des „Reichsverbandes" und der Genossenschaft der Elektroinstallateure gefunden.

Damit aber nicht nur Theorie sondern auch praktischer Einblick geboten werde, veranstaltete der Arbeitsausschuß, gemeinsam mit Prof. Löffler und einigen Künstlern seiner Richtung im französischen Saal des Künstlerhauses eine spezielle Musterschau guter Auslagen, wobei sowohl das Arrangement, als auch die Beleuchtungstechnik für verschiedene Branchen Anregungen in Fülle bieten wird[3]).

Im weiteren Verlauf der Aktion wird an alle Schaufensterbesitzer eine logisch zusammenhängende Reihe von illustrierten Flugblättern durch die Städt. Elektrizitätswerke versandt werden, welche die „Zehn Gebote" der Schaufensterbeleuchtung behandeln.

Weite Kreise des Publikums, ja sogar der unmittelbar Beteiligten über Ziel und Zweck der Schaufensteraktion aufzuklären, wird endlich noch die Aufgabe der Presse sein. Selbstverständlich wird auch das modernste Mittel der Werbung, der Funkspruch in den Dienst der Sache gestellt werden.

Es wurde bereits erwähnt, daß die Bewegung im laufenden Jahre zunächst in Wien selbst zur Auswirkung gebracht wird, jedoch in weiterer Folge keineswegs auf Wien beschränkt bleiben soll. Im kommenden Jahre werden in den Bundesländern nach ähnlichen Grundsätzen, wie sie für Wien erprobt wurden und gestützt auf die bisher gesammelten Erfahrungen, im übrigen aber unter sorgfältiger Berücksichtigung der landschaftlichen Eigenart und besonderen Verhältnisse, Veranstaltungen mit dem gleichen Zweck ins Leben treten. In Graz wurde über Wunsch der dortigen Interessengruppen schon im heurigen Jahre die Aktion in Angriff genommen. Sie verlief in ihren bisherigen Arbeitsabschnitten vollkommen parallel mit dem Wiener Programm und fand in erfreulicher Weise die Zustimmung und aktive Teilnahme aller maßgebenden Faktoren. Die feierliche Eröffnung durch Herrn Bürgermeister Muchitsch vollzog sich am 6. April 1927 im Rathaus. Auch die Bewertung der Schaufenster und die Instruktionskurse für die Installateure wurden bereits erledigt.

Hat sich nun der Erfolg aller dieser Bemühungen eingestellt, dann setzt der letzte Akt dieser interessanten Steigerung ein. Das Publikum hat nun selbst das Wort. Entsprechend über Zweck und Absicht der Aktion aufgeklärt wird es nun selbst zum Richter über das bestwirkende, also bestbeleuchtete Schaufenster aufgerufen und trifft seine Entscheidung mit der Abstimmkarte, die in allen Ladengeschäften aufliegen wird und vom Publikum hier zu beheben ist.

Inzwischen hat eine neuerliche Besichtigung der Schaufensterbeleuchtung, diesmal durch Mitglieder der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft als oberste Jury, stattgefunden. Dabei werden dann nicht nur die eingetretenen Verbesserungen festgestellt und im Kartothekblatt eingetragen, sondern auch die notwendige Reihung der erreichten Höchstleistung im Beleuchtungszustand bezirksweise durchgeführt werden.

Die abschließende Beurteilung gilt auch als Grundlage für die Zuerkennung der Publikumspreise. Diese fallen nämlich den Einsendern jener Abstimmungskarten zu; deren Kalkül sich am vollkommensten mit der Schlußbewertung der Jury deckt. Sollte, was im Sinne der beleuchtungstechnischen Schulung der Bevölkerung nur zu begrüßen wäre, eine größere Zahl von richtigen Abstimmungskarten vorliegen, als verfügbare Preise vorhanden sind, muß das Los die Gewinner bezeichnen.

Der Schlußakt der ganzen Aktion ist dann die feierliche Prämierung des bestbeleuchteten Schaufensters. Mit der Nennung des preisgekrönten Schaufensterbesitzers erfolgt auch die Nennung und Prämierung des ausführenden Installateurs, dessen Arbeit hervorragenden Anteil an dem Erfolg hat.

---

[2]) Ein instruktiver Vortrag über die Anforderungen der modernen Schaufensterbeleuchtung wurde übrigens auch im Rahmen der „Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft" von deren Mitglied Herrn Ing. F. Reiter gehalten. Dieser Vortrag ist eingangs des vorliegenden Heftes enthalten.

[3]) Über diese Ausstellung, die einen starken Stützpunkt der ganzen Aktion darstellt, wird nachstehend ausführlich berichtet.

Digitized by Google

Das werbende Licht.

Schaustellung einer modernen Ladenstraße im Künstlerhaus in Wien.

Von Ing. Hanns Koch, Wien.

In der Reihe der vom Komitee der Schaufenster-Lichtwerbung zur Durchführung ihres Programmes beabsichtigten Aktionen spielt die im Künstlerhaus in Wien veranstaltete Schaustellung einer modernen Geschäftsstraße mit gut beleuchteten Schaufenstern eine hervorragende Rolle.

Es wurde der Entschluß gefaßt, eine Reihe von Schaufenstern zu errichten, welche den Interessenten deutlich das Wesen einer guten Schaufenster-Beleuchtung vor Augen führen und dartun sollten, wie deren Werbewirksamkeit und Anziehungskraft letzten Endes dadurch erhöht werden könne. Diese Schaustellung verfolgte aber auch den Zweck, den Interessenten sämtliche in Österreich im Handel befindlichen technisch einwandfreien Schaufensterleuchten vorzuführen und außerdem in den Kreisen der Kaufmannschaft aufklärend über eine moderne, gute Schaufenster-Dekoration zu wirken.

Die Eröffnung der Ausstellung fand am 7. Juni d. J. im Beisein der Vertreter der staatlichen und städtischen Behörden, sowie der interessierten Körperschaften statt. Ministerialrat Dr. Pfersman drückte namens des Bundesministers Dr. Schürff die Befriedigung des Handelsministeriums darüber aus, daß der Gewerbeförderungsdienst Gelegenheit hatte, die Interessen des Handels zu fördern. Vizebürgermeister Emmerling betonte, daß die Ausstellung geeignet sei, die das Stadtbild verschönernde gute Schaufensterbeleuchtung auch den Geschäftsstraßen am Rande der Stadt nutzbar zu machen; er stellte der Aktion die Unterstützung der Gemeinde jederzeit in Aussicht. Der Präsident des Künstlerhauses, akademischer Maler Goltz, drückte seine Genugtuung darüber aus, daß Handel und Gewerbe den Weg zur akademischen Künstlerschaft gefunden hat; hierin ist ein wichtiges kulturelles Moment zu erblicken, das für die Zukunft bemerkenswerte Perspektiven eröffnet.

Im Ausstellungssaale wurden 13 Schaufenster in den Abmessungen $3{\cdot}5 \times 2{\cdot}5 \times 2{\cdot}5$ m errichtet und mit Fabrikaten sämtlicher Beleuchtungskörperfirmen Österreichs nach lichttechnischen und lichtwirtschaftlichen Grundsätzen beleuchtet. Um die Wirkung jedoch nachhaltiger zu gestalten, wird weiters an Hand eines Demonstrations-Schaufensters abwechselnd gute und schlechte Beleuchtung gezeigt: Ungenügende Beleuchtungsstärke und Blendung durch nackte Lampen im Schaufenster, Zusatzbeleuchtung durch schlecht eingestellte blendende Soffittenlampen und schließlich gute Beleuchtung der ausgestellten Objekte durch verdeckt angeordnete Schaufensterleuchten.

Da bei einer technisch richtigen Beleuchtungsanlage die Schaufensterleuchten dem Auge des Beobachters vollkommen unsichtbar bleiben müssen, andererseits jedoch den Besuchern der Ausstellung ein Bild von den im Handel befindlichen Beleuchtungskörpern gegeben werden soll, werden in Vitrinen in der Mitte des Saales sämtliche in den Schaufenstern verwendete Reflektoren ausgestellt.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß eine wirkungsvolle Dekoration durch schlechte Beleuchtung leicht an Wirkung verliert, andererseits jedoch eine sonst gute Beleuchtungsanlage durch unvorteilhafte und unrichtige Dekoration keinen Effekt erzielen kann. Diese Erkenntnis konnte sich jedoch nicht restlos durchsetzen und eine weitere Aufgabe der Ausstellung besteht somit darin, zu zeigen, wie wichtig das harmonische Zusammenwirken von Licht und Dekoration für eine erhöhte Werbewirksamkeit des Schaufensters ist.

Um den Interessen möglichst vieler Geschäftszweige Rechnung zu tragen, werden in den einzelnen Schaufenstern die verschiedensten Waren ausgestellt, deren künstlerische Anordnung die akademischen Maler Prof. Berthold Löffler, Vinzenz Gorgon, Franz Windhager und Fritz Zerritsch auf Einladung des Aktionskomitees übernommen haben, während die künstlerische Ausstattung der Schaustellung vom Architekten Heinrich Kathrein durchgeführt wurde.

Da die Veranstaltung belehrend, überzeugend und anregend wirken sollte, war eine natürliche Voraussetzung, ihr den Charakter einer Verkaufsausstellung zu nehmen. Es werden daher keinerlei Auskünfte von Firmenvertretern der Beleuchtungskörperbranche erteilt werden, sowie auch die Namensnennung der Erzeugerfirmen selbst aus Neutralitätsgründen vollkommen unterbleibt und die Fabrikate nur durch ihr Markenschlagwort gekennzeichnet werden. An der Decke des Ausstellungssaales wird eine Anzahl Wimpeln angebracht, welche mit entsprechenden Texten bedruckt für gute Schaufenster-Beleuchtung werben.

Die in den Schaufenstern zur Verwendung gelangenden Schaufensterleuchten lassen zwei Gruppen unterscheiden:

1. Leuchten mit spiegelnder Reflexion.
2. Leuchten mit diffuser Reflexion.

Nachfolgend soll nun kurz eine Zusammenstellung und technische Beschreibung der einzelnen Fabrikate gegeben werden.

Österreichische Siemens-Schuckert-Werke, Wien. Die Siemens-Schaufensterleuchte wird entweder mit Glasspiegel oder Emailreflektor zur Ausführung gebracht. Die Schaufensterspiegelleuchten haben eine so gestaltete Reflektorform, daß Grundfläche und Rückwand des Schaufensters unter richtigem Lichteinfall gut beleuchtet werden. Die Lampenfassung ist zur richtigen Lichtpunkteinstellung von Glühlampen verschiedener Größen in der Höhe verstellbar. Verwendung findet diese Schaufensterleuchte in Schaufenstern und Schaukästen, bei denen eine starke Bodenbeleuchtung und kräftige Lichtreflexe erwünscht sind. Die Schaufensterleuchte mit streuendem Emailreflektor ist mit einem Drehgelenk versehen, um die Leuchten je nach der Tiefe des Schaufensters mehr oder weniger schräg stellen zu können und somit das Schaufenster in allen Teilen gut zu erhellen. Auch hier ist die Lampenfassung zur richtigen Lichtpunkteinstellung der Glühlampen verschiedener Größe in der Höhe verstellbar. Das beste Anwendungsgebiet für diese Leuchten sind Schaufenster aller Art mit geringer Bauhöhe. Eine ausführliche Darstellung dieser Leuchten ist eingangs dieses Heftes gegeben.

G. Schanzenbach & Co., G. m. b. H., Frankfurt a. M.. Die „Schaco-Schaufensterleuchten" werden als einseitig diffuse Tiefstrahler oder mit vorwiegend einseitig gerichtetem Licht in den Handel gebracht und eignen sich mit dieser seitlichen Lichtausstrahlung nur für Schaufenster mit geschlossener Rückwand. Emailreflektoren sind zu bevorzugen, wenn diffuses Licht notwendig erscheint und vor allem Glanzlichter stören würden. Schaufensterleuchten mit rückwärts versilbertem Glasspiegelreflektor hingegen haben den Vorzug bei großen Schaufenstern, wobei die Spiegelkonstruktion in Verbindung mit einer Lichtpunkteinstellvorrichtung eine mehr oder weniger starke Konzentration des Lichtstromes auf kleinere Flächen der Schaufensterauslage ermöglicht. Die diffusen Reflektoren sind innen weiß emailliert, die Spiegelglasreflektoren dagegen rückwärts mit einem hitzebeständigen Silberbelag versehen, der gegen äußere Einflüsse durch einen galvanischen Kupferüberzug und Speziallackierung geschützt ist.

Carl Zeiss, Jena. Das „Zeiss-Spiegellicht" besteht der Hauptsache nach aus einem rückseitig versilberten Hohlspiegel aus Glas, welcher den gesamten Lichtstrom der Glühlampe sammelt und auf die Auslage konzentriert. Je nach dem Verwendungszweck unterscheidet man zwischen der Glockenspiegellampe JK 160, J 240 für Schaufenster deren Tiefe 2 m überschreitet und schließlich J 320 zur Beleuchtung hoher und tiefer Schaufenster. Eingehende Behandlung findet diese Beleuchtungsart an anderer Stelle dieses Heftes.

Digitized by Google

R. Ditmar-Gebrüder Brünner A.-G. Die beiden Schaufenster sind einerseits mit Glassilberspiegel- andererseits mit Emailreflektoren beleuchtet. Das Reflexionsmaterial der ersteren ist ein hochwertiger Silberbelag, dessen gute Reflexionsfähigkeit auch nach längerer Betriebsdauer gewährleistet wird. Eine geschmeidige Lackschichte besonderer Zusammensetzung schützt den Belag und vermeidet ein Abblättern desselben, indem sie sich bei Erwärmung ausdehnt, beziehungsweise bei Abkühlung wieder zusammenzieht. Die Emailreflektoren, deren großes Reflexionsvermögen eine gute Lichtausbeute bedingt, ergeben eine diffuse und gleichmäßige Beleuchtung. Überall dort, wo starke störende Schlagschatten vermieden werden sollen, ist ihre Anwendung empfehlenswert. Die Aufhängevorrichtung ist so ausgebildet, daß eine Verstellung der Leuchte um die horizontale Achse möglich ist und dadurch jeweils die günstigste Lichtwirkung erreicht werden kann.

„Watt-Silber-Licht"-Auslagen-Reflektor. Auf dem Glaskörper des Reflektors ist ein starker Silberspiegel aufgetragen, der mittels patentgeschützten Verfahrens durch einen hitzebeständigen Metallschutzmantel gedeckt ist und somit den Reflektor gegen Temperatur und atmosphärische Einflüsse unempfindlich macht. Gleichzeitig soll diese metallische Oberfläche als Radiator wirken und dadurch eine gleichmäßige und wirksame Abkühlung der ganzen Leuchte einschließlich der Lampe gewährleisten. Die Metallteile des Reflektors sind aus verniertem Messing und gestatten durch einen schwenkbaren Arm eine beliebige Winkeleinstellung, daher die Möglichkeit der Verwendung für jede Art von Schaufenstern.

Sterling Reflektoren, Erzeugnis der Reflector Illuminating Company in Chicago, werden durch eine auf höchste Vollendung gebrachte Arbeitsweise hergestellt. Durch sorgfältige, wissenschaftliche Versuche und Berechnungen wurde die Form der Reflektoren festgelegt. Das Reflektorglas besitzt einen haltbaren, dreifachen Silberbelag, der jegliches Mattwerden oder Abblättern ausschließt. Die Innenseite ist glatt, während sie außen fein gekörnt ist, was eine gleichmäßige Lichtverteilung zur Folge hat. Die Reflektoren werden in 20 verschiedenen Ausführungen hergestellt.

Meissen Spiegellicht, Dresden. Eine Schaufensterleuchte aus Glas, deren Silberbelag mit elastischem Kupfer überzogen ist, das bei einer ganz bestimmten Temperatur elektrolytisch aufgezogen wird, und somit eine unter gewisser Spannung sich um den Silberbelag legende Schutzschichte bildet. Dieser Kupferbelag kann allen Wärmeausdehnungen des Glases folgen und vermeidet somit ein Zerreißen bezw. Abblättern der darunter liegenden Spiegelschichte, selbst bei großer Überhitzung. Um eine Oxydation zu verhindern, wird das Kupfer stark bronziert, so daß der Reflektor ohne weiteres Dämpfen und Gasen ausgesetzt werden kann bei unverändertem Reflexionsvermögen des Spiegelbelages. Die Grundform des Reflektors ist eine Parabel. Durch eine bestimmte Vorrichtung wird die genaue Einstellung des Lichtpunktes ermöglicht, und zwar derart, daß die Lichtwirkung sowohl in die eines Tief- als auch Breitstrahlers verwandelt werden kann. Ein nach allen Seiten drehbares Kugelgelenk ermöglicht ein vollkommenes Ausleuchten der Auslage.

Deutsche Lichttechnik A.-G., Berlin. Die Erliwell-Lampe ist eine Parabolleuchte mit gewelltem, hochglanzpoliertem Aluminiumspiegel, der mit einem unsichtbaren, hitzebeständigen Lack überzogen ist, der die Hochglanzpolitur erhält und vor Beschädigung schützt, ebenso ist ein Verwittern durch feuchte Luft oder Vergilben des Aluminiumspiegels ausgeschlossen. Ein mattiertes Abschlußglas sorgt für eine genügende Diffusität des ausgestrahlten Lichtes und somit für eine gleichmäßige Ausleuchtung des Schaufenster. Die Leuchten werden auch mit Kugelgelenk ausgestattet.

Dr. techn. S. Defris, Wien. Die Reflektoren „Def-T 341 und 342" für Lampen bis 100 bezw. 200 W sind aus Aluminium, ähnlich einem Rotationsparaboloid geformt. Die gerillte Reflektorinnenfläche ist nach einem besonderen Verfahren weiß gebeizt und gekörnt und gibt neben einer gleichmäßigen Lichtverteilung ausreichend diffuses Licht. Die Außenfläche hingegen ist mit einem gegen Witterungseinflüsse und mechanische Beschädigungen sehr widerstandsfähigen Lack überzogen.

Alois Pragan & Bruder Ges. m. b. H., Wien. Der „Mercur-Spiegellichtreflektor" ist aus absolut fehlerfreiem, durchschnittlich 3 mm starkem Spezialglas hergestellt und außenseitig mit einem Spiegelbelag versehen, der gegen mechanische Einflüsse noch mit einer geeigneten Lackschichte überzogen ist. Die Glasfläche ist durch wellenförmig verlaufende Vertiefungen aufgebrochen, wodurch einerseits eine gemischte Reflexion erreicht wird, andererseits nach Angaben der Firma die für den Spiegelbelag schädlichen Wärmestrahlen teilweise ausgeschaltet werden sollen. Die Reflektoren sind nach jeder Richtung, sowohl um die horizontale als auch vertikale Achse drehbar und können leicht fixiert werden, während die verstellbare Glühlampenfassung die Verwendung von Nieder- und Hochwattlampen in dem gleichen Reflektor ermöglicht.

Es ist zu hoffen, daß die Schaustellung bei allen interessierten Kreisen zum besseren Verständnis für das Licht im Schaufenster führen wird.

Schaufensterbeleuchtung mit Spiegelreflektoren.

Dipl. Ing. **Klein**, Berlin.

Das Gebiet Schaufensterbeleuchtung ist für den Lichttechniker besonders lohnend und reizvoll, weil ihm hier die Möglichkeit gegeben ist, mit künstlichem Licht die Wirkung des Tageslichtes nicht nur zu erreichen, sondern sogar weit zu übertreffen, während er bei vielen anderen beleuchtungstechnischen Aufgaben nur mangelhaften Ersatz dafür bieten kann. Im Vergleich zum Tageslicht können wir unsere Straßen nur schwach und unzulänglich beleuchten. Aber gerade in dem verhältnismäßig schwach beleuchteten Straßenbild lassen sich so starke Kontraste und wirkungsvolle Effekte erzielen, wie sie bei der alles gleichmäßig erfassenden Lichtfülle des Tages nie erreicht werden können.

Um die ausgestellten Waren den Passanten gut erkennbar zu machen, müssen genügende Beleuchtungsstärken und damit genügende Flächenhelligkeiten der ausgestellten Objekte vorhanden sein, so daß eine Schattenwirkung erreicht wird, ähnlich wie wir sie gewohnt sind vom Beobachten bei Tag, und daß alles vermieden wird, was die Sehleistung des Beschauers beeinträchtigen könnte. Die aufzuwendenden Beleuchtungsstärken sind abhängig von dem Reflexionscharakter der Waren. Es ist klar, daß weiß- oder hellfarbige Gegenstände viel geringere Beleuchtungsstärken erfordern als etwa schwarze Stoffe, Pelzwerk usw. Um diesen Warencharakter zahlenmäßig zu erfassen, kann man wie folgt vorgehen: Setzt man die unter sonst gleichen Bedingungen für weiße Stoffe, Porzellan, Bijouterien und dergleichen erforderlichen Beleuchtungsstärken = 1, so hat man für hellfarbige Stoffe, hell gestrichene Möbel, Bilder usw. die doppelte, für dunkelfarbige die drei- bis vierfache, für schwarze Stoffe, Pelzwerk usw. die fünffache Beleuchtungsstärke anzuwenden, um einigermaßen gleiche Wirkung zu erzielen (Warenfaktor).

Schlagschatten der ausgestellten Objekte müssen selbstverständlich dem Beschauer abgekehrt liegen und Körperschatten so abgestimmt sein, daß gute plastische Wirkung erreicht wird. Dazu ist erforderlich, daß die Lichteinfallrichtung von vorn oben angestrebt wird. Im Prinzip sollte man nicht mit zu großen Lichteinheiten arbeiten, sondern besser mit mehreren kleineren Leuchten, womöglich mit verschiedenartiger Lichtverteilungs-

Digitized by Google

charakteristik, damit man die Verteilung des Lichtes auf den Schaufensterraum und die Schattenwirkung von Fall zu Fall besser variieren kann. Die Lichtquellen haben im Verhältnis zu den ausgestellten Objekten eine so hohe Flächenhelligkeit, daß sie den Passanten bei der Beobachtung stören und blenden, wenn sie weit in den Schaufensterraum hineinragen. Die Lichtquellen müssen also sehr hoch angebracht werden und dürfen womöglich überhaupt nicht sichtbar sein.

Man sträubt sich häufig dagegen, die Lichtquellen hoch anzuordnen, weil man glaubt, daß dadurch die Beleuchtungsstärken auf der Ausstellfläche zu stark herabgemindert werden, in Erinnerung an das Gesetz von der Abnahme der Beleuchtungsstärke mit dem Quadrat der wachsenden Entfernung zwischen Lichtquelle und Objekt. Dies ist insofern nicht ganz zutreffend, weil dieses Gesetz nur das direkte Licht berücksichtigt. Durch Reflexion an den Schaufensterwänden und an den ausgestellten Waren selbst ist aber der gesamte aufgewendete Lichtstrom an der Beleuchtung jedes einzelnen Punktes des Feldes indirekt beteiligt, und dieser Anteil ist bei Veränderung der Aufhängehöhe nicht dem Entfernungsgesetz unterworfen. Die moderne Beleuchtungstechnik stellt überdies Reflektoren zur Verfügung, die bei sparsamster Ausnutzung des Lichtstromes entsprechende Verteilung leicht erreichen lassen, so daß eine Modernisierung der veralteten Beleuchtungsanlagen meist beim gleichen Stromaufwand einen vielfachen Effekt bewirkt.

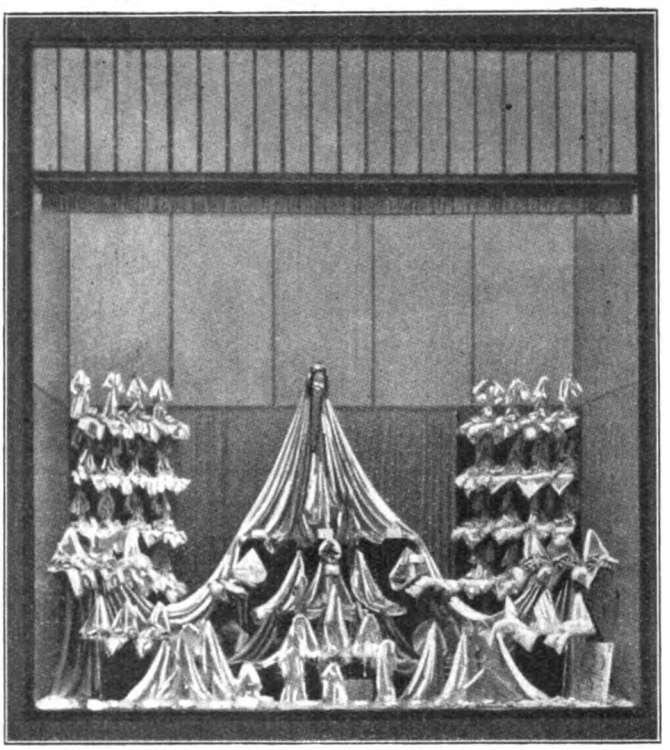


Abb. 1.

Für Schaufenster-Beleuchtung dürfte wohl der Spiegelreflektor das einzig Gegebene sein, nicht nur wegen seiner sehr hohen Ökonomie, sondern auch dadurch, daß das gerichtete Licht infolge seiner guten Kontrastwirkung für Ausstellungszwecke am besten geeignet ist[1]). Erwähnenswert in diesem Zusammenhang sind die Zeiss'schen Spezial-Spiegelleuchten für Schaufenster. Man hat stark konzentrierende Schrägstrahler, die eine bis 20fache Verstärkung der nackten Lampe in einem verhältnismäßig engen Winkelbereich erzeugen, sogenannte Kugelzonenspiegel mit etwas breiterer Streuung und breitstrahlende tiefe Glockenspiegel als allgemeine Aufheller. Durch eine entsprechende Kombination dieser drei Grundmodelle kann jede beliebige Verteilung von Licht und Schatten erzielt werden. Zwecks bequemer Montage sind diese Reflektoren auf einen gemeinsamen einheitlichen Lampenstab montiert.

Die zweite und oft vernachlässigte Aufgabe einer guten Schaufensterbeleuchtung ist es, das Schaufenster als Ganzes und damit das Geschäftshaus selbst schon auf große Entfernung sichtbar, aus seiner Umgebung hervortreten zu lassen. Es ist klar, daß je heller das Straßenbild, je heller die Nachbarschaft, um so größere Beleuchtungsstärken angewendet werden müssen, um einen genügenden Kontrast zu erzeugen. Bei der Projektierung einer Beleuchtungsanlage ist also auch die örtliche Lage des Schaufensters ausschlaggebend. Um diese Verhältnisse (Lagenfaktor) zahlenmäßig zu erfassen, kann man wie folgt vorgehen:

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 46, 119.

Setzt man die bei gleichen Objekten und sonst gleichen Verhältnissen für eine dunkle Seitenstraße erforderliche Beleuchtungsstärke = 1, so muß man für mittlere Verkehrsstraßen, die nicht ausschließlich Geschäftsstraßen sind, das Doppelte, für Geschäftsstraßen mit gut beleuchteter Nachbarschaft das Dreifache, für Hauptgeschäftsstraßen das Vierfache, für große Kaufhäuser in großstädtischen Hauptverkehrsstraßen das Fünf- bis Sechsfache rechnen. Um die für einen guten Effekt erforderliche Wattzahl rasch zu überschlagen, gehe man wie folgt vor: Man schätzt den oben angeführten Warenfaktor und den zuletzt erwähnten Lagenfaktor, multipliziert das Produkt aus beiden Faktoren mit 50, so erhält man die pro Meter Schaufensterbreite aufzuwendende Energie in Watt. Diese Angaben gelten für normale tiefe Schaufenster (etwa 1 bis 1·50 m) unter der Voraussetzung, daß Reflektoren von bester Lichtausbeute und geeigneter Lichtverteilungscharakteristik zur Verwendung kommen. Die im Einzelfall erzielten Beleuchtungsstärken liegen entsprechend zwischen zirka 150 bis 2500 Lux. Die so erreichten Beleuchtungsverhältnisse sind gute Mittelwerte. Sie können natürlich überschritten werden, jedoch ist eine wesentliche Steigerung kaum so wirkungsvoll, wie man vielleicht aus dem Verhältnis der mehr aufgewendeten Energien erwarten könnte.

Oft will man aus dem gut beleuchteten Gesamtbild des Schaufensters noch Einzelheiten besonders effektvoll hervorheben. Hiezu sind natürlich, um wirksame Kontraste zu erzielen, stark konzentrierende Scheinwerfer erforderlich. Es müssen dazu entweder Parabolspiegel mit Projektionsglühlampen oder scheinwerferartige Armaturen mit Scheinwerferglühlampen zur Verwendung gelangen.

Eine weitere Frage ist, welche Beleuchtungsstärken aufzuwenden sind, um bei farbiger Beleuchtung genügenden Effekt zu haben. Man kann häufig die Ansicht hören, daß wegen der großen Lichtabsorption von Farbgläsern erheblich höhere Beleuchtungsstärken aufzuwenden sind wie bei normalem Glühlampenlicht. Dies gilt nicht so allgemein. Buntlicht, in der Hauptsache rotes, grünes und intensives blaues Licht geben an und für sich schon zu einer nicht farbig beleuchteten Nachbarschaft einen so guten Kontrast, daß man mit geringeren Beleuchtungsstärken auskommt, das heißt die Gesamtzahl nicht wesentlich zu erhöhen braucht. Dabei ist selbstverständlich vorausgesetzt, daß die Farben entsprechend dem Reflexionscharakter der ausgestellten Objekte gewählt werden. Eine wesentliche Ausnahme macht die Tageslichtfarbe. Sie wirkt im Verhältnis zu dem warmen, anregenden Glühlampenlicht kalt und düster. Dazu kommt die erhebliche Absorption durch solche Filter, so daß man, um mit tageslichtähnlichen Farben gleichen Kontrast zur Umgebung zu erreichen, mit dem vier- bis fünffachen Energieverbrauch rechnen muß.

Dekoration und Beleuchtung müssen sorgfältig aufeinander abgestimmt sein. Die Schaufensterrückwand, die Seitenflächen und die Decke müssen einem passenden Rahmen dazu geben. Oft lassen sich bei einer Moderni-

Digitized by Google

sierung der Beleuchtungsanlagen kleine bauliche Veränderungen des Schaufensters nicht vermeiden. Es kann notwendig werden, durch entsprechende Verkleidungen die Beleuchtungskörper nach der Straße zu oder nach dem Inneren des Geschäftslokales zu verdecken. Unter Umständen müssen Glas- oder Spiegelflächen, die durch Reflexion lästig blenden, entfernt oder mattiert werden, ein anderer Anstrich nötig sein oder dergleichen.

Eine gute Schaufensterbeleuchtung ist eine Angelegenheit künstlerischen Geschmacks.

Die Abbildung zeigt eine Schaufensterbeleuchtung mit Goerz-Spiegellicht.

Die Beleuchtung von Schaufenstern mittels Schrägstrahlern.

Von Ing. Ernst **Weisse**, Leipzig[1]).

Die Anforderungen, die an die Beleuchtung der Schaufenster und Verkaufsräume gestellt werden, weichen von den übrigen lichttechnischen Aufgaben, zum Beispiel der Industriebeleuchtung, nicht unerheblich ab. Natürlich kommt es auch hier, wie überall in der Beleuchtungstechnik, nicht allein auf die Quantität des Lichtes an, sondern vielmehr auch auf seine richtige und zweckmäßige Anwendung.

Für die Schaufenster-Beleuchtung hat die Lichttechnik einen besonderen Lampentypus geschaffen, den

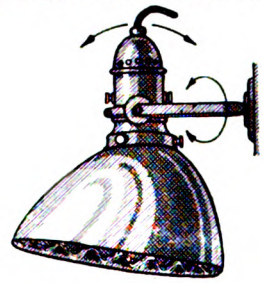


Abb. 1.
Kandem-Schaufenster-Schrägstrahler (Glassilberspiegel).
Kandem-Schaufenster-Schrägstrahler (Glassilberspiegel) mit Gelenkbügel.

Schaufenster-Schrägstrahler (Glassilberspiegel), der in Abb. 1 dargestellt ist. Durch die eigenartige, einem Schädeldach nicht unähnliche Form des Reflektors wird eine unsymmetrische Lichtverteilung (Abb. 2) erreicht, die für die besonderen Bedürfnisse der Schaufenster-

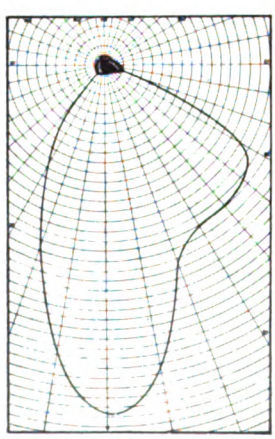


Abb. 2 Unsymmetrische Lichtverteilungskurve des Kandem-Schaufenster-Schrägstrahlers (für Schaufenster-Beleuchtung geeignet).

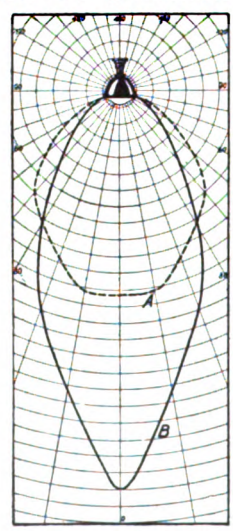


Abb. 3. Symmetrische Lichtverteilungskurve des Tiefstrahlers (für Schaufenster-Beleuchtung ungeeignet).

Beleuchtung notwendig ist. Kommt es doch darauf an, die in verschiedenen Winkeln zur optischen Achse der Lampe liegenden Wände und Auslageflächen möglichst gleichmäßig zu beleuchten.

Eine symmetrische Lichtverteilung, zum Beispiel die eines normalen Tiefstrahlers (Abb. 3), würde diese Aufgabe nur weit unvollkommener lösen können. Ungleichmäßigkeit, zum Beispiel helle Bodenfläche und dunkle Wände, würden bei Tiefstrahler-Beleuchtung unvermeidlich sein. Es hat vieler umfangreicher Versuche bedurft, ehe man die geeignete Reflektorenform durchbilden konnte. Noch heute sind eine große Anzahl, äußerlich

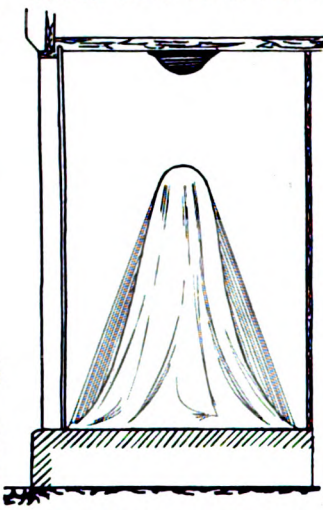


Abb. 4. Falscher Lichteinfall. Nur der Scheitel der Stoffpyramide ist beleuchtet. (Mangelhafte Vertikal-Beleuchtung).

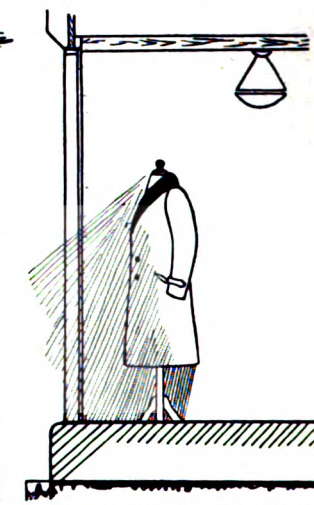


Abb. 5. Falscher Lichteinfall. Vordergrund im Schatten.

einander sehr ähnlicher Silberspiegel-Schrägstrahler auf dem Markt, deren Lichtverteilungskurven jedoch oft wesentlich voneinander abweichen.

Der Schrägstrahler wird normalerweise oben dicht hinter der Schaufensterscheibe montiert und nach der

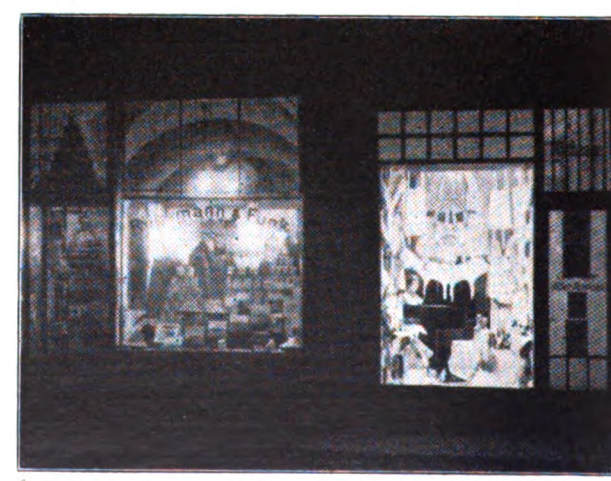


Abb. 6. Ein falsch und ein richtig beleuchtetes Schaufenster. (Links: Nackte Glühlampen, Blendung, ungenügende Beleuchtungsstärke. Rechts: Lichtquellen unsichtbar, bühnenmäßige Wirkung).

Straßenseite zu am besten durch einen Vorhang oder ähnliches abgedeckt oder von außen unsichtbar eingebaut. Durch diese Anordnung wird der Lichteinfall dem

[1]) Die Abbildungen wurden von der lichttechnischen Spezialfabrik Körting & Mathiesen Aktiengesellschaft, Leipzig-Leutzsch, zur Verfügung gestellt.

Digitized by Google

des ebenfalls von schräg oben kommenden Tageslichtes ähnlich. Bei ausreichender Vertikalbeleuchtung zeigen die ausgelegten Gegenstände normale, natürliche Schatten.

In Abb. 4 und 5 ist schematisch dargestellt, welchen ungünstigen Einfluß eine falsche Anordnung der Leuchten haben muß. Die Stoffpyramide (Abb. 4) erhält offenbar eine völlig ungenügende Vertikalbeleuchtung, während die in Abb. 5 dargestellte Kleidergruppe mit

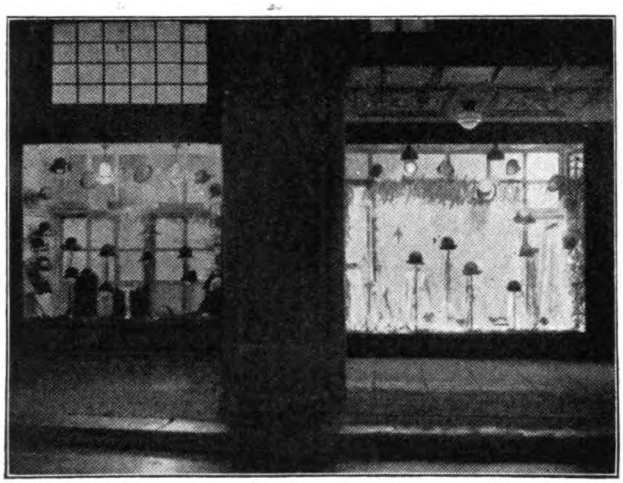


Abb. 7. Wirtschaftliche und unwirtschaftliche Schaufenster-Beleuchtung.
(Beide Schaufenster mit gleicher Wattstärke beleuchtet.)
(Links: Sichtbare Lichtquellen. Rechts: Glassilberspiegel).

ihrer Schattenseite dem Betrachter zugewandt ist. Solche Anordnungen kann man noch sehr häufig beobachten, eine Zeichen dafür, daß selbst die einfachen lichttechnischen Regeln bei der Schaufenster-Beleuchtung noch wenig Beachtung gefunden haben.

Die oben beschriebene verdeckte Anordnung der Schaufensterleuchten ist auch vom werbepsychologischen Standpunkt aus die richtige.

die Blendung zwar vermeiden. Im Schaufenster würde jedoch auch dann noch keine einwandfreie Wirkung erzielt werden können. Sichtbare Leuchten im Schaufenster — wenn sie auch nicht mehr blenden — lenken das Auge ganz unwillkürlich von den ausgestellten Waren ab und geben dem Schaufenster ein unruhiges Bild (Abb. 7, links). Man blickt im Vorbeigehen auf die Leuchten und nicht auf die Waren. Verdeckte Lichtquellen dagegen verleihen dem beleuchteten Schaufenster eine bühnen-

Abb. 9. Richtig beleuchtete Schaufenster (Kandem-Schaufenster-Schrägstrahler-Glassilberspiegel).

artige Wirkung, durch die der Beschauer gezwungen wird, die Auslagen selbst zu betrachten.

Im allgemeinen wird man im Schaufenster bedeutend höhere Beleuchtungsstärken wählen, als sie zum bloßen Sehen und Erkennen an und für sich nötig wären. Sollen doch im Schaufenster die Waren auffallen und auch schon von weitem deutlich sichtbar sein. Vor allem in Schaufenstern, die in hellbeleuchteten Hauptverkehrsstraßen liegen, sind Beleuchtungsstärken

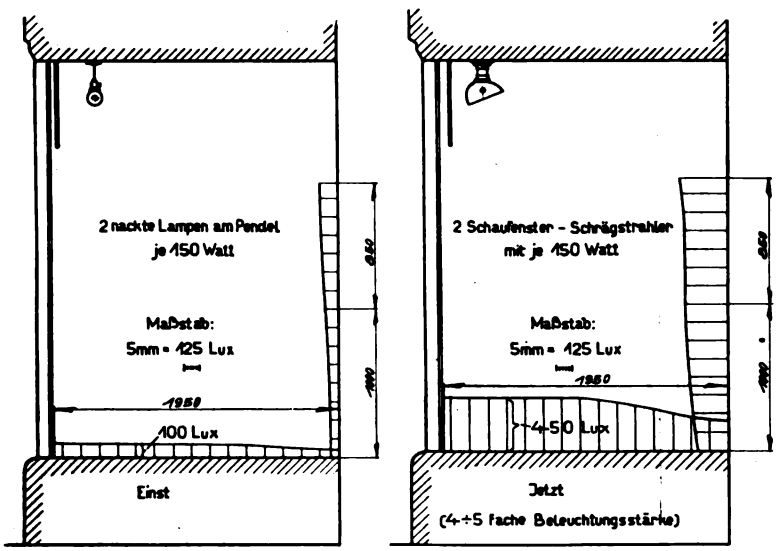
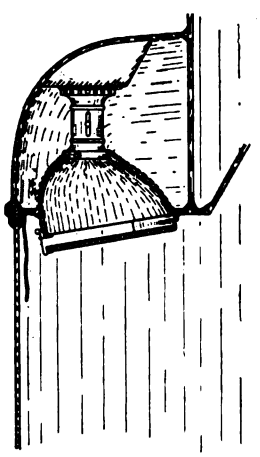


Abb. 8. Durch Schaufenster-Schrägstrahler wird gegenüber der nackten Glühlampe die 4—5 fache Beleuchtungsstärke erzielt.



Deckeneinbau des Schaufenster-Schrägstrahlers

Abb. 10. Eingebauter Kandem-Schrägstrahler mit Abschlußglas.

Hin und wieder findet man wohl im Schaufenster noch nackte Glühlampen, die blenden und gerade das Gegenteil von dem erreichen, was der Ladeninhaber beabsichtigte. Der Passant wird sich unter dem Einfluß der grellen Lichtquellen geblendet abwenden und von den ausgestellten Waren nichts sehen.

Umgibt man diese nackte, blendende Glühlampe mit lichtstreuenden Glocken, so läßt sich durch diese

von einigen 100 Lux keine Seltenheit. Berechnet man im Durchschnitt pro m² Schaufenster-Grundfläche einen Verbrauch von zirka 75 bis 100 W, so ergeben sich unter Umständen ganz erhebliche Beträge, die für Beleuchtung ausgeworfen werden müssen. Die Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung ist daher hier von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Welche Ersparnisse durch Anwendung von Glas-

Digitized by Google

silberspiegel-Reflektoren gegenüber einer Beleuchtung mit nackten Glühlampen erzielt werden können, geht aus der Abb. 8 deutlich hervor. Der Silberspiegel-Schrägstrahler nutzt den gesamten Lichtstrom der Leuchte für den vorgesehenen Zweck aus, während nackte Glühlampen und auch mit Opalglocken versehene Leuchten das Licht in die verschiedensten Richtungen strahlen, wo es meistens gar nicht gebraucht wird.

Die Abb. 7 zeigt zwei annähernd gleich große Schaufenster mit verschiedenen Leuchten aber gleicher Wattbesteckung. Auch hier ist der Unterschied zwischen den Wirkungen der sichtbaren Lampen (links) und der Glasilberspiegel (rechts) ganz deutlich sichtbar.

Zusammenfassend darf man sagen, daß es bei zweckmäßiger Schaufenster-Beleuchtung im wesentlichen auf folgende Punkte ankommt:

Richtige Lichtverteilung — bewirkt durch geeignete schädeldachartige Reflektorenform.

Richtiger Lichteinfall von vorn oben dem des Tageslichtes ähnlich.

Verdeckt angeordnete Lichtquellen, durch die das Auge nicht abgelenkt wird, schließlich

Wirtschaftlichkeit, das heißt Ausnutzung des gesamten Lichtstromes der Leuchten durch Silberspiegel mit hohem Reflexionsvermögen.

Zum Schluß seien noch einige Worte über die farbige Effektbeleuchtung gesagt. In gewissen Fällen lassen sich durch farbiges Licht, dessen Farbe natürlich zur Dekoration passen muß, außerordentliche, wirkungsvolle Effekte erzielen. Auch hier dürfte der Schaufenster-Schrägstrahler mit einem farbigen Abschlußglas versehen, gute Dienste leisten (Abb. 10).

In den meisten Fällen wird indessen eine blendungsfreie, intensive Schaufenster-Beleuchtung auch ohne besondere Farbeneffekte ihre werbende Wirkung auf das Publikum nicht verfehlen.

Kritische Bemerkungen zur Schaufenster-Beleuchtung.

Von Dipl. Ing. Johannes **Schaer**, Buchschlag bei Frankfurt a. M.

Bei der Schaufenster-Beleuchtung ist nicht nur die allgemeine Forderung an Beleuchtung schlechthin zu erfüllen, wie sie nach Prof. Teichmüller am besten so zu formulieren ist:

„Die Beleuchtung hat die Aufgabe, die Gegenstände der Umwelt dem Auge deutlich und gefällig in die Erscheinung treten zu lassen."

Die Schaufenster-Beleuchtung soll das selbstverständlich auch, sie soll aber mehr: Sie soll nicht nur den Beschauer zum Verweilen und Betrachten der Gegenstände veranlassen, sie soll auch denjenigen, der zunächst gar nicht die Absicht hat, die Gegenstände zu besehen, veranlassen, seinen Blick auf sie zu richten. Dann erst soll sie auch die anderen Forderungen erfüllen, nämlich die Gegenstände deutlich und gefällig erscheinen zu lassen.

Die Erfüllung dieser zwei Forderungen führt leicht zu Konflikten insofern, als der Blickfang häufig nur mit Mitteln erreicht werden kann, die den Forderungen der eigentlichen Beleuchtungstechnik widersprechen. Für den Blickfang beispielsweise wäre es durchaus erwünscht, aus dem Schaufenster heraus zu blenden, für ein Verweilen und ein ruhiges Betrachten dagegen ist Blendung unzulässig. Es handelt sich bei der Schaufenster-Beleuchtung also darum, den Beschauer nicht nur heranzuziehen, sondern ihn auch angenehm zu fesseln. Es gilt also nach Mitteln zu suchen, die ihn anziehen, ohne ihn wieder abzustoßen.

Am richtigsten wird eine Schaufenster-Beleuchtung immer dann, wenn man sie wie eine Bühnenbeleuchtung durchführt. Dazu gehört als erstes, daß man das Unwesentliche, also die Umgebung des Schaufensters, möglichst dunkel hält (auch der Zuschauerraum im Theater ist verdunkelt), und daß man im übrigen für eine ausreichende und dem Charakter der ausgestellten Gegenstände angemessene Beleuchtung sorgt.

Während im allgemeinen die Forderung nach großer Beleuchtungsstärke nicht an die erste Stelle zu setzen ist, sondern andere Eigenschaften der Beleuchtung, wie Gleichförmigkeit usw. wichtiger sind, ist im Gegensatz dazu bei der Schaufenster-Beleuchtung als wichtigste Forderung doch die nach größtmöglichster Beleuchtungsstärke zu stellen. Wenn im übrigen die Beleuchtung richtig ist, so kann man wohl sagen, daß ein Schaufenster nicht leicht zu hell beleuchtet werden kann.

Aber noch weniger wie bei allgemeinen Beleuchtungsanlagen lassen sich bei der Schaufenster-Beleuchtung gültige Zahlen für die Beleuchtungsstärke vorschreiben; denn es ist ja nicht die Beleuchtungsstärke, auf die es streng genommen ankommt, sondern die Rückstrahlung von den beleuchteten Gegenständen. Das heißt aber nichts anderes, als daß mehr noch wie bei allen anderen Beleuchtungsanlagen das Reflexionsvermögen des beleuchteten Gegenstandes ausschlaggebend ist.

Wenn es sich also um die Ausstellung vornehmlich dunkler Gegenstände handelt, die also ein sehr geringes Reflexionsvermögen haben, so wird man nach anderen Mitteln suchen müssen, um diese wirkungvsoll hervortreten zu lassen. Das kann entweder durch Kontrastwirkung geschehen, indem man die dunklen Gegenstände auf heller Unterlage zeigt, oder indem man zum Beispiel bei glänzenden Gegenständen durch farbige (beispielsweise blaue) Beleuchtung eine Hervorhebung der entsprechenden Stellen erreicht. Ganz besonders ist bei der Schaufenster-Beleuchtung darauf zu achten, ob ein Richtungssinn der Beleuchtung erwünscht ist oder nicht, ob man also eine mehr gerichtete (direkte) Beleuchtung oder eine mehr zerstreute (diffuse) Beleuchtung anwenden muß. Man sieht in der letzten Zeit recht häufig sogenannte Lichtdecken, Decken aus Milchglas oder Mattglas, die von oben her durchleuchtet werden und eine vorwiegend zerstreute Beleuchtung des Schaufensters bezw. des Ausstellungsraumes hervorrufen. Gerade mit solchen Beleuchtungen soll man sehr vorsichtig sein; eine solche Beleuchtung verwischt die Eigenschatten derartig stark, daß die Gegenstände ohne Kontraste erscheinen und an plastischer Darstellung verlieren.

Gleich gefährlich ist die sogenannte Rampenbeleuchtung. So zweckmäßig eine zusätzliche Rampenbeleuchtung zur Hervorrufung von farbigen Reflexen ist, so unzweckmäßig ist sie zur Erreichung einer plastischen Darstellung. Man muß sich von dem Gedanken freimachen, als ob die schattenlose Beleuchtung die allein richtige wäre. Im Gegenteil: Erst eine Verteilung von Licht und Schatten ruft ein ästhetisch befriedigendes Bild hervor. So viel über die Art der Beleuchtung.

Wie erreicht man nun die zweckmäßigste Beleuchtung?

Daß man nackte Lampen nicht mehr sichtbar in die Schaufenster hineinhängt, ist bekannt. Geleuchte sollte man nur dann sichtbar in den Schaufenstern aufhängen, wenn sie auch ihrer äußeren Form nach in den Rahmen hineinpassen. Die Forderung, auch die Geleuchte nicht mehr sichtbar in den Schaufenstern anzubringen, geht entschieden zu weit und ist durch nichts gerechtfertigt. Ein schönes Geleucht dient immer noch wesentlich mit zur Anziehung des Publikums. Selbstverständlich muß es den allgemeinen an eine richtige Beleuchtung zu stellenden Anforderungen genügen. Wenn es sich dagegen um einen Neubau, oder eine gänzliche Umänderung des Schaufensters handelt, so wird man wohl meistens die Beleuchtung verdeckt anordnen, was wie bekannt, bei älteren Schaufenstern auf Schwierigkeiten stößt. Bei solch einer verdeckten Anordnung lassen sich manchmal auch recht gut nackte Lampen verwenden, in allen Fällen dann, wenn über dem Schaufenster eine weiße oder doch mindestens helle Decke angebracht ist und man vom Verkaufsraum her nicht durch die nackten Lampen geblendet wird.

Emaillierte Soffitten-Reflektoren mit gewöhnlichen

Digitized by Google

Glühlampen haben gegenüber Soffittenlampen den Vorteil der leichteren Auswechselbarkeit und der größeren Billigkeit. Außerdem ist die Lichtquelle großflächiger, die Schatten sind daher nicht so scharf. Sie beanspruchen allerdings mehr Platz und setzen daher eine Art Blendrahmen im Schaufenster voraus.

Im Allgemeinen empfiehlt es sich, die Beleuchtung nicht nur von oben her, sondern mindestens auch noch von der Seite her vorzunehmen und auch eine Rampenbeleuchtung wenigstens vorzusehen, wenn man auch aus oben dargelegten Gründen bei ihrer Verwendung vorsichtig sein muß.

Schaltapparate für Schaufensterbeleuchtung.

Die Ein- und Ausschaltung der Schaufensterbeleuchtung erfolgte früher bei Beginn der Dunkelheit bezw. bei Schluß des Geschäftes durchwegs von Hand aus. Um aber die Beleuchtung aus Gründen der Reklame darüber hinaus noch längere Zeit in Betrieb zu lassen, war es notwendig, durch besondere Schaltapparate den Stromkreis der Auslagenbeleuchtung zur eingestellten Zeit automtatisch ein- und ausschalten zu lassen. Es seien im Nachfolgenden die von der Firma Paul Firchow Nachfgr. G. m. b. H. in Berlin[1]) ausgeführten Apparate näher beschrieben.

Die Schaltuhr (Abb. 1) besteht aus einem Uhrwerk mit Unruhegang, das eine Gangdauer von reichlich 30 Stunden besitzt, und der elektrischen Schaltvorrichtung. Das Uhrwerk trägt ein Zifferblatt, welches in 2 × 12 Stunden geteilt ist und in 24 Stunden eine volle Umdrehung vollzieht. Auf dem Rand des Zifferblattes sitzen kleine verstellbare Anschläge, sogenannte Reiter,

Abb. 1.

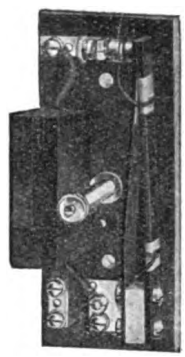


Abb. 2.

welche bei der Drehung des Zifferblattes ein Zahnrad jeweils um eine Teilung weiterdrehen und hierdurch die Kontaktschließung oder Öffnung bewirken; der erste Reiter dient der Einschaltung, der zweite der Ausschaltung. Ist eine zweite Schaltperiode innerhalb 24 Stunden vorhanden, so sind lediglich zwei Reiter mehr erforderlich. Außerdem werden Schaltuhren mit vierzehntägiger Gangdauer bis 6 A Gleich- bezw. 10 A Wechselstrom und solche mit 30tägiger Gangdauer bis 30 A Gleich- bezw. 50 A Wechselstrom erzeugt. Bei allen Schaltuhren bis 6 A Gleich- bezw. 10 A Wechselstrom ist das Kontaktsystem feststehend angeordnet und besteht aus Edelmetallkontakten; die höheramperigen Uhren erhalten Schleifkontakte.

Wenn es gefordert ist, an Stelle der ruhigen Dauerbeleuchtung des Schaufensters, durch abwechselnde Ein- und Ausschaltung der Beleuchtung, eventuell auch nur eines Teiles derselben, eine besonders starke Wirkung auf den Passanten auszuüben, wird die Blinkuhr verwendet. Die Konstruktion derselben ist im Prinzip die gleiche wie der erstbeschriebenen Schaltuhr, nur besitzt diese Uhr nebst dem Hauptkontakt noch einen Blinkkontakt, der in Intervallen von zirka 4 bis 5 sec fortwährend geöffnet und geschlossen wird; die gesamte Dauer der Schaltperiode ist aber durch die Einstellung des Hauptkontaktes begrenzt.

Diese Blinkuhren gestatten eine Reihe von Schaltungsmöglichkeiten: und zwar nur Ein- und Ausschaltung eines Dauerstromkreises; nur als Blinkuhr, wobei innerhalb einstellbarer Stunden ein Stromkreis in Intervallen von zirka 4 bis 5 sec fortwährend ein- und ausgeschaltet wird; zur Schaltung eines Stromkreises für Dauerlicht und innerhalb derselben Zeit eines zweiten Stromkreises für Blinklicht, beide Stromkreise werden zu gleicher Zeit eingeschaltet und später zu gleicher ausgeschaltet; zur abwechselnden Schaltung zweier Stromkreise, jeder zirka 4 bis 5 sec ein, also als Zweifarbenschalter arbeitend; zur Schaltung eines Stromkreises für Dauerlicht und innerhalb derselben Zeit zweier weiterer Stromkreise, abwechselnd je zirka 5 sec eingeschaltet.

Die zulässige Belastung des Dauerstromkreises beträgt in allen Fällen bei Gleichstrom 6 A, bei Wechselstrom 10 A; jeder Blinkstromkreis kann jeweils mit 250 W belastet werden.

Besteht die Möglichkeit, den Anfang und das Ende der Blinkbeleuchtung von Hand willkürlich zu begrenzen, also durch Bedienung von einfachen Handschaltern, so treten an Stelle der Blinkuhren die einfachen Blinkschalter. Diese Apparate beruhen auf der Wärmewirkung des elektrischen Stromes. Sie besitzen einen Bimetallstab mit einer Heizwicklung. Das eine Stabende ist fest eingespannt, das andere Ende trägt einen Kontakt, welchem ein anderer Kontakt fest gegenübersteht. Das eine Ende der Heizwicklung ist dauernd mit dem Netz verbunden, das andere Ende mit dem Kontakt am Stabende. Im kalten Zustand liegt der Stabkontakt am Gegenkontakt an, so daß der Strom durch die Heizwicklung geschlossen ist. Wenn sich unter der Einwirkung der Heizwicklung der Stab krümmt, so wird durch Trennung der beiden Kontakte der Stromkreis unterbrochen, die Lampen erlöschen und der Heizstab kühlt sich ab: das Spiel beginnt dann von neuem.

Für kleine Belastungen (max. 1 A bei 110 V bezw. 0·5 A bei 220 V) werden die Blinkschalter in runder Form, für feste Montage bezw. zum Einstecken in Steckdosen, für höhere Belastungen (1 bis 3 A) wird eine andere Type in viereckiger Form verwendet (Abb. 2). Bei dieser Type ist die Schaltung der Heizwicklung eine andere; sie ist so getroffen, daß in

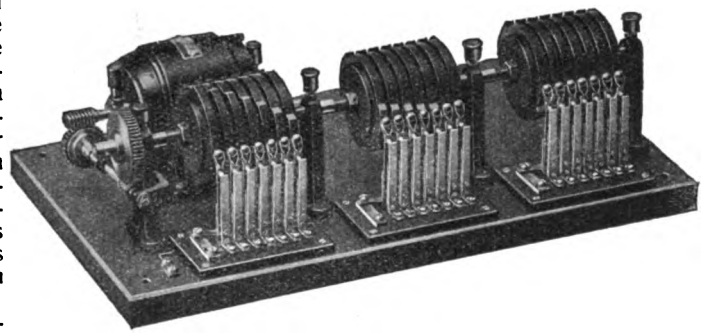


Abb. 3.

heißem Zustande die Heizwicklung überbrückt wird, so daß praktisch kein Strom durch dieselbe fließt. Im kalten Zustande ist der bewegliche Kontakt vom Gegenkontakt entfernt.

Für kompliziertere Anlagen der Schaufensterbezw. Reklamebeleuchtung, die aus Buchstaben oder Figuren gebildet werden, sind Kontaktwerke erforderlich. Diese Apparate (Abb. 3) bestehen aus einem kleinen Motor, welcher mittels einer Übersetzung eine Schaltwalze dreht. Diese Schaltwalze trägt jedoch keine Schleifsegmente, auf welchen Schleiffedern anliegen, wie dies allgemein üblich ist, sondern die Kontakte, welche aus Edelmetall bestehen, sind feststehend und werden durch die Nocken der einzelnen Schaltscheiben zusammengedrückt bezw. öffnen sich in den Vertiefungen der Scheiben. Bei Wechselstrom geschieht die Schaltung der Stromkreise direkt ohne weitere Hilfsmittel, und

[1]) Vertretung: Dr. Paul Hollitscher & Co., Wien IV.

Digitized by Google

zwar bei Belastungen bis 5 A, max. 220 V pro Kontaktsystem. Bei Gleichstrom ist jedem Kontaktsystem noch ein Funkenlöscher (Kondensator) zugeordnet. Die zulässige Belastung ist hierbei kleiner, max. 3 A, bezw. bei besonderer Anordnung 5 A pro Kontaktsystem. Ist die Belastung der einzelnen Stromkreise höher, so muß jeder Stromkreis in eine entsprechende Zahl Untergruppen unterteilt werden. Für jede Untergruppe ist dann am Apparat ein Kontaktsystem vorzusehen. Dieses Kontaktsystem ist unbedingt mit der betreffenden Untergruppe durch eine Leitung zu verbinden, da nur auf diese Weise die gewünschte Stromverteilung erzielt wird.

Derartige Kontaktwerke dienen zum Beispiel zur Signalgebung in Leuchttürmen, in welchen nur sehr selten eine Bedienung möglich ist, zur Verkehrsregelung in Großstädten für den Automobil- und Fußgängerverkehr mittels Verkehrsampeln. Sie erweisen sich dort den harten Betriebsbedingungen völlig gewachsen. Durch passende Formgebung der Schaltscheiben besteht die Möglichkeit, verschiedene Schaltungsmöglichkeiten zu erzielen: Zur periodischen Ein- und Ausschaltung eines einzigen Stromkreises, Hell-Dunkelschalter (Blinkschalter); zur abwechselnden Schaltung von zwei, drei oder mehreren Stromkreisen, so daß stets nur ein einziger eingeschaltet ist (Zwei-, Drei- oder Mehrfarbenschalter); für Schrittschaltung, hiebei wird in der Umrahmung einer Reklamebeleuchtung beliebiger Form der Eindruck erweckt, als ob sich mehrere um den ganzen Umfang gleichmäßig verteilte Licht- oder Schattenpunkte schrittweise um den Umfang bewegen; für umlaufenden Schatten oder umlaufenden Lichtschein, hiebei werden die Lampen einer Umrahmung einer Reklamebeleuchtung beliebiger Form derart geschaltet, daß stets mehrere nebeneinanderliegende Lampen gleichzeitig brennen bezw. dunkel sind; für Stufen- oder Buchstabenschaltung, hiebei werden die einzelnen Stufen oder Buchstaben nacheinander eingeschaltet bis alles gemeinsam brennt, hierauf erfolgt gemeinsame Ausschaltung und nach einer kurzen Pause beginnt das Spiel von neuem; für Schreibschriftschaltung, eine im Prinzip der vorigen gleiche, jedoch werden hiebei die Lampen einer Reklamebeleuchtung, welch letztere in Schreibschriftform ausgeführt ist, schnell in Stufen geschaltet, jeweils eine, zwei oder mehrere. Hierdurch wird dem Auge des Beschauers der Eindruck erweckt, als ob die Schrift mit unsichtbarer Feder geschrieben wird.

Paul Grünfeld, Wien.

Lichtreklame- und Auslagenbeleuchtung.

Wenn auch auf die Lichtreklamebeleuchtung und die Auslagebeleuchtung zur wirksamen Geschäftsreklame von vielen Seiten hingewiesen wird, so wird doch dem Umstand wenig Rechnung getragen, auf welche Weise beide Beleuchtungsarten gleichzeitig zur Anwendung zu bringen sind, um eine günstige Wirkung zu erzielen. Wie wirksam richtig angebrachte Lichtreklamen die Auslagenbeleuchtung zu unterstützen vermögen und von dieser wieder hervorgehoben werden, soll nachfolgend an Hand einer in Wien bestehenden Anlage gezeigt werden (siehe Abb. 1).

Die durch die Firma Urban & Co. hergestellte Neonleuchtröhrenanlage trägt das Wort „Hacker" in roter, das Wort „Silberhof" in blauer Schrift und ist dergestalt zwischen den Kariatyden des Einganges angebracht, daß sie einen natürlichen Abschluß der beleuchteten Auslage nach oben darstellt, während die beiden Seiten des Einganges Schaufenster bilden, die Kunstgegenstände aus poliertem Silber enthalten.

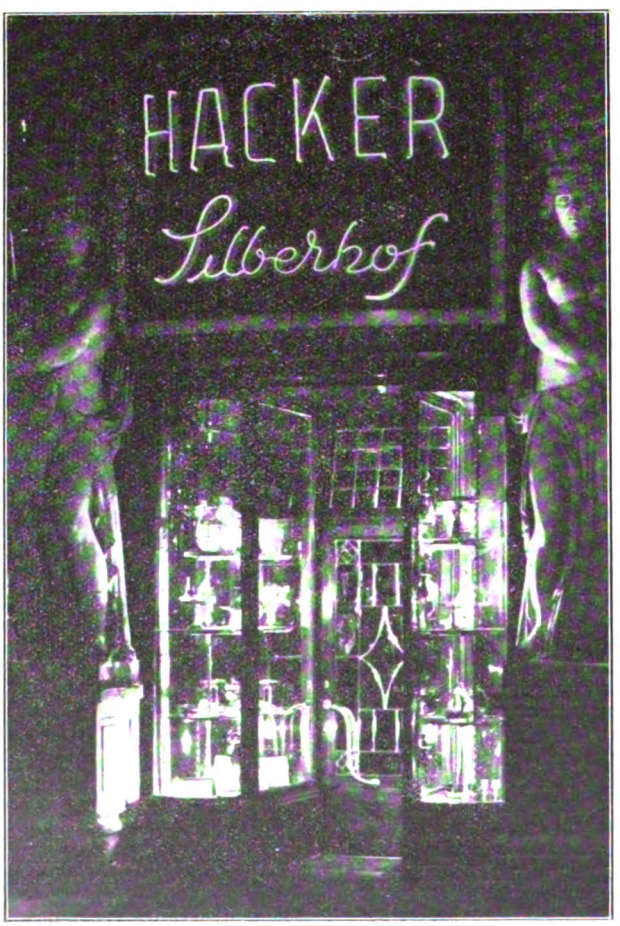


Abb. 1.

Die Neonbeleuchtungsanlage ist nach folgenden Daten gebaut: Das Wort „Hacker" ist in Blockbuchstaben mit einer Buchstabenhöhe von zirka 65 cm bei einem Rohrdurchmesser von 22 mm in rot leuchtendem Neonrohr, das Wort „Silberhof" in Schreibschrift, die kleinen Buchstaben zirka 18 cm hoch, bei einem Rohrdurchmesser von 19 mm in blau leuchtendem Neonrohre ausgeführt.

Entscheidend für die Wahl der Rohrdimensionen war nachstehende Erwägung: Der Stromverbrauch der Neonröhren liegt zwischen 30 und 50 W pro 1 m, je nach dem Durchmesser der Leuchtröhre. In Bezug auf das Verhältnis von Leuchtstärke und Stromverbrauch am günstigsten zeigt sich die als stärkste übliche Dimension mit 22 mm Durchmesser, welche bei einem Stromverbrauch von zirka 50 W pro 1 m fast den doppelten Lichteffekt eines Rohres von 15 bis 17 mm Stärke bei einem Stromverbrauch von 40 W pro 1 m hat. Die Verwendung der stärkeren Rohrdimensionen für das Wort „Silberhof" scheiterte daran, daß als Grenze der technischen Möglichkeit bezüglich einwandfreier Linienführung der Buchstaben angesehen werden muß, daß Blockbuchstaben unter 30 cm Höhe oder Schreibschrift-Kleinbuchstaben unter 20 cm Höhe nicht mehr in der stärksten Rohrdimension ausgeführt werden können.

Zwecks Erzielung einer günstigen Tageswirkung wurden als Unterlage für die Neonröhre prismatische Holzbuchstaben auf Sperrholz-Grundplatten verwendet. Jedes einzelne Wort ist in drei voneinander getrennte Rohrstrecken geteilt und je drei dieser Strecken sind in Serie geschaltet. Die Leuchtrohre werden über zwei Öltransformatoren mit geerdetem Mittelpunkt der Sekundären mit Wechselstrom von 6000 V, 80 Per/s, gespeist; die Zuführung zu den Elektroden der Leuchtrohre erfolgt in gummiisoliertem Hochspannungskabel in geerdetem Metallrohr. Der Gesamtstromverbrauch beträgt 800 W.

Die Beleuchtung der beiden Seitenauslagen, von der Firma Ing. Kreneck & Co., Wien, ausgeführt, erfolgt durch je sechs Stück 75 W Lampen, von denen je

Digitized by Google

vier Stück an dem links und rechts vom Eingange befindlichen Fensterrahmen von oben nach unten gleichmäßig verteilt, die übrigen zwei etwas weiter rückwärts angebracht sind. Die Lampen selbst sind durch muschelförmige Neusilberreflektoren gegen den Beschauer zu abgeblendet. Von einer Beleuchtung durch große, an der Decke angebrachte Reflektoren wurde wegen Unterteilung der gesamten Auslage in vier Etagen abgesehen; andererseits erschien es bei hochglanzpolierten Metall-Kleingegenständen und geschliffenen Edelsteinen zur Erhöhung der Effektwirkung geboten, die Beleuchtung von zahlreichen Lichtpunkten ausgehen zu lassen.

Im Vergleich mit anderen Beleuchtungsarten für die Reklamebeleuchtung ergab sich, daß speziell die Verwendung von Neonröhren für Lichtreklame in Verbindung mit Auslagenbeleuchtung die Abstimmung beider gegeneinander sehr erleichtert. Die differierenden Farben und vor allem die eigenartige Plastik der Neonröhren bringen es nämlich mit sich, daß sie weder durch eine noch so starke Auslagenbeleuchtung in ihrer Wirkung gedrückt werden, noch eine beliebig diskrete Auslagenbeleuchtung beeinträchtigen können.

Anton Bambula.

Rundschau.

Schlechte Schaufensterbeleuchtung ist trotz Verwendung guter Silberreflektoren und verspiegelter Röhrenlampen nach Ph. Cullman's Ansicht sehr häufig anzutreffen. Wenn die Waren nicht genügend beleuchtet sind oder Blendung sich zeigt, liegt die Schuld nicht am Reflektor, sondern daran, daß dem Händler oder Installateur die Anordnung der Beleuchtungskörper überlassen bleibt. Es werden häufig ungeeignete Metallgarnituren benützt, oder die richtigen Garnituren nicht mit der Verstellvorrichtung für Lampen verschiedener Größe ausgestattet. Fehlerhaft ist es im allgemeinen, den Reflektor so einzubauen, daß die Glühlampenachse lotrecht liegt; ein zwischen Schalenhalter und Baldachin eingeschaltetes Gelenk kann die richtige Einstellung der Lampenachse unter rund 20 Winkelgrad zur Vertikalen ermöglichen, wodurch eine gleichmäßig erhellte Decke erhalten wird. Ferner bringt eine unrichtige Formgebung des Reflektors eine unzweckmäßige Lichtverteilung mit sich. Verspiegelte Röhrenlampen müssen so eingestellt sein, daß bei dem gewöhnlich exzentrisch bezüglich der Röhrenachse gelagertem Draht die ihm zunächst befindliche verspiegelte Stelle den zu beleuchtenden Objekten zugekehrt ist, weil sonst das meiste Licht nach außen fällt. J. O.

(Licht und Lampe, Heft 7, 1927.)

Tageslichtzeichen in Schaufenstern sind das Neueste auf dem Gebiete der Mittel zur Erhöhung der Anziehungskraft von zur Schau gestellten Waren. Die Zeichenvorrichtung besteht in der Hauptsache aus einer horizontal hingelegten Glasplatte mit farbigem Schirm, der Zeichen ausgespart enthält, und einem geneigten Spiegel darüber. Die horizontale Fläche bekommt starkes Licht von der Himmelsfläche, so daß ihr Bild vom Spiegel sehr leuchtkräftig wiedergegeben wird. Insbesondere erscheint dieses Bild von der gegenüberliegenden Straßenseite aus sehr deutlich von dem übrigen Schaufensterinhalt abgehoben; es ist, wie wenn die Zeichen von rückwärts durchleuchtet würden. Die Erklärung hiefür liegt in dem Umstande, daß das wahrgenommene Bild nahezu die Flächenhelle des Himmels hat, die wesentlich größer ausfällt als jene der ausgestellten Waren, freilich unter einer Voraussetzung: Von der Stelle aus, wo sich die Zeichen befinden, muß ein Teil der Himmelsfläche sichtbar sein. To.

(The Illuminating Engineer, Bd. XX, Mai 1927).

Tageslicht und künstliche Beleuchtung in Arbeitsräumen behandelt Dr. Ing. Willy Hatlapa, Berlin. Die genügende Beleuchtung von Arbeitsräumen ist gesetzliche Vorschrift. Ferner bietet eine Reihe von gesetzlichen Bestimmungen Handhaben zur Abstellung bemerkter Mißstände. Die für die verschiedenen Feinheitsgrade der Arbeit erforderlichen Beleuchtungsstärken sind aus der „Zusammenstellung der Beleuchtungsstärken" der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft[1]) zu entnehmen. Viele Räume empfangen nicht einmal ausreichendes Tageslicht, obwohl auch in dieser Hinsicht gesetzliche Vorschriften bestehen, sei es, daß die Lichtzufuhr an und für sich ungenügend ist oder die Lichtöffnungen verschmutzt sind. In den Bauordnungen von Essen, Görlitz und anderen wird verlangt, daß in der bebauten Altstadt mindestens $^1/_3$, in anderen Stadtteilen mindestens die Hälfte der Fußbodenfläche vom Himmelslichte unmittelbar bestrahlt werde. Die Beleuchtungstiefe L des Fußbodens ergibt sich mit Rücksicht auf gegenüberliegende Gebäude und die Stockwerkshöhe aus der Formel:

$$L = B \cdot S/[H - (F + S)].$$

Hierin ist B = wagrechte Entfernung der gegenüberliegenden Wand; H = Höhe dieser Wand; F = Höhe des Fußbodens über der Erde; S = Höhe der Oberkante des Fensters (des Fenstersturzes) über dem Fußboden[1]). Andere Regelforderungen sind: 1. Die wirksame Fensterfläche muß mindestens $^1/_8$; besser $^1/_5$ der Fußbodenfläche betragen. 2. Die Gebäude dürfen nicht höher sein, als ihr Abstand von der gegenüberliegenden Wandfläche. Die erzielte Beleuchtungsstärke kann praktisch mit Hilfe der bekannten transportablen Beleuchtungsmesser gemessen werden. Auch bei der künstlichen Beleuchtung, wofür in erster Reihe aus hygienischen Gründen die elektrische Beleuchtung in Betracht kommt, wird noch immer viel gesündigt. Die häufig anzutreffende Beleuchtung der Arbeitsplätze durch nackte Glühlampen mit flachen Schirmen, die die Blendung der Augen durch das direkte Lampenlicht nicht verhindern, ist veraltet und unzweckmäßig. Man benützt passende blendungsfreie Tiefstrahler, die mit einer Klemmvorrichtung versehen sind. Die Allgemeinbeleuchtung eines Arbeitsraumes wird am besten nicht durch eine einzige Schirmlampe, sondern durch passend verteilte Tief- oder Breitstrahler bewirkt. Die Blendung verhütet man, wie schon erwähnt durch lichtundurchlässige Schirme oder durch lichtstreuende Hüllen. Sie ist als vorhanden zu betrachten, wenn die Sehschärfe beim Abblenden der Augen gegen die Lichtquelle mit der vorgehaltenen Hand merklich zunimmt. An einer großen Zahl von Arbeitsunfällen ist ungenügende Beleuchtung schuld. Es sollte daher stets untersucht werden: 1. Welche Beleuchtungsstärke war am Orte und zur Zeit des Unfalles vorhanden, und 2. Ist der Unfall durch Beleuchtungsmängel (Beleuchtungsschwäche, Blendung) verursacht worden? Die praktische Untersuchung von 66 Arbeitsplätzen in verschiedenen Gewerbebetrieben hat ergeben: 1. Die bauliche Beschaffenheit mancher Arbeitsräume ist so, daß an den Arbeitsplätzen kein Tageslicht vorhanden ist; oder daß 2. nur ungenügendes Tageslicht vorhanden ist. Es gibt auch Fälle, in denen das Tageslicht für den Augenschein genügte, während die Messung gegenüber der Vorschrift zu geringe Werte ergab. 3. Die Stärke der künstlichen Beleuchtung genügt nicht den von der D. B. G. angegebenen Mindestwerten. 4. In vielen Fällen ist Blendung durch nackte Glühlampen vorhanden. 5. Es kann oft Strom gespart werden, wenn die Leuchten richtiger angebracht und nicht zu lichtstark gewählt werden. In einigen Staaten von Nordamerika wie Wisconsin, Pennsylvanien, New Yersey und Ohio bestehen bestimmte Vorschriften für die Mindestbeleuchtungsstärken[2]). Auch das Niederländische Arbeiterschutzgesetz enthält solche Bestimmungen für feinere Arbeiten. Aber auch in Deutschland sollten schon bei der

[1]) Vgl. Ing.-Taschenbuch „Hütte", Bd. II, S. 920.

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Heft 2, S. 21 ff.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 1.

Digitized by Google

Baubewilligung bestimmte Forderungen gestellt werden. Auch könnte sich eine Reihe öffentlicher und Betriebsfaktoren an der Beseitigung von Beleuchtungsmängeln beteiligen. Für jede große Beleuchtungsanlage sollte ein Beleuchtungsplan durch eine erfahrene lichttechnische Stelle gemacht werden, in dem Energieart, Grundriß und Aufriß der Räume, Lage zu den Nachbargebäuden, Art und Farbe der Decke, Farbe der Wandflächen, Art der Arbeit usw. vor der Installation berücksichtigt werden.

R. H.

(Arbeiterschutz 1927, Heft 1, S. 1.)

Farbig beleuchtete Lichtbilder haben sich in Kinos vermittelst des sogenannten „Duo-Phantom"-Apparates eingeführt, der eine von der Projektionsvorrichtung ganz unabhängige auch veränderliche und farbige Zusatzbeleuchtung schafft. Eine derartige Zusatzbeleuchtung hebt die Stimmung und schwächt die Flächenhelligkeitskontraste im Bilde. So wird ein trauriger Eindruck durch blaues oder violettes Licht gesteigert, die von einem Bilde ausgehende heiter oder anregende Wirkung durch einen darüber geworfenen roten oder orangefarbenen Lichtschleier genommen. Was die Kontraste anlangt, so sind sie im Lichtbilde für gewöhnlich stärker als in der Wirklichkeit. Im letzteren Falle kann man die Kontraste als durch die Reflexionsvermögen der Gegenstände bedingt und so ihre Grenze mit 30/1 annehmen; Sonne, wolkenbedeckter Himmel und ihre Reflexbilder usw. sind hiebei nicht unter die erwähnten Gegenstände zu rechnen. Auf Filmen kommen nun weit höhere Kontraste vor, so daß ihre Milderung geradezu notwendig ist. Erreicht wird sie durch eine farbige Belichtung, die dem Bilde mehr „Tiefe" zu verleihen vermag, freilich nur dann, wenn ihre Intensität gering bemessen wird im Vergleich zu der des Projektors. Mit dem oben genannten Apparat lassen sich auch farbige Streifen an den Rändern des Lichtbildes erhalten. Der Kontrast zwischen Bild und Bildumrahmung erfährt so eine Milderung, außerdem wird Blickwechsel veranlaßt, wodurch die Augenermüdung, bekanntlich eine unangenehme Begleiterscheinung der jetzigen Schwarz-Weißbilder, noch weiter abnimmt. O—k.

(The Illuminating Engineer, Ed. 20, März 1927.)

Literaturberichte.

3539 **Les méthodes modernes d'éclairage,** par M. Wetzel, ingénieur diplomé de l'Ecole supérieure d'Electricité, ingénieur à la Compagnie des Lampes. 140 Seiten und 122 Abb. Paris, Verlag Leon Eyrolles. Preis 18 Frcs.

Das Buch enthält eine leicht verständliche Darstellung jener Methoden der Projektierung und Ausführung von Beleuchtungsanlagen, welche die rationelle und weitestgehende Ausnützung der vorhandenen Lichtquellen verbürgen. Einleitend werden die Vorteile einer zweckmäßigen Beleuchtung für Industrie, Handel und Verkehr besprochen, nachdem zuvor der Einfluß der Beleuchtungsstärke auf die Arbeitsfunktionen des Auges, wie Sehschärfe, Unterscheidungsgeschwindigkeit, Schnelligkeit der Akkomodation und Sehbeständigkeit erläutert wurde. Es folgt hierauf eine Zusammenstellung der Anforderungen an eine neuzeitige Beleuchtungsanlage und ein kurzer Abschnitt über die lichttechnischen Größen und Einheiten, ferner der wichtigsten Lichtmeßverfahren. Nach welchen Gesichtspunkten die Wahl der Type und Verteilung der Beleuchtungskörper (Leuchten) zu treffen ist, erfährt man vor der rechnerischen, auf amerikanisches Zahlenmaterial gestützten Methode der Projektierung. Mit der Behandlung besonderer Beleuchtungsaufgaben, wie der Beleuchtung von Fabriken, Werkstätten, Magazinen, Schaufenster, Büros, Wohnungen und Straßen schließen die von vielen, sehr passenden Bildern begleiteten Ausführungen. J. Ondracek.

Die Technik der Schaufensterbeleuchtung I. Von Dr. Ing. Putnoky, Osramheft B 10.

Nach einem Hinweise auf die in Kaufmannskreisen wohl unbewußte Unterschätzung des Lichtes als eines Mittels zur Erhöhung der Werbewirkung eines Schaufensters werden in allgemeinverständlicher Weise die neuzeitigen Anforderungen an die Schaufensterbeleuchtung entwickelt, wie: Vermeidung von Reflexions- und Blendwirkungen, Verstärkung des Eindruckes durch Verbergen der Lichtquellen, passende Kontrastwirkungen im Schaufenster und gegenüber der Umgebung, richtige Schattenbildung, Wirtschaftlichkeit, vielleicht noch Sondereffekte und die in besonderen Fällen wichtige Beleuchtung durch künstliches Tageslicht. Inwiefern mehr oder weniger übliche Anordnungen von Lichtquellen in Schaufenstern diesen Anforderungen entsprechen, damit ist der größte Teil des Heftes erfüllt, der instruktivste für jedermann, der in das Wesen dieser Beleuchtungsaufgabe Einsicht gewinnen will. Mit der Besprechung der Sondereffekte und der Skizze einer vollständigen Schaufensterbeleuchtung für größere Geschäfte schließen die Ausführungen. Viele Bilder verhelfen zum raschen Verständnis der Erörterungen, nicht zum wenigsten infolge des Umstandes, daß sie Beleuchtungswirkungen immer an demselben Schaufenster zur Darstellung bringen. Ondracek.

Lichttechnische Gesellschaft Karlsruhe.

Die 6. Jahresversammlung der Lichttechnischen Gesellschaft, Karlsruhe, am 1. 2. und 3. Juli d. J. hat als Hauptthema: „Die physiologischen, psychologischen und ästhetischen Grundlagen der Lichttechnik und ihre kulturellen Ziele" gewählt.

An den Begrüßungsabend am Freitag, den 1. Juli 1927, schließen sich Samstag, den 2. Juli, vormittags 9 Uhr, im großen Hörsaal des Chemisch-Technischen Institutes der Technischen Hochschule die geschäftlichen Verhandlungen an.

Der wissenschaftliche Teil der Tagung umfaßt Vorträge von:

Prof. Dr. Teichmüller, Karlsruhe: „Das Bedürfnis der Lichttechnik nach Klärung ihrer nichtphysikalischen Grundlagen."

Prof. Dr. O. Kroh, Tübingen: „Grundprobleme der physiologischen und psychologischen Optik in ihrer Bedeutung für die Lichttechnik."

Dr. Stephan Krauss, Assistent der Psychiatrischen Universitäts-Klinik, Heidelberg: „Die psychologischen Grundlagen der Beleuchtungswahrnehmung."

Prof. Dr. Hellpach, vorm. Bad. Staatspräsident, Heidelberg. „Zivilisation und Kultur des Lichtes und der Farbe."

Prof. Hans Freese, Karlsruhe: „Gedanken eines Architekten zur Lichttechnik."

Am Sonntag, den 3. Juli, nach Verabredung Ausflug nach Herrenalb oder Baden-Baden.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT
BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

Heft 8 **17. Juli 1927** **4. Jahrgang**

INHALT:

Einführung in Wilhelm Ostwalds Farbenlehre. Von Dr. Richard Hiecke, Wien. S. 93.
RUNDSCHAU. S. 98. / CHRONIK. S. 100.

Einführung in Wilhelm Ostwalds Farbenlehre.

Von Dr. Richard **Hiecke**, Wien.

Die Ostwaldsche Farbenlehre steht in engen Beziehungen zur Lichttechnik und kann in manchen lichttechnischen Fragen mit Vorteil zugrunde gelegt werden. Insbesonders liefert sie Anhaltspunkte zur Beurteilung der Farbigkeit einer Beleuchtung oder ihrer praktischen Gleichwertigkeit mit dem Tageslichte. Es empfiehlt sich demnach, an dieser Stelle sich eingehender mit der Farbenlehre zu beschäftigen.

Wilhelm Ostwald hat seine Erkenntnisse über das Wesen der Körperfarben dazu benützt, eine technisch verwendbare Ordnung dieser Farben aufzustellen, so daß es möglich wurde, innerhalb der Grenzen, die durch die beschränkte Unterscheidungsfähigkeit des Auges gesteckt sind, alle möglichen klaren und verhüllten Farben zu erfassen und ihre Kennzeichnung und Reproduktion in quantitativer Beziehung durch eine höchst einfache Bezeichnung zu gewährleisten. Diese Farbenordnung und ihre Grundlagen sollen im Nachstehenden an Hand der „Physikalischen Farbenlehre"[1]) des großen Forschers, jedoch ohne Bindung an die daselbst eingehaltene Reihenfolge ihrer Behandlung kurz erörtert werden.

1. Bezogene und unbezogene Farben. Unbezogene Farben nennt W. Ostwald solche, welche unter Umständen gesehen werden, die einen unmittelbaren Vergleich mit anderen gleichzeitigen Lichtempfindungen bezüglich des Farbtones oder der Helligkeit ausschließen. Hiezu dient zum Beispiel die Dunkelröhre, das ist ein innen geschwärztes, mit Blenden zur Abhaltung von Seitenlicht ausgestattetes Rohr mit einer kleinen Augen- und einer größeren Objektöffnung, an welch letztere durchscheinende farblose (unbunte) oder farbige (bunte) Blätter angelegt werden. Ein unbuntes, wenig durchlässiges Blatt erscheint in dieser Dunkelröhre niemals grau, sondern schwach weiß leuchtend. Bunte Felder zeigen den Farbton verschieden hell und verschieden gesättigt, das heißt mit mehr oder weniger weißem Licht gemischt, als sogenannte hellklare Farbe.

Dagegen werden die Farben als bezogen bezeichnet, wenn man sie frei im Tageslichte und im Rahmen unserer gewöhnlichen Umgebung betrachtet. Unter den unbunten Farben unterscheiden wir dann Weiß und Schwarz, sowie dazwischenliegende Stufen von neutralem oder reinem Grau. Die bunten Farben erscheinen als Mischungen der reinen Farbe mit Weiß, Schwarz oder Grau (verhüllte Farben).

Es ist hervorzuheben, daß wir die Farben in diesem Falle nach dem bei normalem Tageslichte angestellten Vergleiche mit anderen Farben beurteilen. Bei den bezogenen Farben handelt es sich also nicht mehr um die ursprünglichen Farbenempfindungen, sondern um Farbenerfahrungen oder Farbenurteile; bekanntlich ein Produkt der Assoziationstätigkeit unseres Gehirnes.

Dagegen sind die unbezogenen Farben als die diesen Urteilen zugrunde liegenden reinen Farbenempfindungen anzusehen. So zum Beispiel beziehen sich die von A. König und C. Dieterici[2]) ermittelten Farbenempfindungskurven des menschlichen Auges auf unbezogene Farben, da sie nur durch Herstellung von sogenannten Farbengleichungen gewonnen wurde, nämlich derart, daß die beiden Hälften des Gesichtsfeldes in einem wohlabgeblendeten Fernrohre auf gleichen Farbton und gleiche Helligkeit, also auf vollkommen gleiches Aussehen gebracht wurden. Hiebei lag also jedesmal genau der gleiche Fall, wie in der Dunkelröhre vor. Auch in dem von W. Ostwald benützten, später zu besprechenden Farbenmischer werden nur unbezogene Farben gesehen. Die bekannte Young-Helmholtzsche Theorie der Farbenempfindungen handelt daher nur von unbezogenen Farben, während die Heringsche Theorie, die von W. Ostwald bevorzugt und öfter angeführt wird, zumindest bezüglich des Schwarz-Weiß-Komplexes mehr auf den Eigentümlichkeiten der bezogenen Farben fußt.

2. Die Grauleiter. Sie besteht aus einer Stufenleiter von rein grauen Farbaufstrichen, die sich nur durch ihr Rückwurfsverhältnis für weißes Licht von einander unterscheiden und — innerhalb der praktisch erreichbaren Grenzen — vom höchsten Weiß bis zum tiefsten Schwarz reichen. Sie wird aus Farbpulvern in Wasser mit 5 vH Leimgehalt, und zwar aus Frankfurter- oder Pariserschwarz, bestem Zinkweiß, Marke Grünsiegel und dunklem Goldocker hergestellt. Der letztere dient zur Brechung des bläulichen Farbtones, den die helleren Weiß-Schwarz-Mischungen sonst zeigen würden. Man verreibt eine Mischung von 4 Teilen Ocker auf 7 Teile Schwarz mit 11 Teilen Zinkweiß in Teilmengen von je 20 g in einer großen Reibschale und erhält so ein, im Nachstehenden mit *D* bezeichnetes Dunkelgrau von der Helligkeit 10 (Normalweiß = 100). Für die verschiedenen Helligkeitsstufen wird gemischt:

Helligkeit:	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	4	2
***D* in vH:**	0·4	1·5	3·0	5·6	10·2	17·4	29	54	72	97	73	45	32	4

[1]) Zweiter Teil des im Verlag Unesma G. m. b. H., Leipzig, erschienenen Werkes „Die Farbenlehre" von Wilh. Ostwald.

[2]) „Die Grundempfindungen in normalen und anormalen Farbensystemen und ihre Intensitätsverteilung im Spektrum", Z. S. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane, Bd. 4, S. 241 bis 347; 1892.

Digitized by Google

Von 90 bis 15 wird *D* mit Zinkweiß, von 10 ab mit Schwarz gemischt. Daraus werden mit gleichen Gewichtsmengen der 5 vH-Leimlösung Tünchen bereitet, mit denen Zeichenpapier von matter, aber nicht körniger Oberfläche bestrichen wird.

Die genauen Helligkeitswerte und damit zugleich die Gewichtsmengen zur Mischung der definitiven Graustufen werden mit dem Halbschattenphotometer nach Abb. 1 (von W. Ostwald „Hasch" genannt) bestimmt. Auf den horizontalen Boden des durch eine Zwischenwand in zwei lichtdicht getrennte Hälften geteilten, innen geschwärzten Kasten werden auf der einen Seite ein Blatt Normalweiß (ein Bariumsulfataufstrich mit Gelatine statt Leim), auf der anderen ein Blatt des zu prüfenden Grau aufgelegt. Das Licht fällt durch zwei veränderliche Lichtspalte am oberen Ende des schräg unter 45° nach oben gerichteten Kastenteiles auf die beiden Farbaufstriche. Der eine Lichtspalt auf der Grauseite wird auf volle quadratische Öffnung (Skalenteil 100) eingestellt, der andere über dem Normalweiß soweit geschlossen, bis beide Aufstriche durch den Photometerkopf *p* betrachtet gleich hell erscheinen. Der Photometerkopf besitzt eine Prismeneinrichtung nach Abb. 2,

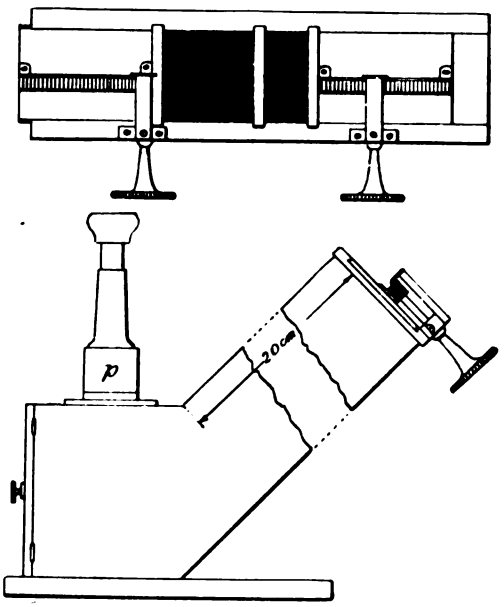


Abb. 1.

welche Flächenstücke aus der Mitte der beiden Farbproben dem Auge scharf aneinandergrenzend erscheinen läßt. Stehen beide Lichtspalte im geschlossenen Zustande auf dem Skalenteil Null, so gibt der Teilstrich, auf den der Spalt vor dem Normalweiß verengert werden muß, um gleiche Helligkeit beider Proben zu erzielen, unmittelbar die Helligkeit der Graustufe in vH der Helligkeit des Normalweiß an. Ein Unterschied im Farbton beider Seiten würde anzeigen, daß das reine Grau nicht getroffen und der Ockerzusatz daher zu ändern wäre.

Man trägt nun von Helligkeitsstufe 90 bis 10 den vH-Gehalt der Mischung an *D*; von Helligkeitsstufe 10 bis 2 den vH-Gehalt an Schwarz, das zu *D* hinzugefügt wurde, als Abszissen auf einer logarithmischen Teilung und die gemessenen Helligkeiten als Ordinaten in gewöhnlicher linearer Teilung auf. In dieser Weise werden fast geradlinige Kurven erhalten, aus denen man das Mischungsverhältnis für Zwischenhelligkeiten leicht entnehmen kann. Um dem Ansehen nach gleiche Grauabstufungen zu erhalten, müssen die Helligkeitswerte von Weiß gegen Schwarz nach einer logarithmischen Reihe abnehmen. Die volle, nach diesem Grundsatze eingerichtete Grauleiter umfaßt 25 mit den Buchstaben des Alphabets bezeichnete Stufen, und zwar:

Zeichen:	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	*k*	*l*	*m*	*n*	*o*	*p*	*q*	*r*	*s*	*t*	*u*	*v*	*w*	*x*	*y*	*z*
Helligkeit:	100	79	63	50	40	32	25	20	16	13	10	7·9	6·3	5·0	4·0	3·2	2·5	2·0	1·6	1·3	1·0	0·79	0·63	0·50	0·40.

Für den täglichen Gebrauch empfiehlt sich eine abgekürzte Leiter mit den 10 Stufen *a, c, e, g, i, l, n, p, r, t.*

Zum Vergleiche beliebiger grauer Farben mit dieser Grauleiter dient die einfache Vorrichtung Abb. 3. Die Grauleiter wird auf der Grundplatte des Apparates unter einer geschwärzten Messigplatte mit rechteckigem Ausschnitt verschoben. Auf die Messingplatte legt man nun das zu prüfende Graumuster etwas schräg auf, so daß es auf die Grauleiter keinen von oben sichtbaren Schatten wirft. Das Auge blickt nun durch das am Ständer befestigte, nur mit Blenden versehene Rohr auf die Trennungslinie zwischen Muster und Grauleiter herab. Die Grauleiter wird solange verschoben, bis

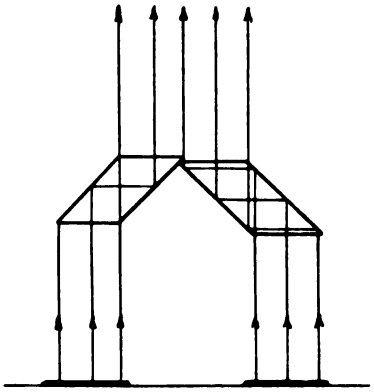


Abb. 2.

man die beiden Graustufen, zwischen denen das Grau des Musters liegt, aufgefunden hat. Bei einiger Übung ist man noch imstande, Fünftelstufen zu schätzen. In das Augenende des Rohres können für nicht Normalsichtige Brillengläser eingelegt werden, auch besitzt es einen Schlitz zum Einschieben von Lichtfiltern, deren Zweck später erörtert werden wird.

Die Grauleiter kann insbesonders dann, wenn sie in wirklicher Leiterform, nämlich mit ausgeschnittenen Zwischenräumen zwischen den Graustufen ausgeführt wird, auch zur unmittelbaren Bestimmung der Gesamthelligkeit einer farbigen Fläche benützt werden. Legt man die durchbrochene Grauleiter auf diese Fläche, so kann man bei einiger Übung ohne Schwierigkeit feststellen, welche Graustufe eben noch heller und welche eben noch dunkler ist, als die dazwischenliegende Farbe.

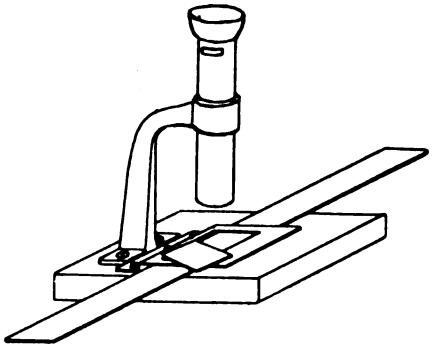


Abb. 3.

3. Die Gegenfarben. Sie wurden bisher auch als „komplementäre Farben" bezeichnet und zeichnen sich dadurch aus, daß sie sich additiv in einem bestimmten von ihrer Reinheit abhängigen Verhältnisse zu einer unbunten Farbe, zu einem Grau mischen lassen. Die additive Mischung besteht darin, daß man die von den Farbmustern ausgehende Lichtstrahlung mischt, so daß sich die beiden Lichtstrahlungen und nicht die Farbstoffe selbst in bestimmtem Verhältnisse miteinander mischen. Würde man die Farbstoffe selbst mischen, so würde nur jener Spektralbereich übrig

Digitized by Google

bleiben, welcher beiden Farbstoffen gemeinsam ist; alle anderen Spektralfarben würden entweder durch den einen oder den anderen Farbstoff verschluckt werden. Diese Mischungsart nennt man daher subtraktive Mischung. Die additive Mischung von Gegenfarben liefert im Idealfalle reines Weiß, die subtraktive absolutes Schwarz; in Wirklichkeit entstehen wegen der unvollkommenen Reinheit der Körperfarben nur helleres und dunkleres Grau.

Gegenfarben lassen sich nicht nur bei Körperfarben feststellen, sondern in einem beschränkten Spektralbereiche auch bei einwelligem Licht. Das spektrale Grün hat keine einwelligen Gegenfarben, nur Mischungen der beiden Endfarben Rot und Veil (Violett), die sogenannten Purpurfarben. Die Gegenfarben des einwelligen Lichtes kann man am übersichtlichsten aus dem bekannten Farbendreiecke entnehmen, das in Abb. 4 in der Form dargestellt erscheint, wie es sich aus den von A. König und C. Dieterici ermittelten Elementarempfindungskurven des Auges ergibt. W. Ostwald erwähnt das auf der Young-Helmholtzschen Theorie fußende Farbendreieck nicht, indes läßt es sich zur Erläuterung seiner Lehre in mehrfacher Beziehung gut verwenden. Es beruht auf der Zusammensetzbarkeit aller unbezogenen Farbenempfindungen aus drei Elementarempfindungen, Rot, Grün und Veil. Denkt man sich die reinen Empfindungen in den Eckpunkten eines gewichtslos gedachten gleichseitigen Dreiecks liegend und in diesen Ecken Gewichte angebracht, welche den An-

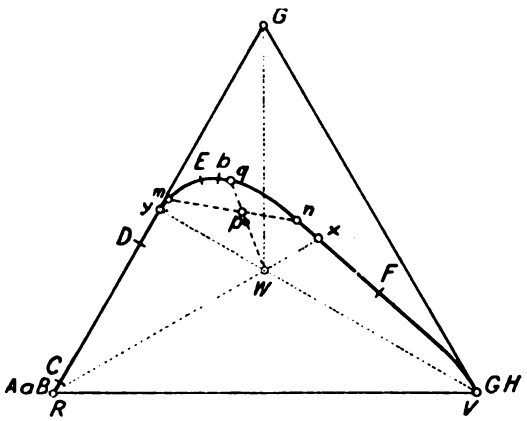


Abb. 4.

teilen der drei Elementarempfindungen an irgend einer anderen Farbenempfindung proportional sind, so stellt der Schwerpunkt der drei Gewichte den Ort dieser Farbe im Dreieck dar. In jeder der drei Seiten liegen dann nur Mischungen aus den zwei der Seite anliegenden Elementarempfindungen.

Wird angenommen, daß sich gleiche Teile aller drei Elementarempfindungen zu Weiß ergänzen, so liegt im Schwerpunkte der Dreiecksfläche der Weißpunkt *W*. Die stark ausgezogene Kurve stellt nun den aus den Messungen von A. König und C. Dieterici sich ergebenden Ort der Spektralfarben dar. Die mit den Buchstaben der Fraunhoferschen Linien *A*, *a*, *B*, *C*, *D*, *E*, *b*, *F*, *G*, *H* bezeichneten Kurvenpunkte geben ferner den Ort der Wellenlängen an, denen diese Linien entsprechen. Nach den Regeln für die Konstruktion des Schwerpunktes liegt eine additive Mischfarbe *p* aus den Farbtönen *m* und *n* auf der Geraden *mn*, und zwar verhalten sich die Anteile von *m* und *n* in der Mischung umgekehrt, wie die anliegenden Abschnitte *mp* und *np* dieser Geraden. Hieraus folgt, daß sich Spektralfarben, welche an den Enden einer durch den Weißpunkt gezogenen Geraden liegen, in einem gewissen Verhältnisse zu Weiß mischen lassen, also Gegenfarben sind. Die Spektralfarben zwischen den Punkten *R* und *y* einem Punkte im Grünlichgelb zwischen *D* und *E*, haben als Gegenfarben die Spektralfarben zwischen dem Punkte *x* im Blaugrün und dem Punkte *V*. Dagegen haben die Spektralfarben zwischen *x* und *y*, wie schon erwähnt, keine Spektralfarben, sondern nur die den Punkten der Seite *RV* entsprechenden gemischten Farben, die sogenannten Purpurfarben als Gegenfarben.

Die Lage der Spektralkurve im Farbendreieck und damit auch die Zuordnung von Gegenfarben hängt einigermaßen von der Farbenempfindlichkeit des Beobachters, also von persönlichen Verhältnissen ab. Wie weit diese oft auseinandergehen, zeigt Abb. 5, in welcher die Wellenlängen des Bereiches *Ry* in μ als Abszissen

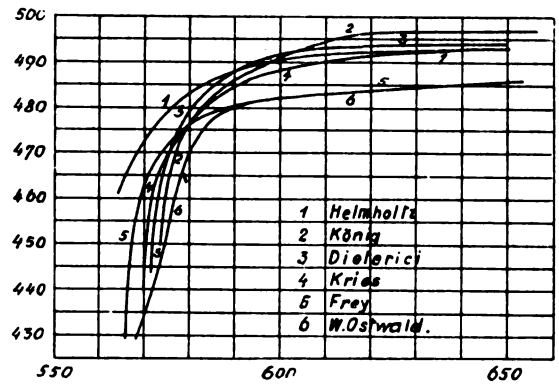


Abb. 5.

und die des Gegenfarbenabschnittes *xV* als Ordinaten aufgetragen sind. Abszisse und Ordinate eines Kurvenpunktes bezeichnen ein Paar von Gegenfarben für den betreffenden Beobachter, dessen Name bei jeder Kurve angegeben ist. Die Kurve 6 gibt die eigenen Beobachtungen W. Ostwalds wieder. Wie man erkennt, bestehen recht große Unterschiede zwischen den einzelnen Beobachtern und die Anzahl der Beobachtungen reicht zur Bestimmung einer sicheren Mittelkurve nicht aus. Meist besitzen sogar die beiden Augen eines und desselben Beobachters ungleiche Farbenempfindlichkeit, wovon man sich leicht überzeugt, wenn man abwechselnd mit dem rechten und linken Auge durch ein Fernrohr blickt.

Bei Körperfarben bedient sich W. Ostwald des „Pomi" (Polarisationsmischer) zur Bestimmung der Gegenfarbe. Abb. 6 zeigt diesen Apparat. Sein optischer Teil besteht aus einem drehbaren Nicolschen Prisma, dessen Stellung an einer Kreisteilung abgelesen werden kann, und einem darunterliegenden, aus doppeltbrechen-

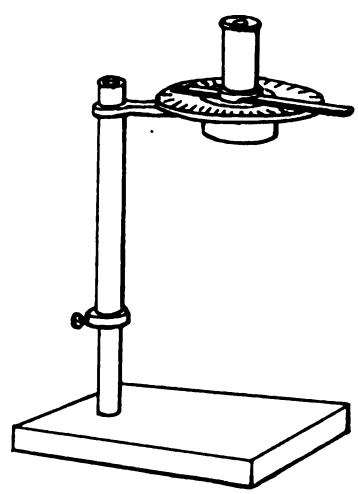


Abb. 6.

den Kalkspathprismen zusammengesetzten achromatischen Wollastonprisma. Dieses entwirft von einem auf der Grundplatte des Apparates liegenden Gegenstande zwei Bilder, die um einen gewissen Winkel voneinander entfernt sind und deren Licht in zwei zueinander senkrecht stehenden Ebenen polarisiert ist. Das Nicol läßt nur solches Licht ungeschwächt durch, dessen

Digitized by Google

Polarisationsebene zu der des Nicols parallel liegt; dagegen wird senkrecht zu letzterer polarisiertes Licht vollkommen ausgelöscht. Licht von der Helligkeit h, dessen Polarisationsebene mit der des Nicols den Winkel α einschließt, wird auf die Helligkeit $h \cdot \cos^2 \alpha$; das senkrecht dazu polarisierte auf $h \cdot \sin^2 \alpha$ geschwächt. Legt man nun zwei Farbmuster nebeneinander auf die Grundplatte des Apparates, so werden von jedem zwei Bilder entworfen, von denen sich ein entgegengesetzt polarisiertes Paar in der Mitte des Gesichtsfeldes überdeckt. Durch allmähliche Drehung des Nicols von 0° bis 90° kann man nun in den Endlagen je eine der beiden Komponenten des Mittelbildes auf Null abschwächen, während die andere in ungeschwächter Helligkeit erscheint. Bleibt bei $\alpha = 0$ die linke Komponente ungeschwächt, während die rechte verschwindet, so tritt bei $\alpha = 90°$ der umgekehrte Fall ein; in jeder Zwischenlage ist dann das Verhältnis der gemischten Komponenten $1 : r = \cos^2 \alpha : \sin^2 \alpha = 1 : \mathrm{tg}^2 \alpha$. Sind die beiden Farbmuster vollkommen gleich, so zeigt das Mittelbild bei jeder Einstellung des Nicols die Farbe in ungeschwächter Helligkeit, da $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$ ist.

Befindet sich nun rechts die Gegenfarbe zum linken Muster, so muß das Mittelfeld bei einer passenden Einstellung des Nicols rein grau oder „unbunt" erscheinen. Man erleichtert diese Feststellung dadurch, daß man quer über die beiden Muster eine sie im Gesichtsfelde nur teilweise bedeckende Graustufe legt, so daß die eine Gesichtsfeldhälfte die ungeschwächte Graustufe, die andere die Mischung der beiden Farbmuster zeigt. Die Graustufe ist so zu wählen, daß die Helligkeitsunterschiede der beiden Gesichtsfeldhälften so gering als möglich werden. Die Untersuchung ist im normalen

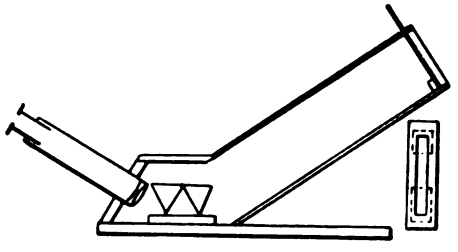


Abb. 7.

Tageslichte, das ist je nach der Jahreszeit drei bis fünf Stunden vor und nach Mittag vorzunehmen. Unterschiede zwischen bedecktem und unbedecktem Himmel wurden von W. Ostwald mit Sicherheit nicht wahrgenommen.

4. Die Vollfarben. Wenn man die Körperfarben durch ein Spektroskop betrachtet, so bemerkt man, daß sie gewöhnlich einen größeren Spektralbereich durchlassen; W. Ostwald hat nun beobachtet, daß sie am reinsten und ungetrübtesten erscheinen, wenn sie den ganzen, zwischen zwei Gegenfarben liegenden Bereich des normalen Tageslichtspektrums umfassen. Da die Gegenfarben in seinem später zu besprechenden Farbenkreise einander diametral gegenüberliegen, so nennt er einen so begrenzten Spektralbereich ein „Farbenhalb" und die ideale Farbe, die alle Wellenlängen eines solchen Farbenhalbs ungeschwächt zurückwirft, während sie alle außerhalb dieses Farbenhalbs liegenden vollkommen verschluckt, eine „Vollfarbe". Die Vollfarben können mittels des „Farbenerzeugers" Abb. 7 dargestellt werden, der aus einem umgekehrten Spektroskope besteht. Der Strahlengang in einem optischen Apparate kann nämlich stets auch im umgekehrten Sinne verlaufen. Wird also das Auge nicht an das Okular, sondern an den Spalt eines Spektroskops gebracht, während durch das Okular Licht einfällt, so gelangt von jeder Stelle der Fläche, auf die beim normalen Gebrauche das Spektrum entworfen wird, nur jenes Licht ins Auge, das der Wellenlänge der betreffenden Stelle des normal entworfenen Spektrums entspricht. Bringt man also am Orte des Spektrums rechteckige Blenden an, deren Öffnung das ganze Spektrum umfaßt, so sieht das am Spalt befindliche Auge weißes Licht; beschränkt man die Öffnung der Blende auf einen Teil des Spektrums, so entsteht die Mischfarbe des unabgeblendeten Spektralbereichs. Man muß daher zur Abgrenzung bestimmter Spektralbereiche die rechteckige Blende mit einer Wellenlängeneinteilung versehen, die man aus der Lage der Fraunhoferschen Linien ableiten kann, die diese einnehmen, wenn man durch den Spalt Sonnenlicht einfallen läßt und das Spektrum auf einer unter der Rechteckblende liegenden Mattscheibe auffängt. Bedeckt man dann bei der umgekehrten Verwendung des Apparates als Farbenerzeuger die Rechteckblende bis zu den gewünschten, den Gegenfarben entsprechenden, Stellen mit aufgeklebten schwarzen Papierstücken, so erhält man die zugehörigen Vollfarben. Den Farbton der Vollfarbe kann man nun mit dem eines neben den Apparat gelegten Farbmusters vergleichen, wenn man mit demselben Auge abwechselnd in den Spalt des Farbenerzeugers und auf das daneben liegende Farbmuster blickt.

Blendet man nun bei einer zweiten Beobachtung jenen Teil des Spektrums ab der früher freigelassen wurde, so erhält man wieder eine Vollfarbe, die die Gegenfarbe der ersten darstellt, da sich beide zum vollen Spektrum, also zur Mischfarbe Weiß ergänzen. Gleichzeitig ergibt sich für die Helligkeiten h_0' und h_0'' der beiden Gegenvollfarben die Beziehung $h_0' + h_0'' = 100$, wenn man die relative Helligkeit des dem vollen Spektrum entsprechenden weißen Lichtes gleich 100 setzt. Hierauf gründet W. Ostwald eine quantitative Bestätigung seiner Vollfarbentheorie, auf die aber erst später eingegangen werden kann.

Man unterscheidet zusammenhängende und geteilte, sowie vollständige und unvollständige oder einseitige Farbenhalbe. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Arten ist aus dem Farbendreiecke Abb. 4 zu entnehmen. Nur die Farbenhalben, deren Grenzen zwischen R und y einerseits und x und V andererseits liegen, sind zusammenhängende, vollständige Farbenhalbe; die entsprechenden Vollfarben reichen von Gelb (100) bis Grünblau (Eisblau, 70) im hundertteiligen Farbenkreise. Ihre Gegenvollfarben sind ebenfalls vollständige aber unzusammenhängende Farbenhalbe, da sie den aus zwei getrennten Endabschnitten bestehenden Rest des Spektrums umfassen; sie reichen von Ublau (Ultramarinblau, 50) über die Purpurtöne bis Zinnoberrot (20). Bewegt sich das eine Ende des durch W gezogenen, die Grenzen des Farbenhalbs verbindenden Strahles zwischen x und y, so trifft das andere Ende keine Spektralfarben mehr, das zweite Ende des Farbenhalbs der einen Vollfarbe ist also durch das rote Ende des Spektrums, das des Farbenhalbs ihrer Gegenvollfarbe durch das veile Ende des Spektrums gegeben. Solche Farbenhalbe heißen unvollständig oder einseitig. Auch ihnen entsprechen Vollfarben; sie umfassen zwei Fünftel des vollen Farbenkreises und reichen von den Nummern 00 bis 20 und von 50 bis 70. Da auch hiebei die beiden einseitigen Farbenhalbe, in die das Spektrum zerfällt, zusammen rein weißes Licht geben, sind die Vollfarben von 50 bis 70 die genauen Gegenfarben der Stufen von 00 bis 20.

Nimmt man gewisse Spektralbereiche aus einem Farbenhalb, sei es in der Mitte oder an den beiden Enden derart durch Abblendung heraus, daß der Farbton erhalten bleibt, so erhält man eine Farbe von gleichem Farbton aber geringerer Helligkeit, als die Vollfarbe besitzt, so daß das Ergebnis als bezogene Farbe betrachtet, einer mit Schwarz gemischten, sogenannten „dunkelklaren" Farbe entspricht. Fügt man andererseits unter Einhaltung des gleichen Farbtones Spektralbereiche, die außerhalb des Farbenhalbs liegen, hinzu, so ergänzen sie sich mit ihren Gegenfarben innerhalb des Farbenhalbs zu weißem Licht; die Farbe des Gemisches erscheint heller aber auch blässer als die Vollfarbe; sie entspricht, als bezogene Farbe betrachtet, einer Mischung der Vollfarbe mit Weiß, einer sogenannten „hellklaren" Farbe. Nimmt man beide Veränderungen unter Einhaltung des Farbtones gleichzeitig vor, so erscheint das Resultat, als bezogene Farbe betrachtet,

Digitized by Google

als eine Mischung der Vollfarbe mit Grau, als „getrübte" Farbe. Gewöhnlich kommen aber diese unreinen oder „verhüllten" Farben dadurch zustande, daß die Schlukkung im ganzen Spektralgebiete der Vollfarbe, wo sie Null sein sollte, einen von Null verschiedenen Wert hat, und außerhalb, wo sie gleich eins sein sollte, kleiner als eins ist.

6. Der Farbenkreis. Die reinen Spektralfarben, die dem einwelligen Licht entsprechen, bilden eine begrenzte lineare Folge; nach W. Ostwald Rot, Kreß (Orange, Farbe der Kapuzinerkresse). Gelb, Laubgrün, Seegrün, Eisblau, Ublau (Abkürzung für Ultramarinblau), bis Veil (Violett, Farbe des Veilchens) benannt. Dagegen schließen die Vollfarben die zwischen Rot und Veil bestehende Lücke durch die schon erwähnten Purpurtöne, bilden also eine in sich geschlossene Reihe. Ostwald ordnet sie daher in einem Kreise an, den er zunächst in 100 Teile teilt, indem er beim reinen Gelb mit 00 beginnt, zunächst gegen das Rot (25) und über die Purpurfarben zum Veil und Ublau (50), sodann über Eisblau, Seegrün (75) und Laubgrün wieder zum Gelb zurückkehrt, wodurch sich der Kreis schließt.

Drei Grundsätze sind es nun, auf denen sich die Stufeneinteilung des Kreises aufbaut.

a) Die Gegenfarben werden einander diametral gegenübergestellt. Die beiden Farben eines Gegenfarbenpaares liegen daher stets um 50 Stufen auseinander. So sind zum Beispiel 00 und 50, ferner 25 und 75 Gegenfarben.

b) Der Ort einer Vollfarbe liegt in der Mitte zwischen den beiden Gegenfarben, die ihr Farbenhalb begrenzen. So hat also die Vollfarbe Rot, deren Grenzen Gelb (00) und Ublau (50) sind, die Stufennummer 25 und ihre Gegenfarbe Seegrün, deren Farbenhalb von denselben Gegenfarben begrenzt wird, die Stufennummer 75 zu erhalten.

c) Mischt man zwei Vollfarben, die aus zwei verschiedenen, aber vollkommen gleichen Spektren hergestellt wurden, additiv miteinander, so ist der Farbton der Mischfarbe in die Mitte zwischen den beiden Vollfarben einzuordnen.

Die Fassung des Punktes *c* soll nur das Prinzip feststellen, nach welchem der Farbenkreis eingeteilt wird; das praktische Verfahren, das man einzuschlagen hat, um zu einer richtigen Stufeneintellung eines Farbenkreises aus Farbenaufstrichen zu gelangen, kann erst später erörtert werden.

W. Ostwald hat auch einen für die Praxis ausreichenden verkürzten Farbenkreis angegeben, der ebenfalls mit Gelb 00 beginnt, aber nur 24 Stufen enthält. In diesen Kreis wurden folgende Stufen des hundertteiligen Kreises aufgenommen und der Reihe nach mit 1 bis 24 beziffert:

Gelb	00	04	08	Ublau	50	54	58
Kreß	13	17	21	Eisblau	63	67	71
Rot	25	29	33	Seegrün	75	79	83
Veil	38	42	46	Laubgrün	88	92	96

Die Aufstriche wurden aus folgenden Farben und deren Mischungen hergestellt:

„1. Hellgelb. Siriusgelb der Badischen Anilin- und Sodafabrik, das als Schlamm mit 20 vH Gehalt in den Handel kommt, wird mit 19 Litopon auf 100 Schlamm gemischt, abgesogen, getrocknet und gepulvert.

2. Dunkelgelb. Auramin 0 wird im warmen Wasser gelöst und zu 1·9 vH auf Litopon mit dem gleichen Gewicht Tannin und dem halben Brechweinstein gefällt, filtriert und getrocknet.

3. Rot. Eosin *A* (Bad.) wird gelöst und mit gleichen Gewicht Bleinitrat zu 0·6 vH auf Litopon gefällt.

4. Purpur. Rhodamin 3*B* (Agfa) wird warm gelöst und zu 1·3 vH mit dem gleichen Gewicht Tannin und dem halben Brechweinstein gefällt.

5. Ublau. Brillantwollblau *FFR* (Bayer) zu 2·74 vH mit dem doppelten Gewicht Chlorbarium gefällt. Um die Fällung vollständig zu machen, setzt man noch das gleiche Gewicht Tannin zu.

6. Eisblau. Brillantsäureblau *FG* (Bayer) zu 1·4 vH wie Ublau mit Chlorbarium und Tannin gefällt."

Diese Vorschriften entsprechen wörtlich den Angaben W. Ostwalds. Für die einzelnen Stufen des 24-teiligen Farbenkreises werden die Farben in den Verhältnissen der folgenden Tafel gemischt. In dieser bedeutet *Si* = Sirusgelb (Stufe 00); *A* = Auramin (Stufe 07); *E* = Eosin (Stufe 32); *R* = Rhodamin (Stufe 39); *W* = Wollblau (Stufe 53·6) und *S* = Säureblau (Stufe 70).

Stufe	Mischung	Stufe	Mischung
00	100 *Si* —	50	37 *W* 63 *R*
04	57 *Si* 43 *A*	54	98 *W* 2 *S*
08	4 *E* 96 *A*	58	54 *W* 46 *S*
13	29 *E* 71 *A*	63	21 *W* 79 *S*
17	53 *E* 47 *A*	67	7·5 *W* 92·5 *S*
21	75 *E* 25 *A*	71	0·8 *Si* 99·2 *S*
25	88 *E* 12 A	75	4·7 *Si* 95·3 *S*
29	95·5 *E* 4·5 *A*	79	10 *Si* 90 *S*
33	90 *E* 10 *R*	83	22 *Si* 78 *S*
38	15 *E* 85 *R*	88	58 *Si* 42 *S*
42	3·4 *W* 96·6 *R*	92	80 *Si* 20 *S*
46	11 *W* 89 *R*	96	92·5 *Si* 7·5 *S*

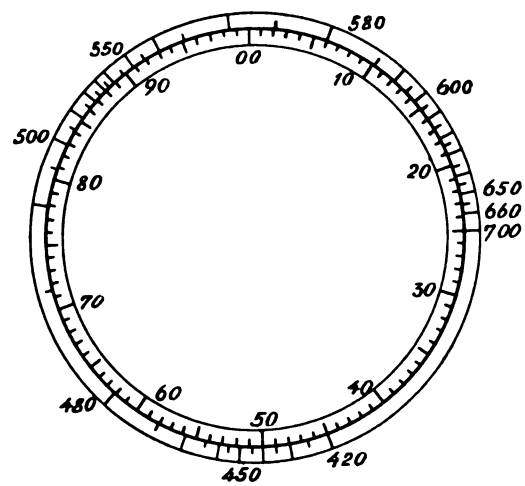


Abb. 8.

Die Stufenzahlen der Mischungen aus gleichen Teilen sind:

50 vH	*Si*	*E*	*E*	*W*	*W*	*Si*
50 vH	*A*	*A*	*R*	*R*	*S*	*S*
Stufe:	04·5	16·5	35·5	51·3	58·3	87.

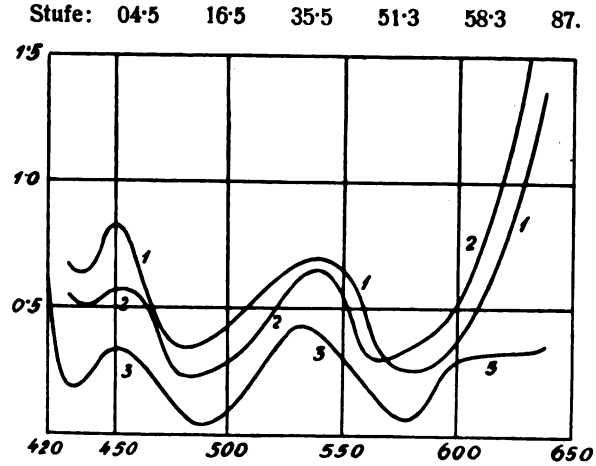


Abb. 9.

„Die so gemischten, fein geriebenen und gesiebten Farbpulver werden nun mit einem Tempera-Bindemittel angemacht. Man wägt eine Tafel hellen Tischlerleim,

Digitized by Google

läßt sie über Nacht unter Wasser quellen, gießt das überschüssige Wasser ab und schmilzt die Gallerte durch gelindes Erwärmen unter Zusatz von ein Drittel des Trockengewichtes Chloralhydrat. Dann wird das gleiche Gewicht Mohnöl mit einigen Tropfen Kalilauge versetzt und kräftig gerührt; es verwandelt sich dabei in eine sahneartige Emulsion. Zu dieser fügt man kleine Mengen Leimlösung und verarbeitet diese 5 bis 10 Minuten lang mit dem Öl bis zur vollständigen Verteilung. Dann werden neue Anteile Leimlösung zugefügt und verarbeitet; ist etwa die Hälfte hineingebracht, so muß das Ganze bei richtiger Arbeit salbenartig geworden sein und erst nach Zusatz der letzten Anteile Leim wieder zu fließen anfangen. Zuletzt wird so viel Wasser zugefügt, daß die Flüssigkeit 7 vH Leim und ebensoviel Öl enthält; sie ist dann milchähnlich und schwach bräunlich gefärbt. Vor der Verwendung muß sie jedesmal kräftig umgeschüttelt werden. Die Farbstoffpulver werden mit dem gleichen Gewicht Bindemittel leicht angerieben."

Aufstriche mit diesem Bindemittel rollen sich nicht. Wegen der möglichen Unterschiede in der Farbenqualität ist man nicht sicher, ob die obigen Mischungen genau die verlangten Stufen ergeben; man muß daher die fertigen Aufstriche einem Prüf- oder Kalibrierverfahren unterziehen und gegebenenfalls die Mischungsverhältnisse nach dem Ausfall der Prüfung ändern. Auf dieses Prüfverfahren kann aber erst später eingegangen werden.

Ist der Farbenkreis richtig hergestellt, so entsprechen seine Farbtöne den in Abb. 8 dazugeschriebenen Weellenlängen des Spektrums. Ferner ergibt sich eine interessante, in Abb. 9 dargestellte Beziehung zur Empfindlichkeit des Auges für Farbtonunterschiede im Spektrum, die darauf hinweist, daß die Stufen des Farbenkreises tatsächlich gleichen Empfindungsstufen entsprechen.

Von A. König und C. Dieterici wurde die Empfindlichkeit für Wellenlängenunterschiede dadurch ermittelt, daß die eine Gesichtsfeldhälfte eines Fernrohres mit einwelligem Licht erleuchtet und die andere ebenfalls mit einwelligem Licht, jedoch aus einem anderen Spektrum ihr angeglichen wurde. Die Empfindlichkeit für die Änderung der Wellenlänge war dann dem mittleren Fehler jeder Einstellungsreihe verkehrt proportional. Es wurden von C. Dieterici die mit 1 bezeichnete Kurve von A. König die mit 2 bezeichnete erhalten, und zwar beziehen sich die Kurven auf die Messungen bei größerer Lichtstärke. Die Ordinaten der Kurven geben den wahrscheinlichen Einstellungsfehler. Ermittelt man nun aus dem Farbenkreise, nach Abb. 8, die Unterschiede der Wellenlängen, die einer Stufe des hundertteiligen Farbenkreises entsprechen, und trägt sie in willkürlichem Maßstabe in Abb. 9 auf, so erhält man die Kurve 3. Man erkennt eine weitgehende Übereinstimmung im Verlaufe der drei Kurven. Die Abweichung im Roten führt W. Ostwald auf eine größere Unterschieds-Empfindlichkeit seines Auges in diesem Gebiete, also auf persönliche Momente zurück.

(Schluß folgt.)

Rundschau.

Lichttechnik und Optik stehen in einem engen Zusammenhang, der nach der Ansicht von L. Gaster gerade im gegenwärtigen Entwicklungsstadium der Lichttechnik geeignet ist, die Aufmerksamkeit der Optiker auf sich zu ziehen. Der Anwendung optischer Prinzipien und Instrumente begegnet man in der Lichttechnik jetzt schon weit häufiger als früher. So besteht rege Nachfrage nach Rauchgläsern und solchen, die ultraviolette Strahlen durchlassen oder absorbieren. Zu letzteren gehören die gelben Gläser, die aber nur in Kombination mit Rauchglas verwendet werden sollten wegen der erforderlichen Herabsetzung der Leuchtdichte (Flächenhelle). Eine Regelung bezüglich der Farbe von Schutzgläsern steht noch aus. Die ausgedehnte Verwendung der künstlichen Höhensonne ruft nach Normung dieser Strahlung hinsichtlich Qualität und Intensität. Die Benützung des künstlichen Tageslichtes zur Farbenvergleichung in Industrie und Handel, ferner in Gemäldegalerien und Künstlerateliers hat die Untersuchung der Lichtquellen bezüglich ihrer spektralen Zusammensetzung als notwendig erscheinen lassen und Instrumente, die eine derartige Untersuchung rasch vorzunehmen gestatten, kommen für den Lichttechniker ernstlich in Betracht. Ein Normale für Tages- oder weißes Licht, bestehend aus einer bestimmt belasteten Glühlampe mit vorgeschaltetem Lichtfilter, wäre sehr erwünscht. In allen den letzten Fällen ist die Genauigkeit, Beständigkeit und Reproduzierbarkeit von großer Bedeutung, insbesondere auch bei den vor Kurzem aufgetauchten Tageslichtbrillen. Lichttechniker und Optiker sind bemüht, den Wirkungsgrad der Apparate zur Lichtprojektion zu verbessern, sei es durch Annäherung der Lampe an den Kondensor oder Anordnung von Spiegeln hinter der Lichtquelle; Schirmmaterial, die Anwendung der Farben und die Beleuchtung in Kinos geben noch Gelegenheit zur Heranziehung optischer Prinzipien. Die Frage nach der möglichsten Herabminderung der Augenanstrengung bei Lichtbildervorführungen war Gegenstand von Beratungen, die auf Verlangen des Londoner Grafschaftsrates von der Britischen Lichttechnischen Gesellschaft 1920 angestellt wurden. Eine künstliche Beleuchtung mindestens von 0·3 Lux während der Vorstellung stellte sich als geeignetes Mittel zur Aufrechterhaltung der Ordnung und Sicherheit sowie der Kontrastverminderung heraus. Die Aufnahme von Filmen und von Innenräumen hat durch die Mitarbeit der früher genannten lichttechnischen Gesellschaft viel Förderung erfahren. Die Beleuchtungsprobleme der Luftschiffahrt geben Lichttechnikern und Optikern genügend Gelegenheit zu gemeinsamer Arbeit, die übrigens auch an der schrittweisen Verbesserung des Luxmeters ersichtlich ist; das Luxmeter konnte soweit genau reproduzierbar gemacht werden, daß sich kürzlich schon Vorschriften über seine erforderlichen Haupteigenschaften aufstellen ließen.

Das Interesse der Optiker und Augenärzte an den Hauptaufgaben der Lichttechnik andererseits, erweist sich als nicht weniger umfangreich, zum Beispiel das Hauptproblem: Zusammenhang zwischen der Beleuchtungsstärke und dem Wirkungsgrad eines Arbeitsvorganges. Bei der Suche nach der größten Beleuchtungsstärke, deren Überschreitung keine Erhöhung des erwähnten Wirkungsgrades bedingt, war eine Zeit lang an die natürliche Beleuchtung als Grenze gedacht worden. Es hat sich aber gezeigt, daß Vergleiche zwischen natürlichem und künstlichem Licht nur mit größter Vorsicht anzustellen sind. Natürliches Licht ruft im menschlichen Auge einen Eindruck hervor, der durch die Art des Einfalls, die Größe des sichtbaren Himmelsfleckes und die atmosphärischen Umstände beeinflußt wird; außerdem ist das Auge der beträchtlich höheren Leuchtdichte (Flächenhelle) der Umgebung angepaßt. Bei der Verfolgung des Zusammenhanges zwischen Sehschärfe und Beleuchtungsstärke ergab sich, daß unter Umständen auch die stärkste Beleuchtung nicht genügt, so daß zu Vergrößerungsgläsern gegriffen werden muß; ein solcher Fall kommt zum Beispiel in der Strumpffabrikation vor. Augenuntersuchungen in industriellen Betrieben, Rücksichtnahme auf schwache Augen bei Festsetzung der Be-

Digitized by Google

leuchtungsstärke, wären weiters zu empfehlen. Bezüglich der erforderlichen Beleuchtungsstärken ist man über die jetzigen Mindestwerte, die sich nach dem Feinheitsgrad der Arbeit richten, hinausgekommen und will sie nun durch Beratung mit einem britischen Lichttechnischen Komitee für jeden einzelnen Betrieb genauer ermitteln, hauptsächlich unter Beachtung der produktionsfördernden Wirkung der Beleuchtung. Schul-, Bibliotheks- und Heimbeleuchtung waren wegen der hier in Betracht kommenden Schonung der Augen Gegenstand der Aufsuchung von Richtlinien und insbesonders die Erscheinung der Blendung verlangt noch immer die Mitarbeit des Augenarztes und Optikers. Eine Methode, das Vorhandensein von schädigender Blendung in irgendeiner Beleuchtungsanlage festzustellen, fehlt; bloß praktische Regeln provisorischer Natur sind bis jetzt bekannt. Sehr wirksam könnte die Mithilfe von Ärzten überhaupt und Augenärzten bei der Sammlung von Fällen sein, die die schädigenden Folgen einer mit Blendung verbundenen oder einer zu geringen Beleuchtungsstärke dartun. Die eben erwähnte Mitarbeit wäre auch in Fällen von Nutzen, wo über Augenanstrengung geklagt und zum Beispiel eine Beleuchtungsarmatur unter mehreren anderen als einwandfreier bezeichnet wird: denn es muß die Ursache der Sehstörung durchaus nicht in der Beleuchtung liegen. Hierher gehört weiters die Frage, ob es vorteilhaft ist, monochromatrisches Licht zu benützen, um schärfer zu sehen; die achromatische Natur des Auges legt dies nahe. Es wird aber gegenwärtig bestritten, daß Licht von einem Teil des Spektrums Kurzsichtige schärfer sehen macht und auch daß die wirkungsvollste Partie des Spektrums, die gelbe, die größte Sehschärfe hervorruft. O—k.

(Proceedings of the Optical Convention 1926.)

Die Beleuchtung der Kabelwerke „Sevkabel". M. B. Sokolow. Die Beleuchtung spielt im Kabelwerke aus vier Gründen eine gewichtige Rolle: 1. Wegen der Kostspieligkeit der Isolationsmaterialien ist das Minimum an Ausschußware und an Verlusten anzustreben; 2. wegen der Forderung eines höheren Grades von Güte der Erzeugnisse; 3. der kleinen Abmessungen einzelner Materialien (Drähte, Seide, Garn); 4. weil die Unfallsmöglichkeit hier mehr hervortritt. Für die Beleuchtung kamen 1924/25 104 500 kWh Jahresverbrauch und rund 80 kWh Verbrauch je Arbeiter zur Verrechnung, was bei 18 Kopeken/kWh insgesamt 18 810 Rubel Lichtstromkosten ergab, das ist 4 vH der Arbeitslöhne, 0·2 vH der Gesamtausgaben je Jahr. Eine Untersuchung des Zustandes der Beleuchtung i. J. 1925 ergab, daß auf 42 000 m² Gesamtbodenfläche 150 kW für die Beleuchtung entfielen (12 HLx mittl. Beleuchtungsstärke). Messungen mit dem Luxmeter wiesen oft noch kleinere Beträge der Arbeitsplatzbeleuchtung nach als sie von der betreffenden russischen Vorschrift verlangt wurden. Dabei standen zum Teil tiefe Reflektoren in Verwendung, flache Reflektoren enthielten 100 und 200 W-Lampen in Augenhöhe, also mit starker Blendung, durch Verstaubung und Verschmutzung gingen bis zu 75 vH des Lampenlichtstromes verloren, die Netzspannung war um 7 vH niedriger als die Nennspannung, was eine 25%ige Lichtstromverminderung zufolge hat. Diese Erhebungen führten zum Beschlusse, eine Umänderung der Beleuchtung in den vier Arbeitsräumen mit 3970 m² Flächeninhalt vorzunehmen. In den genannten Räumen werden besorgt: Die Umspinnung mit Seide und Garn; das Verseilen der Drähte für biegsame Leitungen; das Umspinnen und Umflechten der Leitungen insbesondere auch der Dynamodrähte; das Verseilen der Schnüre und eine Reihe anderer Hilfsoperationen. Als Mindestbeleuchtungsstärken wurden angenommen für:

	HLx
Durchgänge	10
Wo Litzenschnüre hergestellt werden, (Sehwinkel mit tg $\alpha = 0{\cdot}001$)	45 — 60
Auf den Umflechtmaschinen, (bei tg α = $= 0{\cdot}001 - 0{\cdot}0003$)	75 — 100
Auf den Garnumspinnmaschinen (bei tg $\alpha = 0{\cdot}003$) 10)	— 150
Auf den Seidenumspinnmaschinen, wo bei mittlerer Stärke des Seidenfadens von 0·02 mm und 200 — 500 mm Abstand desselben zum Auge tg $\alpha = 0{\cdot}02/200 \div 500 = 0{\cdot}0001 - 0{\cdot}00004$; $\alpha = 50'' - 8''$	100 = 150.

Der kleinere Wert der Beleuchtungsstärke bezieht sich immer auf Garn und Seide von lichterer Farbe, der größere auf solche von dunklerem Farbton. Die angegebenen Beträge überschreiten die russischen Normen ziemlich und nähern sich den deutschen und amerikanischen, die sie aber in besonderen Fällen sehr übertreffen müssen. So ist es zum Beispiel erforderlich, bei 0·05 mm starkem Draht während des Arbeitsprozesses eine Fehlerstelle in der Isolation, ein Leuchten seiner metallischen Oberfläche durch die Isolation hindurch zu bemerken. Noch schwieriger gestaltet sich die Auffindung eines solchen Fehlers beim schwarzemaillierten Draht mit dunkelgelber Umspinnung. Mehrjährige Erfahrung läßt die Verwendung von 5000 HLx in diesem Falle zweckmäßig erscheinen.

Die ausgewählten Beleuchtungskörper waren solche für die Allgemeinbeleuchtung und andere für die nicht allzuhäufige ergänzende Platzbeleuchtung. Erstere erscheinen als etwas abgeänderte amerikanische bezw. englische Werkstattype mit halbmattierten Lampen oder in besonders staubigen und niedrigen Räumen mit Hülle aus Milch- bezw. innenmattiertem Glase um die Klarglaslampe versehen zwecks Verminderung der Blendung und des Staubansatzes auf den Lampen. Bei Aufhängehöhen von 3·5 bis 4 m und Lampenentfernungen von 4 bis 6 m ergab sich eine gleichförmige Beleuchtung mit weichen Schatten. Für die Platzbeleuchtung verwendete man tiefe Parabolreflektoren aus mattvernickeltem Messingblech, die die Lampe ganz verbargen und recht gleichförmig eine Kreisfläche, deren Halbmesser der Aufhängehöhe gleich ist, beleuchteten. Dieser Reflektor erwies sich ökonomischer, wenn die Ökonomie nach der folgenden Formel für die Kosten y (in Kopeken) eines Lux und je einen m² und ein Jahr berechnet wurde:

$$y = \frac{\frac{A}{t} + \frac{B + C + D}{t_0} + P_a}{s\,E} \,.\, T.$$

Hierin sind: A Lampenkreis in Kopeken, t Brenndauer in Stunden, B Preis des Beleuchtungskörpers in Kopeken, C Montagekosten in Kopeken, D Kosten des Montagemateriales, t_0 Verwendungszeit des Beleuchtungskörpers in Stunden, P Wattverbrauch der Lampe, a Preis der Wattstunde in Kopeken, T Brennstunden während des Jahres, s beleuchtete Fläche in m², E mittlere Beleuchtungsstärke in Lux. Es ergab sich so ein Wirkungsgrad von 23 vH, trotzdem die Kosten des neuen Reflektors 4·5 mal höher waren als die des gewöhnlichen konischen Reflektors. Von besonderer Bedeutung ist für alle Umspinn- bzw. Verseilmaschinen die Vertikalbeleuchtung wegen der vielen kaum sichtbaren und dabei noch bewegten Fäden bzw. Drähte, hauptsächlich auch wegen der Notwendigkeit, einen Fadenriß zu bemerken. Es stellte sich eine Beleuchtungsstärke von 100 bis 200 Lux und mehr, bei Blendungsfreiheit, als erforderlich heraus. Versuche, einen geeigneten Beleuchtungskörper zu finden, ergaben für zwei im Abstande von 1·2 m einander gegenüberstehende Maschinenreihen einen zweiteiligen 2·2 m über dem Fußboden aufgehangenen Reflektor mit dem unteren kappenförmigen Teil aus emailliertem Eisen oder aus Milchglas; die letzterwähnte Form war die bessere und hatte einen Wirkungsgrad von 59 vH. In besonderen Fällen erschien eine andere, ebenfalls im Kabelwerk konstruierte Reflektorform, der „Schrägstrahler" ökonomischer und zweckmäßiger; hier wird der Lichtstrom einseitig auf eine abgegrenzte Vertikalfläche geworfen und verbessert auf ihr die Gleichförmigkeit und die Stärke der Beleuchtung. Diese Type war in Messing mit matter Versilberung ausgeführt und hatte einen Wirkungsgrad von 73 vH; ihre Überlegenheit gegenüber der früheren

Digitized by Google

Anordnung mit Klarglaslampen in flachkonischen Milchglasreflektoren zeigte eine nach der vorstehenden Formel für y angestellte Berechnung, die 0·6 gegen 1·9 Kopeken ergab. Die Lampengröße hatte zur unteren Grenze 20 W (16 K), zur obersten 200 W. Die 20 W-Lampe im tiefen Reflektor gab auf einer Kreisfläche von 0·8 m im Durchmesser eine mittlere Beleuchtungsstärke von 100 bis 200 Lux, wobei die Aufhängehöhe 0·4 m betrug; die 200 W-Type diente für die Allgemeinbeleuchtung. Eine weitere Steigerung der Ökonomie der Lichtanlage gelang durch Anschluß an ein Netz mit 120 statt der früheren 220 V; bei den Lampen russischer Herkunft von 20 bis 200 W wurden so rund 10 vH (Vakuumlampen) bzw. rund 30 vH (gasgefüllte Lampen), im Kabelwerke ungefähr 20 vH an den Beleuchtungskosten erspart. Von den Vakuumlampen kamen die 20 und 40 wattige, von den Gasfüllungslampen die 60, 100, 150 und 200 Wattype in Verwendung.

Nach Ausführung der Umänderung der Beleuchtungsanlage gemäß den eben besprochenen Vorversuchen stellten sich die folgenden Ergebnisse ein: Mit dem zweiteiligen Reflektor wurden 150 bis 200 Lux erhalten, auf den Dynamodraht-Umspinnmaschinen 120 bis 1230 Lux, und zwar in beiden Fällen mit 150 W-Lampen. Mit rund 40 kW wurde eine mittlere Beleuchtungsstärke von ungefähr 50 Lux in der ganzen Abteilung erzielt, was also etwa 10 W/m² entspricht. Für die Umänderung mußten ausgelegt werden: 1936 Rubel an Materialkosten, 1226 Rubel an Löhnen, 1104 Rubel für sonstige Ausgaben, zusammen 4226 Rubel. Der Verbrauch an elektrischer Energie steigerte sich um 90 vH. Arbeiter und das übrige technische Personal äußerten ihre Zufriedenheit über die Umänderung, die nun auch in den anderen Abteilungen der Kabelfabrik vorgenommen werden wird. O—k.

(Elektritschestwo, Nr. 12, 1926.)

Chronik.

Sir Isaac Newton.

Vor 200 Jahren, am 31. März 1727, starb in Kensington Sir Isaac Newton im Alter von 85 Jahren. Er wurde am 5. Jänner 1643 zu Woolsthorp in der Grafschaft Lincoln nach dem Tode seines Vaters geboren und zeigte sich schon als Knabe so begabt, daß man ihn, der ursprünglich zum Landwirte bestimmt war, im Jahre 1660 die Universität Cambrigde beziehen ließ. Dort studierte er Mathematik und Physik und nahm insbesondere die Lehren Descartes, Keplers und Wallis in sich auf. Die „Arithmetica infinitorum" des letzteren regte ihn schon 1665 zur Erweiterung des binomischen Lehrsatzes auf gebrochene und negative Exponenten, sowie zu seiner „Fluxionslehre" an, die das erste Auftreten der Ideen der späteren Differentialrechnung in der Geschichte der Mathematik darstellt.

Am bekanntesten ist Newton als der Entdecker des Gravitationsgesetzes, das die physikalische Begründung der Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung lieferte. Er bemühte sich schon 1666 um die ziffernmäßige Bestätigung dieses Gesetzes, ohne hiebei jedoch zu einem vollen Erfolge zu gelangen, da zwar bei den Planeten alles stimmte, nicht aber beim Monde. Mit dem damals bekannten Erddurchmesser erhielt er eine um $^1/_7$ zu große Mondanziehung und erst die Gradmessung Picards im Jahre 1682 lieferte den richtigen Wert, so daß die Veröffentlichung der Entdeckung erfolgen konnte. 1684 erschien der „Tractatus de motu" und 1687 sein Hauptwerk, die „Philosophiae naturalis principia mathematica".

Für die Lichttechnik besitzt Newton durch seine zweite physikalische Entdeckung der Zerlegung des Lichtes besondere Bedeutung. Er war ein Anhänger der Emissionstheorie, während seine Zeitgenossen Hooke und Huyghens der Undulationstheorie huldigten und Newtons Anschauungen heftig bekämpften. Bekanntlich blieb die Undulationstheorie zunächst auf Jahrhunderte hinaus Siegerin, während heute die Relativitätstheorie eine Vereinigung beider Theorien ins Auge faßt. Newton zeigte, daß das Sonnenlicht durch ein Glasprisma in seine farbigen Bestandteile zerlegt wird, und erklärte die Farben als ursprüngliche, mit dem Grade der Brechbarkeit zusammenhängende Eigenschaften der Lichtstrahlen. Die Körperfarben erklärte er als erster dadurch, daß die Körper bestimmte Lichtarten in größerer Menge zurückwerfen als andere. Die vielen und heftigen Angriffe, denen er infolge seiner Anschauungen ausgesetzt war, mögen nicht wenig zu seiner bekannten Abneigung gegen die sofortige Veröffentlichung seiner Entdeckungen beigetragen haben. Newton erklärte ferner die Farben dünner Plättchen (Newtonsche Farbenringe) und maß dabei eine Größe, die wir heute die Wellenlänge des Lichtes nennen. Er legte seiner Erklärung allerdings die Emissionshypothese zugrunde, indem er annahm, daß die Lichtteilchen periodischen Anwandlungen leichteren Durchganges und leichterer Zurückwerfung unterworfen wären.

Um das Brechungsgesetz aus der Emissionshypothese abzuleiten, mußte Newton freilich annehmen, daß sich die Lichtkörperchen im Wasser oder Glas schneller bewegen, als in Luft, während spätere Versuche das Gegenteil erwiesen. Seine Zweifel an der Undulationstheorie beruhten auf der Überzeugung, daß eine Wellenbewegung ebenso, wie der Schall um ein Hindernis herumgehen müßte, während die Lichtstrahlen sich nur geradlinig ausbreiteten. Die Beugungserscheinungen waren damals eben noch unbekannt.

Newton war ferner der festen Überzeugung, daß die Brechung des Lichtes unvermeidlich mit Dispersion verbunden sei und optische Instrumente mit Glaslinsen daher stets weniger leistungsfähig bleiben müßten, als solche mit Spiegeln. Er warf sich daher auch auf die Konstruktion von Spiegelfernrohren und machte ein solches mit 30 bis 40 maliger Vergrößerung, das er selbst verfertigt hatte, der Royal Society, zum Geschenk.

Mit Rücksicht auf die hervorragenden Verdienste, die sich Newton schon in jungen Jahren erworben hatte — er war noch nicht 25 Jahre alt, als er schon seine drei größten Entdeckungen fertig hatte — trat ihm sein Lehrer Barrow im Jahre 1669 seine Lehrstelle an der Universität Cambridge ab. Im Jahre 1689 repräsentierte er die Universität Cambridge im Parlament; 1695 erhielt er die Stelle eines Münzwardeins und wurde 1699 zum Münzmeister ernannt. 1703 siedelte er nach London über und wurde zum Präsidenten der Royal Society erwählt, eine Würde, die er bis an sein Lebensende bekleidete. 1697 löste er die Preisfrage Bernoullis über die Linie der kürzesten Fallzeit (Brachistochrone) an demselben Tage, an dem er sie erhalten hatte. In späteren Jahren verirrte er sich leider in religiös-mystische Träumereien. 1705 zum Ritter erhoben, wurde er nach seinem Tode unter den größten Ehren und am vornehmsten Platze der Westminsterabtei begraben. 1755 wurde im Trinity College zu Cambridge sein Marmorstandbild aufgestellt. Das unvergänglichste Denkmal hat er sich aber selbst gesetzt. Seine Zeitgenossen überragte er so weit, daß auf seine Entdeckungen in England eine anderthalb Jahrhunderte dauernde Periode der vollständigen Unfruchtbarkeit auf dem Gebiete der reinen Mathematik und der mathematischen Physik folgte. Dr. Rich. Hiecke.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 9 | **14. August 1927** | **4. Jahrgang**

INHALT: *Einführung in Wilhelm Ostwalds Farbenlehre. (Schluß). Von Dr. Richard Hiecke, Wien. S. 101.*
Die Induktionslampe. S. 105. / RUNDSCHAU. S. 106.

Einführung in Wilhelm Ostwalds Farbenlehre.

Von Dr. Richard **Hiecke**, Wien.

(Schluß aus Heft 8, Seite 93.)

7. Die Reinheit der Farben. Denkt man sich einen Farbaufstrich von solchem Absorptions- oder Schluckvermögen, daß er für jede Wellenlänge innerhalb des Farbenhalbs einer Vollfarbe die Schluckzahl (Absorptionsfaktor) Null besitzt; für jede Wellenlänge außerhalb jedoch die Schluckzahl 1, so wird seine Absorptionskurve („Schluckzug") wie der Linienzug *raklbv* in Abb. 10*a* aussehen. In diesem Idealfalle würde der Aufstrich in der reinen Vollfarbe erscheinen. In einem der Wirklichkeit schon näherliegendem Idealfalle ist die Schluckzahl innerhalb des Farbenhalbs etwas größer als Null und außerhalb etwas kleiner als eins; etwa wie *haklbn* in Abb. 10*b*, das heißt, es wird das Licht innerhalb des Farbenhalbs zum Teile ebenfalls verschluckt, während das Licht außerhalb nicht mehr ganz verschluckt wird. Das erstere würde man auch erzielen, wenn man einer idealen Vollfarbe Schwarz beimischt, dagegen das letztere durch eine gleichzeitige Beimischung von Weiß. Da die Abszissenstrecken *ha* und *bn* das wirksame Farbenhalb darstellen, ist die Ordinate *hr* für den Schwarzgehalt und die Ordinate *is* für den Weißgehalt; schließlich die Ordinate *ak* für den Reinheitsgrad der Farbe bezeichnend. Die Summe aller drei Ordinaten *rs* ist gleich der Einheit, oder, wenn die Bestandteile in vH angegeben werden sollen, gleich 100 zu setzen.

Zur zahlenmäßigen Bestimmung des Schwarz- und Weißgehaltes und des Reinheitsgrades werden farbige Filter benützt, die je nur einen ziemlich schmalen Spektralbereich, zum Beispiel *ff* in Abb. 10 durchlassen. Ein Filter, dessen Durchlaßbereich im Farbenhalb der untersuchten Farbe enthalten ist, nennt man „Paßfilter"; ein solches, dessen Durchlaßbereich ganz außerhalb dieses Farbenhalbs liegt, „Sperrfilter". Benützt man den Apparat Abb. 3, indem man in den Okularspalt die Paß- und Sperrfilter einschiebt, während man unter das Messingblech eine Grauleiter und auf dasselbe den zu prüfenden Farbaufstrich legt, so daß die Graustufe und das Farbmuster je eine Gesichtsfeldhälfte bedecken, so erscheint das ganze Gesichtsfeld im Farbtone des Filters und seine beiden Hälften können nun durch Verschieben der Grauleiter auch auf gleiche Helligkeit eingestellt werden. Ist dies geschehen und ist h_1 die Helligkeit der unter dem Sperrfilter eingestellten Graustufe (Vollweiß = 100 gesetzt), so ist diese Helligkeit gleich dem Weißgehalt w; ist ferner h_2 die Helligkeit der Graustufe unter dem Paßfilter, so ist $100 - h_2$ der Schwarzgehalt s. Bezeichnet man nun den Reinheitsgrad, das ist den Gehalt an Vollfarbe mit r, so ist

$$r + w + s = 100$$

zu setzen und es ist

$$r = 100 - (w + s) = h_2 - h_1.$$

Die wirklich herstellbaren Farbaufstriche zeigen natürlich weniger einfach verlaufende Schluckzüge; der gewöhnliche Fall entspricht aber im allgemeinen immerhin der unter 10*b* angegebenen Form, nur daß die scharfen Ecken etwa wie in Abb. 10*c* bis *f* abgerundet erscheinen. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß das oben beschriebene Filterverfahren in allen diesen Fällen anwendbar bleibt; nur im Falle 10*f* sind wegen der großen physiologischen und physikalischen Unterschiede zwischen den beiden getrennten, das Farbenhalb bildenden Spektralabschnitten im Roten und Blauen zur Feststellung des Schwarzgehaltes zwei Messungen mit einem roten und einem blauen Paßfilter nötig. Unter der Annahme, daß das Verhältnis beider Anteile sich proportional dem Abstande der Farbe von den beiden End-

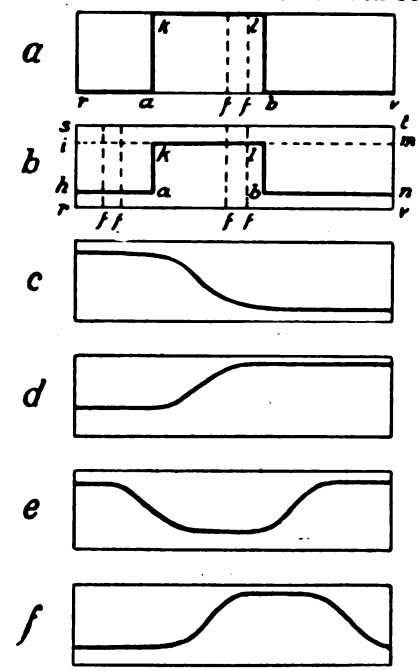


Abb. 10.

punkten des Gebietes verschiebt, gelangt man zu folgender Formel für h_2, wenn r und b die Helligkeiten unter dem roten und blauen Filter und n die Nummer des Farbtones im hundertteiligen Farbenkreise bezeichnen:

$$h_2 = r + (b - r)(n - 25)/25.$$

W. Ostwald verwendet Filter aus gefärbter Gelatine, die auf Glasplättchen von 30 × 30 mm aufgegossen und, um das Auskristallisieren der Farbe zu verhindern, rasch getrocknet wird.[3]) Die Durchlaß- und Anwendungsgebiete dieser Filter sind:

[3]) Genaueres über die Filter siehe W. Ostwald, Beiträge zur Farbenlehre, Abh. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 34, 543, 1917.

Digitized by Google

Filterfarbe	Gelb	Rot	Dunkel Rot	Blau	Dunkel Blau	Seegrün	Laubgrün.
Filter Nr.	1	2	2a	3	3a	4	5
Durchlaßgebiet	560 — 590	605 — 690	635 — 690	420 — 485	420 — 465	490 — 540	520 — 565.
Anwendungs-Gebiete Sperrf.	37 — 60	52 — 88	—	—	88 — 20	18 — 35	25 — 56
Anwendungs-Gebiete Passf.	95 — 10	00 — 25	25 — 50	25 — 50 50 — 68	—	63 — 90	75 — 00.

Das Durchlaßgebiet ist in Wellenlängen, die Anwendungsgebiete sind in Nummern des hundertteiligen Farbenkreises angegeben.

Da man zweifeln könnte, ob das beschriebene Verfahren zur Bestimmung des Reinheitsgrades wirklich zuverlässige Werte liefert, wurde es mittels des Pomi einer Nachprüfung unterzogen, die in der Feststellung des Verhältnisses bestand, in welchem sich zwei Gegenfarben additiv zu reinem Grau mischen. Bringt man unter den Pomi zwei gegenfarbige Aufstriche mit einer querüberliegenden Graustufe, wie im dritten Abschnitte beschrieben, und bestimmt den Winkel α, um den man das Nicol aus der Nullstellung verdrehen muß, um ein reines Grau als Mischung zu erhalten, so ist das Verhältnis $r : l = \mathrm{tg}^2\,\alpha$. Wären die Farben r und l von gleicher Reinheit, das ist von gleichem Vollfarbengehalte, so müßte $\mathrm{tg}^2\,\alpha = 1$, oder $\alpha = 45°$ sein. Zwei Vollfarben von absoluter und ebenso zwei solche von gleicher Reinheit liefern nämlich, zu gleichen Teilen miteinander gemischt eine Mischung aller Wellenlängen des Spektrums im Verhältnisse des normalen Tageslichtes, also Weiß, das im Falle nicht absoluter aber gleicher Reinheit natürlich in Grau übergeht. Ist dagegen die Reinheit der rechten Farbe r_1 und die der linken r_2, so muß man den Anteil jeder Farbe im umgekehrten Verhältnisse der Reinheit verändern; es wird also nicht mehr $r : l = 1$, sondern

$$r/r_1 : l/r_2 = 1, \text{ oder } r : l = \mathrm{tg}^2\,\alpha = r_1/r_2$$

sein.

Man bezeichnet das so bestimmte Verhältnis r_1/r_2 als das „Sättigungsverhältnis". Abb. 11 zeigt nun einerseits das Verhältnis der nach dem erstbeschriebenen

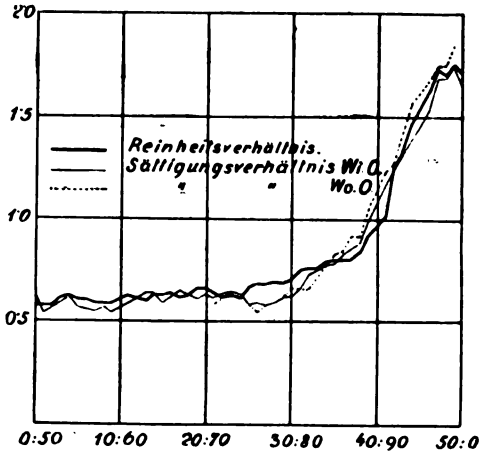


Abb. 11.

Verfahren einzeln bestimmten Reinheitsgrades aller Gegenfarben des hundertteiligen Farbenkreises, sowie auch das von zwei Beobachtern mit dem Pomi ermittelte Sättigungsverhältnis für dieselben Aufstriche. Die Abszisse ist nach den Nummern des Farbenkreises geteilt und die einzelnen Punkte sind durch die Angabe der beiden Gegenfarben, deren Reinheits- und Sättigungsverhältnis bestimmt wurde, gekennzeichnet.

Die kleine, aber deutliche Abweichung in der Nähe von 30 : 80 rührt davon her, daß dort die Reinheit der Purpurfarben überschätzt wurde, da zur Zeit jener Bestimmungen die Notwendigkeit noch nicht erkannt worden war, den Schwarzgehalt dieser Farben durch Messungen an beiden Enden des Spektrums festzustellen. Das Pomi-Verfahren ist auch zur Bestimmung des Reinheitsgrades von Farben mit unregelmäßiger Schluckkurve verwendbar, wenn man sie mit einer Gegenfarbe, die eine regelmäßige Schluckkurve besitzt und deren Reinheit daher nach dem Filterverfahren bestimmt werden kann, vergleicht. Durch Bestimmung der Graustufe, die dem erhaltenen Mischgrau entspricht, kann dann auch der Weiß- und Schwarzgehalt der Farbe mit unregelmäßiger Schluckkurve erhalten werden. Da nach dem Früheren $\mathrm{tg}^2\,\alpha = r_1/r_2$ ist, so gilt auch $r_1 \cos^2\alpha = r_2 \sin^2\alpha$. Ferner ist die Helligkeit zweier reiner Vollfarben an und für sich verschieden; sei die der einen h, so ist die der anderen $100 - h$, da sie additiv zusammengesetzt die volle Helligkeit 100 des absoluten Weiß ergeben müssen. Denkt man sie sich mit dem Pomi zusammengesetzt, so würde im Mischfelde nur ihre mittlere Helligkeit $(h + 100 - h)/2 = 50$ erscheinen. Da sich nun die Reinheitsziffer der unregelmäßigen Farbe auf den Äquivalentgehalt an Vollfarbe bezieht, so sind die Helligkeiten der Mischungsbestandteile

$$(r_1 \,.\, h/100)\cos^2\alpha$$

und

$$[r_2\,(100 - h)/100]\,.\,\sin^2\alpha$$

und die Helligkeit des Mischgrau das Mittel daraus, also

$$^1/_2 r_1 \,.\, \cos^2\alpha = {}^1/_2 r_2 \,.\, \sin^2\alpha.$$

Der Weißgehalt w des Mischfeldes rührt nun von diesem Weißgehalte und den Anteilen

$$w_1 \cos^2\alpha + w_2 \sin^2\alpha$$

der Einzelfarben her, es ist also:

$$w = {}^1/_2 \,.\, r_1 \cos^2\alpha + w_1 \cos^2\alpha + w_2 \sin^2\alpha.$$

Da nun w durch den Vergleich mit der entsprechenden Graustufe, ferner die der regelmäßigen Farbe entsprechenden Maßzahlen r_1 und w_1 unmittelbar nach dem erstbeschriebenen Verfahren bestimmt werden können, kann auch w_2 berechnet werden. Aus $r + w + s = 100$ ergibt sich ferner $s_2 = 100 - (r_2 + w_2)$, wobei

$$r_2 = r_1/\mathrm{tg}^2\,\alpha$$

zu setzen ist.

Schließlich bietet Abb. 11 eine Bestätigung der Voraussetzung, daß das Auge den bunten Anteil einer Körperfarbe als Vollfarbe beurteilt, da die Beziehung zwischen Sättigungs- und Reinheitsverhältnis nur unter dieser Voraussetzung besteht. Eine weitere Bestätigung dieser Voraussetzung wird auf folgende Weise erhalten. Man kann die Gesamthelligkeit einer Körperfarbe durch den unmittelbaren Vergleich mit einer Grauleiter mit Hilfe des Apparates Abb. 3, jedoch ohne Filter ermitteln, indem sich die beiden Graustufen leicht finden lassen, von denen die eine etwas dunkler, die andere etwas heller erscheint als die bunte Farbe. Diese Helligkeit, ausgedrückt im Weißgehalt der entsprechenden Graustufe, sei h. Ist nun h_0 die Helligkeit der reinen Vollfarbe vom Farbton des Musters und r die Reinheit des Musters bezogen auf diese Vollfarbe, ferner w sein Weißgehalt, so ist

$$h = r \,.\, h_0 + w.$$

Nun ist $r = h_1 - h_2$ und $w = h_2$, worin h_1 wieder die Helligkeit unter dem Paßfilter und h_2 die unter dem Sperrfilter bezeichnet. Es ist also

$$h_0 = (h - h_2)/(h_1 - h_2).$$

Es zeigte sich nun, daß an verschiedenen Farben gleichen Farbtones stets der gleiche Wert h_0 erhalten wurde. War ferner h_0' die Helligkeit irgend einer Vollfarbe und h_0'' die ihrer Gegenfarbe, so war stets mit sehr geringen Abweichungen $h_0' + h_0'' = 100$, das heißt, die Helligkeitswerte h_0' und h_0'' bezogen sich auf reine Gegenvollfarben, die sich zu vollem Weiß von der Helligkeit 100 ergänzen müssen. Daß die Werte h_0 tatsächlich die Werte für die Vollfarben sind, ergibt sich auch aus einem Vergleiche mit den von Fraunhofer im Spektrum angestellten Helligkeitsmessungen. Dieser fand die Helligkeit der einzelnen Spektralbereiche des Tageslichtes bezogen auf die Helligkeit des Bereiches $D - E$ als Einheit:

Digitized by Google

Bereich: *B—C C—D D—E E F F—G G—H*
Helligkeit: 0·021 0·299 1·000 0·328 0·185 0·035.

Dies ergibt, bezogen auf die Gesamthelligkeit, 100 des Tageslichtes:

Bereich: *B—D B—D B—E B—F B—G B—H*
Helligkeit: 1 17 71 88 98 100.

Stellt man diese Werte als Ordinaten über den Wellenlängen als Abszissen dar, so erhält man die Helligkeit irgend eines Farbenhalbs als Differenz der Ordinaten der Grenzwellenlängen. In Abb. 12 entspricht nun die ausgezogene Kurve den so erhaltenen Helligkeiten h_0 der Vollfarben und die gestrichelte den aus Reinheits- und Helligkeitsmessungen an Aufstrichen erhaltenen Helligkeiten. Man erkennt die ungeachtet der

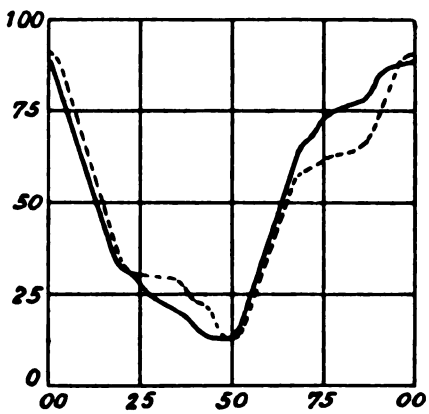


Abb. 12.

damals noch bestehenden Unvollkommenheiten der Reinheitsmessungen und der persönlichen Unterschiede in der Helligkeitswertung der Farben bis auf örtliche Abweichungen im Purpur und Grün überraschende Übereinstimmung der beiden Kurven.

W. Ostwald hat schließlich auch die Mischungen der Vollfarben mit Weiß und Schwarz in ein dem Heringschen gleichseitigen Verhüllungsdreieck mit Reinfarbe, Schwarz und Weiß an den Eckpunkten entsprechendes logarithmisches System gebracht, da nur dieses schätzungsweise gleich große Stufensprünge liefert. Hiebei wurde davon ausgegangen, daß sich die reine Vollfarbe gegenüber Weiß und ebenso Schwarz gegenüber der Vollfarbe analog verhalten, wie Schwarz

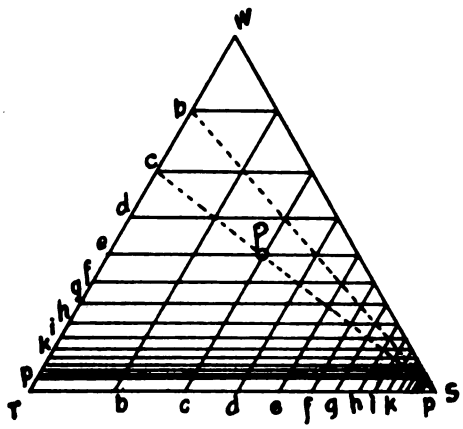


Abb. 13.

zu Weiß; die Dreieckseite Reinfarbe — Weiß also in gleicher Weise zu teilen war, wie die Grauleiter. Die Abb. 13 stellt das Heringsche Dreieck mit dieser Stufeneinteilung und ihrer Buchstabenbezeichnung dar. Der Ort einer Farbe von bestimmter Zusammensetzung wird gefunden, indem man sich wie im Farbendreieck in den Ecken des Dreiecks Gewichte angebracht denkt, die dem Weiß- und Schwarzgehalt und dem Reinheitsgrade proportional sind und den Schwerpunkt dieser Belastung bestimmt. Die Gerade *rw* enthält die hellklaren, die Gerade *rs* die dunkelklaren, das Innere der Dreiecksfläche die getrübten Farben. Die getrübte Farbe zum Beispiel im Punkte *P* wird dann mit der Nummer des Farbtones im Farbenkreise, sagen wir 50 und mit den Buchstaben der sich in *P* kreuzenden Stufenlinien, also mit 50 *ec* bezeichnet und hiemit eindeutig bestimmt. Aus dieser Bezeichnung entnimmt man den Weiß- und Schwarzgehalt unter Benützung der Grauleitereinteilung; der erste Buchstabe bezeichnet den Weißgehalt *w*, der in der Stufe *e* gleich 40 ist: der dem zweiten Buchstaben entsprechende Weißgehalt von 100 abgezogen liefert den Schwarzgehalt *s*, der dem Weißgehalt 63 der Stufe *c* entsprechend $100 - 63 = 37$ ist.

Die Eckpunkte *r* und *s* des Verhüllungsdreieckes stehen theoretisch erst am Ende einer unendlichen Stufenreihe, können indeß mit Körperfarben nie verwirklicht werden, wodurch die Stufenzahl immerhin eine endliche Grenze erhält. Die Stufe *t* mit einem Weißgehalt von 1·6 vH war bis jetzt die äußerste, die mit Aufstrichen in Ausnahmsfällen erreicht werden konnte; gewöhnlich reicht man mit der Stufe *p* aus.

Zieht man in den aus den Stufenlinien des logarithmisch geteilten Reinheitsdreieckes gebildeten Rhomben die gegen den Schwarzpunkt gerichteten Diagonalen, so stellen sie sich als von der *rw*-Seite gegen den Schwarzpunkt laufende Gerade dar. Die auf diesen Geraden liegenden Farbenfolgen werden als Schattenreihen bezeichnet, weil sie die Veränderung der Körperfarben auf solchen Flächen darstellen, die bei sonst gleichbleibender Beleuchtung der Umgebung neutral beschattet erscheinen. Sie genügen der Bedingung $r : w = \text{konst.}$, die eben der gleichmäßigen Herabsetzung sowohl der bunten, als auch der unbunten Helligkeitsanteile durch die gegenüber der Umgebung verminderte Beleuchtung entspricht.

Hier sei noch einer Erscheinung gedacht, die ihre Erklärung im Farbendreiecke Abb. 4 findet. Es handelt sich hiebei um die seit jeher gefühlsmäßig unterschiedenen warmen und kalten Farben. Jede der beiden Kategorien nimmt ungefähr die Hälfte des Ostwaldschen Farbenkreises ein, und zwar reicht die kalte Hälfte von 88, einem mittleren Grün vom Farbton der Wellenlänge 530 mμ, über die blauen und veilen Farben bis zur Gegenfarbe 38, einem mittleren Purpur. Die Farbenhalbe gehen bei 88 von 481 mμ bis 593 mμ und bei 38 von 481 mμ bis zum veilen Ende sowie von 593 mμ bis zum roten Ende. Die kalten Farben werden durchlaufen, indem sich der Anfang des ersteren Farbenhalbs von 481 mμ gegen und über das veile Ende fortschreitend und im roten Ende wieder eintretend bis 593 mμ verschiebt. Die Wellenlänge 481 mμ liegt nahe bei *F*, die Wellenlänge 593 mμ nahe bei *D*. Es hat sich nun gezeigt, daß die gelbgrünen, gelben, kressen und roten Farben der einen Seite oft Reinheiten bis zu 90 erreichen können, während die veilen, blauen und seegrünen der anderen Seite nur selten Reinheitsgrade bis 60 aufweisen. Es ist nämlich nicht möglich, kalte Farben von einiger Tiefe (Valeur der Maler), das ist von geringem Weißgehalte, herzustellen, welche nicht beträchtliche Mengen Schwarz enthalten. Die Erklärung liefert das Farbendreieck und der Anteil des Stäbchenweiß an der Helligkeitsempfindung. Auf letzteren Umstand hat der Verfasser in einer kürzlich in der „Zeitschrift f. Sinnesphysiologie" erschienenen Arbeit zuerst aufmerksam gemacht. Schon im Farbendreieck, das auf das Stäbchenweiß keine Rücksicht nimmt, sondern sich nur auf das Zapfensehen bezieht, zeigen sich die Spektralfarben, aus denen sich die kalten Vollfarben zusammensetzen, als mit sehr viel Weiß gemischt. Als reine Farben ohne Weißzusatz können nämlich nur jene Farben gelten, die am Umfange des Farbendreieckes liegen, also etwa *R* bis *y* und das äußerste veile Ende des Spektrums. Je mehr der Ort einer Farbe sich vom Umfang gegen den Weißpunkt entfernt, desto mehr Weiß enthält die Farbe. Irgend ein Farbhalb, das eine kalte Mischfarbe liefert, setzt sich also großen- oder größtenteils aus Spektralfarben zusammen, die an und für sich viel Weiß enthalten.

Digitized by Google

Hiezu kommt noch, wie erwähnt, das Stäbchenweiß, das ungefähr bei *D* beginnt, nahe bei *b* ein Maximum erreicht und zwischen *F* und *G* endigt. Noch ein dritter Umstand, auf den ebenfalls in der angeführten Arbeit des Verfassers hingewiesen wurde, kommt in Betracht. Der Helligkeitswert der Spektralfarben beruht nämlich allergrößtenteils auf dem Helligkeitswerte der Rotempfindung und dem Stäbchenweiß, während die gleichzeitige Erregung der Grünempfindung die Helligkeit nicht nur nicht erhöht, sondern schwächt. Die Erregung der Grünempfindung beginnt nach A. König und C. Dieterici zwischen *C* und *D*, erreicht ihr Maximum zwischen *D* und *E* und endet ebenfalls zwischen *F* und *G*. Alle diese Umstände wirken dahin zusammen, daß das Spektrum im Bereiche der kalten Farben tatsächlich weißlich aussieht und erst gegen das violette Ende die volle Tiefe wieder gewinnt. Die reinen kalten Vollfarben müßten also, wenn sie als Körperfarben herstellbar wären, einen „hellklaren" Eindruck machen. Um ihnen daher annähernd die gleiche Tiefe, das ist den gleichen geringen Weißgehalt zu verleihen, wie den warmen Farben, muß ein Teil des Weiß durch Schwarz ersetzt werden.

Hat man nach Ostwald zum Beispiel eine sehr reine rote Farbe Nr. 24 mit $w = 10$ und $s = 15$, so ist ihre Reinheit 75. Man erhält nun die an Tiefe gleichwertige seegrüne Gegenfarbe Nr. 76, wenn man bei gleichem Weißgehalt ein Drittel des Reinheitsgrades durch Schwarz ersetzt, also bei $w = 10$, $s = 40$ und $r = 50$, was ebenfalls die äußerste Reinheitsgrenze für diese Farben darstellt.

Farben von gleichem Weißgehalte oder gleicher Valeur entsprechen nun die folgenden horizontalen Reihen der abgekürzten Leiter mit gleichem Anfangsbuchstaben zum Beispiel:

ca
ea, ec
ga, gc, ge
ia, ic, ie, ig
la, lc, le, lg, li
na, nc, ne, ng, ni, nl
pa, pc, pe, pg, pi, pl, pn.

Dabei entsprechen den Stufenbezeichnungen in der endgültigen Farbennormenleiter die folgenden, aus praktischen Gründen etwas abgeänderten Grade des Weiß- und Schwarzgehaltes:

Stufe:	*a*	*c*	*e*	*g*	*i*	*l*	*n*	*p*
Weißgehalt:	89	56	36	22	14	9·5	5·6	3·6
Schwarzgehalt:	11	44	64	78	86	91	94·4	96·4.

Die Grade des Weißgehaltes gelten für alle Farben. Um nun zu erreichen, daß ein Farbenkreis, der nur aus Farben ein und derselben Buchstabenbezeichnung, zum Beispiel *lc* besteht, ungeachtet des erwähnten Unterschiedes zwischen den warmen und kalten Farben harmonisch wirkt, hat Ostwald bei den kalten Farben den Buchstaben für den Schwarzgehalt andere Gehaltsstufen zugeordnet, und zwar:

Weißstufen	**Schwarzstufen für kalte Farben**							
	a	*c*	*e*	*g*	*i*	*l*	*n*	*p*
c	11	—	—	—	—	—	—	—
e	19	50	—	—	—	—	—	—
g	22	51	66	—	—	—	—	—
i	27	53	68	79	—	—	—	—
l	34	57	71	81	87	—	—	—
n	42	60	74	83	89	92	—	—
p	56	67	79	86	90	93	95	—

Die beiden Stufentafeln gelten für die warmen Farben zwischen 93 und 32, sowie für die kalten Farben zwischen 43 und 82. Für die dazwischenliegenden Übergänge von 33 bis 42 und 83 bis 92 gelten Zwischenwerte. Man teilt hiezu den Unterschied zwischen dem durch den betreffenden Buchstaben bei warmen und kalten Farben bezeichneten Schwarzgehalt in acht Teile und fügt zur Ziffer des Schwarzgehaltes für warme Farben bei den Stufen 34 und 84 je ein Achtel, bei 35 und 85 zwei Achtel usw. hinzu. Diese Berechnung stellt nur ein willkürlich gewähltes Auskunftsmittel dar, da genauere Messungen noch fehlen.

8. Der Farbenkörper. Denkt man sich die Verhüllungsdreiecke zweier Gegenfarben in der Bildebene so aneinandergelegt, daß die Weiß- und Schwarzpunkte beider Dreiecke aufeinanderfallen, so erhält man einen Rhombus, wie in Abb. 14, der wenn die Felder mit den entsprechenden Verhüllungsstufen ausgefüllt werden, einen außerordentlich schönen Anblick bietet. Einen solchen Rhombus gibt es für jedes Paar von Gegenfarben und die Gesamtheit aller dieser Rhomben bildet den Farbenkörper, einen Doppelkegel, dessen gemeinsame Basis der Farbenkreis darstellt. Jeder einzelne Rhombus wird als ein Hauptschnitt des Farbenkörpers bezeichnet. Zwölf solche Hauptschnitte, enthaltend die 24 wichtigsten Farbentöne in je 64 Feldern, sind unter der Bezeichnung „Der Farbkörper" vom Verlag „Unesma" in den Verkehr gebracht worden. Verwendet man die abgekürzten, beim Buchstaben *p* abgebrochenen Stufenleitern für den Weiß- und Schwarzgehalt, also die Reihe *a, c, e, g, i, l, n, p*, so liefert das Verhüllungsdreieck für jeden Farbton 28 Stufen; der Farbenkörper enthält also $28 \times 24 = 672$ bunte Farben, wozu noch acht Glieder der unbunten Reihe kommen, so daß die Anzahl der Farbnormen 680 beträgt, was in den meisten praktischen Fällen genügen wird.

9. Die Prüfung des Farbenkreises. Sie wird mit Hilfe des Pomi ausgeführt. Die Prüfung der Gegenfarben wurde bereits im Abschnitte 3 angegeben. Zur Prüfung der Zwischenstufen zum Beispiel zwischen den Gegenfarben 00 und 50 teilt man sich das ganze Intervall in 10 Teile, wovon jeder 5 Stufen umfaßt. Man

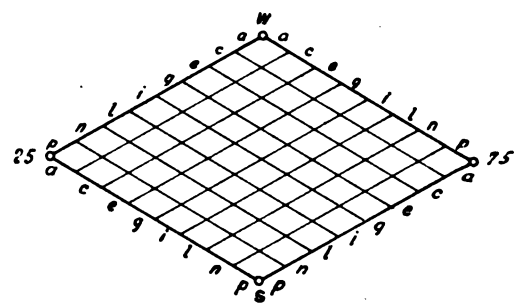


Abb. 14.

legt nun zum Beispiel die Stufen 00 rechts und 10 links auf das Grundbrett des Pomi, 05 quer darüber und dreht das Nicol solange, bis das Mischfeld den Farbton von 05 aufweist. Der Winkel, um den das Nicol hiebei aus der Nullstellung verdreht werden muß, sei α_1. Bezeichnet man nun mit 05 — 00 und 10 — 05 die Abstände der richtigen Lage des dem wirklichen Farbtone entsprechenden Punktes 05 von den wirklichen Farbtönen 00 und 10, so müssen diese Abstände nach dem Prinzip des Farbenkreises dem Mischungsverhältnisse reiner, den wirklichen Farbtönen 00 und 10 entsprechender Vollfarben, in welchem sie den wirklichen Farbton 05 ergeben, umgekehrt proportional sein. Das Mischungsverhältnis ist aber $r_5 \sin^2 \alpha_1 : r_0 \cos^2 \alpha_1$; es muß also sein

$$r_5 \sin^2 \alpha_1 : r_0 \cos^2 \alpha_1 = 05 - 00 : 10 - 05;$$
$$(05 - 00)/(10 - 05) = (r_5/r_0) \cdot \mathrm{tg}^2 \alpha_1.$$

Hierin bezeichnen r_0, r_1,, r_2 ... die Reinheitsgrade der Stufen 00, 05, 10 ... Nimmt man nun vorläufig die Strecke 05 — 00 als Einheit an, so erhält man, in dieser Art von Stufe zu Stufe fortschreitend die Gleichungen

$$(10 - 05) = (05 - 00) \cdot (r_0/r_5) \cot^2 \alpha_1,$$
$$(15 - 10) = (10 - 05) \cdot (r_1/r_5) \cot^2 \alpha_2,$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$(50 - 45) = (45 - 40) \cdot (r_8/r_{10}) \cot^2 \alpha_9.$$

Berechnet man auf diese Weise die richtigen Werte aller Fünferstufen mit 05 — 00 als Einheit, so müßte, wenn diese Einheit richtig angenommen worden wäre, die Summe aller Fünferstufen genau gleich 10 sein, da ja der Abstand zwischen den beiden, bereits als genaue Gegenfarben verifizierten Stufen 00 — 50 gleich dem zehnfachen des Abstandes 00 — 05 sein muß. Ist daher

Digitized by Google

die Summe aller Fünferstufen kleiner oder größer als 10, so ist der Wert der Stufe 00—05 im gleichen Verhältnisse größer oder kleiner als eins anzunehmen und darnach die anderen Fünferstufen im gleichen Verhältnisse zu verbessern. Die so erhaltenen Zahlen stellen dann die richtigen Verhältniswerte der Fünferstufen dar und man kann auf graphischem Wege, wie schon bei der Grauleiter gezeigt, die den richtigen Fünferstufen entsprechenden Mischungsverhältnisse der Farbstoffe ermitteln. Die richtigen Mischungsverhältnisse für die weiteren Zwischenstufen 00—01, 01—02 usw. können dann entweder mit dem Pomi analog, wie oben, oder auch durch graphische Interpolation aus der für die Fünferstufen entworfenen Kurve entnommen werden.

10. Farbige Lichtquellen. Es ist schon mit sehr einfachen Apparaten, wie zum Beispiel mit dem Prismenphotometer von Ritchie möglich, den Farbton und Weißgehalt einer Lichtquelle festzustellen. Legt man auf die eine Seite des Photometerprismas, die von der zu prüfenden Lichtquelle beleuchtet wird, ein normalweißes Papier und auf die andere vom Tageslicht beleuchtete Seite eine passende hellklare Farbnorm und bringt beide Seiten, etwa durch geeignete Abblendung des Tageslichtes, auf gleiche Helligkeit, so erscheinen beide Flächen nur dann vollkommen gleich, wenn sie auch im Farbton und Weißgehalt übereinstimmen. Farbton und Weißgehalt der zu prüfenden Beleuchtung entsprechen dann jenen der Farbnorm. Der Schwarzgehalt kommt nicht in Betracht, da es sich nur um farbiges Licht und nicht um Körperfarben handelt, Absorption also nicht auftritt. Ein Filter, das geeignet sein soll, die Farbe der Lichtquelle dem Tageslicht anzugleichen, muß die hellklare Gegenfarbe der Farbnorm in gleichem, nur auf den Weißgehalt bezogenen, Reinheitsgrade aufweisen. Ein solches Filter ließe sich natürlich auch unmittelbar finden, wenn man das Ritchiesche Prisma beiderseits mit normalweißem Papier versieht und die Angleichung von Tageslicht und dem zu prüfenden Licht durch ein passendes Filter vor letzterem herbeiführt. Dies würde aber einen mit den Farbnormen verglichenen Filterersatz erfordern. In Amerika erfolgt die Kennzeichnung der Farbigkeit einer Lichtquelle auch durch die „Farbentemperatur", das ist die Temperatur eines absolut schwarzen Körpers von gleicher Lichtfarbe. Diese Kennzeichnung ist aber bei weitem weniger anschaulich als der Vergleich mit den leicht einprägsamen Farbnormen; überdies besitzt sie nur eine beschränkte Anwendbarkeit, da der Bereich der Farbtöne des schwarzen Körpers begrenzt ist, teils, weil gewisse Farbtöne überhaupt nicht vorkommen, teils, weil ihre Herstellung höhere Temperaturen verlangt, als man derzeit herstellen kann.

Auch an der Wirkung einer Beleuchtung kann geprüft werden, wie weit sie praktisch dem Tageslichte gleichkommt, indem man den Weiß- und Schwarzgehalt verschiedener Farbnormen bei dieser Beleuchtung bestimmt. Der Vollfarbenbestandteil einer mit dem Eigentone der Lichtquelle gleichfarbigen Farbnorm wirft nämlich vom gleichfarbigen Lichte einen größeren Bruchteil zurück als von weißem Lichte, man wird also beim Vergleich mit der Graustufe nach der Filtermethode zwar den gleichen Weißgehalt, aber wegen des erhöhten Beflexionsvermögens des Reinfarbenanteiles einen geringeren Schwarzgehalt, also einen höheren Reinheitsgrad finden als im Tageslicht. Umgekehrt bei der Gegenfarbe; hier vermindert die farbige Beleuchtung die relative Helligkeit des Reinfarbenanteiles, man wird also wieder den gleichen Weißgehalt, aber wegen des geringeren Reflexionsvermögens des bunten Anteiles für das farbige Licht einen höheren Schwarzgehalt, also einen geringeren Reinheitsgrad, als bei Tageslicht feststellen. Ähnliches gilt für die Zusammensetzung zweier Gegenfarben zu einer Graustufe mit Hilfe des Pomi. Bei farbiger Beleuchtung wird sich das Mischungsverhältnis ändern, man muß weniger von der gleichen Farbe und mehr von der Gegenfarbe verwenden, um gleiches Aussehen mit der der gleichen Beleuchtung ausgesetzten Graustufe zu erreichen. Deckt sich der verhältnismäßig überwiegende Spektralbereich des farbigen Lichtes nur teilweise mit den Spektralbereichen von Vollfarbe und Gegenfarbe, so kann es auch zu einer Verschiebung der den einzelnen Farbtönen entsprechenden Gegenfarben kommen. Praktisch kann man daher nur eine solche Beleuchtung als dem Tageslichte gleichwertig ansehen, bei der die Reinheitsgrade und Gegenfarbenbeziehungen der Farbnormen keine merkliche Veränderung erfahren.

Die Induktionslampe.

Bereits J. J. Thomson hat darauf hingewiesen, daß ein in einer Spule eingeführtes, entlüftetes Gefäß aufleuchtet, wenn die Spule unter Zwischenschaltung von Kondensatoren an eine Funkenstrecke angelegt wird, die von einer Wimshurstschen Maschine aufgeladen wird. Wir haben es also in dieser elektrodenlosen Entladungslampe mit einer neuen Quelle sichtbarer aber auch ultravioletter Strahlung zu tun.

Tod E. Foulke[1]) gibt nun nach einer Darstellung der Theorie der elektrodenlosen Entladung die Ergebnisse seiner Untersuchungen mit der Induktionslampe an. Dabei bediente er sich außer der von Thomson angegebenen Schaltung noch einer anderen Anordnung, bei der ein 3000/18 000 V Transformator, dessen sekundäre Mitte an Erde liegt, über zwei Elektronenröhren in Generatorschaltung einen Hochfrequenzkreis mit Energie versieht, der aus einer Schwingungsspule, einem Kondensator und der Lampenspule besteht. Diese hat sieben Kupferwindungen von 4 cm Halbmesser, die 1 cm weit abstehen; die Lampe war eine Kugel von 3·8 cm Halbmesser. Die Versuche erstreckten sich auf kalorimetrische, photometrische und energetische Messungen. Die kalorimetrische und die photometrische Meßvorrichtung sind vereint in einem innen geschwärzten, luftdichten und wärmeisolierten Holzkasten untergebracht, mit einem kleinen Glasfenster für den Austritt der Lichtstrahlen. Luft strömt unter konstantem Druck durch den Behälter. Die Induktionslampe erwärmt ihre Umgebung, deren Temperatur T mit der Zeit t und den zugeführten Watt (Lampenwatt) W in die Gleichung

$$C.\,lgt = T/k\,W$$

eingehen; C und k haben die Bedeutung von Festwerten. Während der kalorimetrischen Messung wurden photometrische mit einem am Fenster des Kastens anliegenden Photometerkopf vorgenommen, und zwar bei mittleren Horizontallichtstärken mit absorbierenden Scheiben, bei hohen Lichtstärken mit einer sich drehenden Sektorscheibe.

Die Energieverteilung im Spektrum der Induktionsentladung erfolgt mit einem Thermoelement unter Vorlegung von Filtern, die gewisse Spektralbezirke unterdrücken; bei einer zweiter Methode wird ein Quarzspektrograph verwendet, wobei ein Thermoelement derart geführt ist, daß es immer in den Brennpunkt jeder Spektrallinie gebracht werden kann. Der Spektralbereich der ersten Methode war 20 000 bis 190 μÅ, der der zweiten 5700 bis 210 μÅ bei 0·3 mm Schlitzbreite für den Durchgang des Strahles zum Thermoelement.

Die Lampe besteht je nach dem Verwendungszweck aus weichem oder hartem Glas, Pyrex oder durchsichtigem Quarz, hat Kugelform und ist bis zu einem Druck von höchstens 0·001 mm entlüftet. Nach Erhitzung auf 400 bis 1000° C, entsprechend dem Ballonmaterial, kommt die spektrale Substanz, eine Flüssigkeit oder ein Gas, in den Ballon. Quecksilber

[1]) Jounal of A. I. E. E., Bd 46, Nr. 2, 1927.

Digitized by Google

wird zum Beispiel zuvor destilliert oder im Kolben selbst gekocht und hierauf bei laufenden Vakuumpumpen eine sehr starke Induktionsentladung eingeleitet; der Enddruck muß unter 0·001 mm sein, weil sonst sofort ein goldbrauner Stickstoffilm die Kolbenwandung überzieht. Nach Einfüllung des für das Angehen der Lampe notwendigen Edelgases wird der Kolben zugeschmolzen.

Die angestellten Untersuchungen erstreckten sich auf: Den Einfluß der Kolbengröße und des Dampfdruckes, das Hilfsgas zum Angehen, die Energieverteilung der Quecksilber-Induktionslampe, den Einfluß der Frequenz und der spektralen Substanz. Der Dampfdruck des Quecksilbers ist bei der Zimmertemperatur viel zu gering für das Zustandekommen einer Induktionsentladung. Mit steigender Temperatur nimmt der Druck zu und es werden die mittleren freien Weglängen nach und nach klein, so daß es anfangs zum schwachen, mit zunehmender Temperatur zum stärkeren Leuchten kommt, das schließlich ein Maximum erreicht. Weitere Temperatur- also auch Druckerhöhung bringt das Eintreten der sogenannten elastischen Verluste mit sich und die starke Strahlung ist sehr bald durch ein grünes Glimmlicht ersetzt. Weiters dürfte der kritische Druck der jeweiligen elektrischen Erregung oder Induktion in der Lampe proportional sein. Da aber bei sehr kräftigen Entladungen der Druck beim Anlassen größer sein kann als der entsprechende Anlaßdruck, so müßte in diesem Falle die Ionisation nicht das Ergebnis einzelner Stöße, sondern allmählicher Energieanhäufung im Atom sein.

Der Einfluß der Lampengröße ergibt sich aus der Beziehung

$$I_h = c\, r\, w^2;$$

dabei ist I_h die Horizontallichtstärke, r der Rohrhalbmesser in cm, w die primär zugeführte Wattzahl, $c = 0{\cdot}77 \cdot 10^{-3}$ im Mittel; diese Formel gilt für $w = 150$ bis 550 W, $r = 2{\cdot}6$, 4·6, 6·2 und 7·5 cm. Die genauen Werte von c waren bei einer besonderen Art des Anlassens gewonnen worden, bei der das Rohr von außen solange erwärmt wurde, bis das Leuchten eintrat. Später fand man aber, daß ein geringer Zusatz des Edelgases das Spektrum des, zum Beispiel Quecksilberdampfes nicht verändert, aber die Lampe von selbst angehen bezw. zünden macht.

Setzt man den kalorimetrisch festgestellten Leistungsverbrauch der Lampe in Watt in Beziehung zu den Horizontallichtstärken für Rohrhalbmesser von 2·2 bis 15·2 cm, so erhält man eine Gerade mit einer Knickungsstelle. Bis zum Knickpunkt nimmt der Wattverbrauch mit dem Radius zu, jenseits des Knickpunktes steigt die Lichtstärke rascher an. Die Lage des Knickpunktes hängt vom Dampfdruck des Quecksilbers ab. Für den ersten Teil dieser Geraden gilt die Beziehung

$$W = W_a\, 4\, \pi\, r^2;$$

r ist der Radius der Lampe in cm, $W_a = \mathrm{W}$ je cm².

Die Lichtleistung erfährt Einschränkungen: 1. durch die Tatsache, daß in einer kleinen Lampe die Ladung bei höherem Drucke aussetzt, was man durch Steigerung der Induktionsspannung rückgängig machen kann; 2. wegen des Weichwerdens solcher Kolben, die behufs Erwärmung des Quecksilbers von Außen einen Ansatz haben und so bei niedrigem Druck hohe Leistungsfähigkeit aufweisen müssen; Quarzkolben helfen diesem Übelstande ab, sind aber gegenwärtig für größere Halbmesser zu teuer.

Das Hilfsgas, das in die Quecksilberlampe eingeführt wird, scheint die Entladung einzuleiten und auf die Atome des Quecksilbers einzuwirken. Auf dem Wege des Versuches zeigt sich, daß bei geringen Lampenwatt die Hinzufügung eines Edelgases von niedrigem Druck die Lichtstärke bis zu einem Maximum erhöht, während weitere Edelgaszufuhr die Lichtleistung herabsetzt. Kalter Kolben bedingt Edelgaslinien im Spektrum, der normal warme Kolben macht sie verschwinden und ruft die Quecksilberlinien hervor. Um die größte Lichtleistung zu erhalten, muß die Lampe über dem kritischen Punkt (Knickpunkt) mit mehr als jener kleinsten Menge Edelgases, die zur Einleitung einer Entladung notwendig ist, betrieben werden. Im Falle von Quecksilber und Argon ist der entsprechende Druck p in mm des Argongases aus der Gleichung $p = 5{\cdot}7\ \sqrt{r}$ zu entnehmen.

Die Energieverteilung in der Quecksilber-Induktionslampe wurde nach der Filtermethode aufgenommen. Es zeigt sich hiebei eine gänzliche Unabhängigkeit von den Lampenwatt, nicht aber vom Kolbenradius. Zur Beurteilung der Lichtleistung diene: Die Linien 570, 579 und 546·7 μm bedingen die hohe Leuchtkraft des Quecksilberdampfes; Linien um 435 μm herum tragen nur einige Prozente bei, beeinflussen aber die Lichtfarbe. Die spektrale Leistung der Induktionslampe hängt vom Kolbenglase ab. Gewöhnliches Glas löscht alle Wellenlängen unter 340 μm aus, Pyrex, dünn, hat diese Grenze bei 297 μm; Uviolglas gibt schon schwach 235·7 μm und Quarz zeigt noch die 185 μm-Linie.

Der Einfluß der Frequenz zeigte sich infofern, als bei 50 000 Per/s der Spulenstrom 300 A vor der Entladung betrug, bei 20 Mill. Per/s aber nur wenige Zehntel eines A. Die sicher bestehende Änderung der Lampenwatt-Lichtstärkenkurve mit der Frequenz ließ sich bis jetzt nicht eindeutig ausdrücken.

Verschiedene spektrale Substanzen lassen sich der Induktionsmethode unterwerfen. Es können zum Beispiel Spektren ohne äußere Erwärmung von über $^1/_3$ der Elemente erhalten werden. Viele metallische Verbindungen von niedrigem Dampfdruck geben sowohl ein Linienspektrum des metallischen Atoms als auch ein Bandenspektrum des Moleküls. Jede Substanz, Element oder Verbindung, hat ihre besondere Strahlung, die sich bei den Elementen in den verschiedenen Fällen insgesamt von ultrarot bis ultraviolett erstrecken. Der große Reichtum der Induktionslampe an ultravioletten Strahlen jeder Art läßt die Kosten der Einrichtung als einbringlich erscheinen. Verwendbarkeit für Beleuchtungs- und photographische Zwecke sowie auf Fluoreszenzwirkung gegründete Bühneneffekte ist vorhanden. Die Strahlen der äußersten ultravioletten Region sind von Nutzen in der Therapeutik, bei der Sterilisation, beim Bleichen, der Lederfabrikation und Untersuchungen mannigfacher Art. O — k.

Rundschau.

Über den Umbau der bestehenden Straßenbeleuchtung vom Serien- auf das Parallelsystem in der Stadt Seattle berichtet C. Maynard Turner. Das Parallelsystem empfahl sich zunächst dadurch, daß es Hochspannungsunfälle ausschloß und dann durch die mit ihm erzielbare Vereinfachung und Verbilligung der Leitungsanlage, die vermittels der Einfügung von Fernschaltapparaten in das Netz und durch die Benützung der Fernschaltleitung auch zur Stromzuführung für die Lampen erreicht werden konnte. Das Letztere ist aus der Abb. 1 deutlich zu entnehmen. Von der Fernschaltstelle F aus wird über eine Schaltleitung l das Hauptrelais H zwischen den Leiter l und den Nullleiter des Netzes (120/240 V) gelegt. Relais H verbindet bei Erregung den Neutralleiter mit den Kontrolleitern CW, die die aufeinanderfolgenden Relais betätigen. Bei geschlossenen Relaiskontakten bildet CW die Rückleitung von den Lampen (SL Serienlampen für 1000 Lumen) zum neutralen Leiter, sind die Hauptrelaiskontakte offen, so ist CW der Kontaktleiter für die folgenden Relais. Ein einziges Relais (Hauptrelais) bezw. der zugehörige Schalter in der Fernschalstelle vermag daher die Straßenbeleuchtung in- oder außer Betrieb zu bringen. In der wirklichen Ausführung sind allerdings mehrere Hauptrelais vorhanden, indem das Netz zunächst in so viele Sektionen unterteilt ist, als sich Zentralstationen vorfinden, und jede dieser Sektionen je nach der Lage der Zentrale und der Lampenzahl wieder

Digitized by Google

in mehrere Unterabteilungen zerfällt. Irgendeine dieser Unterabteilungen wird nach und nach auf die Parallelschaltung so umgelegt, daß der normale Betrieb keine Störung erfährt; manchmal geschieht dies unter Einstellung eines Serienrelais in der Serienschleife auch während des Betriebes. Die Relais haben einen Eigenverbrauch von rund 1·25 kW, sie sind in wasserdichte Aluminiumkästchen eingeschlossen, die an den Masten fast unsichtbar angebracht sind. Auf Vermeidung von Radiostörungen durch die schwingenden Relaisteile war bei der Herstellung der Relais Rücksicht genommen worden. Die parallelgeschaleten Lampen haben je 300 W und sind für 6 A gesichert, jeder 120/10 V Transformator zu den 1000 Lm Serienlampen für 3 A. Die parallelschaltbaren Lampen bedingen geringere Anlagekosten als die Serienlampen, da die Lampentransformatoren entfallen, jedoch müssen sie erfahrungsgemäß zwei- bis dreimal öfter ausgewechselt werden als diese. Dieses mehrmalige Auswechseln findet aber seine Erklärung im folgenden Umstande: Man pflegt Serienlampen solange an ihrer Stelle zu belassen, als sie überhaupt noch leuchten; freilich ist bekannt, daß sie sich im Parallelsystem also unter konstanter Spannung und nicht unter konstanter Stromstärke sehr bald schwärzen, während die an der vollen Netzspannung liegende Lampe fast ungeschwächt bis zum Ende ihrer Lebensdauer leuchtet. Dieses Verhalten beider Lampentypen wird weiter untersucht werden und das Ergebnis für die künftigen Lampenbestellungen entscheidend sein. Gegenwärtig schätzt man auf eine drei- bis vierfache Auswechslung der parallelschaltbaren Lampen je Jahr gegenüber einer zweimaligen der alten Serienlampen im gleichen Zeitraum. Weitere Vorteile des Parallelsystems sind: Beseitigung der Hochspannungsgefahr, räumlich eng begrenzter Fehlerherd, Licht, selbst wenn eine Unterbrechung in einem Fernschaltungsdrahtstück oder Relais auftritt; Lampenauswechslung und Reparaturen sind Tag und Nacht ungefährlich, 0·055 vH je Lm jährlich weniger an Betriebskosten, durch Wegfall der Lampentransformatoren Erhöhung des Leistungsfaktors auf 0·9 und1 (gegenüber 0·65 bis 0·8 bei Serienlampen).

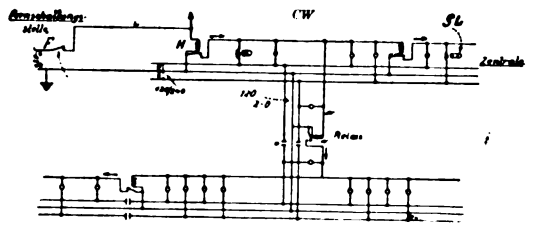


Abb. 1.

O — k.

(El. World, Bd. 89, Nr. 9, 1927.)

Über die Theater-Notbeleuchtung in Los Angeles berichten James M. Evans und J. Mc. Conahey. Durch das Zusammenarbeiten des Ausschusses der Feuerversicherer, des städtischen Elektrizitäts-Inspektorates und des Bau- und Sicherheitsamtes der Stadt einerseits und der daran interessierten Industriezweige andererseits, sind in den letzten 1½ Jahren Richtlinien für alle zulässigen Arten der Not- und Reservebeleuchtung in Theatern aufgestellt worden. Strombezug aus zwei Elektrizitätswerken, deren Verteilnetze nicht mit einander gekoppelt sind, wird wohl selten durchführbar sein; auch die Gasbeleuchtung ist als Reserve zugelassen, jedoch mit dem ausdrücklichen Hinweis auf die Luftverschlechterung und die Feuergefährlichkeit der offenen Flamme. Als das beste und zuverlässigste System wird die Verwendung einer Akkumulatorenbatterie mit Selbstumschaltung beim Ausbleiben des Netzstromes empfohlen. Ein derartiges Notbeleuchtungssystem ist kürzlich in einem neuen Theater in Hollywood, der kalifornischen Filmstadt, ausgeführt worden. Das Theater, das mit zwei Projektionsapparaten für Filmvorführungen und Reklamebilderprojektion ausgerüstet ist, erhält seinen Beleuchtungsstrom aus einem Drehstromnetz mit 110 V. Der Kraftstrom wird aus dem Kabel eines anderen Straßenzuges entnommen und dient zum Antrieb eines Asynchronmotors auf dessen Welle zwei Gleichstromgeneratoren sitzen: Einer für 90 V zum Betrieb der Projektionslampen und Bühnenscheinwerfer, der zweite als Lademaschine für die 56zellige Batterie. Die Größe dieses zweiten Generators ist so bemessen daß er sowohl den ganzen Reserve- und Notbeleuchtungsstromkreis versorgen, als auch gleichzeitig in acht Betriebsstunden die Speicherbatterie voll aufladen kann. Die Kapazität der Batterie mit 28 Ah reicht aus, um die Projektionslampe eine Stunde lang in Betrieb zu halten und die Notbeleuchtung drei Stunden lang. (In den eingangs zitierten Richtlinien heißt es nur, daß die Kapazität der Batterie so groß gewählt werden soll, daß die Notbeleuchtung, die an keinem Punkt der vom Publikum betretenen Räume schwächer als 3 Lux sein soll, durch zwei Stunden aufrecht erhalten werden kann.) Die Hauptschalttafel steht im Maschinenraum und eine Lichtschalttafel im Foyer an der Stirnseite des Theaters. Diese Foyerschalttafel ist in einem Wandkasten versenkt eingebaut, dessen Tür ein Sicherheitsschloß trägt, zu dem nur der Theaterelektriker den Schlüssel hat. Wenn der Elektriker nicht zugegen ist und etwa durch das Hängenbleiben eines Relais eine Umschaltung von Hand aus nötig sein sollte, ist die Apparatur durch Eindrücken eines Glasfensters zugänglich. Der Motorgenerator kann nicht nur von der Hauptschalttafel, sondern auch noch vom Projektionsraum aus angelassen werden. Außerdem befinden sich im Projektionsraum noch Kontrollampen für die wichtigsten Hausbeleuchtungsgruppen. Die Schalttafeln sind mit Relais ausgerüstet, die beim Ausbleiben der Netzspannung sofort automatisch die Notbeleuchtungs-Lampengruppen an die Batterie schalten. Ein von einem Amperestundenzähler beeinflußtes Relais schaltet bei vorgeschrittener Entladung der Batterie, nach dem Aufleuchten einer Warnungslampe im Projektionsraum, die Bühne und die Bogenlampen selbständig ab. Bei einer Unterbrechung der Stromzufuhr von außen erhält die Lademaschine Strom von der Batterie und treibt als Motor den 90 V Generator an, der die Projektionslampen und die Scheinwerfer versorgt. Man erspart dadurch das eine Umschalterelais, wodurch wieder eine zusätzliche Störungsquelle vermieden ist.

(Electrical World, Bd. 89, Heft 12, 1927.)

Über die Sichtbarkeit von Lichtsignalen bei Tage wurden nach einem Berichte von Dr. Ing. L. Bloch von der Beleuchtungstechnischen Abteilung der Osram G. m. b. H. Versuche auf der Rotherstraße in Berlin auf Strecken von 50 bis 800 m ausgeführt; diese Anordnung ahmt wohl die wirklichen Verhältnisse in kleinem Maßstabe nach, ist aber als Laboratoriumsanordnung zu werten. Die Versuche erstreckten sich auf Feststellung der Abhängigkeit der Sichtbarkeit oder des Geradenocherkennens bei Tage von der Lichtstärke, der Lichtfarbe und der Flächenhelle (Leuchtdichte) der benützten Lichtquellen. Immer wurden die günstigsten Witterungsverhältnisse gewählt, nämlich klares Wetter, das die größten Sichtweiten bringt und gegenüber dem nebligen Wetter ebenso im Vorteil ist, wie bedeckter Himmel gegenüber Sonnenschein. Erfahrungskoeffizienten leiten von den erhaltenen günstigsten Werten zu den von schlechteren Witterungsverhältnissen bedingten ungünstigeren Werten über. Bei den Versuchen kamen gasgefüllte Metalldrahtlampen, 3 bis 750 W an Leistung und einer Lichtausbeute, die 10 bis 15 HL/W betrug, zur Verwendung. Bei der Feststellung der Sichtbarkeit des weißen Lichtes war die Klarglaslampe direktes Schauobjekt, während bei der Untersuchung des Einflusses der Lichtfarbe ebene farbige Glasscheiben in den bei Lichtsignalen üblichen Farbtönen vor die Lampe gesetzt wurden. Die Farben der benützten Scheiben sind übrigens durch die folgende Tafel über ihre vermittels Farbenmessers gewonnene Lichtdurchlässigkeit charakterisiert.

Digitized by Google

Farbe der Scheibe	Lichtdurchlässigkeit für verschiedenes Licht: ungefärbt	rot	grün	blau
Rot	7·1	47·5	2·9	0·9
Gelb	30·0	57·0	24·5	16·0
Grün	12·1	0·7	16·5	23·5

Die Untersuchung des Einflusses der Flächenhelle auf die Sichtbarkeit geschah unter Benützung einer Opallampe und des Kondensors eines Projektionsapparates sowie kreisförmiger Blenden. Vier Beobachter mit normalem Sehvermögen waren an verschiedenen Punkten aufgestellt und tauschten ihre Plätze nach jeder Meßreihe; sie gaben die Sichtbarkeit nach drei Graden an: Leicht, schwer und nicht mehr erkennbar. Die Signale wechselten nach rund ½ min, sie folgten ganz unregelmäßig aufeinander und in verschiedener Lichtstärke sowie Lichtfarbe; eine Verabredung der Beobachter war demnach ausgeschlossen. Die Sichtbarkeit wurde nach ihrer Grenze, der schweren Erkennbarkeit beurteilt und durch die Entfernung, in welcher gerade die schwere Erkennbarkeit eintritt, durch die Sichtweite, angegeben.

Die Versuche ergaben Folgendes: 1. Die für die Lichtsignale erforderliche Lichtstärke steigt mit dem Quadrat der Sichtweite. 2. Bei unveränderter Sichtweite braucht man für grünes, gelbes und ungefärbtes Licht viermal soviel an Lichtstärke, als bei rotem Licht: es entsprechen zum Beispiel der Sichtweite von 1 m für rotes Licht 20 HK, für grünes, gelbes und ungefärbtes Licht 80 HK: das 30 bis 100 fache dieser Werte ist für ungünstige Witterung zu wählen. 3. Möglichste Reinheit der Farbe der Gläser ist von Vorteil. 4. Der Farbton spricht bei der Sichtbarkeit wenig mit; er muß aber so gehalten sein, daß eine Verwechslung zwischen rotem, gelbem und ungefärbtem Licht ausgeschlossen ist. 5. Je dunkler der Hintergrund, desto größer die Sichtweite. 6. Bei dunklem Hintergrund und gefärbtem Licht hat die Flächenhelle der Lichtquelle nur geringen Einfluß auf die Sichtweite: es ist daher gleichgültig, ob die Lichtquelle punktförmig ist oder flächige Ausbildung aufweist. O—k.

Licht und Lampe, Heft 7, 1927.)

Der Schaco-Nomograph, hergestellt von der Lichttechnischen Abteilung der Firma Schanzenbach & Co., G. m. b. H., Frankfurt a. M., ist ein handlicher aus drei Kartontafeln, 10 × 14 cm, in entsprechender Messingblechfassung bestehender Behelf zur Berechnung der Wattgröße der Einzellampe einer Beleuchtungsanlage, wenn die Abmessungen des Raumes, der Helligkeitszustand der Decke und der Wände und die Lampenzahl gegeben sind, sowie die gewünschte mittlere Beleuchtungsstärke. Die Einstellung eines Hebels genügt zur Ablesung der Glühlampenstärke. Jede der Kartontafeln enthält auf der einen Seite das Nomogramm, sei es für direkte, vorwiegend direkte oder halbindirekte und ganzindirekte Beleuchtung, auf der Rückseite die Skizzen zugehöriger Beleuchtungskörper und der Lichtverteilungskurven. Eine beigegebene kleine Broschüre, betitelt: „Das nomographische Rechnen in der Beleuchtungstechnik mit dem Schaco-Nomographen" weist Erklärung, Gebrauchsanweisung und eine Tafel der Beleuchtungsstärken für Innen- und Außenbeleuchtung auf.

Aus Abb. 2 kann man die Benützung etwa der Schiebetafel für vorwiegend direkte Beleuchtung entnehmen, die zum Beispiel im Falle der Beleuchtung eines Büros von 120 m² mit 80 HLx zu verwenden ist: weiße Decke und helle Wände sind noch vorausgesetzt. Bei sechs Brennstellen entfallen auf eine 20 m²; man wählt demnach Skala I und stellt auf deren Ziffer 20 den Metallzeiger ein. Die Zeigerkante trifft die vertikale 80 Lux-Linie im Punkt 3; die durch diesen Punkt ziehende Wagrechte ist 200 W zugeordnet, wonach sich also sechs Stück 200 W-Lampen als Lösung der gestellten Beleuchtungsaufgabe ergeben. Die Hilfstafel bezieht sich auf die bekannte Rechenformel

$$E = \Phi \eta / F,$$

worin E die mittlere Beleuchtungsstärke in HLx, Φ den Lichtstrom einer Glühlampe in HLm, F die Grundfläche des zu beleuchtenden Raumes oder Platzes in m² und η den Nutzfaktor bezeichnen. To.

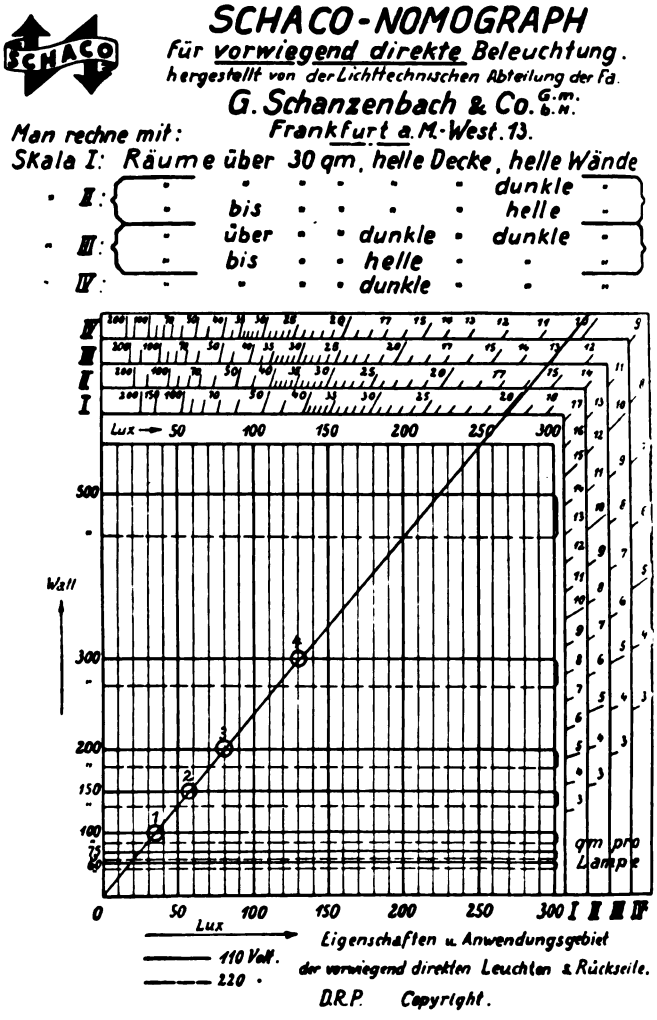


Abb. 2.

Internationale Beleuchtungstechnische Gesellschaft.

Die Internationale Beleuchtungstechnische Gesellschaft (International Commission on Illumination) hält in der Zeit vom 31. August bis 3. September in Bellagio am Comosee eine Konferenz ab.

Am 31. August finden vormittags Beratungen des Exekutiv-Komitees statt. Am Nachmittag beginnen die Beratungen der ständigen Komitees, und zwar:

31. August: Wörterbuch, Fabriksbeleuchtung.

1. September: Besprechung aller Delegierten. Definitionen und Symbole, Heterochrome Photometrie.

2. September: Automobilbeleuchtung. Wörterbuch. Kolorimetrie. Exekutiv-Komitee.

3. September: Besprechung aller Delegierten.

Wenn erforderlich, sollen noch andere Konferenzen abgehalten werden. Eine Vollversammlung findet nicht statt.

Die Österreichische Lichttechnische Gesellschaft, die sich kürzlich als Österreichisches Nationalkomitee der Internationalen Beleuchtungstechnischen Commission konstituiert hat, wird bei der Konferenz in Bellagio durch eine Anzahl ihrer Mitglieder vertreten sein.

Der Schriftführer:
J. Ondracek e. h.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT
BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

Heft 10 **25. September 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Beleuchtungstechnische Aufgaben im Amalienbad in Wien. Von Stadtbaurat Ing. L. Hammer, Wien. S. 109. / Heimbeleuchtung. Von Ing. Otto Herbatschek, Wien. S. 112. / RUNDSCHAU. S. 116.

Beleuchtungstechnische Aufgaben im Amalienbad in Wien.

Von Stadtbaurat Ing. L. **Hammer**, Wien.

Das am 8. Juli 1926 eröffnete Amalienbad im X. Bezirk zählt mit einem Fassungsraum von gleichzeitig 1300 Badenden zu den größten Bädern Europas.

Das Bad umfaßt neben der großen Schwimmhalle mit deren Nebenräumen eine große Anzahl von Einzelbadekabinen, Brausebäder, Dampf- und Heißluftbäder, sowie Heil- und Medizinalbäder, und zwar durchgehend nach Geschlechtern getrennt.

Für die Allgemeinbeleuchtung wurde durchwegs eine halbdiffuse Deckenbeleuchtung unter Verwendung von Pearlgranitschalen angebracht. Die Beleuchtung der großen Schwimmhalle erfolgt durch sechs große Luster, deren äußere Form von Herrn Stadtarchitekt Ing. Nadel entworfen wurde, und rund 50 mit Kupfer verkleideten Deckenarmaturen zur Beleuchtung der Galerien und der Umkleidezellen. Die durchschnittliche Helligkeit in den Gängen, Kabinen und Nebenräumen des Bades beträgt 10 Lux, in der Schwimmhalle in der Ebene des Beckenrandes und in den Brauseräumen der Dampf- und Heißluftbäder 15 Lux.

Die Allgemeinbeleuchtung, deren Allgemeineindruck infolge der sorgfältig getroffenen Verteilung der Lichtquellen ein sehr angenehmer ist, bietet rein beleuchtungstechnisch nichts besonders Bemerkenswertes. Hinsichtlich der praktischen Ausführung der Installationen, die bekanntlich in Badeanstalten wegen der großen Feuchtigkeit der Luft und der unvermeidlichen Bildung von Kondenswasser, dessen zersetzende Wirkung von jedem Installationstechniker gefürchtet ist, sind jedoch bei diesem Bade Wege eingeschlagen worden, die sich bisher glänzend bewährt haben.

Vor allem wurde Gleichstrom wegen seiner gefährlichen elektrolytischen Wirkungen für die Starkstromanlagen überhaupt ausgeschlossen. Wo er in den Schwachstromanlagen für Telephon, Uhren und medizinische Zwecke geduldet werden mußte, sind die Leitungsanlagen mit demselben Material und in derselben sorgfältigen Verlegungsart ausgeführt, wie die 220 V Starkstromanlagen. Für diese letzteren ist nur Drehstrom in Verwendung, und zwar 220 V nur in den Maschinen- und Kesselräumen für die zahlreichen Motoren und 55 V für die Beleuchtung. Alle 220 V Leitungen sind in gepanzerten Erdkabeln in Kuvetten verlegt, während die 55 V Lichtleitungen in bester G-Isolation und in mehrmals lackierten Peschelrohren verlegt sind. Diese Rohre sind jedoch nicht in die Mauern gelegt, da diese schon wegen der vielen Kaltwasserleitungen, die sie durchziehen, immer etwas kühler sind, als die Luft der Innenräume, so daß Kondenswasserbildung auftritt, sondern die Rohre sind in einem Abstande von 3 bis 5 cm von der Mauer auf Schellen montiert. Diese Montageart bewirkt, daß die Rohre stets dieselbe Temperatur besitzen, wie die umgebende Luft, so daß sich in ihrem Inneren weder eine Luftbewegung ausbilden, noch Kondenswasser bilden kann. Wie zweckmäßig diese Installationsmethode für Bäder ist, zeigt die Tatsache, daß der Gesamtisolationswiderstand der elektrischen Anlagen des Amalienbades nach zehnmonatlichem Betrieb noch immer wie vor der Inbetriebsetzung über eine Million Ohm beträgt.

Eine sehr schwierige Aufgabe war den Beleuchtungstechnikern durch die Forderung der Bäderleitung, das große Schwimmbecken auch an der tiefsten Stelle, das ist 4·8 m, bis auf den Grund in solchem Maße zu durchleuchten, daß ein auf dem Grunde liegender menschlicher Körper noch deutlich gesehen werden könne. Die Ursache zu dieser Forderung bildeten einige Unglücksfälle in deutschen Schwimmbädern, wo es mehrmals vorgekommen war, daß Leichen Ertrunkener tagelang unbemerkt am Grunde gelegen hatten.

Als diese Forderung an die Beleuchtungsingenieure des Stadtbauamtes gestellt wurde, war die Eisenbetonhülle des großen Schwimmbeckens im Amalienbad bereits fertiggestellt, so daß eine Beleuchtung des Wassergrundes durch in die Seitenwände des Beckens eingebaute Scheinwerfer wegen der Schwierigkeiten der Dichtung nicht mehr in Frage kam. Es mußte also versucht werden, durch Beleuchtung von oben der Forderung zu entsprechen. Dazu waren Versuche notwendig, die in der Schwimmhalle des Jörgerbades vorgenommen wurden, dessen Becken eine größte Tiefe von 3·5 m besitzt. Bei der im Jörgerbade bestehenden Normalbeleuchtung, bestehend aus einer in Opalglasballon befindlichen 500 W-Lampe in 10 m Höhe, verschwanden die dunklen Zierstreifen der Verfließung am Grunde des Beckens schon in einer Tiefe von 0·9 m, wobei sich die Blendung durch die hoch über dem Wasser hängenden Lichtpunkte sehr störend bemerkbar machte. Es wurde daher zunächst versucht, die Beleuchtung des Grundes doch durch eine Unterwasserbeleuchtung zu bewirken und zu diesem Zwecke ein Parabolspiegel mit 500 W-Lampe wasserdicht eingeschlossen an einem Eisenrohr zwecks Zuführung der Stromzuleitungen bis auf den Grund, bezw. 1 m darüber liegend versenkt. Das Ergebnis war wenig befriedigend: die Blendung fiel nun wohl weg, aber der im Wasser gebildete seitliche Lichtkegel beleuchtete nun alle im Wasser schwebenden Teilchen und Wasserbläschen, so daß das Wasser milchig trübe und dadurch fast undurchsichtig erschien. Der eigentümlich strahlige Schleier, der von der Lichtquelle ausgehend, das trübmilchige und irisierende Aussehen der Wassermasse bewirkte, dürfte von den feinen, durch Beugung verkürzten und in den Spektralfarben gefärbten Schattenkegeln der im Wasser

Digitized by Google

schwebenden kleinsten Teilchen verursacht worden sein, während das milchige Leuchten auf den Reflex der beleuchteten Seite derselben Teilchen zurückzuführen sein wird. Abb. 1 versucht diese Erscheinung schematisch darzustellen.

Ein unter Wasser schwimmender Mensch war von oben wohl zu sehen, konnte aber, selbst geblendet, einen hineingeworfenen hellen Gegenstand von Tellergröße nur schwer finden. Die dunklen Fliesenstreifen waren kaum zu sehen.

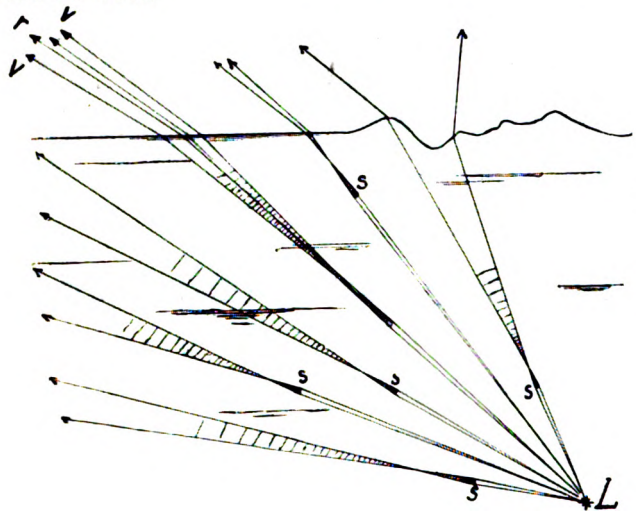


Abb. 1.

Daraufhin wurden nunmehr Versuche mit höher und tieferliegenden Görz- und Zeissarmaturen angestellt. Zunächst wurde in der Mitte der Halle in ungefähr 10 m Höhe eine gewöhnliche Armatur mit breitem Schirm und 1000 W-Lampe aufgehängt. Das Ergebnis war insbesondere wegen der Blendung und der zu geringen Helligkeit mit 10 Lux am Wasserspiegel (die Messung erfolgte am Rande und 1·50 m höher, wo 14·8 Lux gemessen wurden) ungenügend.

Nun wurden fünf Görzarmaturen, Tiefstrahler mit 500 W-Lampen, in einer Höhe von 4 m über dem Wasserspiegel angebracht, vier an dem tiefen Schmalende des Beckens und eine an dem seichten Ende. Die Helligkeit betrug jetzt 60 Lux am Wasserspiegel des tiefen Endes und die Fliesenstreifen am Grunde waren nun bei ruhigem Wasserspiegel vom Beckenrande aus stellenweise und etwas verschwommen, infolge der starken Blendung wie durch einen Gegenscheinschleier hindurch zu sehen. Je höher

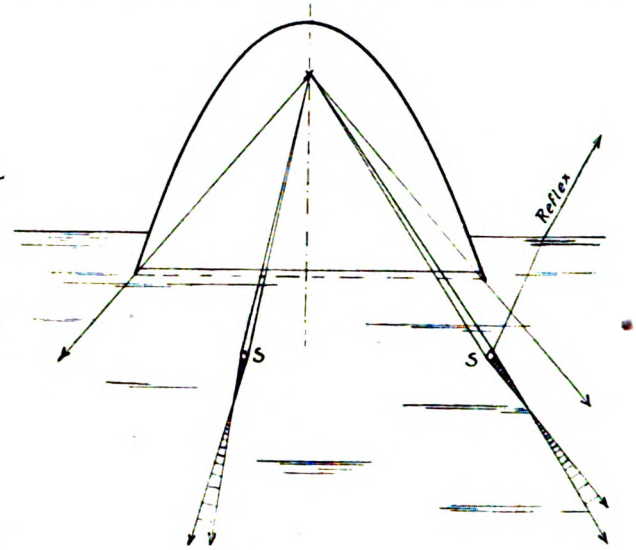


Abb. 2.

der Standpunkt des Beobachters gewählt wurde, desto weniger wirkte die Blendung störend und desto deutlicher war der Grund zu sehen, am besten also von der zweiten Galerie aus. Auch ein unter Wasser durchschwimmender Badediener war sehr deutlich zu sehen und konnte selbst unter Wasser mehrere Meter weit deutlich jeden Gegenstand erblicken. Bei bewegtem Wasser war der Grund auch von der zweiten Galerie aus kaum noch zu erkennen, vom Bassinrand aus wirkte die Blendung so stark, daß auch in der geringen Tiefe von etwa 1·6 m das Bild des Grundes nur hin und wieder aufflackerte. Es wurde dann versucht, den

Abb. 3.

Digitized by Google

Effekt durch Verwendung von Zeiss-Spiegel-Reflektoren mit 750 W-Lampen und durch Verstärkung der hochhängenden Mittellampe auf 1500 W zu verbessern, mit dem Ergebnis, daß die Durchleuchtung von der Höhe betrachtet, verbessert war, aber vom Beckenrande aus die Blendung die Sichtbarkeit des Beckengrundes noch mehr beeinträchtigte. Für die Praxis aber war gerade die deutliche Sichtbarkeit des Grundes vom Bassinrande aus wichtig und es wurde deshalb ein weiterer Versuch gemacht, die Blendung dadurch zu beseitigen, daß eine der Zeiss-Spiegel-Armaturen mit 750 W-Lampe in eine große mit dem Rande etwa 10 cm ins Wasser tauchende Glocke eingeschlossen wurde (Abb. 2). Die Blendung war nun vollkommen beseitigt und auch die Sichtbarkeit des Beckengrundes von dessen Rande aus war, soweit der Lichtkegel reichte, auch bei bewegtem Wasser recht gut, aber es trat wieder die milchige Trübung des Wassers auf, die alles verschwommen erscheinen ließ. Ein unter der Lichtglocke durchschwim-

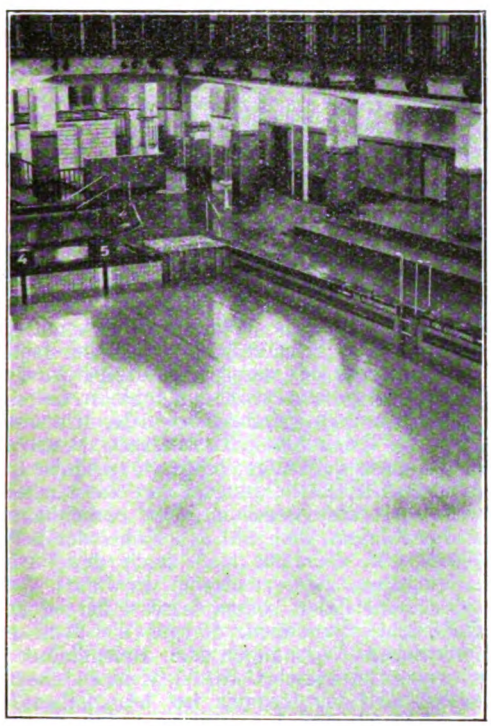


Abb. 4.

mender Badewärter konnte angeblich einen am Grunde liegenden Gegenstand wegen Blendung durch den hellen Grund nicht erkennen.

Diese Lösung wäre bei ganz klarem Wasser, das aber in einem abgeschlossenen Becken, in dem Hunderte von Menschen baden, nicht erreichbar ist, lichttechnisch die beste gewesen. Sie hat aber den Nachteil, daß der Beleuchtungskörper der Lichtquelle, der ja nicht konstant mitten im Wasser hängen kann, im Alarmfalle erst herabgelassen werden muß, also erst in Wirksamkeit treten kann, wenn bereits bekannt ist, daß ein Mensch in Gefahr schwebt oder schon leblos am Grunde liegt, während die Einrichtung doch dazu dienen soll, dauernd die Lage in Gefahr befindlicher Menschen sofort erkennen zu lassen.

Für die Durchleuchtung des bereits fertiggestellten Schwimmbeckens des Amalienbades ergab sich somit als beste Lösung die Verwendung sehr starker hochhängender Lichtquellen, deren Blendwirkung durch Verwendung zerstreuender Ballons auf ein Mindestmaß herabzusetzen war, das heißt also, die Schaffung einer dem zerstreuten Tageslicht möglichst nahekommenden diffusen Beleuchtung. Sie wurde durch die Verwendung der eingangs erwähnten sechs großen Luster und die in zwei Stockwerken entlang den Galerien montierten Deckenlampen, sämtlich mit Pearlgranitglocken, in einer ziemlich volkommenen Weise erreicht, so zwar, daß die Durchleuchtung des Wassers bei künstlichem Licht von der bei Tageslicht sich nicht wesentlich unterscheidet, wozu bemerkt werden muß, daß auch bei hellstem Tageslicht der Grund in den tieferen Teilen des Beckens kaum sichtbar ist.

Der Anblick der Schwimmhalle bei Tageslicht ist in Abb. 3 zu sehen und daraus zu erkennen, daß auch bei vollkommen ruhigem Wasser die dunklen Streifen am Grunde des Beckens nur bis etwa 2·5 m Tiefe zu verfolgen sind. Nur von den Galerien aus und unmittelbar über den tiefen Wasserstellen kann man bei ruhigem Wasser die Streifen, die doch mit dem sonst weißen Grunde stark kontrastieren, gerade noch erkennen, während ein heller menschlicher Körper sicher nicht leicht wahrzunehmen ist. Was aber bei bestem natürlichen Licht nicht zu erreichen ist, kann auch unter gleichen Verhältnissen mit künstlichem Licht nicht erreicht werden. Die bei der vorhandenen elektrischen Innenbeleuchtung aufgenommene Abb. 4 der Halle, bezw. des Schwimmbeckens unterscheidet sich von der bei Tageslicht aufgenommenen Abb. 3 auch nur durch die größere Helligkeit und den Detailreichtum in den Galerien.

Bei bewegtem Wasser ist jedes Bild durch die stets wechselnde Reflexion der Wellen zerrisen und auch in klarstem Wasser nichts erkennbar.

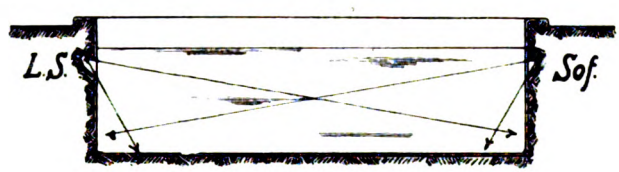


Abb. 5.

Beim Bau eines neuen Bades könnte der Versuch gemacht werden, entlang den tieferen Teilen eines Schwimmbeckens knapp unter dem Wasserspiegel liegende Soffiten anzubringen, deren höchste direkte Strahlen gerade noch die gegenüberliegende Bodenecke erreichen, so daß die Blendung durch Reflexion nach außen vermieden erscheint (Abb. 5).

Das Hauptaugenmerk wäre jedoch auf höchstgetriebene Klarheit des Wassers zu lenken. Auch das ganz reine Wiener Hochquellenwasser besitzt wahrscheinlich wegen des Gehaltes an Kalk, feinsten Luftbläschen und mikroskopischen Organismen nicht jene Reinheit wie das Meereswasser an felsigen Küsten. Bei Capri zum Beispiel oder bei Ragusa sieht man, die Sonne im Rücken, noch in einer Tiefe von 10 bis 12 m jede Muschel und jedes kleine Seetierchen. Die Ursache dieser großen Durchsichtigkeit und Klarheit des Wassers dürfte auf dem Salzgehalt des Meerwassers und in der reinigenden Wirkung durch die Lebenstätigkeit der Seepflanzen beruhen. Auch der Alaunsee bei Komotau in Böhmen ist außerordentlich durchsichtig und es erscheint nicht unmöglich, durch vielleicht geringe und unschädliche chemische Zusätze das Badewasser großer Schwimmbecken so zu klären, daß eine ausreichende Durchleuchtung sowohl bei natürlichem wie künstlichem Licht erreicht werden könnte, also ein lichttechnischer Erfolg auf indirektem Wege zu erzielen wäre.

Digitized by Google

Heimbeleuchtung.

Von Ing. Otto **Herbatschek**, Wien.

(Aus der Werbetätigkeit der städt. Elektrizitätswerke, Wien.)

Die Aufgaben, die sich die moderne Beleuchtungstechnik bis heute gestellt hat und deren Lösung sie mit Erfolg in Angriff nahm, beschränkten sich fast nur auf das Gebiet der reinen Zweckbeleuchtung. Der Grund hiefür ist vor allem darin zu suchen, daß die durch Schaffung zweckentsprechender Beleuchtungskörper und Einführung der für notwendig erachteten Beleuchtungsstärken erzielten Fortschritte hier fast immer zahlenmäßig nachzuweisen sind. Sei es in der zeitgemäßen Fabriksbeleuchtung, bei welcher die Arbeitsleistung mit dem besseren Lichte wächst, bei der Bürobeleuchtung, bei welcher die Verhältnisse ähnliche sind oder bei der modernen Schaufensterbeleuchtung, die eben im Vordergrunde des Interesses steht, immer läßt sich der erhöhte Aufwand für die entsprechend umgestaltete Beleuchtung begründen und daher rein wirtschaftlich betrachtet ohne weiteres rechtfertigen. Es ist deshalb nicht zweifelhaft, daß nach Überwindung jener anfänglichen Schwierigkeiten, die sich jedem neuen Gedanken entgegenzustellen pflegen, in absehbarer Zeit damit zu rechnen ist, den Grundsätzen einer guten und reichlichen Zweckbeleuchtung bei den in Betracht kommenden Kreisen gebührende Anerkennung zu verschaffen.

Anders liegen jedoch die Verhältnisse überall dort, wo ein solcher Nachweis nur schwer oder gar nicht zu erbringen ist. Dies gilt in erster Linie für Räume, die nicht der Arbeit, sondern geselligen Zusammenkünften dienen, also für Restaurants, Kaffeehäuser, Vergnügungsstätten aller Art und andere. Seit jeher waren es gerade die letzteren, die auf reichliche, oft verschwenderische Beleuchtung den größten Wert gelegt haben, wenn diese auch nicht immer als den Grundsätzen der modernen Beleuchtungstechnik entsprechend bezeichnet werden konnte. Denn gerade auf diesem Gebiete findet die belebende, stimmungsbildende Wirkung des Lichtes ihren besten Ausdruck, ihre geeignetste Verwendung, und die einzelnen Unternehmen solcher Art wetteifern, sich darin gegenseitig zu überbieten. Dennoch wäre es verfehlt, zu glauben, daß, ähnlich wie bei der Zweckbeleuchtung, sich auch hier ein zahlenmäßiger Rückschluß auf die Frequenz solcher Lokale ermöglichen ließe; denn es machen sich neben dem des Lichtes andere Einflüsse gewöhnlich so entscheidend geltend, daß die Zahl der Besucher kein Werturteil über die Beleuchtung zuläßt. Trotzdem waren es besonders Gast- und Vergnügungsstätten, bei welchen die Beleuchtungstechnik zum ersten Male Gelegenheit hatte, mit dem Baukünstler gemeinsam ans Werk zu gehen und zwei scheinbar entfernt liegende Gebiete, wie Licht und Architektur, zu einem Ganzen zu vereinen. Daß diese Bestrebungen sich heute bereits allgemein durchzusetzen beginnen, ist in erster Linie Prof. Teichmüller zu danken, der mit seinem Gedanken der „Lichtarchitektur" hier ungemein befruchtend und anregend gewirkt hat[1]). Es ist deshalb auch auf diesem Gebiete der modernen Lichttechnik bereits der Weg geebnet worden.

Leider können bei der Heimbeleuchtung derartige Erfolge bisher nicht verzeichnet werden. Von allen Beleuchtungsproblemen hat man ihr bisher die geringste Aufmerksamkeit oder besser gesagt so gut wie fast gar keine geschenkt. Alles was bisher geschehen ist, erschöpfte sich in einigen schüchternen Hinweisen, wie man eine Wohnung halbwegs zweckmäßig beleuchtet und einigen Faustregeln, die diesen oder jenen Beleuchtungskörper für einen bestimmten Verwendungszweck empfahlen. Solche Hinweise haben gewöhnlich eine nicht ganz richtige Einstellung den in Betracht kommenden Fragen gegenüber, denn das Problem liegt keineswegs so einfach, daß es sich auf solche Weise lösen ließe.

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Hefte 4 und 5.

Auf der Pariser Kunstgewerbe-Ausstellung im Jahre 1925 sah man, vielleicht zum ersten Male, neuartige Wege der Wohnungsbeleuchtung. So originell auch die Lösungen waren, so sehr sie im Bewußtsein der großen Wichtigkeit einer guten Beleuchtung eines Wohnraumes die Aufgabe erfaßten, so mußten sie den weiterblickenden Beleuchtungstechniker doch in einer gewissen Hinsicht unbefriedigt lassen. Denn was dort gezeigt wurde, war nicht allgemein anwendbar, sondern bloß Einzelleistung von allerdings oft hervorragendem Werte. Damit aber war man dem Gesamtproblem kaum einen Schritt nähergekommen, da es sich bei der hier gestellten Aufgabe in erster Linie nicht darum handelt, nur in besonderen Fällen anwendbare Lösungen zu zeigen, die bloß einem kleinen Kreise zugänglich sind, sondern auch solche, mit denen der Allgemeinheit gedient ist; die große Masse der Wohnstätten bliebe, trotz solcher origineller Einfälle, nach wie vor in einem Beleuchtungszustande, der sich, je mehr das Auge an größere Helligkeit gewöhnt ist bezw. nach stärkeren Lichtquellen verlangt, zu einem gesundheitlichen Schaden auszuwachsen droht, denn nirgends werden die Gesetze und grundlegenden Anforderungen einer zweckmäßigen Beleuchtung in solchem Maße mißachtet, wie auf dem Gebiete der Heimbeleuchtung.

Dies kann allerdings nicht wundernehmen, da die nötige Aufklärung in großem Maßstabe bisher fehlte und der Beleuchtung und der mit ihr unmittelbar zusammenhängenden Fragen beim großen Publikum so gut wie keine Aufmerksamkeit geschenkt wurde, trotzdem von der Güte der Beleuchtung Gesundheit, Wohlbefinden und die Schonung des Augenlichtes in so bedeutendem Maße abhängt. Die Beleuchtungskörper werden gewöhnlich nur nach ihrem Aussehen, dem persönlichen Geschmack des Käufers, dem Stil der Möbel des betreffenden Raumes und vielleicht auch noch der Farbe der Wände, Vorhänge oder anderem gewählt; auf den Zweck, den sie erfüllen sollen, wird dabei so gut wie keine Rücksicht genommen. Darum ist auch in den durchschnittlichen Wohnungen die Beleuchtung kaum ein belebendes, anregendes Mittel, sondern eher eines, das die Eigenart des Raumes bei künstlichem Lichte vollkommen ins Gegenteil derjenigen bei Tage umkehrt. In der überwiegenden Zahl aller Fälle erfüllt eine solche Beleuchtung weder den rein praktischen Zweck, die Gegenstände deutlich und klar erkennen zu lassen, noch den künstlerischen, durch Licht dem Raum ein angenehmes, einladendes, wohnliches Aussehen zu geben.

Diesem doppelten Zwecke der Wohnbeleuchtung tragen die meisten, derzeit auf dem Markt befindlichen Beleuchtungskörper auch nicht genügend Rechnung. Entweder ist die künstlerische Seite auf Kosten der lichttechnischen Anforderungen zu sehr in den Vordergrund gerückt oder es werden Zweckarmaturen mit geringfügigen Änderungen zu Wohnbeleuchtungskörpern umgestaltet, die dann einen kalten nüchternen Eindruck machen. Denn außer für einige Nebenräume, wie Badezimmer, Küche und anderen lassen sich reine Zweckarmaturen in der Wohnung nicht verwenden. Damit entzieht sich aber dieses Gebiet zum größten Teile der rechnungsmäßigen Behandlung des gestaltenden Lichttechnikers und es muß Erfahrung, geschulter Blick und nicht zuletzt ein gewisses künstlerisches Empfinden an ihre Stelle treten, um diese Aufgaben bewältigen zu können.

P. Heyck und andere haben wiederholt darauf hingewiesen, wie sehr der Lichttechniker außerhalb der Linie der anderen technischen Disziplin steht, vor allem dann, wenn er sich mit Problemen zu befassen hat, die über das rein Zweckmäßige hinaus auch bestimmte

Digitized by Google

schönheitliche Anforderungen stellen.[2]) Dies ist hier schon deshalb der Fall, weil es natürlich nicht angängig ist, für einen bestimmten Zweck, wie zum Beispiel Schlaf- und Speisezimmerbeleuchtung, einen ganz bestimmten Beleuchtungskörpertyp als den besten und zweckmäßigsten zu empfehlen, sondern je nach den Anforderungen hinsichtlich Geschmack und Ausstattung der eine oder andere als geeignet angesprochen werden kann. Es tritt gerade hier der eigentliche Gegensatz zwischen reiner Zweckbeleuchtung und Wohnbeleuchtung deutlich in Erscheinung. Bei ersterer ist es einwandfrei möglich, nach Festlegung der Richtlinien für ein bestimmtes Anwendungsgebiet eine bestimmte Armatur als die beste bloß auf Grund von Messungen zu bezeichnen. Daß ein solcher Vorgang bei jeder Wohnbeleuchtung auf Schwierigkeiten stößt ist selbstverständlich, da neben den lichttechnischen Qualitäten persönlicher Geschmack, Preis und andere Faktoren für die Wahl eines derartigen Beleuchtungskörpers ausschlaggebend sind. Unter Umständen kann zu Gunsten letzterer manchmal sogar gute Lichtausbeute bezw. guter Wirkungsgrad etwas vernachlässigt werden, da er hier keine so bedeutende Rolle spielt wie bei der Zweckbeleuchtung, wenn nur vor allem der grundlegendsten Forderung, der Vermeidung der Blendung, Rechnung getragen wird. Mehr als sonst wird gerade auf dem Gebiete der Heimbeleuchtung in diesem Punkte gesündigt und wenn eine eine Werbung für eine solche keinen anderen Erfolg aufwiese, als die Blendung aus den Wohnungen zu bannen, so hätte sie damit den größten Teil der ihr gestellten Aufgabe bewältigt. Denn nackte, klare Lampen werden noch immer in der überwiegenden Zahl aller Fälle auch dort verwendet, wo das Auge unmittelbar von ihren Strahlen getroffen wird (siehe Abb. 4 *a*) und selbst bei Beleuchtungskörpern, bei denen die Lichtquelle von Seiden- oder Glasschirmen umgeben ist, geschieht dies oft so unvollkommen, daß trotzdem Blendung nicht vermieden werden kann. Es muß daher mit allem Nachdruck gefordert werden, die Lichtquelle vollkommen dem Auge des Beschauers zu entziehen und keine Lampe ohne schützende Hülle zu verwenden; dort wo dies aus irgendwelchen Gründen dennoch notwendig erscheint, sind nur Lampen mit Opalglasglocke zulässig, die, wenn sie auch die Blendung nicht vermeiden, sie doch auf ein erträgliches Maß herabsetzen. Auch einer anderen Forderung muß in Zukunft mehr Beachtung geschenkt werden, nämlich der, nach Erhellung nicht nur eines bestimmten Teiles, sondern des ganzen Raumes. Ihr läßt sich zum Beispiel bei Wohnzimmerbeleuchtung (siehe Abb. 2) am besten dadurch Rechnung tragen, daß ein Beleuchtungskörper Anwendung findet, der sowohl direktes als indirektes Licht aussendet unter der Voraussetzung, daß der Anteil des ersteren überwiegt. Dadurch erhält zum Beispiel die Tischfläche die notwendig größte Beleuchtungsstärke, der übrige Raum eine entsprechend niedrigere, aber dennoch ausreichende, um alle Gegenstände in ihm erkennnen zu können. Infolgedessen gewinnt er nicht nur an Wirkung, sondern den hygienischen Anforderungen wird dabei am besten entsprochen, da die Adaptierung des Auges in diesem Falle keine besondere Anstrengung mehr erfordert. Eine solche Allgemeinbeleuchtung begünstigt aber auch die Aufhellung harter Schatten und vermeidet unter Umständen Schlagschatten dort, wo solche bei reiner Platzbeleuchtung entstehen würden. Allerdings sind an manchen Stellen die vorhandenen Beleuchtungsstärken trotzdem unzureichend und es muß daher an eine Sonderbeleuchtung geschritten werden, wie zum Beispiel beim Spiegel (siehe Abb. 3), Anrichtetisch (siehe Abb. 2) usw. Es ist selbstverständlich, daß diese Anforderungen, auf die einzelnen Räume des Hauses angewendet, verschiedene Lösungen ergeben, deren Erläuterung jedoch hier zu weit führen würde.

Um nun die breite Masse für diesen Gedanken zu gewinnen, ist es vorerst notwendig, Beleuchtungskörper zu schaffen, die den lichttechnischen Grundregeln im allgemeinen und den für ihren besonderen Verwendungszweck an sie gestellten Forderungen im besonderen entsprechen, um damit die nötigen praktischen Unterlagen für die folgende Arbeit zu besitzen. Ähnlich wie bei den Werbefeldzügen für Industrie-, Büro- oder Schaufensterbeleuchtung praktisch brauchbare Leuchten bereits vorlagen, bevor mit einer großen Propaganda eingesetzt wurde, muß auch hier zunächst mit den Erzeugerfirmen gemeinsam vorgegangen werden; das bedeutet, daß diese den Forderungen einer guten Beleuchtung als erste verständnisvoll gegenüberstehen müssen.

Leider beweist die Praxis, daß das bisher nur bei ganz wenigen Firmen der Fall war. Stets ist von seiten der Erzeuger der Einwand zu hören, daß Wohnbeleuchtungskörper, die nach den modernen lichttechnischen Grundsätzen hergestellt werden, keine gangbare Ware bilden und sich daher nur ganz große Unternehmen auf derartige „Experimente" einlassen können. Diese Entgegnung entbehrt deshalb nicht einer gewissen Berechtigung, weil die Herstellungskosten veralteter Beleuchtungskörper gewöhnlich infolge der jahrelangen Erfahrungen und des noch immer großen Absatzes bedeutend geringere sind, als die eines modernen und deshalb auch jene Kreise, die auf einen relativ billigen Beleuchtungskörper angewiesen sind, zu Stücken zu greifen gezwungen werden, die alle lichttechnischen Forderungen geradezu ignorieren. Anderseits kann vom Käufer heute noch nicht verlangt werden, solche Erzeugnisse abzulehnen, da er von den Anforderungen und Vorteilen einer guten Beleuchtung keineswegs durchdrungen und daher das Richtige zu wählen nicht imstande ist. Deshalb ist es erforderlich, daß sich die Erzeugerfirmen auf die lichttechnischen Forderungen mehr als bisher einstellen und darangehen, nicht nur diesen entsprechende Erzeugnisse auf den Markt zu bringen, sondern sie auch zu einem Preise zu liefern, der auch für weniger bemittelte Kreise als erschwinglich bezeichnet werden kann. Der Erfolg wird dann ebensowenig ausbleiben, wie bei der Erzeugung von modernen Industrie-, Büro- und Schaufensterbeleuchtungsarmaturen.

In großen Zügen scheinen damit die Maßnahmen umrissen, die getroffen werden mußten, um auch die so sehr vernachlässigte Heimbeleuchtung auf neuer, zeitgemäßer Grundlage umgestalten zu können. Wie schon oben angedeutet, sind allerdings die Methoden, die angewendet werden müssen, um für diesen Gedanken erfolgreich zu werben und das große Publikum, das hier eigentlich die gesamte Bevölkerung darstellt, zu erfassen, andere als die bisher beschrittenen; bei allen größeren Werbeaktionen für reine Zweckbeleuchtung — von denen in Österreich die für Schaufenster-Lichtwerbung in Durchführung sich befindet[3]) — handelt es sich lediglich um die Erfassung eines bestimmten, der Zahl nach beschränkten Kreises, an den durch Verbände, Organisationen usw. verhältnismäßig leicht herangekommen werden kann. Dazu kommt, daß bei solchen Interessenten ein neuer Gedanke heute auf fruchtbaren, vorbereiteten Boden fällt, da das Wirtschaftsleben darauf angewiesen ist, überall nach Mitteln Ausschau zu halten, um die Produktion zu verbessern und zu verbilligen sowie den Umsatz zu vergrößern. Alle diese, jeder möglichen Verbesserung von selbst zuneigenden Faktoren entfallen aber bei einer Werbung für Heimbeleuchtung, bei welcher es zunächst notwendig erscheint, überhaupt erst den Sinn für Beleuchtungsfragen zu wecken und zu einigem Nachdenken anzuregen. So wertvoll dabei die Mitarbeit gewisser Verbände, wie der Hausfrauenorganisationen usw. ist: ganze Arbeit kann durch sie nicht geleistet werden, da sie stets nur einen verhältnismäßig kleinen Teil der Gesamtheit erfassen können. Es ist deshalb nötig, daß eine Stelle eine solche Organisation in die Hand nimmt und planmäßig Jahre hindurch bearbeitet, die imstande ist, mit sämtlichen Verbrauchern des elektrischen Stromes leicht in Fühlung zu treten. Darum ist es selbstverständlich, daß

[2]) P. Heyck: „Beleuchtungskunst", Die Lichttechnik 1926, S. 1.

[3]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Heft 7, S. 81.

Digitized by Google

in erster Linie die Elektrizitätswerke berufen sind, das Verständnis für die Notwendigkeit einer guten Heimbeleuchtung in weitesten Kreisen zu wecken.

Aus diesen Erwägungen heraus, haben sich die Wiener Städt. Elektrizitätswerke veranlaßt gesehen, auch dem Gebiete der Heimbeleuchtung ihre besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Um zunächst eine genügende Zahl den modernen Anforderungen annähernd entsprechender Beleuchtungskörper in den Räumen der Werke unterbringen zu können, wurde der schon früher ins Leben gerufene Lusterverkauf in neue, eigens für diesen Zweck ausgestaltete Säle untergebracht (Abb. 1) und die Auswahl der einzelnen Stücke nach lichttechnischen Gesichtspunkten vorgenommen. Dabei wurde besonderer Wert daraufgelegt, neben großen Objekten auch solche zu führen, die bei Erfüllung aller Anforderungen doch zu erschwinglichen Preisen hergestellt werden können. Daneben wurde auch eine Reihe veralteter, unzweckmäßiger Luster zur Schau gestellt, um die Einstellung der Käufer praktisch studieren zu können. Das Verkaufspersonal wurde mit den Grundregeln guter zweckmäßiger Heimbeleuchtung vertraut

Abb. 1.

gemacht und angewiesen, jedem einzelnen Besucher auf die Vorteile einer solchen eindringlichst aufmerksam zu machen; dabei wurde besonderer Wert daraufgelegt, vor allem die Blendung wirksam zu bekämpfen.

Die während einer Verkaufssaison gemachten Erfahrungen waren äußerst lehrreiche und gaben die Grundlagen für die weitere planmäßige Bearbeitung des Gebietes. Es zeigte sich unter anderem, daß trotz lichttechnischer Beratung durch die Verkäufer immer wieder den veralteten Typen der Vorzug gegeben wurde, oft mit der Begründung, daß man bei diesen die Lichtquelle „sieht" und diese daher „lebendig" wirke, während sie bei den modernen verdeckt wurde und daher keinen glitzernden, schillernden Effekt hervorzubringen imstande war. Dabei darf das schon erwähnte Moment allerdings nicht übersehen werden, daß veraltete Typen im Durchschnitt billiger waren, als moderne und der Preis der Anschaffung fast immer in erster Linie für die Wahl entscheidenden Ausschlag gab.

Es wurde mit den namhaften Erzeugerfirmen Fühlung genommen und Anregungen wegen Herstellung einfacher, zweckentsprechender, lichttechnisch richtiger Beleuchtungskörper gegeben; dabei fand sich auch Gelegenheit, richtungweisend dort einzugreifen, wo bisher praktisch gute Lösungen überhaupt noch nicht vorlagen. Daß neben den auf diese Weise geschaffenen neuen Modellen aus wirtschaftlichen Gründen auch die veralteten vorläufig im Handel bleiben, ist allerdings unvermeidlich, doch ist damit zu rechnen, daß mit dem Fortschreiten der Aufklärungsarbeit letztere bald zum Verschwinden gebracht werden können. Diese Aufklärungsarbeit, die von nun an ständige Aufgabe der Städt. Elektrizitätswerke sein soll, ist zunächst in der Weise gedacht, daß ähnlich wie es bereits gegenwärtig bei der Propagierung elektrischer Wärmegeräte für den Haushalt geschieht, die Konsumenten durch Plakate, Flugblätter und anderem zu Vorträgen über zweckmäßige Heimbeleuchtung eingeladen werden. Bei diesen sollen nach kurzen Erläuterungen über die Anforderungen und Vorteile einer solchen an Hand von Lichtbildern die Anwendungsarten in den einzelnen Räumen des Hauses, so wie Sonderbeleuchtung, durchbesprochen bezw. in den Grundlinien festgelegt werden. Allzustarkes Eingehen ins Detail muß daher möglichst vermieden und zunächst nur der Sinn für die Notwendigkeit einer guten Beleuchtung bei der Zuhörerschaft geweckt werden. Da eine solche in nicht geringem Maße auch von der Farbe des Raumes, seiner Decke, Wände usw. abhängt, muß auch hierüber einiges erwähnt und allgemeine Richtlinien darüber festgelegt werden. Mit diesen Vorträgen ist eine Besichtigung des Lustersaales und eines dort gegenwärtig in Vorbereitung befindlichen lichttechnischen Kabinetts verbunden, in welch letzterem die besten Vertreter jeder Gruppe von Wohnbeleuchtungskörpern, also je 1 bis 2 Speise-, Schlaf-, Herrenzimmerluster, ebenso eine vorbildliche Spiegelbeleuchtung und andere ausgestellt werden.

Die Auswahl dieser Stücke wird durch ein Preisausschreiben erfolgen, das die städtischen Elektrizitätswerke in den nächsten Wochen unter den Lusterfirmen Wiens zu veranstalten gedenken, bei welchem die von den Firmen eingereichten und durch eine Jury nach bestimmten, vorher festzulegenden Richtlinien zu prüfenden Erzeugnisse in einem im Zentrum der Stadt gelegenen Lokal zur Aufstellung gebracht werden. Das Publikum soll nun aus diesen, den lichttechnischen Anforderungen entsprechenden Stücken durch Abgabe eines Stimmzettels selbst die Wahl des besten, zweckmäßigsten und schönsten treffen.

Welche bedeutende Werbekraft öffentlichen Schaustellungen auch auf diesem Gebiete innewohnt, hat die Ausstellung „Wien und die Wiener" neuerdings bewiesen, bei welcher die Städt. Elektrizitätswerke im Rahmen ihrer Objekte in neuartiger Weise gute und schlechte Beleuchtung in Gegenüberstellungen vorführten.

Digitized by Google

Abb 2*a*.

Abb. 2*b*.

Abb. 3*a*.

Abb. 3*b*.

Abb. 4*a*.

Abb. 4*b*.

Digitized by Google

Die dazu verwendeten, vom akad. Maler Wilke ausgeführten Bilder, zeigten neben Beispielen aus der Industrie-, Büro- und Schaufensterbeleuchtung je eine gute und schlechte Wohnzimmer-, Spiegel- und Küchenbeleuchtung (Abb. 2 bis 4). Durch eine sinnreiche Apparatur erschienen in gleichen Ausschnitten abwechselnd, in der Zeitfolge von etwa 5 sec, die Darstellungen „gut" und „schlecht", während über denselben die dazugehörigen Erläuterungen auf einer transparenten Tafel angebracht waren. Um einen Begriff davon zu vermitteln, in welcher schlagwortartigen Weise sich das Wesentliche der Bilder zusammenfassen ließ, sollen die Texte hier wiedergegeben werden:

Abb. 2 *a*. Wohnraumbeleuchtung „schlecht": Tischfläche ungenügend, Buffet nicht beleuchtet, störende Schatten, Blendung, unbehaglich.

Abb. 2 *b*. Wohnraumbeleuchtung „gut": Gleichmäßige, reichliche und blendungsfreie Erhellung des ganzen Raumes, behaglicher Eindruck.

Abb. 3 *a*. Spiegelbeleuchtung „schlecht": Die Person steht zwischen Beleuchtungskörper und Spiegelfläche, daher Gesicht im Schatten, schlechtes Sehen.

Abb. 3 *b*. Spiegelbeleuchtung „gut": Ausreichende, gleichmäßige schattenfreie Beleuchtung der Person durch diffuse Beleuchtungskörper.

Abb. 4 *a*. Küchenbeleuchtung „schlecht": Blendende störende Schatten an der Decke, Schlagschatten durch hantierende Person am Abwaschtisch.

Abb. 4 *b*. Küchenbeleuchtung „gut": Blendungsfreie, gleichmäßige Beleuchtung des ganzen Raumes, zusätzliche Beleuchtung des Abwaschtisches.

Daß die dort gegebene Anregung Widerhall gefunden hat, beweisen die zahlreichen Anfragen wegen beleuchtungstechnischer Beratung, die in der Folge bei den städt. Elektrizitätswerken einliefen.

Wenn es durch die hier skizzierten Mittel auch nicht möglich ist, in kurzer Zeit eine Verbesserung der Heimbeleuchtung herbeizuführen, sondern die aufklärende Tätigkeit von Jahren erforderlich sein wird, um einige Erfolge erzielen zu können, so darf nicht verkannt werden, daß es sich hier um eines der am schwierigsten zu bearbeitenden Gebiete der praktischen Beleuchtungstechnik handelt. Es bedürfen daher auch die Maßnahmen, die die Städt. Elektrizitätswerke getroffen haben, der Unterstützung aller interessierten Kreise, um das volle Gelingen einer, der Allgemeinheit in so hohem Grade nützlichen Angelegenheit zu ermöglichen. Es soll daher auch an dieser Stelle die Forderung erhoben worden, Licht und Beleuchtung in den Schulen den ihnen gebührenden Platz im Lehrplan einzuräumen. Geschieht dies, dann wird die nächste Generation die heute noch schwer durchzuführenden Forderungen nach guter Beleuchtung als eine Selbstverständlichkeit betrachten und diese nicht mehr als Luxus, sondern als Notwendigkeit empfinden.

Rundschau.

Hochspannungsspeisung für die Straßenbeleuchtung. D. Troquet macht den Vorschlag, als Verteilspannung bei der öffentlichen Beleuchtung 3000 V Wechselstrom zu verwenden und jede einzelne Lampe über einen kleinen Transformator an die Hochspannung anzuschließen. Eine durchgeführte Vergleichsrechnung für Straßenbeleuchtung durch 525 W Lampen, die alle 70 m angeordnet sind, gibt für die Verwendung von Transformatorstationen und 2 × 110 V Kabel mit Nulleiter bezw. für 3000 V Kabel und Einzeltransformatoren folgende Ergebnisse:

Verteilsystem	2 × 110 V + Nulleiter		3000 V	
Ges. Streckenlänge in m	700	1 260	700	1 260
Leitungsverluste in W	150	255	40	130
Transformatorverl. in W	230	390	440	750
Gesamtverluste in W . .	380	645	480	880
Errichtungskosten frs. . .	66 000	180 100	47 000	81 800
Verlustkosten[1]) frs. . . .	865	1 450	1 090	2 010
Laufende Kosten[2]) in frs.	7 465	19 550	5 790	10 190

[1]) Bei 3800 h/Jahr und 0·60 Frcs./kWh in Frcs.
[2]) Verlustkosten + 10 vH Amortisation.

Trotzdem somit die Verluste bei 3000 V wesentlich höher sind, was durch die größeren Verluste und den schlechteren Leistungsfaktor der Einzeltransformatoren bedingt ist, sind sowohl die Errichtungskosten, wie auch die laufenden Kosten niedriger. — Die Compagnie Ouest Lumière hat eigens für diesen Zweck eine Transformatortype entwickelt, die in einem (den Kabelkasten ähnlichen) Kasten untergebracht ist und für unterirdische Anordnung geeignet ist. Der Anschluß des Transformators an das 3000 V Kabel geschieht über Hochspannungs-Schmelzsicherungen, die ebenso wie die Niederspannungssicherungen im Transformatorkasten untergebracht sind. f. f.

(Revue Générale de l'Electr., Bd. 21, Nr. 15, 1927.)

Beleuchtung und Höchstleistung in der Handsetzerei. Eine der Hauptaufgaben der Britischen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft, deren Lösung zu gesetzlichen Verordnungen führen soll, ist die der Bestimmung jener Beleuchtungsstärke, bei der eine gegebene industrielle Arbeit möglichst rationell durchführbar, die erreichte Produktion in Menge und Güte ein Optimum ist. Das Britische Ministerium des Innern verlangte eine solche Untersuchung für die Handsetzerei, H. C. Weston, Mitglied des Komitees für die Untersuchung der Ermüdung in industriellen Betrieben und A. K. Taylor vom Nat. Phys. Lab. führten sie in einem größeren Druckereibetriebe unter Überwachung seitens zweier Mitglieder der Buchdruckereigenossenschaft durch. Das wichtigste Ergebnis war das folgende: Die Beleuchtungsstärke hat rund 240 HLx zu betragen, wenn die Produktion bei künstlichem Licht jene bei Tageslicht erreichen, und die Anzahl der gleichzeitig aufgetretenen umgekehrten Lettern (Fliegenköpfe) einem bestimmten Minimum nahekommen soll. Eine derartige Produktion muß zum Beispiel in Zeitungsdruckereien gefordert werden, da dort der Nachtbetrieb nicht zu umgehen ist. Angesichts des Umstandes, daß so hohe Beleuchtungsstärken gegenwärtig bei weitem nicht anzutreffen sind, wirft sich sofort die Frage auf, ob die Kosten der Umstellung der gegenwärtigen Beleuchtungsanlagen in Handsetzereien auch wirklich unter dem Gewinn aus der erzielten Mehrproduktion bleiben; die Einrichtung einer Platzbeleuchtung mit modernen Blechreflektoren läßt dies als durchaus wahrscheinlich einsehen. Die Beleuchtungsstärke von rund 240 HLx allein genügt allerdings nicht; es müssen noch die sonstigen Bedingungen einer guten Lichtverteilung erfüllt sein, wie Blendungsfreiheit, Gleichmäßigkeit und richtige Schattengebung. Da scharfe Schatten die rasche Erkennung der Lettern begünstigen, so kann nur direkte Beleuchtung gewählt werden. Zu diesem Zwecke kamen anfangs konische, hierauf sogenannte Werkstattreflektoren aus innenemailliertem Blech in Verwendung, die mit gasgefüllten Lampen versehen waren. Um die Blendung auszuschalten, wurde die Vorschrift, den Lichtpunkt bei weniger als 2 m Entfernung vom Arbeitenden unter einem 30 Grad übersteigenden Winkel zur Horizontalen, vom Auge aus gesehen, anzuordnen, streng eingehalten und außerdem gab es nur halbmattierte Glühlampen. Die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung über der ganzen Arbeitsfläche ließ sich durch entsprechende Entfernung der Lampen erreichen. Die Untersuchungen fanden in einem kleinen Büro statt und zwei Setzer waren dabei nebeneinander beschäftigt, jedoch nur am Dienstag und Mittwoch, um gewissen Wirkungen des Wochenendes zu entgehen. Die Arbeit bestand in der Herstellung kommerzieller Drucksorten in

Digitized by Google

der sehr kleinen Nonpareilleschrift. Die Lettern, schon gebraucht, gaben wenig Anlaß zu Blendung durch spiegelnde Reflexion des Lichtes an ihren metallischen Flächen. An sieben Stellen der nebeneinander aufgestellten zwei Paare von Lettern- und Setzkasten fand die Messung der Beleuchtungsstärke statt, nämlich je am unteren Ende der beiden Kastenarten an immer drei Stellen und dann noch zuoberst zwischen den beiden Letternkasten. In der Arbeitszeit zwischen 9 bis 12 Uhr 30 min und 13 Uhr 30 min bis 17 Uhr wurden jede halbe Stunde die Leistungen der Setzer aufgezeichnet; desgleichen die Fehler, insbesondere die Anzahl der „Fliegenköpfe", da ja das nicht sofortige Erblicken der Kerben in den Lettern ein Zeichen von unangemessener Beleuchtung ist. Ferner werden genau unter den gleichen Umständen die gleichen Aufnahmen bei Tageslichtsetzarbeit, mit der die unter künstlicher Beleuchtung verglichen werden soll, gemacht. Hiebei betrug der mittlere Tageslichtfaktor 7·5 vH, da Oberlicht vorhanden war, und die Beleuchtungsstärke schwankte zwischen 252 und 6000 HLx; die 252 HLx dauerten durch 1 Stunde und in der übrigen Zeit gab es immer mehr als 600 HLx. Die Abb. 1 stellt diese Aufnahmen graphisch dar. Die Leistung des Setzers ist in Ens je Stunde angegeben, wobei 1 En, die Breite des Buchstabens n als Maßeinheit für die mittlere Buchstabenbreite gilt. Die Fehler sind in vH der stündlichen Leistung angegeben; die Anzahl der „Fliegenköpfe" in vH der Fehlerzahl ausgedrückt, sank von 24 bis auf 10·48. Es zeigte sich noch die folgende Adaptionserscheinung: Beim Übergang vom Tageslicht zur künstlichen Beleuchtung an Winter-

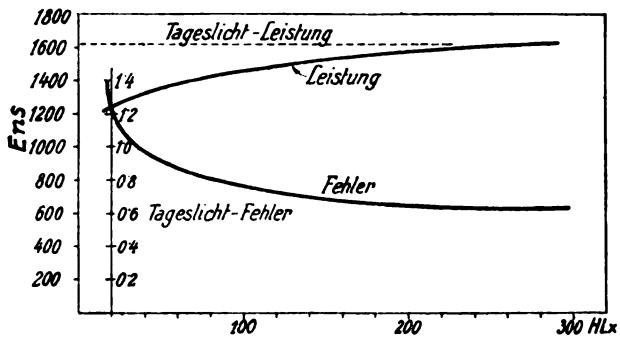


Abb. 1.

nachmittagen trat immer sofort ein Sinken der Leistung ein und erst nach einer Stunde wurde die normale Leistung wieder erreicht. Ferner stand es am zweiten Arbeitstage jedesmal besser mit der Leistung als am ersten, was auf das Bestreben der Setzer zurückzuführen ist, ihre normale Leistung zu erreichen. Die Ermüdung ließ sich an der mittleren Fehlerzahl je Halbtag in vH der gleichzeitigen Leistung beurteilen; bei der schwächsten Beleuchtung war sie tatsächlich am größten. Der Verlauf der Leistung während eines Tages zeigt ganz deutlich wellenartige Schwankungen, was auf einen impulsiven Charakter der Arbeitsmethode hindeutet und von der Beleuchtung unabhängig ist. Bei der ersten Beleuchtungsstufe 15·6 HLx verspürten die Setzer selbst die Ermüdung sehr empfindlich; weniger bei den folgenden Stufen 78·6, 168 HLx, während sie bei 294 HLx trotz guter Abblendung erklärten, ein Gefühl der Blendung zu haben, das wohl mehr auf das unbehagliche Bewußtsein zurückzuführen sein mag, bei ungewöhnlich starker Lichtquelle zu arbeiten. Zusammenfassend möge noch an Hand der Abb. 1 auf die folgenden Ergebnisse hingewiesen werden: 240 HLx lassen bei guter lichttechnischer Ausführung der Anlage die Tagesleistung erreichen; bei 24 HLx geht ¼ der Leistung verloren, die Fehlerzahl ist die doppelte, die Ermüdung sehr fühlbar; ähnlich verhält es sich bei 84 HLx und 10 vH Leistungsverlust. Mit wenig Ermüdung und Produktionsverlust arbeitet es sich bei 120 HLx, das als brauchbarer Wert zu nehmen wäre, wenn höhere Luxzahlen schon ökonomisch unvorteilhaft empfunden würden. Spätere Untersuchungen über die ökonomische Seite der Beleuchtungssteigerung lieferten gute Resultate. Will man nämlich auf dem Stand der Tagesproduktion auch bei künstlicher Beleuchtung bleiben, so müßte die Zahl der Arbeitenden vergrößert werden; der damit verbundene Lohnaufwand übersteigt die Kosten der erhöhten Beleuchtung beträchtlich. Der Kostenaufwand für die Mehrbeleuchtung beläuft sich nur auf 1·7 vH der Lohnsumme. O—k.

(The Illuminating Engineer, Bd. 20, 1927.)

Lampenspannung und Beleuchtungsstärke von Innenräumen. Der Zusammenhang von Spannungsdifferenzen im Netz und der resultierenden Beleuchtungsstärke in einem geschlossenen Raume war schon oft Gegenstand von Untersuchungen, jedoch nur hinsichtlich der direkten Abstrahlung der Lampe; Balbino del Nuncio hat sich ergänzend mit der Beeinflussung des von der Decke und den Wänden der betrachteten Stelle zukommenden Lichtstromes beschäftigt. Bezeichnet man mit ϱ den Reflexionsfaktor einer Wandfläche, mit e deren Flächenhelle, so geht die Beleuchtungsstärke aus der Gleichung

$$E = c_1 \varrho e$$

hervor; oder da noch

$$e = c_2 I_\varphi / a^2,$$

wenn I_φ die Lichtstärke in der Richtung φ zur Flächennormalen und a der senkrechte Abstand der Flächenstelle von einer Wand ist, bekommt man

$$E = K \varrho I_\varphi \text{ mit } K = c_1 c_2 / a^2.$$

Während sich nun die Lichtstärke I_φ gleichsinnig mit der Spannung E ändert, kann sich der Reflexionsfaktor ϱ im gleichen oder im entgegengesetzten Sinne ändern, je nach der Farbe der Wände. Es läßt sich der Zusammenhang zwischen den beiden Größen E und φ demnach nur auf dem Weg der Messungen finden; diese Messungen wurden in einem Zimmer des elektrotechnischen Institutes in Padua ausgeführt, unter Benützung verschiedenfarbiger Anstriche.

Von Einfluß auf die Untersuchungen waren: 1. Die Art der diffusen Reflexion der Wände, ob vollkommen oder nicht; 2. die Anordnung der Lichtquellen; 3. die Meßmethode; 4. die spektrale Beschaffenheit des von der Wand diffus reflektierten Lichtes. Die Lichtverteilungskurve der Wandabstrahlung zeigt vollkommen diffuse Reflexion in allen Richtungen mit Ausnahme der Nachbarschaft des zum einfallenden Lampenstrahle gehörigen regelmäßig reflektierten Strahles. Man wird demnach, da es sich nur um das diffus reflektierte Licht handelt, bei Messung der Beleuchtungsstärke hier die Achse des Photometers immer normal zur Wand einstellen; der Anteil des reflektierten Lichtstromes ist übrigens vernachlässigbar. Ferner mußten dem verwendeten Weberschen Photometer passende Lichtfilter vorgeschaltet werden; Luckiesh bekam zum Beispiel nach der Gleichheitsmethode ohne Farbenfilter und der Flimmermethode, bei der die spektrale Zusammensetzung des diffus reflektierten Lichtes Berücksichtigung findet, um rund 100 vH verschiedene Werte für ϱ. Das Verhältnis der Reflexionsfaktoren ϱ' und ϱ'' zweier von dem gleichen Lichstrom bestrahlter Wände ergab sich dann aus

$$\varrho' / \varrho'' = d_1^2 / d_2^2,$$

wenn d_1 und d_2 die Ablesungen am Weberschen Photometer bezeichnen. Die unter Kohlefaden- und Wolframlicht ausgeführten Messungen an einem grünen, roten, gelben und grauen Anstrich ergaben in den graphischen Darstellungen des Reflexionsfaktors und der Lampenspannung ein sehr leichtes Ansteigen des ϱ-Wertes mit wachsender Spannung bei Grau, ein kräftigeres Ansteigen bei den anderen Farben.

Ein zweiter wichtiger Zusammenhang, graphisch durch gerade Linien dargestellt, besteht zwischen dem Reflexionsfaktor ϱ und dem spezifischen Wattverbrauch je Lux und m²; je größer ϱ, desto kleiner der erwähnte Wattverbrauch. Da nun schon ein geringes Herabgehen des Reflexionsfaktors ein Steigen des eben genannten Wattverbrauches bedingt, ein geradezu übermäßiges bei Kohlefadenlicht, so muß dem Altern der Wände genau

Digitized by Google

so eine Grenze gesetzt werden, wie dem Altern der Lampen. Um aber die tatsächlichen Werte des Reflexionsfaktors jeweils zu erhalten, muß man seinen absoluten Wert für ein bestimmtes Material kennen, zum Beispiel für Gips im monochromatischen Licht. Es geschah dies so, daß in einem Gipswürfel eine kugelförmige an der Wandung sorgfältig geglättete Aushöhlung ausgearbeitet wurde: durch eine kreisförmige Öffnung fällt das Licht der Glühlampe, eine andere um 90° versetzte Öffnung dient zur Beobachtung. Der von der kugeligen Wandung erstmals zurückgeworfene Lichtstrom ist $\Phi_0 = \delta \cdot \Phi$, wenn δ und Φ den Reflexionsfaktor des Gipses bezw. den von der Lampe in die Höhlung gesandten Lichtstrom bezeichnen. Φ_0 breitet sich über die ganze Höhlungsfläche S_0 aus, Φ_1 auf der von S_0 nach Abzug der der Schauöffnung entsprechenden Kugelkalotte verbleibenden Fläche S_1; somit

$$\Phi_1/\Phi_0 = S_1/S_0.$$

Φ_1 wächst aber durch die unbegrenzt vielen Reflexionen an S_1 zum diffus reflektierten Gesamtlichtstrom

$$S_1 \delta \Phi/S_0 + (S_1 \delta/S_0)^2 \cdot \Phi + \ldots = S_1 \delta \Phi/S_0 (1 - S_1 \delta/S_0)$$

an, aus welchem durch Division mit der Fläche S_1 und Multiplikation mit dem Reflexionsfaktor δ die mittlere Leuchtdichte B_1 auf der Höhlungswandung hervorgeht. Ähnlich erhält man die Leuchtdichte (Flächenhelle) B_2 zum Beispiel bei vergrößerter Schauöffnung oder verkleinerter Fläche S_2. Aus diesen beiden Werten B_1 und B_2 folgt der gesuchte Reflexionsfaktor mit

$$\delta = \frac{S_0 (B_2 - B_1)}{B_2 S_2 - B_1 S_1}.$$

Die Messungen wurden mit einem Lummer-Brodhunphotometer ausgeführt, nachdem zuvor von der Vergleichslampe und der leuchtenden Öffnung der Gipskugel vermittelst Linsen von den Aperturen a_1 bezw. a_2 auf je eine der beiden zu Seiten des Photometerkopfes liegenden mattierten Glasscheiben ein gleichgroßes Bild entworfen worden war. Die Entfernungen dieser Glasscheiben vom Gipsschirm im Photometerkopf seien d_1 bezw. d_2. Man bekommt dann die gesuchte Flächenhelle B laut Formel

$$B = \frac{1}{s} I \left(\frac{a_1}{a_2} \cdot \frac{d_2}{d_1}\right)^2,$$

in der s den Flächeninhalt eines kleinen kreisförmig abgegrenzten Stückes im Bilde der Gipskugelöffnung auf dem ihr benachbarten Glasschirm bezeichnet, und I die gemessene Lichtstärke. Die eben entwickelte Meßmethode beruht auf der wesentlichen Voraussetzung der vollkommen diffusen Reflexion an der Wandung der Höhlung im Gipskörper. Diese Voraussetzung erfuhr eine einfach zu bewerkstelligende Nachprüfung: Der Gipskörper wurde um seine vertikale Achse drehbar gemacht, so daß die lichtabstrahlende Öffnung in verschiedene Neigung zur Photometerbankachse gebracht werden konnte; die nach Beseitigung der Linsen und Glasschirme ausgeführte Lichtstärkenmessung ergab, daß die Strahlung aus der Gipskörperöffnung genau das Lambertsche Cosinusgesetz befolge, somit in der Gipshöhlung tatsächlich vollkommen diffus reflektiert werde. Ferner wurde gefunden, daß Spannungen, die nur wenige Prozent um die normale Lampenspannung lagen, eine gleichsinnige Änderung des diffusen Reflexionsfaktors ϱ vom Gips um einige Prozent zufolge hatten. Vermittelst eines Spektrophotometers fand dann noch die Untersuchung bezüglich der Abhängigkeit des Reflexionsfaktors ϱ im Gips von der Wellenlänge des verwendeten monochromatischen Lichtes statt; er schwankte im Bereiche $\lambda = 480$ bis 700 m μ nur zwischen 0·86 und 0·87. In ihrem Verlaufe ziemlich gleich für alle verwendeten Lampengattungen zeigte sich die mit dem Nutting-Hilgerschen Spektrophotometer aufgenommene Abhängigkeit des Faktors ϱ der diffusen Reflexion an den früher erwähnten Anstrichfarben grau, rot, grün und gelb, die in der Originalarbeit graphisch gebracht ist. O — k.

(L'Energia Elettrica, Bd. III, Heft 12, 1926.)

Straßenverkehrs-Lichtsignale. So lange sich der Straßenverkehr der Großstädte auf Pferdefuhrwerke beschränkte, war die Verkehrsregelung von untergeordneter Bedeutung. Erst mit der Motorisierung der Verkehrsmittel und der dadurch bedingten höheren Reisegeschwindigkeiten zeigten sich an verkehrsreichen Punkten Schwierigkeiten, die mit der sprunghaften Steigerung der Fahrmittel in den letzten Jahren derart anwuchsen, daß die mit der Regelung des Verkehres betrauten Organe diesen nicht mehr an allen Stellen sicher zu beherrschen in der Lage waren.

Es wurden deshalb im Jahre 1924, gestützt auf die guten Erfahrungen, die in den Vereinigten Staaten mit Straßen-Lichtsignalen gemacht worden waren[1]), auch in Europa, und zwar ungefähr gleichzeitig in Paris und Berlin derartige Versuchsanlagen errichtet. Während man sich in Paris damit begnügte, „Freie Fahrt" nicht weiter zu signalisieren und nur das Haltezeichen durch ein auf rotem Felde in weißer Schrift erschienendes „Halte" anzuzeigen, bezw. das Achtungsignal durch ein Glockenzeichen zu geben, hat man in Deutschland das amerikanische System mit einigen unwesentlichen Änderungen übernommen. Maßgebend hiefür war vor allem der Gedanke, akustische Signale, die im Straßenlärm verloren gehen, vollständig auszuschalten und die Zeichengebung rein optisch zu gestalten. Die Farben rot und grün für „Halt" und „Freie Fahrt" wurden aus dem Eisenbahn-Signalwesen übernommen, zu welchen noch gelb nach amerikanischem Muster als Achtungsignal hinzukam. Als wesentlich wurde bei diesen drei Farben-Signalen der Grundsatz aufgestellt, daß die gleichen Farben immer in gleicher Anordnung an dem Verkehrssignal zu erscheinen haben, um auch Farbenblinden ihre Beachtung zu ermöglichen.

Die optische Durchbildung der Signale mußte nach anderen Gesichtspunkten erfolgen als die der bereits seit längerer Zeit in Verwendung stehenden Eisenbahnlichtsignale. Während bei letzteren große Reichweite und möglichst konzentriertes Lichtbündel erforderlich ist, da sie nur von dem verhältnismäßig schmalen Schienenstrang aus gesehen werden sollen und nur bei Kurven einige Seitenstreuung benötigt wird, sind bei Straßenlichtzeichen genau die entgegensetzten Forderungen zu stellen. Denn bei diesen kommt es weniger darauf an, das Licht aus großen Entfernungen, als von der ganzen, gewöhnlich nicht unbeträchtlichen Straßenbreite aus zu sehen; es ist deshalb in diesem Falle vor allem eine ausreichende, mindestens über 45° beiderseits der Straßenmittelachse betragende Streuung zu fordern. Trotzdem wurde, um die nötige opitsche Einrichtung rasch beschaffen zu können, die erste derartige Anlage in Deutschland, der Verkehrsturm auf dem Potsdamerplatz in Berlin, mit Linsen, wie sie bei den Signalen der Berliner Untergrundbahn verwendet werden[2]), ausgestattet und die nötige Streuung durch Herausrücken der Lampen aus dem Brennpunkt erreicht. Da zur Vermeidung von eventuellen Betriebsstörungen zwei Lampen, und zwar solche von 50 V in Serienschaltung vorhanden waren, konnte der dadurch bedingte Lichtverlust einigermaßen hereingebracht werden. Es erwies sich jedoch bald, daß die leuchtenden Flächen von 200 mm Durchmesser zu klein und bei Tag schwer zu erkennen waren. Nachdem die Anbringung von Seitenlichtern mit drei übereinander angeordneten, einfachen, quadratischen, farbigen Glasscheiben an den Straßenecken als Vorsignale wegen ihrer Unübersichtlichkeit nicht den gewünschten Erfolg hatte, entschloß man sich nach mehrfachen Umbauten schließlich zu einer Bauart, die nunmehr als Grundlage für alle anderen Anlagen dieser Art zu dienen berufen ist. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß bei den über Straßenmitte aufgehängten Signalen statt der Linsen nur mehr einfache, kreisrunde Farbscheiben von 300 mm Durchmesser verwendet werden und die 200 W-Lampe (auf das Zweilampensystem wurde als unnötig verzichtet) im Brennpunkt eines emaillierten Kugelreflektors mit großer seitlicher

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 119.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Heft 3, S. 30.

Digitized by Google

Streuung angebracht ist. Bei einer Sonderausführung wurde zwischen Lampe und Farbscheibe noch eine kleine Sammellinse eingeschaltet, um neben genügender seitlicher Streuung einen kleinen Sammelstrahl auf große Entfernung hin wirken zu lassen.

Eine von diesen Bauarten grundsätzlich abweichende, probeweise in Verwendung genommene besteht darin, daß an dem Signal für jede Straßenseite nur eine einzige Fläche vorhanden ist und vor die, an dieser ständig brennenden Lichtquelle (4 Soffittenlampen) durch einen kleinen Motor ein verschiedenfarbiger Sektor in der Reihenfolge: rot, gelb, grün, gelb vorgeschaltet wird. Dem störenden Einfluß des Tageslichtes wurde ähnlich wie bei Eisenbahnsignalen durch kalottenförmig vorgezogene Schirme begegnet. Die Aufhängehöhe ist unten durch den Straßenbahnfahrdraht, oben durch den steilsten Sehwinkel des Führers eines in der Baufluchtlinie haltenden geschlossenen Wagens begrenzt. Die Schaltung der Signale ist derart ausgebildet, daß sie sowohl in einem bestimmten Rhythmus für mehrere Signale zugleich von einer Zentralstelle aus erfolgen oder von Hand aus, für jedes Signal getrennt, vorgenommen werden kann. Außer diesen Signalen werden sogenannte „Schildkröten", aus der Straßenoberfläche herausragende, halbkugelförmige Leuchtzeichen, in Berlin dort angewendet, wo es aus bestimmten Gründen notwendig erscheint, dem Verkehr die Richtung zu weisen. Herb.

(Verkehrstechnik, Heft 18 und 19, 1927.)

Lichttherapie mit ultravioletten Strahlen. Die erste Wirkung ultravioletter Bestrahlung ist eine Rötung der Haut, des Erythema, deren Auftreten und Stärke einen Maßstab für die Wirkung auf den Patienten und die weitere Dosierung gibt. Später folgt eine Bräunung, die Pigmentierung, identisch mit Sonnenbrand, und weiterhin eine ungefährliche Schälung der Haut. Diesen äußerlichen Erscheinungen folgt nach längerer Behandlung die heilende Wirkung, besonders bei vielen Hautkrankheiten, Wunden und Haarausfall. Der Lichtquellen zur Erzeugung ultravioletter Strahlung gibt es viele. In England sind zahlreiche Konstruktionen auf dem Markt, welche verschiedene Formen haben und jeweils einer der nachfolgend angegebenen Lampenarten angehören. An erster Stelle ist das Finsenlicht zu erwähnen, welches die Heilung vieler Hautkrankheiten, darunter den gefürchteten „Lupus" ermöglicht. Finsens Verdienst besteht darin, eine künstliche, jederzeit und jedenorts verfügbare Quelle ultravioletten Lichtes gefunden zu haben, wobei dieses, allerdings nur unter ärztlicher Aufsicht, auf kleine Hautflächen konzentriert werden oder zerstreut zu allgemeiner Körperbestrahlung verwendet werden kann, wovon jedermann gefahrlos Gebrauch machen kann. Die wirksamste Quelle ultravioletter Strahlen, welche sich aber keineswegs für Hausgebrauch eignet, ist der Quecksilber-Lichtbogen in Quarzglas; eine weniger starke, aber ungefährliche Quelle ist der Lichtbogen zwischen Wolfram-Elektroden. Für diesen ist nur Gleichstrom verwendbar, er verbraucht 5 bis 15 A und gibt Wellen von etwa 2130 Angström-Einheiten. Ein Quarzreflektor wirft 75 vH der Strahlen zurück. Eine dritte Quelle ultravioletter Strahlen ist der gewöhnliche Lichtbogen zwischen Kohlenelektroden, welcher allerdings erst ergiebig wird, wenn die Kohlen mit Dochten aus Wolfram, Nickel oder Eisen versehen sind. Solche Lampen eignen sich am besten für das Haus, weil sie einfach zu behandeln, völlig gefahrlos und billig sind. Sie eignen sich ebenso für Gleich- als für Wechselstrom.

(The Electr. Retailer a. Dealer, Bd. 11, Nr. 1, 1927.)

Die physiologische Wirkung ultravioletter Strahlung von Quecksilberdampflampen haben J. S. Hughes, R. W. Titus, L. F. Payne und G. T. Klein zum Gegenstande einer Reihe von Untersuchungen an der landwirtschaftlichen Versuchsstation von Kansas gemacht. Zwei Gruppen von je 50, einen Tag alten Kücken wurden in gleicher Weise untergebracht, gefüttert und gepflegt, mit dem einzigen Unterschiede, daß in dem Steig der einen Gruppe während des Tages das nach Süden gehende Fenster geöffnet war und derart dem Sonnenlichte ungehinderter Zutritt gewährt wurde, während die andere Gruppe Licht nur durch aus gewöhnlichem Glas hergestellte Scheiben erhalten konnte. Während sich die Kücken, auf die das Licht unmittelbar wirkte, normal entwickelten, blieben jene, die durch das Glas gefiltertes Licht erhielten, auffallend zurück und zeigten typisch rachitische Erscheinungen. Nach acht Wochen, während welcher Zeit die Vergleichsversuche vorgenommen wurden, wogen die Kücken durchschnittlich 570 g, bezw. 210 g, ein Ergebnis, das neuerlich die bekannte, durch viele Versuche erhärtete Tatsache bestätigt, daß gewöhnliches Fensterglas gerade die therapeutisch wertvolle Strahlung zwischen 320 μ und 280 μ vollkommen absorbiert. Solche Untersuchungen bringen wieder den Umstand in Erinnerung, daß von der doppelten Wirkung des Sonnenlichtes, das Sehen zu ermöglichen und therapeutisch wirksame Strahlen auszusenden, letztere in unseren, durch gewöhnliche Glasscheiben Licht empfangenden Räumen vollständig verloren geht. Es erscheint daher notwendig, der billigen Herstellung eines für Licht kurzer Wellenlängen durchlässigen Glases erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

Nicht minder bedeutungsvoll ist das Problem, eine künstliche Lichtquelle zu suchen, die neben den langwelligen auch eine gewisse Menge ultravioletter Strahlen auszusenden imstande wäre. Wegen der bekannten Nachteile und der hohen erforderlichen Stromkosten kommen Kohlenbogenlampen für solche Zwecke nicht in Frage, während die Quecksilberdampflampe mit Quarzgefäß, die bereits seit längerer Zeit in der Therapie Anwendung findet, Strahlen von einer Wellenlänge, kleiner als 295 μ aussendet, welche dem Auge schädlich sind. Es wurde daher bei den folgenden Versuchen eine gewöhnliche 3·5 A Cooper-Hewitt Quecksilberdampflampe verwendet, deren Glas derart hergestellt war, daß es nur den über 300 μ liegenden Teil der ultravioletten Strahlung hindurch ließ. Sechs Gruppen, je einen Tag alter Kücken, die in einem mit gewöhnlichen Fensterscheiben versehenen, gut erhellten Raume untergebracht waren wurden unter gleichen Bedingungen herangezogen und verschieden lang belichtet, und zwar derart, daß die erste Gruppe bloß durch die Glasscheiben gefiltertes, indirektes Tageslicht erhielt, während die zweite, dritte, vierte, fünfte und sechste Gruppe bezw. 1, 2, 4, 6 und 8 Stunden pro Tag während der Zeit von acht Wochen bestrahlt wurde. Während die erste Gruppe ein durchschnittliches Gewicht von 170 g zeigte, steigerten sich die Gewichtszunahmen mit der Zeit der täglichen Bestrahlung bis zu sechs Stunden. Die Ergebnisse der täglich achtstündigen Bestrahlung wiesen gegen jene der sechsstündigen, nach welcher die Kücken durchschnittlich 530 g wogen, keine Unterschiede mehr auf. In der Quecksilberdampflampe mit Spezialglasgefäß scheint demnach die künstliche Lichtquelle gefunden zu sein, die den geforderten doppelten Zweck, das Sehen zu ermöglichen und therapeutisch wirksame Strahlen auszusenden, erfüllt. Herb.

(Trans. Ill. Eng. Soc., Heft 4, 1927.)

Abbaubeleuchtung in Bergwerken. G. Grittner. Von den jetzt in Verwendung stehenden Leuchtgeräten gibt die Davysche Sicherheitslampe 1 bis 1·4 HK, die Azetylenlampe, die sich aber wegen mancher Übelstände nicht durchgesetzt hat, 5 bis 8 HK. Daß die Beleuchtung die Leistung je Kopf sehr beeinflussen kann, geht aus der folgenden Schilderung ihres jetzigen Zustandes hervor. Auf dem Wege von über Tag bis zur Arbeitsstelle wird zunächst in Begleitung einer Benzinlampe der Schacht betreten. Das ist ein zu jäher Übergang, denn zum Beispiel war über Tag Sonnenschein, so erforderte es 10 Minuten für die Anpassung des Auges an die von der Benzinlampe beleuchtete Umgebung. Schon aus diesem Grunde wäre eine eigene Schachterhellung geboten, es könnte dann der Zustand des Schachtes mit Sicherheit festgestellt und durch rechtzeitige Reparaturen einer Schachtstörung vorgebeugt werden. Auf dem Wege durch die dunklen Querschläge und Schachte bis vor Ort ist der Boden gut zu beleuchten; es geschieht gegenwärtig sehr unzureichend

Digitized by Google

und insbesondere ist zu bemerken, daß bei mehreren hintereinandergehenden Bergleuten die rückwärtigen von der Lampe des Führers geblendet werden. Tragbare elektrische Lampen mit ihrer größeren Leuchtkraft sind besser am Platze. Vor Ort wird die Lampe aufgehangen, jedoch ihre Stellung nach Bedarf und jedenfalls häufig gewechselt, wobei sie verrußen und schwächer brennen oder ganz verlöschen kann, was auch in vielen anderen Fällen, zum Beispiel im Hauptwetterstrom, leicht eintritt. Das Wiederanzünden, wenn es überhaupt gelingt, bringt jedenfalls Zeitverlust also Produktionsverlust mit sich. Aber selbst bei tadellos brennender Benzinlampe arbeitet der Bergmann unter Verhältnissen, die etwa zu vergleichen wären mit der Montagearbeit an einer Großmaschine unter Kerzenbeleuchtung und die ein Zurückbleiben der geförderten Menge unbedingt zur zur Folge haben. Dagegen sind beim Schachtabteufen im festen Gebirge unter der Beleuchtung starker am Kabel nachgeführter Glühlampen überraschende Leistungen beobachtet worden. In hohem Maße ist die Verringerung der Unfallsgefahr durch bessere Beleuchtung vorauszusehen, vor allem die Vermeidung der Stein- und Kohlenfallgefahr, da sich aus dem Sichtbarwerden von gewissen Einzelheiten die Gefahr erkennen läßt. Verringerung der Unfälle bedeutet aber Vermeidung von Betriebsstörungen, demnach Zeitgewinn und Verminderung der Krankenkassen- und Unfallversicherungsbeiträge, die in letzter Linie doch eigentlich vom Arbeitnehmer zu tragen sind. Ferner erweist es sich bei der heutigen Beleuchtung als ganz unmöglich, zwischen dem zu fördernden Material und den Bergmitteln beim Abbauen deutlich zu unterscheiden. Bei besserer Förderung könnte an Waschverlust erspart werden, wodurch die Kosten einer stärkeren und zweckmäßigeren Beleuchtung mit der Zeit gedeckt wären. So zum Beispiel ergibt eine Steinkohlengrube von monatlich 70 000 t Förderung bei 10 vH Waschverlust, wenn der Waschverlust um 1·5 vH verringert wird, rund 1000 t monatlich an Nettomehrförderung; das kommt aber einem Betrage von 13 000 bis 15 000 Mk. gleich.

Bevor nun aus diesen Erwägungen heraus an den Ersatz der Benzinlampen durch die elektrische Beleuchtung gegangen werden kann, muß die Frage der Sicherheit ins Klare gebracht sein. Zusammenfassend läßt sich in dieser Hinsicht sagen: Die elektrische Beleuchtung braucht durchaus nicht weniger Sicherheit gegen schlagende Wetter zu bieten, als die mit den Benzinsicherheitslampen. Die letzteren schützen keineswegs völlig gegen Schlagwetter; so weist zum Beispiel die Explosionsstatistik für den Oberamtsbezirk Dortmund von 1894 bis 1899 im Ganzen 292 Explosionen nach, von denen 188 oder rund $^2/_3$ auf die Sicherheitslampe zurückzuführen sind. Seither kamen zwar erhebliche Verbesserungen zustande, aber die Sicherheitslampe entspricht auch jetzt noch nicht ihrem Namen. Tragbare Akkumulatorenlampen[1]) bieten hohe Sicherheit, jedoch kein Mittel, das Vorhandensein von Schlagwetter oder Kohlensäure festzustellen; letzteres ist mit den kombinierten benzinelektrischen Lampen möglich, über deren Sicherheit freilich bis jetzt keinerlei Statistik Aufklärung gibt. Da hienach am besten immer der Ortsälteste auch bei der elektrischen Beleuchtung eine Sicherheitslampe zur Feststellung schlechter Grubenatmosphäre benützen muß, so bleibt die Sicherheit des Grubenbetriebes von der Verläßlichkeit der Benzin-Sicherheitslampe abhängig. Inwiefern in der elektrischen Beleuchtungsanlage selbst Ursachen zur Verminderung der Sicherheit liegen können, läßt sich leicht verfolgen. Es kommen ja nur in Betracht: Anlagen mit stationären Glühlampen oder Glühlampen mit beweglicher Gummischlauchleitung; in Schlagwettergruben natürlich schlagwettersicher ausgeführt. Die Lampen, die Kabel, die Schalter und endlich die Transformatoren sind als Gefahrenquellen anzusehen. Die mit Schutzglas und Schutzkorb umgebene Glühbirne gefährdet nicht, selbst wenn infolge Zertrümmerung der Glühfaden mit der Grubenluft in direkte Berührung kommen würde; früher schon hat nämlich die, wie oben erwähnt, stets mitgeführte Benzinlampe die Schlagwetter angezeigt und ihre Beseitigung bedingt. Jedenfalls ist die Schlagwettergefahr in einem solchen Falle nicht größer, als infolge Funkenbildung an der Keilhaue oder zwischen rollendem Wagenrand und Schiene, ferner bei der Schießarbeit. Zweckentsprechend ausgebildete Gummischlauchleitungen erleiden, wie die Praxis gezeigt hat, selbst bei außergewöhnlichen mechanischen Beanspruchungen, keinen Schaden; insbesondere wenn sie mit etwa 10 vH Durchhang lose auf am Firste befestigten Holzknacken befestigt sind. Transformatoren und Schalter können nicht nur schlagwettersicher gebaut werden, sie finden sich zudem noch in den stark bewetterten Strecken vor und sind so widerstandsfähig gebaut, daß sie auch bei den stärksten mechanischen Beanspruchungen keine Funken veranlassen. Die gesamte Abbaubeleuchtungsanlage umfaßt: Speisekabel, Transformator, Speiseleitung, Armaturen und Leuchten. Hochgespannter Dreiphasenstrom empfiehlt sich, desgleichen ein stärkerer Speisekabelquerschnitt wegen des späteren Anschlusses der Pumpen, Haspel, Ventilatoren, Rutschenantriebe in derselben Steigerabteilung. Speziell der Lichttransformator kann zum Beispiel von 500 V auf 65 oder 120 V transformieren. Vom Lichttransformator geht die durch Steckvorrichtungen unterteilte Gummischlauchleitung weg, an ihr hängen die Lampe mit Schutzglas und Schutzkorb, sowie Traghaken. Die Steckvorrichtungen, Leitungs- und Abzweigkupplungen sind zweipolig und mit besonderem Erdungskontakt ausgeführt, es wird also vor Verbindung und Trennung der spannungführenden Kontakte rechtzeitig und gut geerdet. Die gußeisernen Steckdosen sind als Kupplungs- oder Abzweigdosen ausgeführt und zum Beispiel durch Labyrinthschutz schlagwettersicher gemacht. Ob derartige Vorrichtungen den Vorschriften des VDE bezüglich der Ausführung von Schlagwetterschutzvorrichtungen entsprechen, wird zum Beispiel auf der bergwerkschaftlichen Versuchsstrecke in Derne praktisch geprüft.[1]) Die Lampen von 32, 65 oder 110 V und 16 bis 100 HK sind in 5 bis 10 m Abstand angeordnet und hängen vermittels einer 10 bis 15 m langen Gummischlauchleitung an jedem Steckkontakt; mittels ihres Traghakens wird die Lampe an der Zimmerung in passender Weise festgelegt. Verlängerung und Verkürzung der Verteilungslinie nach Maßgabe des Abbaues lassen sich rasch bewerkstelligen. Eine in der Lampenstube vorher genau geprüfte Benzinlampe behält der Arbeiter als Reserve für den Fall des Versagens der elektrischen Beleuchtung bei sich; eine Reserve, die gegenüber einer Akkumulatorenbatterie den Vorteil hat, keine Anlagekosten zu veranlassen. Wird die Belegschaft für die Lampen haftbar gemacht, so dürften Zerstörungen von Armaturen und Lampen bald ganz aufhören. Die fast unbegreifliche Vernachlässigung der Beleuchtung im Bergwerksbetriebe muß bei Einführung des elektrischen Lichtes zutage treten, und zwar an der Erhöhung der Güte (reinere Kohle) und Menge der Produktion und der Sicherheit gegen Stein- und Kohlenfall. O — k.

(Elektrizität im Bergbau, 2. Jahrg., 4. Heft, 1927.)

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 32.

Die Prüfung von Polituren vermittelst reflektierten Lichtes beruht auf der Tatsache, daß die Stärke des von einer metallischen Politurfläche zurückgeworfenen Lichtes mit dem Grade der Vollkommenheit der Politur wächst; die Intensitätsmessung wird mit der photoelektrischen Zelle vorgenommen. Eine auf dieser Beobachtung beruhende Methode zur Untersuchung der Politur von Flächen an Automobilen benützt eine photoelektrische Zelle mit Verstärker und Milli-Amperemeter, dessen Ausschlag ein Maß für Politur abgibt. Es verraten sich nämlich auch feinste das auffallende Licht zerstreuende Risse sofort durch Sinken des Strommesserausschlages; das Herangehen des Letzteren unter eine angezeichnete Marke ist Grund zur Zurückweisung des Objektes wegen schlechter Politur. Auf diesem Wege ließen sich Risse entdecken, deren Vorhandensein mit dem Mikroskop gar nicht festzustellen war. To.

(The Ill. Eng., Bd. 20, April 1927.)

[1]) Vgl. den Entwurf von „Sondervorschriften für Bergwerke" des EVW in Heft 15, 16 d. J.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT
BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

Heft 11 | **9. Oktober 1927** | **4. Jahrgang**

INHALT: Das neue Maschinenglaswerk der Osram-Gesellschaft. Von Ing. Hanns Koch, Wien. S. 121. Die physiologischen, psychologischen und ästhetischen Grundlagen der Lichttechnik und ihre kulturellen Ziele. S. 125. / RUNDSCHAU. S. 128.

Das neue Maschinenglaswerk der Osram-Gesellschaft.

Von Ing. Hanns **Koch**, Wien.

Die Rationalisierungsbestrebungen, die heutzutage mehr denn je in beinahe sämtlichen Zweigen der Industrie wahrzunehmen sind, haben es mit sich gebracht, daß besonders bei Massenfabrikation zur Erzielung von Erzeugnissen gleichmäßiger hoher Qualität im weitestgehenden Maße Maschinen und automatische Einrichtungen Verwendung finden. Auch in der Glühlampenindustrie werden bereits für die Herstellung des Leuchtdrahtes und seine Montage auf den Lampenfuß maschinelle Einrichtungen verwendet, um die Handarbeit zu ersetzen oder zu unterstützen, wodurch einerseits eine Steigerung der Produktion, andererseits eine erhöhte Güte des Fabrikates erzielt werden konnte. Während sich dieser eine Zweig der Fabrikation auf eine physikalische und elektrotechnische Basis stützt, ist hingegen die Herstellung der Glashülle, des Kolbens, reine Glastechnik. Bisher mußten jedoch die vielen Millionen von Glaskolben, deren die deutsche Glasindustrie jährlich bedarf, von Hand gefertigt werden, weil es bis vor wenigen Jahren keine Maschinen gab, die völlig selbsttätig dünnwandige Hohlkörper aus Glas herstellten, wodurch auf der glastechnischen Seite der Fortschritt gehemmt wurde. Nur in der Flaschen- und Fensterglasindustrie hatte sich bis jetzt die vollautomatische Verarbeitung des Glases, die hauptsächlich aus Amerika und Belgien stammt, eingebürgert.

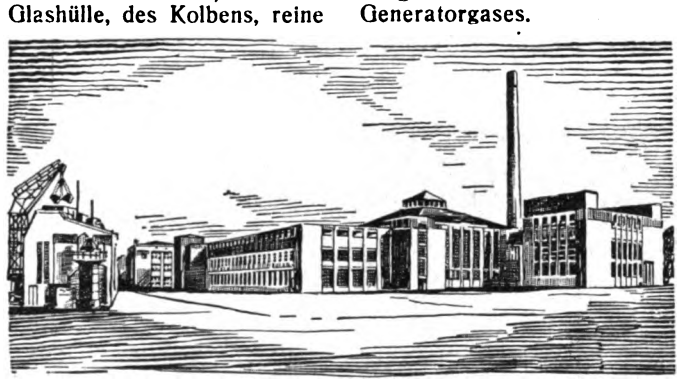


Abb. 1.

Seit vielen Jahren beschäftigen sich in Amerika die Glastechniker mit der Frage der vollautomatischen Herstellung von Glaskörpern, bei der sich die Maschine selbsttätig ihr Glas aus dem Ofen holt, es in die Form bringt und dort zur Fertigware verarbeitet. Als daher die in Amerika geschaffene Kolbenblasmaschine, die sogenannte Westlake-Maschine, soweit vervollkommnet war, daß sie sich in der Praxis bewährte, erwarb die Osram-Gesellschaft das Benützungsrecht für Deutschland und schuf mit ihrer Anlage zur vollautomatischen Massenfabrikation von Glühlampenkolben das erste Werk dieser Art auf dem europäischen Festlande.

Auf einem an der Nonnendamm-Allee in Berlin-Siemensstadt gelegenen Bauplatz von 75 800 m² Grundfläche wurde innerhalb Jahresfrist die von vornherein für spätere große Erweiterungen berechnete Fabriksanlage errichtet, in der die Westlake-Maschinen Tag und Nacht arbeiten (Abb. 1). Es handelte sich jedoch nicht nur darum, einen Glasschmelzofen zu bauen und neben ihm drei Kolbenblasmaschinen aufzustellen, es mußte auch dafür gesorgt werden, daß die erforderlichen Rohmaterialien in genügender Menge und richtiger Mischung ständig bereit stehen, daß ferner die fertigen Kolben auf dem schnellsten Wege an die Versandstelle kommen und schließlich die benötigte Energie zum Heizen des Glasofens, sowie der verschiedenen Nebeneinrichtungen zur Verfügung steht. Um alle Zeitverluste und Umwege nach Möglichekit zu vermeiden, somit höchste Wirtschaftlichkeit zu erzielen, wurden alle Fabrikationsvorgänge so angeordnet und greifen derart ineinander, daß die gesamte Anlage wegen dieses konsequent durchgeführten Prinzips neuzeitlicher Fließarbeit die Beachtung aller technischen Kreise verdient.

Das Maschinenglaswerk weist folgende Gliederung auf:

1. Generatorraum: Erzeugung des zur Heizung der Wanne und der Nebenanlagen benötigten Generatorgases.
2. Gemengehaus: Aufnahme der zur Herstellung des Glases erforderlichen Rohstoffe, deren Abwägen in den gewünschten Gewichtsverhältnissen und ihre Mischung zum fertigen, für den Schmelzvorgang geeigneten Gemenge.
3. Ofenhalle: Wanne zum Schmelzen des Gemenges zu verarbeitbarem Glas, Westlake - Maschinen, Abschmelzmaschinen, Kühlöfen, Temperöfen.
4. Endbearbeitungs- und Lagerraum. Sortier- und Verpackungsstand für die fertigen Kolben, Packerei, Formenofen, Werkstätten, technische Büros, Lager.
5. Maschinenhaus.
6. Verwaltungsgebäude: Büros, physikalisches, chemisches, wärmetechnisches und keramisches Laboratorium.
7. Wohlfahrtsgebäude.

Generatorgasanlage.

Zwei Pintsch-Drehrostgeneratoren neuester Bauart dienen zur Herstellung des Heizgases für die Wannen, wobei zum Unterschiede von den alten Generatorsystemen die ausgebrannten Brennstoffrückstände mechanisch und automatisch ohne Unterbrechung der Gaslieferung entfernt werden. Als Brennstoff finden Braunkohlenbriketts Verwendung. Da das Generatorgas entstaubt, entteert und getrocknet wird, kann man es in Röhren beliebig weit führen und ist somit in der Lage, die Generatoren unabhängig vom Hüttengebäude an einer passenden Stelle zu errichten. Die Generatoren sind geschlossen und werden künstlich geblasen, ihr Betrieb ist daher unabhängig von Wind und Wetter,

Digitized by Google

so daß das Gas stets gleichmäßigen Druck hat. Mit dem Generatorgas werden betrieben: Die Wanne, die Temperöfen, der Formeneinbrennofen, die Kühlöfen, eine Reservefeuerung der Sandtrocknungsanlage und ein Reservedampfkessel.

Der Durchsatz eines Generators beträgt täglich etwa 30 000 kg Briketts. Ein auf Normalgleis fahrbarer Kran mit Benzinmotor holt die Waggons mit Kohlen heran und transportiert diese entweder in je 30 000 kg fassende Hochbunker, die über den Generatoren angeordnet sind, oder schüttet sie auf einen Vorratshaufen.

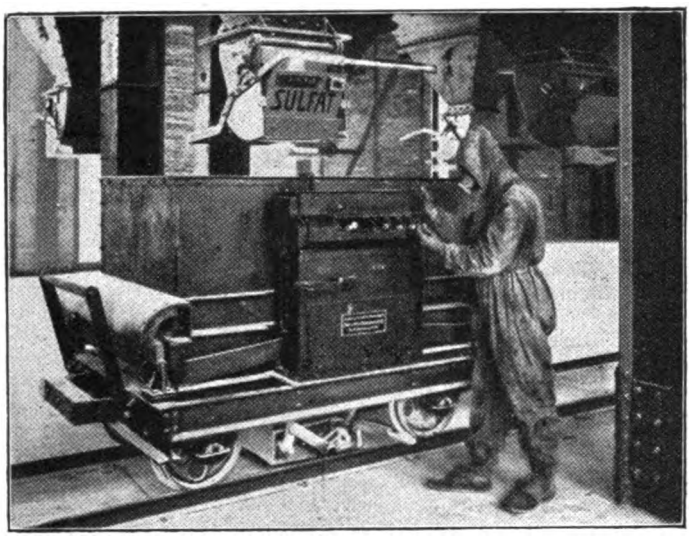


Abb. 2. Wägekarren.

Gemengehaus.

Während in veralteten Glashüttenbetrieben die Gemengebereitung meist noch von Hand aus erfolgt, wird hier die Arbeit möglichst auf maschinellem Weg durchgeführt. Das mit der Bahn zugeführte Rohmaterial (Sand, Kalk, Dolomit, Baryt, Soda, Pottasche) wird in den Eisenbahnwagen auf schmalspurigen Rollbockwagen mittelst Elektroschlepper unmittelbar in das Gemengehaus gefahren und dort jede Art für sich in große Bunker mit einem Fassungsvermögen von 15 000 bis 20 000 kg gefüllt, während der stets feuchte Sand vorerst in umlaufenden Trockentrommeln mittels heißer Verbrennungsgase (Abhitzegase) getrocknet wird. In einem eigenen Bunker werden ebenfalls die Scherben, die im Betrieb abfallen, gesammelt, von wo aus sie in bestimmten Gewichtsverhältnissen zwecks Wiedereinschmelzung dem Gemenge zugesetzt werden.

Ein Wagen, der sogenannte Wägekarren, dient zur Aufnahme der verschiedenen Materialien, die aus den Bunkern eingelassen werden und fährt zu diesem Zweck auf einem Gleis an der Reihe der Bunkerverschlüsse entlang, um jedem Bunker die erforderliche Gewichtsmenge des betreffenden Rohmaterials zu entnehmen, während das Abwägen im Wagen selbst erfolgt, der zu diesem Zweck mit einer sogenannten Zusatzwage ausgerüstet ist, bei der jede Dezimalstelle besonders eingestellt wird. Die einzustellende Gewichtszahl ist an den Bunkerverschlüssen mit deutlichen Ziffern angegeben. Der die Wage bedienende Arbeiter läßt somit nach Einstellung der Gewichtszahl an der Wage das Rohmaterial so lange in den Wägekarren laufen, bis die Wage genau einspielt, wobei eine sinnreiche Einrichtung die außerordentlich wichtige Kontrolle über stets gleichmäßiges Einwägen des Rohmaterials gestattet (Abb. 2). Große, mechanisch betriebene umlaufende Mischtrommeln nehmen hierauf das Schmelzgut auf, das innig vermischt wird und von dort durch ein Becherwerk in einem Vorratsbunker gefördert wird, der den Vorrat für mehrere Tage fassen kann. Das fertige Gemenge mit Scherben gelangt schließlich mittels Wagen zur Wanne und wird dort an der Stirnwand in die Behälter zur Aufnahme des Gemenges geschüttet, von wo aus durch besondere Einfüllvorrichtungen, die das Gemenge dosieren, die Zuführung in den Ofen erfolgt (Abb. 3). Der tägliche Durchsatz der Wanne beträgt je nach Leistung der Maschinen 15 000 bis 20 000 kg Gemenge.

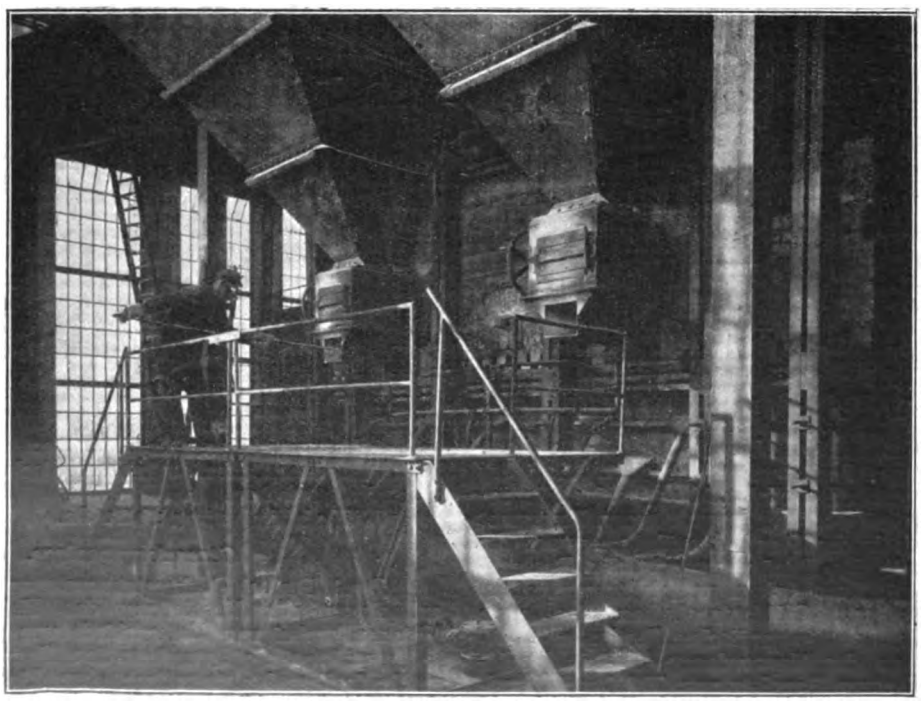


Abb. 3. Ofen.

Schmelzwanne.

Ein aus großen Chamotteblöcken zusammengesetztes Bassin bildet die Wanne (Abb. 4), in welcher der eigentliche Glaswerdungsprozeß, das heißt das Erschmelzen des Glases aus den Gemengerohmaterialien

Digitized by Google

stattfindet, bei einer Temperatur von etwa 1380 bis 1400°. Die Grundfläche der eigentlichen Schmelzwanne beträgt 6 × 5 m„ die der Arbeitswanne 3·5 × 5 m. Die Glasmengen in beiden Räumen sind im wesentlichen voneinander getrennt, was deshalb erfolgt, weil das Glas in der Arbeitswanne eine niedrigere Temperatur haben muß als in der Schmelzwanne, da es sonst für die Verarbeitung zu dünnflüssig wäre. Die Trennung bildet eine

Die Westlakemaschine entnimmt das zur Herstellung der Kolben benötigte Glas nicht dem offenen Ofen, sondern einem sogenannten Stiefel, der in den Ofen, und zwar in die Arbeitswanne, eingesetzt ist. Das untere, offene Ende des Stiefels, der eine gebogene, beiderseits offene Haube ist, taucht in das flüssige Glas, während das obere Ende der Maschine zugekehrt ist. Der Stiefel bezweckt zweierlei:

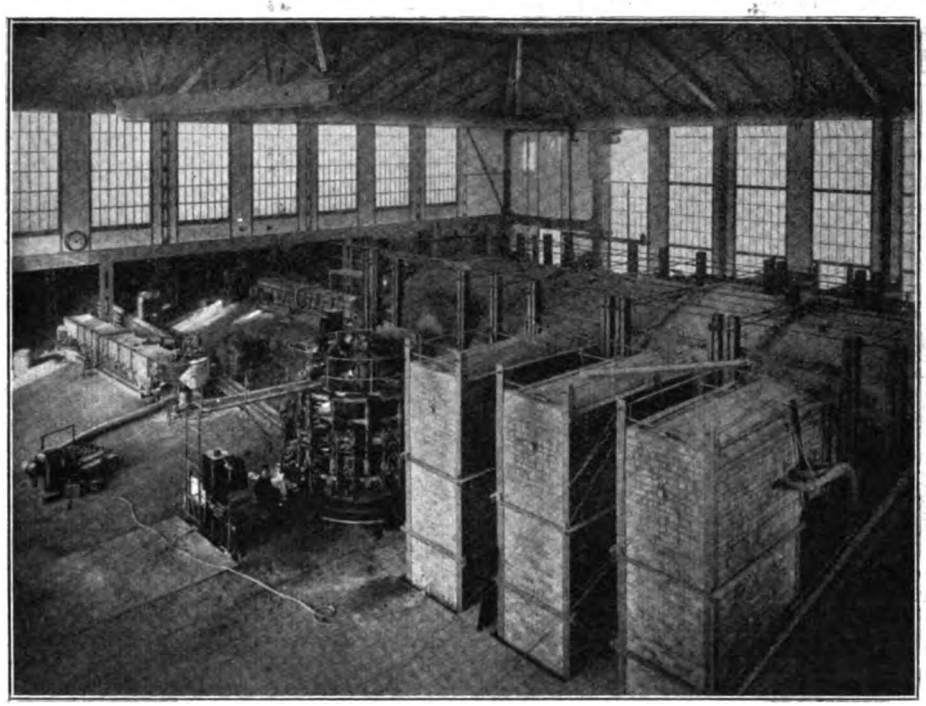


Abb. 4. Schmelzwannen

sogenannte feste, also eingemauerte Brücke, die innen hohl ist und durch kalte Luft gekühlt wird. Diese Brücke hat am Boden der Wanne einen aus Chamottesteinen zusammengesetzten Durchlaß, den sogenannten Hals, durch den das Glas von der Schmelzwanne zur Arbeitswanne strömt, wodurch erreicht wird, daß alle Unreinigkeiten, die, vom Schmelzprozesse herrührend, auf dem Glase schwimmen, in der Schmelzwanne zurückbleiben, daß also nur das klare Glas durch den Hals in die Arbeitswanne tritt. Der Inhalt der Wanne beträgt bei einem Glasstand von etwa 1 m rund 130 000 kg Glas. Die Wanne wird mit Querflammen unter Verwendung von drei Brennern beheizt, nach dem Prinzip des Siemens'schen Regenerativsystems.

Die Generatorgase und die benötigte Verbrennungsluft durchziehen je eine Kammer, die mit Chamottesteinen ausgesetzt ist und die von den Verbrennungsgasen, von denen sie früher durchzogen wurde vorgewärmt war. Das Gas-Luft-Gemisch nimmt somit aus diesen Kammern Wärme auf, erreicht vorgewärmt den Ofen, wodurch natürlich die Flammentemperatur erhöht und der größte Teil der Abhitze der Feuerungsgase wiedergewonnen wird. Nach dem Verlassen des Ofens durchspülen die Abhitzegase zwei andere, gleich große Kammern und geben dort den größten Teil ihrer Wärme ab. Jede halbe Stunde findet ein „Wechsel" statt, das heißt die Heizgase und die Verbrennungsluft und damit auch die Abhitzegase nehmen den umgekehrten Weg, was zur Folge hat, daß die Abhitzegase ihre Wärme an die inzwischen etwas abgekühlten Kammern, die früher zur Erwärmung dienten, abgeben und die frischen Heizgase so wie die Verbrennungsluft die Wärme von den in der Zwischenzeit erhitzten Kammern aufnehmen. Durch diesen dauernden Wechsel konnte eine möglichst weitgehende Vermeidung von Wärmeverlusten erreicht werden.

1. Die Maschine gegen die Einwirkung der strahlenden Wärme des Ofeninnern einigermaßen zu schützen.
2. Das Glas nochmals zu reinigen bevor es verarbeitet wird, da alle auf der Glasoberfläche schwimmenden Verunreinigungen zurückgehalten werden und

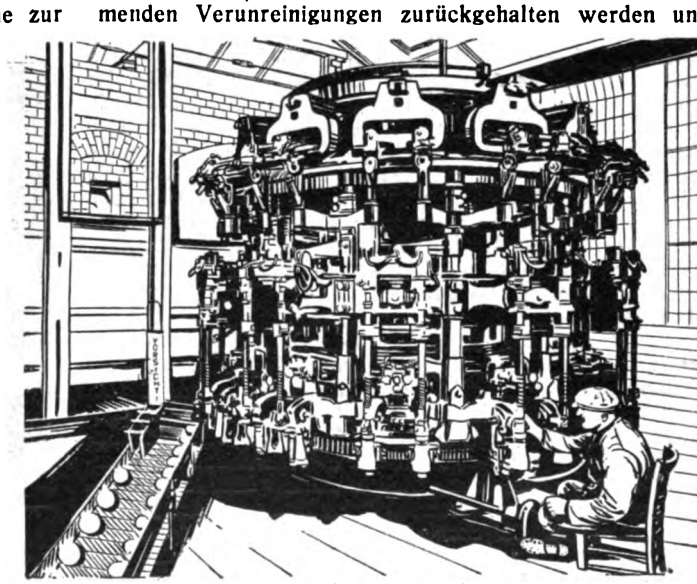


Abb. 5. Kolbenblasmaschine.

nur das klare, aus der Tiefe kommende Glas zur Verarbeitung gelangt.

Kolbenblasmaschinen.

Das Prinzip der Arbeitsweise der Maschinen, von denen zwei Exemplare mit je 24 Armen und 45 000 kg Gewicht zur Aufstellung gelangten, ist folgendes (Abb. 5).

Die über den Pfeifen befindlichen Saugarme schießen bei kontinuierlicher Drehung der Maschine um

Digitized by Google

ihre mittlere senkrechte Achse aus Lafettenläufen in eine Öffnung der das Glas enthaltenden Wanne vor, berühren die Glasoberfläche, füllen durch Ansaugen die Saugnäpfe mit Glas, das durch Abschneiden immer auf die gleiche, für das Kolbengewicht notwendige Menge gebracht wird, und laufen auf der Lafette wieder zu der Maschine zurück. Hierbei wird eine Vorformung des Glaspostens vorgenommen. Dieser befindet sich nach dem Zurückziehen der Arme genau oberhalb der zunächst nach oben gekehrten Pfeife, die Saugnäpfe öffnen sich, der Glasposten fällt auf die Pfeife, wird von

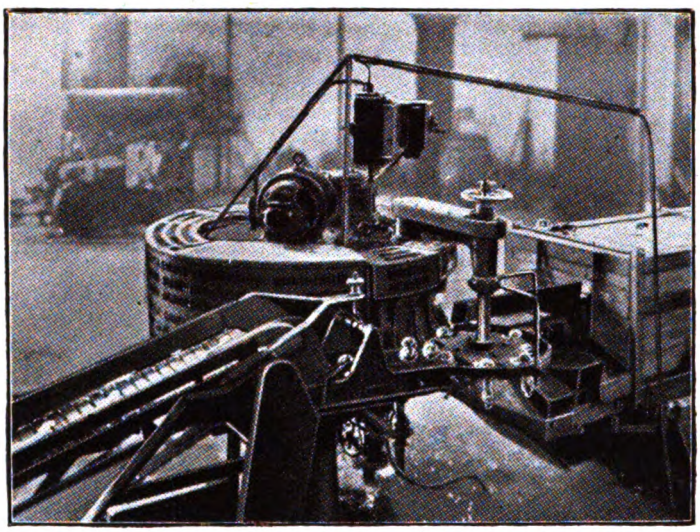


Abb. 6. Abschmelzmaschine.

dieser gefaßt und durch Hineindrücken eines Dornes und Hineinblasen von Luft vorgeformt. Sofort darauf beginnen sich die Arme, die die Pfeifen mit dem Glasposten tragen, zu drehen. Die Pfeifen werden zunächst durch Drehung um 90° in die Horizontale gebracht, damit der Glasposten unter Drehen sich etwas ausgleichen kann; dann werden die Pfeifen um weitere 90° gedreht, so daß sie nun mit ihren Öffnungen nach unten stehen, die daran befindlichen Glasposten also nach unten hängen. Durch die Wirkung des Eigengewichtes und durch Einblasen von dosierter Luft wird der Glasposten weiter vorgeformt und geht zugleich mit Senken der Pfeife in die unter den Pfeifen befindlichen Halbteile der Form. Die beiden Formenhälften schließen sich sobald der Glasposten, das sogenannte Külbel, das noch an der Pfeife hängt, sich zwischen ihnen befindet und die richtige Länge erreicht hat. Mittels Druckluft, die durch die Pfeife in das Innere des Külbels tritt, wird dieses fertig zum Kolben geblasen. Nach einer weiteren Drehung der Maschine um 45° öffnen sich Form und Pfeife und der Glaskolben fällt aus der Maschine auf ein Transportband.

Es gibt zwei Ausführungsformen der Westlake-Maschine: Jede Art trägt zwölf Pfeifenpaare; ein Saugarmpaar taucht immer gleichzeitig in den Stiefel und holt je zwei Glasposten heraus. Bei der eben beschriebenen Maschine befinden sich über jedem Pfeifenpaare je zwei Saugarme mit den erforderlichen Lafettenläufen. Diese Saugarme stehen immer über den zugehörigen Pfeifen und wandern beim Umlaufen der ganzen Maschine mit. An der Westlakemaschine der zweiten Art, der sogenannten „Einarm-Maschine", befindet sich nur ein einziges Paar von Saugarmen, das die Umdrehung der Maschine nicht mitmacht, sondern stehen bleibt und jedes beim Umlaufen der Maschine neu ankommende Pfeifenpaar mit den Glasposten versieht.

Die Westlakemaschinen benötigen sämtlich Luftkompressoren zur Erzeugung von Druckluft, mittels der die Külbel zu Kolben ausgeblasen werden, ferner Saugarme, Pfeifen, Formen und Külbel gekühlt werden. Die zuerst beschriebene Maschinenart benötigt außerdem ein Vakuum zum Ansaugen der Glasposten aus der Wanne in die Saugnäpfe der Saugarme. Die Einarmmaschine schafft sich das erforderliche Vakuum selbst, indem beim Vorstoßen der Saugarme, das durch maschinellen Antrieb erfolgt, sich automatisch ein Vakuum bildet, das das Ansaugen des Glaspostens bewirkt; somit bedeutet die Einarm-Maschine eine Vereinfachung der ursprünglichen Westlake-Maschine.

Weitere Behandlung der Kolben.

Ein Förderband transportiert die von der Maschine fallen gelassenen Kolben offen liegend zur Abschmelzmaschine, wobei sie eine für die Weiterverarbeitung erwünschte Abkühlung erfahren (Abb. 6). Nachdem die Kolben automatisch auf die Maschine gebracht wurden, erfolgt das Abschmelzen der Kappen mit Hilfe kurzer, scharfer Gebläseflammen, worauf die heißen Kolben zum Kühlofen (Temperofen) gelangen zwecks Beseitigung der immer vorhandenen Spannungen, wodurch die Bruchgefahr bedeutend verringert wird. Am Ende des Kühlofens werden die Kolben mit Hilfe eigener Beleuchtungseinrichtungen auf Form- und Materialfehler geprüft. Die schlechten Kolben wandern in die Scherbenkästen, die guten werden an Ort und und Stelle verpackt. Mittels Polarisationsapparaten werden die abgeschmolzenen Kolben auf Spannungen untersucht, wobei sich ergibt, ob sie praktisch spannungsfrei sind, das heißt ob der Entspannungsprozeß ordnungsgemäß erfolgt ist.

Wirtschaftliches.

Die jetzt bestehende Anlage arbeitet mit drei Maschinen Tag und Nacht bei einer Leistung pro Westlake-Maschine von 50 000 guten Kolben, einer Gesamtleistung der Anlage mit den drei bisher zur Aufstellung gelangten Maschinen von rund 150 000 Kolben im Tag, somit 40 bis 50 Mill. Kolben im Jahr, je nach Lebensdauer der Wanne.

Weitere Entwicklung des Werkes.

Bei Entwurf der Anlage wurde bereits darauf Rücksicht genommen, daß eventuell spätere Erweiterungen leicht durchgeführt werden können, ohne den harmonischen Gesamteindruck dadurch zu stören. Abb. 7 zeigt das Modell der vollständig ausgebauten Anlage aus der Vogelperspektive.

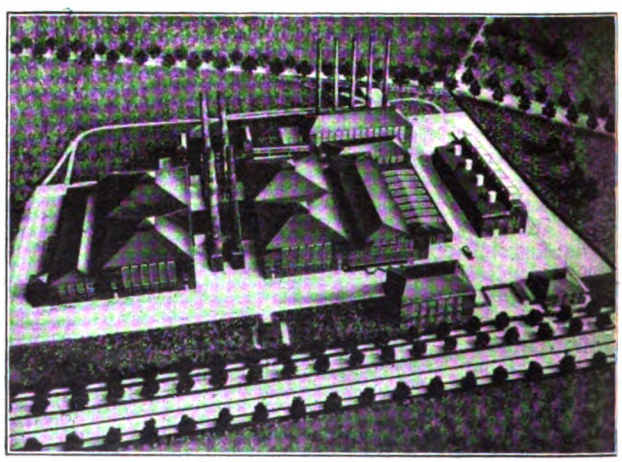


Abb. 7.

Mit vier Hallen und vier Wannen zu je vier Maschinen würde die Produktion der Anlage auf 200 bis 250 Mill. Kolben gesteigert werden; dazu käme außerdem die maschinelle Röhrenzieherei, in der Röhren und Stäbe automatisch mit Maschinen nach dem Danner-Verfahren gezogen werden. Aus dem Modell ist leicht zu erkennen, daß die Erweiterung schrittweise erfolgen kann und daß das zentral gelegene Gemenge- und Maschinenhaus für die künftige Gesamtanlage ausreichend sind.

Digitized by Google

Die physiologischen, psychologischen und ästhetischen Grundlagen der Lichttechnik und ihre kulturellen Ziele.

Bericht über den 6. Jahrestag der Lichttechnischen Gesellschaft Karlsruhe.

Wenn wir mit J. Teichmüller[1]) die Aufgabe der Beleuchtung in der dritten Epoche der Lichttechnik darin erblicken, daß sie die Gegenstände der Umwelt dem Auge deutlich und gefällig zur Erscheinung bringen soll, und uns bemühen diese recht vollkommen zu erfüllen, so müssen wir zugeben, daß wir von einer Lösung noch weit entfernt sind. In dem „deutlich und gefällig" liegen so viele physiologische und psychologische Momente, daß wir, vor der Aufgabe stehend, verzagen könnten, im Bewußtsein, in den früheren Epochen der Lichttechnik ihre wichtigsten Grundlagen so wenig erkannt und studiert zu haben. Auch jetzt noch bleibt die Lichttechnik viel zu einseitig auf ihren physikalischen Grundlagen stehen; nur zögernd kommt sie zu der Anerkennung der Grundlagen aus anderen Gebieten. Es war ein glücklicher Gedanke der L. T. G. Karlsruhe, ihren diesmaligen Jahrestag unter das überschriftlich mitgeteilte Motto zu stellen. Das Thema wurde in fünf Vorträgen behandelt.

Prof. Dr. Teichmüller, der Vorsitzende der Gesellschaft, wies in einem einleitenden Vortrage „Das Bedürfnis der Lichttechnik nach Klärung ihrer nichtphysikalischen Grundlagen" nach. In der ersten und zweiten Epoche glaubte man die Physiologie dadurch genügend berücksichtigt zu haben, daß man zur Lichtmessung das Auge benützte; und so kam dann auch in die Erklärungen der photometrischen Grundlagen der Satz, daß Lichtmenge die vom Auge bewertete Strahlungsenergie sei. Das Auge aber spielt bei der Photometrie nur die Rolle eines Meßinstrumentes in einer Nullmethode, und dadurch erhält die tatsächlich physikalische Vergleichung der Lichter keineswegs physiologischen Charakter. Auch die Wheatstonesche Brücke würde eine elektrische Meßmethode bleiben, wenn man an Stelle des Galvanometers einen menschlichen Körper (dessen Empfindlichkeit gegen elektrische Potentialunterschiede wir uns in beliebigem Grade gesteigert denken können) in den Brückenzweig einschaltete. Einer Überschätzung der Photometrie haben wir es zum großen Teil zur Last zu legen, daß die Lichttechnik einen so verhängnisvollen Irrweg gegangen ist. Wenn wir die Frage, wie das Auge Strahlungsenergie wertet, stellen, sehen wir uns sofort vor einen großen Komplex von Tatsachen gestellt: die Optik des Auges, die Anatomie der Netzhaut, die physiologischen Umsetzungen der Energie und ihre Weiterleitung ins Gehirn und hier die wunderbare Umsetzung ins Bewußtsein. Jetzt, im Psychologischen findet erst die eigentliche Bewertung statt; die Unterscheidungsfähigkeit für Helligkeitsunterschiede und die vielen anderen Fähigkeiten, mit denen der Gesichtssinn Strahlungsenergie bewertet und Schlüsse aus ihrer Wirkung zieht, bis zum Wunder der Raumwahrnehmung. Der Lichtingenieur möchte die Wirkungen Schritt für Schritt aus ihren Ursachen ableiten können; das fordert seine Denkweise. Hätte er solche Kenntnisse schon vor Jahren zur Verfügung gehabt, so würde die Lichttechnik von vielen Irrwegen abgehalten worden sein, würde sie zum Beispiel die Blendung nicht solange nur vom hygienischen Standpunkt aus beurteilt haben. Leisten uns Physiologen und Psychologen die erbetene Hilfe, so wird die Lichttechnik sicherlich auch anregend auf diese beiden Wissenschaften zurückwirken.

Auf die gestellten Fragen antwortete als erster Prof. Dr. Kroh, Tübingen, und zwar in einem dem Inhalte und der Form nach gleich wertvollen Vortrage über: „Grundprobleme der physiologischen und psychologischen Optik in ihrer Bedeutung für die Lichttechnik". Der Mensch ist ein Maß aller Dinge, wie überhaupt, so ganz besonders in allem, was das Sehen angeht. Denn der Mensch ist in erster Linie ein optisches Wesen; seine Psyche tritt mit der Umwelt rezeptiv hauptsächlich durch den Gesichtssinn in Verbindung. Die neue Wissenschaft der Lichttechnik stellt an die physiologische Optik die Frage, ob ihre Forschungsergebnisse für sie, die Lichttechnik, neu geordnet werden müßten. Diese wird ja zweifellos auf die ersteren Wissenschaften einen Einfluß ausüben. Unbedingt nötig ist es jedenfalls, daß alle Begriffe der physiologischen und psychologischen Optik genau definiert werden, jetzt, wo die Forschungsergebnisse dieser Wissenschaften von der Lichttechnik übernommen werden sollen. Das ist umso mehr nötig, als sich diese praktisch gerichtete Wissenschaft in weitem Umfange der Umgangssprache bedient, die mit so vielen Undeutlichkeiten behaftet ist. Der Vortragende ging nun, der Anregung des Vorredners entsprechend, auf den Sehvorgang ein, und erläuterte ihn, von der Abbildung auf der Netzhaut ausgehend, Schritt für Schritt. Die Verteilung der Zapfen und Stäbchen, ihrer Funktionen und die ihrer Sensibilisatoren, die Nervenbahnen mit ihren verwickelten Verzweigungen und dadurch hervorgerufenen Abhängigkeiten der Reizwirkungen von einander, bis in die Sehsphäre des Gehirns, in der sich das Wunder der Umsetzung der physiologischen Vorgänge in das Bewußtsein vollzieht. Auf dem begangenen Wege kam der Redner zu den für die Lichttechnik wichtigen Erscheinungen und zog praktische Folgerungen daraus. Die Adaptation, ein physiologischer Vorgang auf der Netzhaut, kann von unserem Willen in keiner Weise beeinflußt, etwa beschleunigt werden. Wir müssen also unsere Beleuchtungsanlagen so einrichten, daß uns die Umadaptierung keine Schwierigkeiten bereitet und kein Hemmnis bei unseren Verrichtungen wird. Die Netzhaut vermag zwar unterschiede in der Beleuchtungsstärke und Farbe in sehr kleinen räumlichen Abständen gesondert aufzunehmen und weiterzuleiten. Aber doch ist ihre Fähigkeit in dieser Hinsicht beschränkt; ein Reiz von einer Stelle kann auf Nachbarstellen mit einwirken. Dadurch entstehen Wirkungen wie Irradiation, und auch die Blendung ist zum Teil darauf zurückzuführen. Die Irradiation[2]) kann die Blendung — was wenig bekannt ist — bis zu einem gewissen Grade korrigieren. Wenig wird auch noch beachtet, daß die peripheren Teile der Netzhaut zwar nur ein undeutliches, verschwommenes Sehen vermitteln können, aber für die Orientierung von großer Bedeutung sind: Durch die hier zustande kommenden Wahrnehmungen wird das Auge angeregt, die Blickrichtung zu ändern, zum Beispiel bei Annäherung eines Gegenstandes gewarnt und veranlaßt, nun der Gefahr „ins Auge zu schauen".

Die Begriffe Wahrnehmen und Empfinden müssen so voneinander unterschieden werden, daß beim Wahrnehmen die Empfindung auf einen Gegenstand der Umwelt lokalisiert ist, während die Empfindung an sich unabhängig von einer solchen Lokalisierung ist. Zur Wahrnehmung gehört der Begriff des Gegenstandes. Im wesentlichen physiologisch zu erklären ist die Tatsache, daß die physikalischen Veränderungen in der Erscheinungsweise der Gegenstände so korrigiert werden, daß Größe, Gestalt und Farbe der Sehdinge trotz der Änderungen des Netzhautbildes ungefähr erhalten bleiben, vorausgesetzt daß wir die Dinge schon früher gesehen oder daß wir sonst eine Vergleichsbasis haben. Sind solche Vergleiche, bewußte oder unbewußte, nicht möglich, so kann verschiedenartige Beleuchtung die Gegenstände ganz verschieden erscheinen lassen. Das

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 65; 1927, Heft 4, S. 37.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 31, 121; 1927, Heft 4, S. 47.

Digitized by Google

gilt besonders auch von der Farbigkeit von Gegenständen. Die Anwendung von künstlichem Tageslicht zur Beurteilung von Kleiderstoffen und sonstigen Gegenständen, die dem Wechsel der Mode unterworfen sind, ist deshalb sehr berechtigt. Physiologische und psychologische Momente, die in ihren Einzelheiten noch nicht alle erforscht sind, zusammen rufen das Wunder des stereoskopischen Sehens und der Tiefenwahrnehmung hervor. Die Beleuchtung vermag die Raumempfindung erheblich zu beeinflussen; sehr gleichmäßige Beleuchtung vermindert das Raumgefühl, Rhythmus und Gliederung in der Beleuchtung hebt die Raumwirkung. Das muß der Architekt beachten. So kommt das Licht, richtig behandelt, zu einer bedeutenden, ästhetischen Wirkung und hilft zu einer Hebung des Lebensgefühls.

Ein Kernproblem des psychologischen Unterbaues der Lichttechnik, „Die Psychologie der Beleuchtungswahrnehmung" hatte der Vortrag von Dr. Stephan Krauß, Assistent an der psychiatrischen Universitätsklinik in Heidelberg, zum Thema. Von den drei Aspekten einer Beleuchtungslehre — dem physikalischen, sinnesphysiologischen und psychologischen — ist der letztere erst in jüngster Zeit ausgebaut worden. Die psychologische Optik hat sich den Erscheinungsweisen der Farben, der Beleuchtung und des Sehraumes zwischen den Dingen, oder „Zwischenmediums" zugewandt. An den theoretischen Ansichten von Helmholtz, Hering, Katz und Bühler wies der Vortragende die Entwicklung des Begriffes der „Beleuchtungswahrnehmung" auf und legte als letzte Konsequenz die Verselbständigung der Beleuchtungslehre gegenüber der Farbenlehre dar. In eigenen experimentellen Arbeiten ist der Vortragende zur Aufstellung von Beleuchtungsgesetzlichkeiten gelangt. Sie betreffen die Selbständigkeit des Beleuchtungseindruckes, das Hintereinandersehen von verschiedenen Beleuchtungerscheinungen, die scheinbare Verkürzung anormal beleuchteter Räume und den Einfluß des Gestaltmomentes auf den Beleuchtungseindruck. Insbesondere das letztere Moment der in der heutigen Psychologie so viel erörterten Gestaltauffassung eröffnet ganz neue Aussichten für die psychologische Wirksamkeit und Gliederung der Raumbeleuchtung. In genetischer Hinsicht weist Krauss in seiner „allgemeinen Duplizitätstheorie" (Sehraum und Sehding, Stäbchen und Zapfen geben die Stützpunkte für eine solche ab) den Stäbchen die Perzeption des Zwischenmediums zu. Als stärkste Forderung erhebt der Vortragende die Forderung nach dem Standpunkte der „Phänomenologie", jener Betrachtungsweise, die — ohne der Grundlagen uneingedenk zu sein— aus den reinen Erscheinungen zu lernen, eine Wesensschau und Gesetze zu gewinnen bestrebt ist, wofür Goethes Farbenlehre noch immer ein in dieser Hinsicht vorzügliches Beispiel darstellt.

Über „Zivilisation und Kultur des Lichtes und der Farbe" sprach Prof. Dr. Hellpach von Heidelberg, der frühere Staatspräsident von Baden, und verstand es seine Hörer überaus zu fesseln. Nach einer feinen Begriffsbestimmung von Zivilisation und Kultur führte der Redner aus: Bei dem Bestreben, die Naturschätze und -kräfte der menschlichen Lebensführung dienstbar zu machen und somit zivilisatorische Arbeit zu leisten, können wir sozusagen zwei Stockwerke unterscheiden; im unteren stehen Hunger, Kälte, Dunkel, Lebensgefahr und Unrat, im oberen Raum, Zeit, Zufall, Mühe und Langeweile. Von den Schädlichkeiten und Unvollkommenheiten, die in dem unteren Stockwerk zu überwinden waren, ist die Dunkelheit zuletzt behandelt worden; wenigstens ist das Licht als ihr Besieger nur sehr zögernd zur Entfaltung gekommen, sowohl was die Ausnützung des natürlichen Lichtes für menschliche Behausungen, als was die Herstellung und zweckmäßige Verwendung des künstlichen Lichtes betrifft. Wie bei allem zivilisatorischen Fortschritt so ist auch bei der Lichtgebung zuerst die Quantität gesteigert worden. Die Butzenscheiben weichen den großen Fenstern mit immer größeren Scheiben, in Fabriken den Oberlichtern. Bei dem künstlichen Licht werden die Glühlampen erst vermehrt, dann vergrößert. Und hier sehen wir in unseren Tagen eine Begegnung der Kultur mit der Zivilisation: je besser es die Technik verstehen lernt, die Lampen zu vergrößern, desto mehr zeigt die Lampenvermehrung die Tendenz, ins Ästhetische, ins eigentlich Kulturmäßige hinüberzurücken. Nebenher läuft eine Entwicklung, die den Schutz des Auges vor der Grellheit des Lichtes zum Ziele hat, und die der Lichttechnik der letzten Zeit in bemerkenswertem Grade ihr Gepräge aufgedrückt hat. Es erwacht das Bestreben, die Lichterzeugung von der damit verbundenen Wärmeerzeugung frei zu machen, und das andere, die Qualität, die spektrale Zusammensetzung zu ändern, insbesondere so, daß das künstliche Licht in der Farbe dem Tageslichte ähnlich werde.

Hierbei wurde und wird unterstellt, daß das Tageslicht das Ideal darstelle. Die Auffassung ist falsch. Lustwert hat nur das Sonnenlicht, das diffuse Wolkenlicht nicht; nach langandauernder sonnenloser Beleuchtung sehnen sich viele Menschen nach der abendlichen Lampe, und zwar nach der mit gelblichem Lichte leuchtenden. Das Auge will von den biologisch stark angreifenden blauen Strahlen ausruhen; zugleich mag eine Erinnerung an das lustvolle Sonnenlicht mitwirken. Außerdem hat jeder Organismus ein starkes Bedürfnis nach Reizwechsel; der lehnt es auch deshalb ab, aus dem natürlichen Tageslicht in einen Abklatsch davon hinüber zu wechseln.

Die Beleuchtung der Innenräume stellt uns vor die reizvollsten ästhetischen Probleme. Viele Geistesarbeiter verlangen nach einer Lampe, deren Licht sie allein einhüllt und gegen die Umwelt abschließt. Diese sammelnde Kraft des Lichtes macht sich auch geltend bei der Lampe an dem Familientisch und bei dem in der Mitte des Raumes aufgehängten Kronleuchter. Durch solche Beleuchtungen kommt ein Lichtgefälle zustande, das stetig oder sprunghaft oder — durch selektive Durchlassung an Lampenschirmen und dergleichen oder durch Reflexion an Tapeten oder bunten Kleidern — mehrfarbig sein kann, immer ist es von hohem ästhetischen Reiz.

Herrscht beim Licht und der Beleuchtung in ihrer Intensität und Extensität der zivilisatorische Faktor vor, so führt uns die Farbe, von wenigen Ausnahmefällen abgesehen, in das Gebiet der Kultur. Ostwalds Farbenlehre muß als ein großartiger Versuch, das Reich der Farbe rein zivilisatorisch zu behandeln, aufgefaßt werden[3]). Wir kennen eine uralte Symbolik der Farben, in der wir besonders die Trauerfarben und die Würdefarben unterscheiden können. In engem Anschluß daran ist die Ästhetik des bewegten Lichtes zu nennen. Die Lichttechnik hat sich da bisher ganz zivilisatorisch eingestellt, indem sie dem fatalen, zuckenden und schwankenden Lichte das völlig unbewegte, starre Licht gegenüberstellte. Aber wo Lust und Freude am Licht hervorgerufen werden soll, ist Bewegung ein wichtiges Element. Die flackernde Kerze, die Fackel, das lodernde Trauerlicht besitzen unzerstörbare ästhetische Reize; für die Volksbelustigung gibt es kaum etwas Schöneres als ein Feuerwerk. Die Lust an der Farbe hat in der letzten Zeit so stark zugenommen, daß man mit einer lebhaften Entwicklung in der Ausgestaltung von Licht- und Farbensymphonien rechnen kann.

Aufgabe der Lichttechnik ist es, zwischen dem rein technischen und dem rein ästhetischen Prinzip diejenige Symbiose zu schaffen, auf der allein Kulturleistungen sich aufbauen. Diese Aufgabe wird allerdings oft der Techniker allein nicht lösen können; er wird, worauf Teichmüller schon mehrmals hingewiesen hat, mit dem Künstler zusammenwirken müssen.

Als letzter Redner sprach Prof. Hans Freese, der vor kurzem von Düsseldorf auf den Lehrstuhl für Städtebau an der Technischen Hochschule in Karlsruhe be-

[3]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Heft 8 und 9, S. 93 ff. und 101 ff.

Digitized by Google

rufene Architekt, unter dem Thema „Gedanken eines Architekten zur Lichttechnik". Der Redner betonte die Notwendigkeit der Mitarbeit des Architekten an den vorliegenden Aufgaben mit dem Lichttechniker. Er stellt seine Ausführungen unter die Grundforderung: Scheidung und Typung! Die Bedürfnisse und die daraus erwachsenen Aufgaben müssen geschieden und das Typische erkannt werden; Danach aber müssen auch die Mittel zu ihrer Lösung ebenso geschieden und typische Formen gefunden werden.

In dem jetzt in der D. B. G. zur Beratung stehenden neuen Entwurf der Leitsätze für Beleuchtung werden Arbeits-, Verkehrs- und Stimmungsbeleuchtung unterschieden. Die ersten beiden werden von der Beleuchtungstechnik behandelt, die letzte, die allgemein gemütsbetonte Beleuchtung heißen sollte, gehört zur Kunst. Die neuere Zeit hat die Frage nach der besten Einführung des natürlichen Lichtes in Innenräumen neu aufleben lassen. Wir können uns nicht mehr mit der Faustregel: Fensterfläche gleich *n*-mal Grundfläche begnügen[4]). Fenstervorhänge haben lichttechnisch nur den Wert, daß sie den Kontrast zwischen dem hellen Fenster und den Wandflächen mildern und so der Blendung entgegenarbeiten. Als einen Nachteil der natürlichen Beleuchtung von Innenräumen kann man es bezeichnen, daß sie so sehr wechselt und bei trübem Himmel wenig klare Schatten wirft. Es wäre wohl denkbar, daß man einmal als Arbeitsbeleuchtung die künstliche Beleuchtung grundsätzlich vorziehen würde. Welchen ungeheuren Einfluß würde das auf die Architektur ausüben! Schon jetzt sollte man für Flure, Treppenhäuser und Aborte mehr an dauernd künstliches Licht denken und dadurch mehr Freiheit in der Entwicklung der Grundrisse gewinnen. Die Stufigkeit der Treppen sollte man nach Teichmüllers Vorschlag durch Schatten und Kontraste von Farbe und Material heben, wenigstens überall, wo starker Verkehr ist. Bei der Gestaltung der Häuserfassaden sollte der Architekt daran denken, daß ein heller Anstrich zur besseren Beleuchtung der Straßen beiträgt.

Da, wo das Licht seine Fähigkeit, Raum, Form und Struktur zu erklären, zur Geltung bringt, ist es in die gemütsbetonte Gruppe zu rechnen. Es ist künstlerisches Vergnügen, die Gegenstände in möglichst verschiedener Beleuchtung zu zeigen. Die Sonne tut das von selbst; es wäre aber ein arger Mißgriff hierin das natürliche Licht nachahmen zu wollen. Das künstliche Licht sollte dazu benutzt werden, etwas zu erreichen, was die Sonne nicht kann; es kann einem Bauwerk sowohl innen wie außen ganz neue Schönheiten abgewinnen. Es wäre besser, bedeutende Bauwerke (wie zum Beispiel den Zwinger in Dresden) abends zu beleuchten, als das Geld für unnütze, vom Verkehr verstaubte Grasplätze auszugeben. Das Licht kann den Raum zerstören; so wird der Leipziger Platz in Berlin durch die grelle Anleuchtung des Wertheim'schen Warenhauses zerstört. Auch mit Schattenmalerei lassen sich — darin ist Teichmüller zuzustimmen — reizvolle künstlerische Wirkungen erzielen; abzulehnen ist aber der Vorschlag, bunte Malerei durch Projektionsapparate auf Decke oder Wände zu werfen.

Die gemütsbetonte Beleuchtung kann man einteilen in festliche, feierliche, gemütliche Stimmungs- und Reizbeleuchtung. Wundervoll feierlich wirkt die lebendige Flammme des Kerzenlichtes und der Fackel. Die Lichtfarbe ist bei festlicher Beleuchtung von großer Bedeutung. Gemütlich ist die durch ein Lagerfeuer oder durch die Tischlampe hervorgerufene Beleuchtung; das Licht beider wirkt raumbildend. Von besonderer Bedeutung ist die Lichtfarbe da, wo ausgesprochen Stimmung hervorgerufen werden soll. Bei starker Betonung der Farbe entsteht Reizbeleuchtung. Das ist das Gebiet des Kabaretts und der Tanzbar. Da ist alles erlaubt, und da zeigt sich wieder eine große Überlegenheit des künstlichen über das natürliche Licht. Besondere Behandlung verdient die Reizbeleuchtung, wo sie zur Reklamebeleuchtung wird, besonders da, wo sie Architektur schafft.

Teichmüllers Wort „Lichtarchitektur"[5]) will dem Redner mehr als ein Kampfruf erscheinen als als endgültiger Begriff. „Möge es für den Architekten bedeuten, daß Licht eines seiner stärksten Kunstmittel ist, und daß er die Eigenschaften und Forderungen des Lichtes genau so kennen muß, wie irgendeines seiner Baumaterialien; und möge es für den Lichtingenieur bedeuten, daß zur Erfüllung eines großen Teiles seiner Aufgaben mehr gehört, als was sich durch Wissenschaft und Arbeit erreichen läßt. Beide Teile aber mag dieses Wort zusammenschmieden, daß beide zusammen an derselben Sache arbeiten, nämlich am Dienste an der Menschheit."

Diskussion: Ein wie großes Interesse die Vorträge geweckt hatten, wurde aus der lebhaften Erörterung deutlich, die sich daran anschloß, und an der sich außer den Vortragenden hauptsächlich die Herren Halbertsma, Oskar Schneider, Tischer und Weigel beteiligten.

Im allgemeinen ergab sich eine lebhafte und dankbare Zustimmung zu den Ausführungen der Vortragenden; nur gegenüber dem Vortrage des Herrn Krauß drückten mehrere Redner ihre Zweifel aus, ob die darin vorgebrachten Ansichten in der Lichttechnik Wurzel fassen würden. Der Ingenieur wird nicht leicht davon zu überzeugen sein, daß es eine Beleuchtungswahrnehmung geben könne, die nur unmittelbar psychologisch und nicht auf dem Wege über die physiologischen Vorgänge zustande kommen könne.

Man war darin einig, daß der Lichttechnik durch die Klarstellung ihrer physiologischen und psychologischen Grundlagen auf dem Gebiete der Lichtmessung einerseits zwar ein Dienst erwiesen sei, andererseits aber die Bedeutung der Lichtmessung für die Lichttechnik im allgemeinen doch stark zurückgedrängt worden sei. Machte man es früher, so betonte ein Redner, so lange es noch keine handlichen Beleuchtungsmesser gab, den Lichttechnikern zum Vorwurf, daß sie Beleuchtungsanlagen zu sehr nach ihrem Gefühle projektierten und ausführten, so müsse man die merkwürdige Tatsache feststellen, daß jetzt, wo es zahlreiche einfache Beleuchtungsmesser gebe, die Bedeutung der Messung abgeschwächt und das Gefühl zur Beurteilung der Beleuchtungsgüte wieder aufgerufen würde. Die Bedeutung der Ästhetik für die Lichttechnik wurde ausdrücklich anerkannt und damit auch die Berechtigung eines Zweifels darüber, wie weit die Lichttechnik noch zur eigentlichen Technik gerechnet werden dürfe. In der Architektur wird die Lichttechnik nach ihrer ästhetischen Seite hin zweifellos schnell mehr Raum gewinnen. Auch der Lichtmalerei erkannte ein Redner, entgegen den Zweifeln des Herrn Freese, beträchtliche Aussicht auf Anwendung und Entwicklung zu.

Lebhafte Zustimmung fand der Vorsitzende, als er den Jahrestag mit der Bemerkung schloß, daß diese Tagung für die Entwicklung der Lichttechnik von bleibender Bedeutung sein würde, und den Vortragenden deshalb besonders warmen Dank der Lichttechnischen Gesellschaft aussprach. W.

[4]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Heft 2, S. 21; vgl. Ondracek „Vorausberechnung der Beleuchtung durch natürliches Licht", Die Lichttechnik 1926, S. 93.

[5]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Heft 4 und 5.

Digitized by Google

Rundschau.

Die Beleuchtung einer Turmuhr findet gemäß einer Mitteilung von K. Wernicke derzeit in zweifacher Weise statt. Bei kleineren Zifferblättern genügt eine samt ihrem Befestigungsarm oberhalb des Zifferblattes liegende Lampe in einem Blechreflektor. Ist aber das Mauerwerk des Turmes nicht auf einen großen Durchbruch für die Aufnahme des Zifferblattes berechnet, so werden nur Ziffernmarken ausgebildet, und zwar in Form von runden oder rechteckigen Leuchtkammern von kleinen Abmessungen. Jede solche Leuchtkammer ist nach außen zu durch eine Milchglasscheibe abgedeckt, die von der dahinter befindlichen Lampe durchleuchtet wird. In diesem Falle sind die Zeiger, wie zum Beispiel bei den Turmuhren einer bekannten Berliner Großfabrik, aus Eisen konstruiert und enthalten hinter der Milchglasabdeckung Glühlampen. Bei dieser zweiten Beleuchtungsart ist eine Erkennbarkeit auf größere Entfernungen als mit den üblichen an- oder durchgeleuchteten Ziffernblätter erreichbar. To—.

(Dinglers polytech. Journal, Bd. 342, Heft 14, 1927.)

Die Lichtausstrahlung von Leuchtfarben und ihre Messung mit dem Bechstein-Luxmeter bespricht Dr.-Ing. L. Bloch. Obwohl die Verwendung von Leuchtfarben, hauptsächlich zu Zifferblättern von Uhren, dann aber auch zur Kenntlichmachung von Schaltern, jetzt bereits ziemlich verbreitet ist, findet man nur sehr wenige Angaben über die Lichtstärke oder Leuchtdichte derselben. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß die Leuchtdichte und damit die Lichtstärke eine ungeheuer kleine ist. (Die Lichtstärke eines Plättchens von 1 cm² Oberfläche besitzt die Größenordnung von einem Millionstel einer Kerze.) Die Messung so geringer Lichtstärken unterliegt zu großen Schwierigkeiten.[1]) Die Aufgabe wird wesentlich erleichtert, wenn man sie nicht mehr als Lichtstärkemessung betrachtet, sondern als Messung der „spezifischen Lichtausstrahlung". Die spezifische Lichtausstrahlung einer Fläche erhält man, wenn man ihre Beleuchtung mit dem ihr zukommenden Reflexionsvermögen für zerstreutes Licht multipliziert. Eine Fläche hat also die spezifische Lichtausstrahlung von 1 Lux, wenn sie denselben Lichtstrom gibt, wie eine mit 1 Lux beleuchtete, alles Licht vollkommen zerstreut zurückstrahlende Fläche. Für matte Flächen, die das Licht nach dem Cosinusgesetz reflektieren, ist die spezifische Lichtausstrahlung in Lux das 31 400 fache ($\pi \times 100^2$) der Leuchtdichte in HK/cm². Dasselbe gilt auch für solche selbstleuchtende Flächen, deren Lichtausstrahlung dem Cosinusgesetz entspricht. Bei den radioaktiven Leuchtfarben trifft dies nur annähernd zu. Die bei solchen Messungen erhaltenen Werte bewegen sich in der Größenordnung von Zehntel bis zu Hundertstel Lux, was gegenüber den Millionstelwerten in HK einen großen Vorteil bedeutet, da wir uns darunter etwas Bestimmtes vorstellen können. Hat eine Leuchtfarbe zum Beispiel die Lichtausstrahlung von 0·1 Lux, so erscheint sie ebenso hell, wie eine vollkommen weiße Fläche, die mit 0·1 Lux beleuchtet oder wie eine graue Fläche vom Reflexionsvermögen 0·1, die mit einem Lux beleuchtet ist. Aus dieser Überlegung ergab sich ein einfaches Meßverfahren für die Lichtausstrahlung der Leuchtfarben. Das Bechstein-Luxmeter[2]) vergleicht die Lichtausstrahlung weißer oder grauer Flächen, die mit Beleuchtungsstärken der den Leuchtfarben entsprechenden Größenordnungen beleuchtet sind, mit der Lichtausstrahlung einer Milchglasplatte. Die Milchglasplatte wird von der Rückseite durch eine Glühlampe mit konstant gehaltener Stromstärke gleichmäßig beleuchtet und ihre Lichtausstrahlung durch eine Siebblende von veränderlichem Querschnitt meßbar geschwächt. Das Luxmeter, das von der Firma Schmidt und Haensch, Berlin,[1]) geliefert wird, bedarf nur einer kleinen Anpassung, um zur Messung der Lichtausstrahlung von Leuchtfarben geeignet zu werden. Der benutzbare Bereich des Luxmeters reicht durch Regulierung des Glühlampenstroms so weit, wie überhaupt ein Lichteindruck wahrnehmbar ist. Zu dem Zweck sind natürlich Eichungen der Lampe bei verschiedenen Stromstärken erforderlich. Bei der Erprobung des Meßverfahrens sollen sich bei Lichtausstrahlungen bis unter 0·01 Lux keinerlei Schwierigkeiten ergeben haben. Sehr einfach gestaltet sich mit Hilfe des Luxmeters auch die Messung der Änderung der Lichtausstrahlung im Verlauf der Zeit und zwar sowohl langsamer als schnell verlaufender Änderungen. Die mit dem Luxmeter bei der Messung von Leuchtfarben selbst sehr geringer Lichtausstrahlung erzielbare Genauigkeit wird auf etwa 20 vH geschätzt. Die Anwendung des Luxmeters ist nicht nur auf die Messung der Lichtausstrahlung von Leuchtfarben beschränkt, sondern man kann zum Beispiel auch den Ultraviolettgehalt verschiedener Lichtquellen, ferner die Durchlässigkeit lichtabsorbierender Stoffe, Stärke von Röntgenstrahlen usw. mittels desselben in indirekter Weise bestimmen, indem man die betreffenden Einflüsse durch die mit ihnen verbundenen Lichtausstrahlungsänderungen von radioaktiven Leuchtfarben mißt. Fin.

(Licht und Lampe, Heft 12, 1927).

[1]) Vgl. Kohlrausch, Die radioaktiven Leuchtfarben und ihre Photometrie, „Die Lichttechnik" 1926, S. 37 ff.

[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 491; „Die Lichttechnik", 1925, S. 27.

[1]) Vgl. „Die Lichttechnik" 1925, S. 70.

Berichtigung.

Die Induktionslampe. „Die Lichttechnik", Nr. 9, vom 14. August 1927, Seite 105.

In diesem Aufsatz sind einige störende Druckfehler stehen geblieben.

Der von Foulke benützte Transformator hat das Übersetzungsverhältnis 3000/15 000 (Seite 105, linke Spalte).

Der Spektralbereich der ersten Methode erstreckt sich von 20 000 bis 19 000 ÅE, der der zweiten von 5700 bis 2100 ÅE (Seite 105, rechts unten).

Auf Seite 106, zweite Spalte, sind die Wellenlängen in $\mu\mu$ (nicht in μ m) anzusetzen.

Endlich ist noch auf einen Irrtum in der Wiedergabe aufmerksam zu machen. Die Lampe ist bis zu einem Druck von mindestens (nicht höchstens) 0·001 mm zu entlüften (Seite 105, rechts unten). D. S.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft

VORTRAG.

Donnerstag, den 3. November d. J., um ½ 7 Uhr abends, im Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule, Wien, IV., Gußhausstraße 25, **Hörsaal I.**

Vortrag von Herrn Ing. Hanns Koch, Wien, über:

Die internationalen Arbeiten auf dem Gebiete der Lichttechnik.

Inhaltsangabe:

1. Die Entstehung der Internationalen Beleuchtungstechnischen Commission (I. B. C.).
2. Bericht über die Tagung der I. B. C. in Bellagio, August-September 1927.
3. Vorschläge für die zukünftige Zusammenarbeit der Österr. Lichttechnischen Gesellschaft mit der I. B. C.

Der I. Schriftführer:
J. Ondracek e. h.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 12 | **6. November 1927** | **4. Jahrgang**

INHALT: Die internationalen Arbeiten auf dem Gebiete der Lichttechnik. Von Ing. Hanns Koch, Wien. S. 129. / Eine praktische lichttechnische Ausstellung. Von J. Ondracek, Wien. S. 133. LITERATURBERICHT. S. 136.

Die internationalen Arbeiten auf dem Gebiete der Lichttechnik.

Von Ing. Hanns **Koch**, Wien[1]).

Im August des Jahres 1913 fand in Berlin die letzte Tagung der Internationalen Lichtmeß-Kommission statt, anläßlich welcher die Umwandlung in eine Internationale Beleuchtungstechnische Kommission beschlossen wurde. Diese Tagung war die letzte vor Ausbruch des Krieges, bei welcher Österreich vertreten, war; bei den nach Kriegsende in den Jahren 1921 in Paris und 1924 in Zürich stattgehabten internationalen Besprechungen, war Österreich durch keine Delegation vertreten.

Daß aber auch in Österreich den Fragen der Lichttechnik größtes Interesse entgegengebracht wird, beweist die im Jahre 1923 erfolgte Gründung der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft, die durch ihre Komitees sowohl theoretische als auch praktische Beleuchtungsfragen behandelt.

Um so erfreulicher war es, daß nach beinahe vierzehnjähriger Unterbrechung im April dieses Jahres auf eine von der Zentralleitung an den früheren Präsidenten der österreichischen Beleuchtungstechnischen Kommission, Herrn Sektionschef Dr. L. Kusminsky, ergangene Anregung an die Gründung eines neuen österreichischen Komitees dieser internationalen Vereinigung im Rahmen der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft geschritten wurde und sich dadurch die Möglichkeit ergab, die alten Beziehungen zu den übrigen nationalen Komitees wieder aufzunehmen und aktiv an sämtlichen theoretischen und praktischen Fragen der Lichttechnik mitzuarbeiten, deren Studium in den Rahmen der Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission fällt.

Die erste Tagung, an welcher Österreich und auch Deutschland, das durch die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft als nationales Komitee vertreten war, teilnahmen, fand in diesem Jahr in der Zeit vom 31. August bis 3. September auf Einladung des italienischen Komitees in Bellagio statt.

Bevor über diese Tagung Bericht erstattet wird, soll ein kurzer Überblick über die Entwicklung der internationalen Zusammenarbeit auf lichttechnischem Gebiete gegeben werden:

1. Entstehung der Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission.

Im September des Jahres 1900 fand gelegentlich der Weltausstellung in Paris ein internationaler Kongreß der Gasindustrie unter Vorsitz des Herrn Th. Vautier statt, der bei seiner ersten Sitzung beschloß, ein internationales Komitee zu bilden, welches unter dem Namen einer internationalen Lichtmeß-Kommission (International Committee on the Photometry on incandescent Gas-burners) die Aufgabe hatte, Regeln für die photometrischen Messungen von Gasbrennern festzulegen. Das Komitee setzte sich aus je vier Vertretern von Frankreich, Deutschland und England und je einem Vertreter von Belgien, Holland, Österreich, Schweiz und den Vereinigten Staaten von Amerika zusammen; das Büro befand sich bei der Société technique de l'Industrie du gaz en France in Paris.

Die erste Sitzung dieses Komitees in Zürich (19. bis 22. Juni 1903) wurde von sämtlichen Ländern mit insgesamt 18 Delegierten beschickt. Von den Fragen, die damals behandelt wurden, sind folgende zwei auch heute noch von internationalem Interesse, und zwar die heterochrome Photometrie und die Untersuchungen zur Festlegung der Beziehungen der damals gebräuchlichen Lichteinheiten (Hefnerlampe, Vereinskerze, Sperm-candle, Vernon-Harcourt 10 candle pentane lamp, Carcel lamp) untereinander.

An der zweiten Sitzung, welche erst im Jahre 1907, wieder in Zürich (18. bis 20. Juni), stattfand, nahmen 15 Delegierte von sieben Ländern teil, denen sich auch drei Vertreter der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, des Laboratoire Central d'Electricité in Paris und des National Physical Laboratory in England anschlossen. Dort wurde abermals die Frage der heterochromen Photometrie behandelt; ferner wurde der Beschluß gefaßt, Untersuchungen über den Schmelzpunkt des Platins anzustellen; das Sekretariat wurde beauftragt, mit den nationalen Laboratorien diesbezüglich in Verbindung zu treten. Weiters wurden die von Prof. Drehschmidt vorgeschlagenen Bezeichnungen für die Lichtstärke angenommen.

Anläßlich der dritten Tagung im Juli 1911, abermals in Zürich[2]), versammelten sich 14 Delegierte aus sieben Ländern, um über eine große Zahl von Arbeiten und Berichten zu beraten. Die wichtigste Entscheidung der Kommission bei diesen Besprechungen war folgende: Die Internationale Lichtmeß-Kommission ist im Hinblick auf die modernen Methoden der Gasverwertung der Ansicht, daß die Bestimmung der Lichtstärke der Gasflammen ihre Bedeutung verloren hat und daß die Messung des Wärmewertes, welcher ein tatsächliches Kriterium der Güte des Gases darstellt, die Bestimmung der Lichtstärke ersetzen soll.

Diese Entscheidung war das Endresultat ausgedehnter Untersuchungen, die eine Anzahl von Jahren in Anspruch nahmen und über die der Kommission von Zeit zu Zeit berichtet wurde.

Die erwähnten drei Sitzungen wurden innerhalb der ersten elf Jahre des Bestehens der Internationalen Lichtmeß-Kommission abgehalten, wobei von den während dieser Zeit geleisteten Arbeiten folgende von besonderer Bedeutung erscheinen:

[1]) Vortrag, gehalten bei der Versammlung der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft in Wien, am 3. November 1927.

[2]) Vgl. E. u. M. 1911, S. 691; 1913, S. 774.

Digitized by Google

Die erste Arbeit betrifft die bereits erwähnte Angabe des Wärmewertes als einziges richtiges Kriterium für die Qualität des Gases.

Die zweite Arbeit war die Festlegung einer gemeinsamen Einheit der Lichtstärke in Frankreich, England und Amerika und ihr Verhältnis zu der in Deutschland angenommenen Hefner-Kerze. Es wurde die Relation aufgestellt:
1 bougie decimale = 1 american candle = 1 engl. candle, während die Hefner Kerze 0·9 dieser Einheiten gleichkommt.

Zu dieser Zeit wurde der Wunsch laut, die bestehende Internationale Lichtmeß-Kommission zum Vorteile der gesamten Beleuchtungsindustrie auf eine breitere Basis zu stellen. Das American Gas Institute führte die diesbezüglichen Verhandlungen mit den einzelnen Ländern, die dem Gedanken der Erweiterung der Kommission Interesse entgegenbrachten, so daß anläßlich der Tagung der Delegationen in Berlin im Jahre 1913 an die Gründung einer Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission (International Commission on Illumination) geschritten werden konnte[3]). Dieser Tagung wohnten 45 Delegierte aus folgenden Ländern bei: Belgien, Deutschland, England, Frankreich, Holland, Italien, Österreich-Ungarn, Schweiz und den Vereinigten Staaten von Amerika. Die Statuten der neuen Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission wurden auf Grund der bisherigen Form von einem Komitee entworfen, das aus den Herren Th. Vautier, Präsident der Internationalen Lichtmeß-Kommission, C. C. Paterson als Vertreter des National Physical Laboratory in Teddington, Geheimrat Dr. Brodhun als Vertreter der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Dr. Kusminsky als Vertreter der k. k. Normal-Eichungskommission in Wien, F. Laporte als Vertreter des Laboratoire central d'Electricité und Dr. Rosa als Vertreter des Bureau of Standards in Washington gebildet wurde und in der vierten Sitzung der Lichtmeß-Kommission im Jahre 1913 in Berlin angenommen.

Die Kriegsjahre von 1914 bis 1918 hatten eine Unterbrechung der kaum begonnenen Arbeiten gebracht, die erst im Jahre 1921 mit der Tagung in Paris wieder aufgenommen wurden[4]). In Paris waren 21 Delegierte von vier Ländern mit nationalen Komitees anwesend und außerdem drei Länder, in denen nationale Komitees noch nicht bestanden, durch Delegierte vertreten. Bei dieser Verhandlung wurden 18 Berichte vorgelegt und zur Diskussion gestellt und folgende wichtige Entscheidungen getroffen:

1. Eine Definition der Lichtstärkeeinheit gemessen nach den Werten der Standardlampen der nationalen Laboratorien von Frankreich, England und Amerika.

2. Definition der drei, in der Lichttechnik und Photometrie gebräuchlichen Grundgrößen: *a*) Lichtstärke oder Kerzenstärke (candle power), *b*) Lichtstrom, *c*) Beleuchtungsstärke.

Die Einheiten, nach welchen diese drei Größen gemessen werden: die Kerze (candle), das Lumen und das Lux (metre-candle) bezw. foot-candle wurden ebenfalls festgelegt.

Weiters wurde die Gründung von technischen Sub-Komitees auf internationaler Basis, die sich mit dem Studium besonders wichtiger Probleme zu befassen und in der nächsten Sitzung der Kommission über die Ergebnisse zu berichten haben, beschlossen. Gegenstand des Studiums waren:

Heterochrome Photometrie,
Definitionen und Bezeichnungen,
Fabriks- und Schulbeleuchtung,
Automobilbeleuchtung.

In den folgenden Jahren wurden die in Paris begonnenen Arbeiten intensiv fortgesetzt und die nächste Sitzung, die in Genf im Juli 1924 stattfand, zeichnete sich durch ein ausgedehntes Programm und eine große Zahl von Delegierten, unter denen sich Vertreter der nationalen Laboratorien von Frankreich, England und Amerika, Mitglieder von Universitäten, Delegierte der Gas- und Elektrizitäts-Industrie und der Ärzteschaft befanden, aus. Anläßlich dieser Tagung wurden nicht weniger als 29 Arbeiten vorgelegt und zum ersten Mal praktische Beleuchtungsfragen und die Demonstration der Grundzüge für richtige Beleuchtung besprochen.

In dieser Sitzung erfolgte auch die Gründung von zwei neuen Komitees, wovon sich das eine mit Fragen der Kolorimetrie befassen sollte, während dem anderen die Aufstellung eines internationalen Wörterbuches für Lichttechnik und Photometrie, und zwar vorläufig in französischer, deutscher, englischer und italienischer Sprache, unter Vorsitz eines Mitgliedes des Schweizer Komitees übertragen wurde.

Zu Ende dieser Tagung wurde beschlossen, die nächste Vollsitzung im Jahre 1927 in Amerika abzuhalten. Der Umstand jedoch, daß für dasselbe Jahr anläßlich des 100. Todestages Voltas die Internationale Elektrotechnische Kommission (I. E. C.) ihre Tagung für Bellagio festgesetzt hatte, veranlaßte bereits im Vorjahr den Präsidenten der I. E. C., Herrn Dr. Semenza, im Auftrage des italienischen Komitees eine Einladung zur Abhaltung einer Versammlung in Bellagio an die Internationale Beleuchtungstechnische Kommission ergehen zu lassen. Es fand daher, wie bereits erwähnt, in der Zeit vom 31. August bis 3. September die Tagung der Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission (I. B. C.) in Italien statt, welche die Vorarbeiten für die auf das Jahr 1928 verschobene Vollversammlung in Amerika durchzuführen hatte.

2. Bericht über die Tagung der I.B.C. in Bellagio, August-September 1927.

Zehn Nationen mit insgesamt 67 Delegierten nahmen an den Beratungen der Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission teil, welcher inzwischen außer Österreich auch Deutschland, Belgien, Japan und Holland beigetreten waren. Außerdem hatte zu dieser Tagung Rußland einen Beobachter (inofficial observer) entsandt und auch das Bureau Internationale de Travail war durch Delegierte vertreten.

Die Vertreter der einzelnen Staaten bei den Beratungen des Exekutiv-Komitees waren für

Belgien: M. Vink.
Deutschland: Dr. Meyer.
England: Col. Edgcumbe, L. Gaster, C. C. Paterson, Dr. J. W. Walsh, R. Watson.
Frankreich: P. Janet.
Holland: Dr. Halbertsma.
Italien: Prof. Bordoni, M. Bohm.
Japan: Dr. Kan Tanaka.
Österreich: Ing. H. Koch.
Schweiz: Dr. Joye, A. Filliol.
Vereinigte Staaten v. Nord-Amerika: Dr. E. P. Hyde, Dr. Sharp.

Außer den Sitzungen des Exekutiv-Komitees fanden Besprechungen folgender Kommissionen statt:

Kommission für das Vocabularium,
Kommission für Definitionen und Bezeichnungen,
Kommission für heterochrome Photometrie,
Kommission für Kolorimetrie,
Kommission für die Beleuchtung von Fabriken und Schulen,
Kommission für Automobilbeleuchtung.

In den oberwähnten Kommissionen war Österreich als stimmberechtigtes Mitglied nicht vertreten, da es von der Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission zur besonderen Mitarbeit nicht aufgefordert worden war und keine bezügliche Arbeit übersandt hatte. Eine Zuwahl in die bestehenden Kommissionen anzuregen, war jedoch überflüssig, weil bei der Tagung in Bellagio im Exekutiv-Komitee eine Neuorganisation der Arbeiten beschlossen wurde, da die von den Kommissionen behandelten Probleme bei der bisher bestehenden Arbeitsmethode nicht genügend rasch zu dem erwünschten Er-

[3]) Vgl. E. u. M. 1913, S. 816.
[4]) Vgl. Die Lichttechnik 1924, S. 244.

Digitized by Google

gebnis geführt haben. Diese Tatsache veranlaßte die Vertreter der verschiedenen Staaten im Exekutiv-Komitee auf Grund der Vorschläge der amerikanischen, englischen, französischen und italienischen Gruppen sich mit dieser Frage näher zu beschäftigen. Die Besprechungen führten zu dem Ergebnis, daß die weiteren Arbeiten der Kommissionen in der Weise durchzuführen sind, daß eine Zahl von bestimmten Problemen den einzelnen nationalen Komitees zur weiteren Behandlung überwiesen werden solle. Die betreffenden nationalen Komitees, die den Namen Sekretariat-Komitees führen, treten für die in Frage stehende Aufgabe an Stelle des Zentral-Büros, welches jeweils nur durch Abschriften der Korrespondenzen des betreffenden Sekretariat-Komitees über den Stand der Arbeiten zu unterrichten ist. Die nationalen Komitees haben die Aufgabe, die ersten Entwürfe für die von ihnen zu behandelnden Arbeiten zu machen und den übrigen Komitees zur Begutachtung zu übersenden. Auf Grund der gemachten Gegenvorschläge muß das betreffende nationale Komitee seine Arbeit zu einem neuen Vorschlag erweitern bezw. abändern, um sie auf diese Weise in eine endgültige Form zu bringen und rechtzeitig dem Zentralbüro zur Beschlußfassung für die nächste Vollversammlung der I. B. C. übersenden zu können. Zu Beginn der Arbeiten muß jedoch jedes Sekretariat-Komitee bei den übrigen nationalen Komitees anfragen, ob Interesse für die Teilnahme an der eigenen Arbeit vorhanden ist, in welchem Falle ein Vertreter, der an dem in Frage stehenden Problem mitarbeitet, namhaft gemacht werden soll. Dieser Vertreter handelt im Auftrag seines nationalen Komitees. Der Meinungsaustausch zwischen den einzelnen Komitees kann schriftlich erfolgen, wobei jedoch nicht ausgeschlossen ist, daß unter besonderen Umständen eine Sitzung der Vertreter einberufen werden kann, allerdings muß vorher die Zustimmung des Zentralbüros eingeholt werden. Die nationalen Komitees sind verantwortlich für die rechtzeitige Überweisung der fertiggestellten Arbeiten, das heißt mindestens drei Monate vor der nächsten Tagung, an das Zentral-Büro, um sie, sofern sie die Zustimmung sämtlicher übrigen Komitees gefunden haben, zum Beschluß erheben zu lassen. Konnte eine Übereinstimmung nicht erzielt werden, müssen die Gründe dem Zentralbüro ebenfalls bekanntgegeben werden.

Für die nationalen Komitees ergibt sich in Anbetracht des Umstandes, daß die nächste Tagung bereits im Jahre 1928 stattfindet, die Notwendigkeit, durch besonders intensive Arbeit eine möglichst große Zahl der zur Behandlung festgelegten Aufgaben durchzuführen und sie bis zum 9. Juni 1928 in der endgültigen Fassung dem Zentral-Büro zu übersenden.

Besonders auf Grund des englischen Vorschlages, welcher eine Zusammenstellung aller jener Probleme enthält, deren Behandlung der Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission empfohlen wird, beschloß das Exekutiv-Komitee, 15 der für den Augenblick am wichtigsten erscheinenden Themen den einzelnen nationalen Komitees zur weiteren Behandlung zu überweisen. Die Themen wurden wie folgt aufgeteilt:

1. Vocabularium, Schweiz.
2. Definitionen und Bezeichnungen, Frankreich.
3. Automobilbeleuchtung, Vereinigte Staaten von Nord-Amerika.
4. Beleuchtung von Fabriken und Schulen, Vereinigte Staaten von Nord-Amerika.
5. Heterochrome Photometrie, Frankreich.
6. Straßenbeleuchtung, Deutschland.
7. Signalgläser, England.
8. Beleuchtungsglas, Deutschland.
9. Auffangschirme von Photometern, Österreich.
10. Genauigkeit der Photometrie, Holland.
11. Darstellung der Lichtverteilung, Belgien.
12. Tageslichtbeleuchtung, England.
13. Beleuchtung der Projektionsflächen in Lichtspieltheatern, Japan.
14. Grundlegende Untersuchungen über Blendung, Italien.
15. Kolorimetrie.

Die bei der Tagung anwesenden Vertreter der nationalen Komitees haben sich mit dieser Aufteilung der Themen einverstanden erklärt, vorausgesetzt, daß ihre Komitees ebenfalls ihre Zustimmung dazu erteilen. Bezüglich der 15. Aufgabe wird erst der Bericht der beiden, bereits mit dieser Frage beschäftigten Experten abgewartet.

Die Vorsitzenden der bisher bestandenen Kommissionen erhielten für ihr Land die bereits früher von ihnen behandelten Probleme wieder zugewiesen, um auf diese Weise eine Weiterführung dieser Arbeiten zu sichern. Für die den einzelnen Ländern zum Studium übergebenen Aufgaben wurden im besonderen Gesichtspunkte für deren Durchführung festgelegt, damit tatsächlich die Bearbeitung gemäß der in Bellagio vereinbarten Form gewährleistet erscheint.

Die dem österreichischen Komitee übertragene Arbeit, die bereits die Zustimmung und Annahme seitens des Komitees gefunden hat, besitzt folgenden Wortlaut (in deutscher Übersetzung):

„Höhe der Prüfebene bei photometrischen Messungen und Spezifikation von Prüfflächen. In Fällen, wo eine Messung der Beleuchtungsstärke nicht auf dem Fußboden oder in einer bestimmten Ebene durchzuführen ist, soll die Höhe vom Fußboden, in welcher die Prüfebene für die Messung horizontaler Beleuchtungsstärken zu legen ist, international festgelegt werden.

Das österreichische nationale Komitee ist eingeladen, dieses Problem im besonderen zu studieren und gleichzeitig als Sekretariat-Komitee für die anderen nationalen Komitees in dieser Angelegenheit zu fungieren, um *a*) ein Übereinkommen für eine derartige Höhe zu erzielen, *b*) eine Spezifikation von Prüfflächen, die bei Beleuchtungsmessungen Verwendung finden, vorzubereiten."

Außer dieser Neuorganisation der Arbeitsweise der I. B. C. ist besonders der auf Anregung des italienischen Komitees im Exekutiv-Komitee gefaßte Beschluß erwähnenswert, laut welchem das Sekretariat einen ständigen Gedankenaustausch mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission unterhalten soll, um zu verhindern, daß gleiche Probleme in beiden Kommissionen behandelt werden. Weiters wurde auf Anregung des englischen Komitees ein Beschluß dahingehend gefaßt, daß das Sekretariat sich laufend über die Verhandlungen unterrichten soll, welche die International Lamp Manufacturers Association und die Union de Producteurs et Distributeurs d'électricité mit den betreffenden Verbraucherkreisen führen, um allgemein gültige Bedingungen für die Abnahme von Glühlampen aufzustellen.

Das Exekutiv-Komitee beschloß ferner einen Bericht vom Generalsekretär Dr. J. W. T. Walsh über die Gründung und Entwicklung der I. B. C., sowie der von ihr geleisteten Arbeiten zu veröffentlichen. Der vorgelegte Rechenschaftsbericht wurde angenommen. An Stelle von Dr. E. P. Hyde (U. S. A.), der seit dem Jahre 1921 als Präsident der I. B. C. den Vorsitz im Exekutiv-Komitee führte und auch während der Tagung in Bellagio die Verhandlungen leitete, wurde einstimmig Herr C. C. Paterson (England), bisher Ehrensekretär der I. B. C., zum Vorsitzenden gewählt. Ein neuer Ehrensekretär wurde, als derzeit entbehrlich, nicht ernannt, hingegen wählte das Exekutiv-Komitee Herr A. Filliol (Schweiz) zum neuen Ehrenschatzmeister.

Die nächste Vollversammlung findet im September 1928, nach einer nochmaligen Einladung des amerikanischen Komitees in den Vereinigten Staaten, möglichst gleichzeitig mit der Jahrestagung der Illuminating Engineering Society, statt. Die nationalen Komitees werden ersucht, ihre Vertreter möglichst bald bekanntzugeben und zahlreich an dieser Tagung teilzunehmen.

Über die Arbeiten in den verschiedenen Kommissionen ist folgendes zu berichten:

Kommission für das Vocabularium. Unter Vorsitz von Prof. Dr. Joye (Schweiz) wurden die vier eingesandten Arbeiten durchgesprochen und verabredet, daß auf Grund der italienischen und französi-

Digitized by Google

schen Anregung jedes nationale Komitee eine Gruppeneinteilung vorschlagen und die Wörter auf jede Gruppe verteilen solle, wobei Wörter hinzugefügt bezw. weggelassen werden können. Besonders wurde auf die Wichtigkeit eines Zusammenarbeitens mit der Kommission für Definitionen und Bezeichnungen hingewiesen.

Kommission für Definitionen und Bezeichnungen. Auf Grund von Vorschlägen der deutschen Gruppe wurde beschlossen, für den Lichtstrom das Symbol Φ neben F gleichwertig zuzulassen, die Durchlässigkeit unter Berücksichtigung des Unterschiedes zwischen regelmäßiger und diffuser Durchlässigkeit zu definieren und eine Reihe von Definitionen in denen vom „centre" einer Lichtquelle (Lichtschwerpunkt) gesprochen wird, so zu ändern, daß sie diesen Begriff nicht enthalten.

Die Aufnahme der Dimensionsgrößen in eine spätere internationale Zusammenstellung wurde in Aussicht genommen. Der französische Vorschlag die „radiance", das heißt spezifische Lichtausstrahlung, unter die zu definierenden Größen aufzunehmen, wurde angenommen.

Kommission für heterochrome Photometrie. Bei diesen Besprechungen wurde eine Reihe von Einzelfragen aus dem Gebiet der heterochromen Photometrie erörtert, die hauptsächlich für die nationalen Laboratorien der verschiedenen Länder von Wichtigkeit sind. Die Frage der Messungen und Normung von Signalgläsern wurde aufgegriffen und der Vorschlag gemacht, auch die Normung der Augenschutzgläser in den Aufgabenkreis der Kommission einzubeziehen. Besprochen wurde weiters die Festlegung eines internationalen einheitlichen Wertes der Konstante C_2 des Wien-Plankschen Strahlungsgesetzes.

Kommission für die Beleuchtung von Fabriks- und Schulräumen. In zwei Sitzungen wurde unter Vorsitz von L. B. Marks (U. S. A.) über acht Vorschläge und Berichte diskutiert, welche die nationalen Komitees von Deutschland, England, Frankreich, Italien und der Schweiz vorbereitet hatten. Zu dem in Genf im Jahre 1924 beratenen Entwurf von: „Internationalen Regeln, Vorschriften und Empfehlungen für die Beleuchtung von Fabriken und Schulen" wurde von den Vertretern der nationalen Komitees Stellung genommen und folgende Richtlinien für die weitere Bearbeitung dieser Frage festgelegt:

1. sollen die empfohlenen Beleuchtungsstärken für die einzelnen Arbeitsgruppen erhöht werden,
2. sollen die Richtlinien für die Vermeidung der Blendung präziser gefaßt werden,
3. der Begriff der „Mindestbeleuchtung" soll definiert werden,
4. die Frage der gesetzlichen Anerkennung der Vorschriften ist in den einzelnen Ländern zu prüfen und
5. ist in die Vorschriften die Beleuchtung von Verkaufsräumen und Büros aufzunehmen.

Kommission für Automobilbeleuchtung. Eine Reihe von Vorschlägen verschiedener nationaler Komitees standen unter Vorsitz von Dr. Sharp (U. S. A.) zur Beratung. Allgemein wurde die Notwendigkeit eines doppelten Leuchtsystems für Stadt- und Überlandverkehr erkannt, unter der Voraussetzung, daß bei eingeschaltetem Stadtlicht die Beleuchtungsstärke auf der Fahrbahn nicht verringert wird, um eine plötzliche Schwächung der Sehleistung zu vermeiden, sondern nur die Verteilung des Lichtstromes eine entsprechende Änderung erfährt und die bei weitreichendem Fernlicht auftretende Blendung zuverlässig verhindert. Die Vertreter von Deutschland, England, Frankreich, Holland, Italien, Japan, Österreich, Rußland, Schweiz und der Vereinigten Staaten äußerten sich zu der Frage der Regelung der Beleuchtung von Kraftfahrzeugen, wobei nur Deutschland, Frankreich und Holland über Vorschriften berichten konnten, die sich in der Praxis bereits bewährt hatten. Es war zu erkennen, daß die Zweifadenlampe in vielen Ländern mit den besten Erfolgen im Gebrauch ist[5]) und vor allem die Vereinigten Staaten zu diesem System der Automobilbeleuchtung übergegangen sind, obwohl die Vorschriften bisher nur ein Beleuchtungssystem für Nah- und Fernlicht vorgesehen hatten. Der Vertreter der Schweiz erklärte, daß die eigenen Vorschriften erst nach Festlegung der Vorschläge für international gültige Regeln durch die I. B. C. diesen angepaßt werden sollen, um als Durchzugsland den Automobilverkehr durch Bestimmungen, die von den anderen Staaten abweichen, nicht zu hemmen, ein Standpunkt, der auch für Österreich vertreten wurde. Eine endgültige Beschlußfassung wurde für die nächste Tagung zurückgestellt.

3. Vorschläge für die zukünftige Zusammenarbeit der Österr. Lichttechnischen Gesellschaft mit der I. B. C.

Der Eintritt Österreichs in die I. B. C. und in weiterer Folge die Beschlüsse, welche anläßlich der Tagung in Bellagio gefaßt wurden, haben dem österreichischen Komitee ein umfangreiches Arbeitsprogramm gebracht, dessen Durchführung gleich in Angriff genommen werden muß, um für die nächste Vollversammlung im Jahre 1928 in den Vereinigten Staaten von Amerika die Österreich übertragenen Arbeiten restlos ausführen zu können. In erster Linie handelt es sich dabei um die Arbeit über die Auffangschirme von Photometern, über deren Durchführung in der konstituierenden Sitzung des österreichischen Komitees der I. B. C. am 7. Oktober d. J. bereits ein Beschluß gefaßt wurde. Aber auch die anderen 14 Probleme, die den übrigen nationalen Komitees zum Studium überwiesen wurden, werden sicherlich wenigstens zum Teil auch das Interesse des österreichischen Komitees finden. Da laut Beschluß der I. B. C. in Bellagio vor Inangriffnahme der Arbeiten jedes nationale Komitee die übrigen zur Teilnahme an seiner Arbeit auffordern soll, ergibt sich die Möglichkeit, an der Durchführung der auch für Österreich besonders wichtig erscheinenden Probleme mitzuarbeiten. Zusammenfassend ist wohl zu erkennen, daß der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft für die nächste Zeit ein äußerst umfangreiches Programm zur Erledigung vorliegt, das nur bei rationellster Arbeitsweise erfolgreich durchgeführt werden kann. Wie schon eingangs erwähnt, hat die I. B. C. erkannt, daß die bisher gebräuchliche Arbeitsmethode der Behandlung der verschiedenen Aufgaben in großen Kommissionen nicht mit der gewünschten Beschleunigung zu einem Ergebnis geführt hat und ist aus diesem Grunde zu der Neuorganisation ihrer Arbeitsmethode geschritten, die ähnlich der von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission gewählten ist. Es wird daher zweckmäßig sein, daß auch die Österreichische Lichttechnische Gesellschaft ihre Arbeitsweise der der I. B. C. anpaßt.

Mein Vorschlag über die internationalen Arbeiten der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft geht also dahin: „Die theoretischen, praktischen und organisatorisch-administrativen Arbeiten der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft werden zunächst auf drei zum Teil bereits bestehenden Kommissionen aufgeteilt werden müssen, welche zu gliedern sind in: 1. Kommission für Einheiten und Bezeichnungen, 2. Kommission für praktische Beleuchtungsfragen, 3. Kommission für internationale Fragen, wobei der Umstand, daß eigentlich die Österreichische Lichttechnische Gesellschaft nur in ihrer Gesamtheit das österreichische Komitee der I. B. C. bildet und das bisher im Rahmen der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft bestehende österreichische Komitee seine Beschlüsse immer durch den Ausschuß leiten muß, somit keinerlei selbständige Stellung besitzt, es richtiger erscheinen läßt, dieses Komitee als „Kommission für internationale Fragen" (siehe Punkt 3) zu bezeichnen.

Die Arbeiten dieser Kommission für internationale Fragen werden vor allem darin bestehen müssen, die Fühlung mit sämtlichen Gesellschaften und Instituten, welche sich mit Fragen der Lichttechnik beschäftigen, aufrecht zu erhalten und einen regen Gedankenaustausch

[5]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 101.

Digitized by Google

zu pflegen. Insbesondere soll sie jedoch die Verbindung zwischen der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft und I. B. C. bilden und für die ordnungsgemäße Durchführung der Beschlüsse der I. B. C. der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft als österreichisches Komitee verantwortlich sein. Sämtliche theoretischen und praktischen Arbeiten werden nach wie vor von den beiden ersten Kommissionen durchzuführen sein und müssen ihnen, soweit sie von der I. B. C. angeregt wurden, von der Kommission für internationale Fragen übermittelt werden, welche somit nur alle organisatorisch-administrativen Aufgaben durchzuführen hat, ohne das Recht zu besitzen, die von den beiden anderen Kommissionen geleisteten theoretischen und praktischen Arbeiten, die auf Anregung der I. B. C. durchgeführt wurden, bei Weiterleitung an die betreffenden nationalen Komitees einer Änderung zu unterziehen bezw. zurückzuweisen. Im Rahmen der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft müssen alle drei Kommissionen vollkommen gleichberechtigt sein. In das Arbeitsgebiet der Kommission für internationale Fragen wird es jedoch unter anderem fallen, alle jene Schritte zu unternehmen, die erforderlich sind, um international gefaßten Beschlüssen der I. B. C. in Österreich Gesetzeskraft bezw. behördliche Anerkennung zu verschaffen, wie zum Beispiel für Automobil-, Fabriks- und Schulraumbeleuchtung u. a. m.

Die von der Kommission für Einheiten und Bezeichnungen und der Kommission für praktische Beleuchtungsfragen zu leistenden Arbeiten sollen jeweils nur von einzelnen daran besonders interessierten Mitgliedern, eventuell kleineren Gruppen durchgeführt werden, die das Ergebnis ihrer Studien durch den Schriftführer der betreffenden Kommission schriftlich den übrigen Mitgliedern mitteilen, um ihnen das gründliche Studium der Materie und bis zur nächsten Kommissionssitzung das Ausarbeiten entsprechender Gegenvorschläge zu ermöglichen. Dadurch wird erreicht, daß zu gleicher Zeit eine Reihe von Arbeiten durchgeführt werden kann und somit intensiv an der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Lichttechnik teilgenommen wird, zu der durch die Tagung der I. B. C. in Bellagio ein wichtiger Grundstein gelegt wurde."

Eine praktische lichttechnische Ausstellung.

Von J. **Ondracek**, Wien.

Wie bereits an früherer Stelle erwähnt worden war, hat sich die Österreichische Lichttechnische Gesellschaft gleich im Anfang ihrer Tätigkeit um ein Objekt umgesehen, in dem lichttechnische Aufgaben praktische Lösung finden sollten[1]). Als Gründe hiefür kamen in Betracht: 1. Wollten sich die Mitglieder der Gesellschaft die Überzeugung verschaffen, wie sich die lichttechnischen Anschauungen in wirklichen Betrieben auswirken und zwar sowohl hinsichtlich der Zweckmäßigkeit, als auch des Kostenpunktes; 2. Sollte ein derartiges Studienobjekt gleichzeitig als permanente Ausstellung für Interessenten aus der Industrie, ferner Besucher jener Unterrichts-Anstalten dienen, an denen die Anfangsgründe der Lichttechnik bereits gelehrt wurden; 3. Insbesonders erschien es von Belang zu erfahren, ob und inwiefern gewissen Anschauungen über die neuen Beleuchtungsmethoden durch Demonstrieren an der Wirklichkeit entgegengetreten werden könne. So zum Beispiel wurden die lichttechnischen Lösungen als etwas

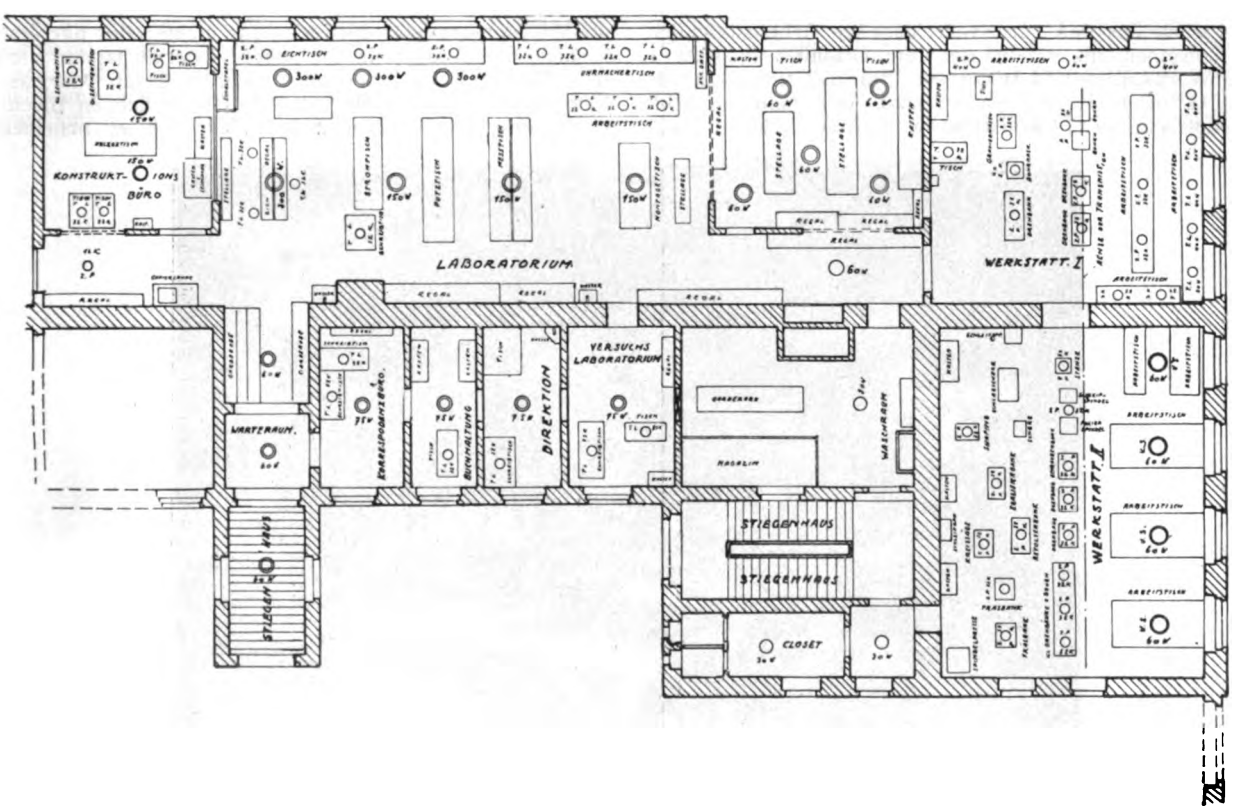


Abb. 1. Grundriß der beleuchteten Räume.

Selbstverständliches bezeichnet, von großer Einfachheit, lediglich der Lichttechniker sei bestrebt, Schwierigkeiten zu sehen. Lichttechniker oder gar Lichtingenieure seien ganz überflüssig, jedermann sei ohne Vorbildung befähigt, in Beleuchtungsangelegenheiten ein entscheidendes Wort zu sprechen, usw. Verbreitet scheint die Meinung zu sein, daß zum Beispiel Werkstätten-

[1]) Vgl. „Die Lichttechnik", 1925, S. 116.

Digitized by Google

beleuchtung nach einem Schema eingerichtet werden könne, sozusagen nach der Anzahl der m² der Bodenfläche lieferbar sei; vielleicht auch in anderen Beleuchtungsfällen.

Daß ein gleichförmiges Vorgehen bei der Beleuchtung aller Räume nicht von Vorteil sein kann, erhellt vor allem aus den ganz verschiedenen Arbeitsaufgaben in denselben, die schon aus dem Grundriß in Abb. 1 der Werkstätten und Büros der „Norma" Instrumentenbau G. m. b. H. zu ersehen sind. Wie man bemerkt, schließt sich an ein Konstruktionsbüro ein Laboratorium, in dem Instrumente der Westonbauart, Meßbrücken und Präzisionswiderstände zusammengestellt und geeicht werden. Ein Gang führt vor einem Magazin vorüber in die erste von den beiden anschließenden Werkstätten. Büros, ein Warteraum, Waschräume, Garderoben und das Stiegenhaus ergänzen die Fabrikationsstätten. In der Abbildung ist übrigens alte und neue Beleuchtung eingezeichnet, auch spätere als die im Folgenden beschriebene.

Wie es mit der Beleuchtung früher aussah, soll kurz geschildert werden. Von einer eigentlichen Allgemeinbeleuchtung war entweder gar nichts oder nur eine schüchterne Andeutung zu sehen. Überall fanden sich teils Penden, teils Tischlampen vor, alle mit Klarglas-Vakuumlampen je 32 HK oder 25 HK in flachen Blechreflektoren. Diese Lampen befanden sich an manchen Arbeitsplätzen in Augenhöhe und blendeten ausgiebig, oder wenn sie höher hingen, beleuchteten sie am stärksten den Arbeitenden und die Umgebung der Arbeitsstelle, nicht aber diese selbst in hinreichendem Maße. Eigentlich war diese Beleuchtung vom Charakter der

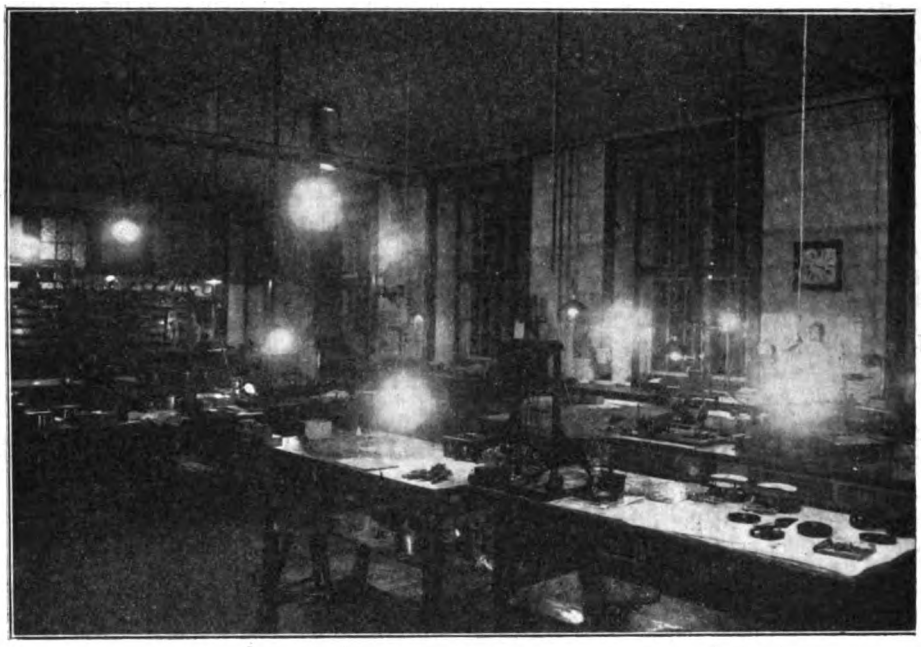


Abb. 2. Das Laboratorium mit der ursprünglichen Beleuchtung durch Klarglaslampen in Flachreflektoren; Blendung, starke Kontraste.

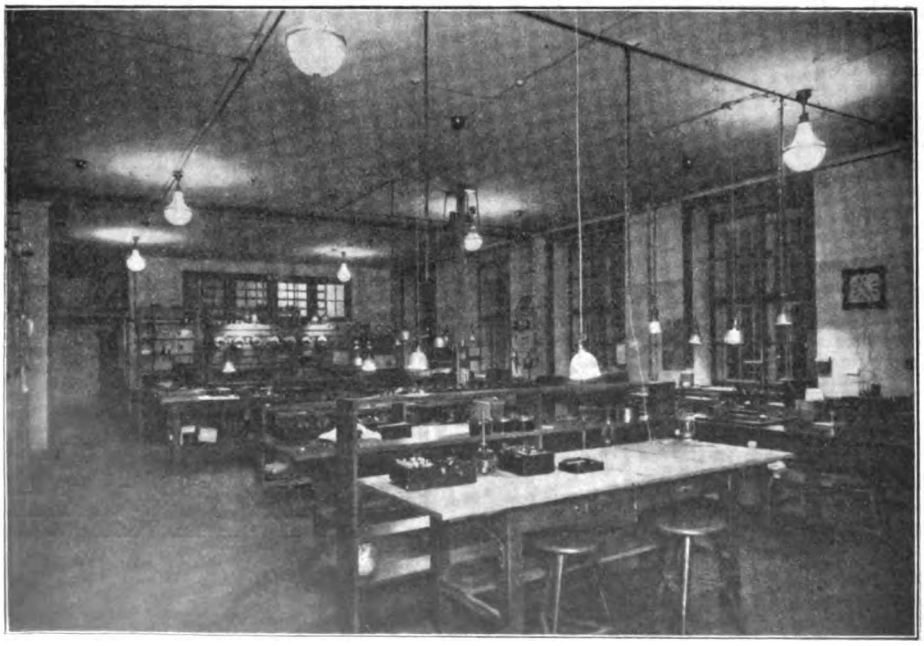


Abb. 3. Das Laboratorium mit einer späteren Beleuchtungseinrichtung; die Allgemeinbeleuchtung durch halbindirekte Einheiten an der Decke und Platzbeleuchtung vermittelst tiefer Reflektoren gibt keine Blendung; schwache Kontraste im ganzen Raum.

Digitized by Google

Allgemeinbeleuchtung, als solche aber offenbar unzureichend, wie die Einschaltung einiger Lampen zur Raumbeleuchtung an manchen Stellen bewies. Zusammenfassend läßt sich demnach sagen, daß die frühere Beleuchtungsanlage weder als Arbeitsplatzbeleuchtung, noch als Allgemein- oder Raumbeleuchtung befriedigte; jedenfalls war sie weder das Eine noch das Andere ganz, sodaß es durchaus berechtigt erschien, die Beleuchtung als eine lichtvergeudende und keineswegs zweckmäßige anzusehen.

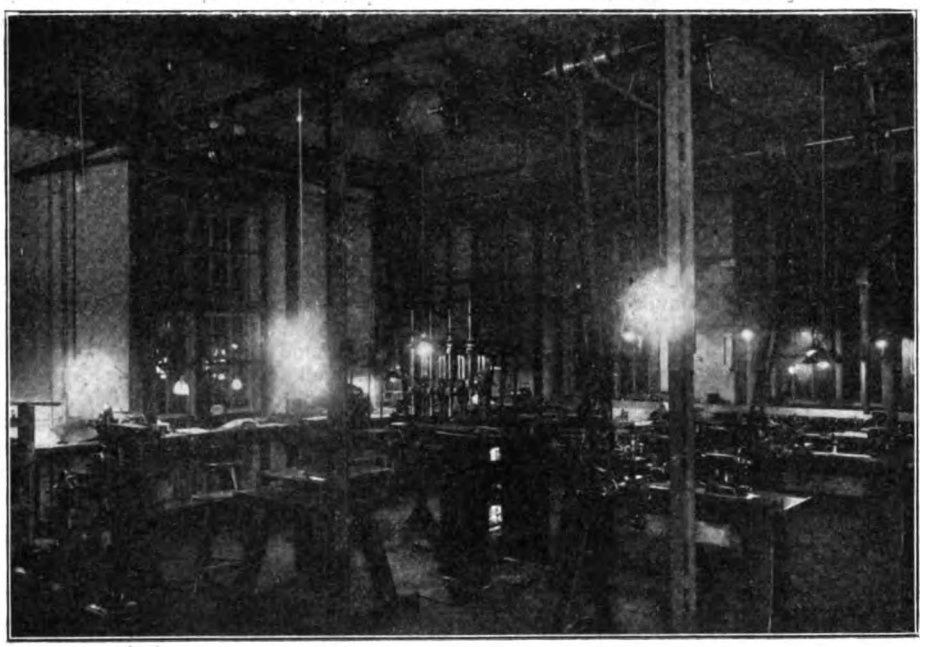


Abb. 4. Werkstätte I mit der ursprünglichen Beleuchtung durch Klarglas-Lampen in flachen Reflektoren; Blendung und starke Kontraste im Raume sind deutlich zu sehen.

schwächere Lampen benützbar waren; ferner eine entsprechende Raumbeleuchtung. Wie die anschließende Besprechung der einzelnen Betriebsräume zeigen wird, mußte die Raumbeleuchtung teils als Verkehrsbeleuchtung auf den Gängen zwischen den Arbeitstischen und Maschinen, teils als Zusatz zur oder als gleichzeitige Arbeitsbeleuchtung eingeführt werden; die Verstärkung der Beleuchtung auf den einzelnen Arbeitsstellen stellte sich ebenfalls als notwendig heraus. Dabei waren die Hauptanforderungen, wie Blendungsfreiheit, Gleichmäßigkeit, richtige Schattengebung bezw. richtiger Lichteinfall, genügende Beleuchtungsstärke möglichst gut zu erfüllen. Auf jeden Fall mußten dunkle Winkel an den Raumbegrenzungen und zwischen den Arbeitsplätzen besonders Maschinen verschwinden, desgleichen

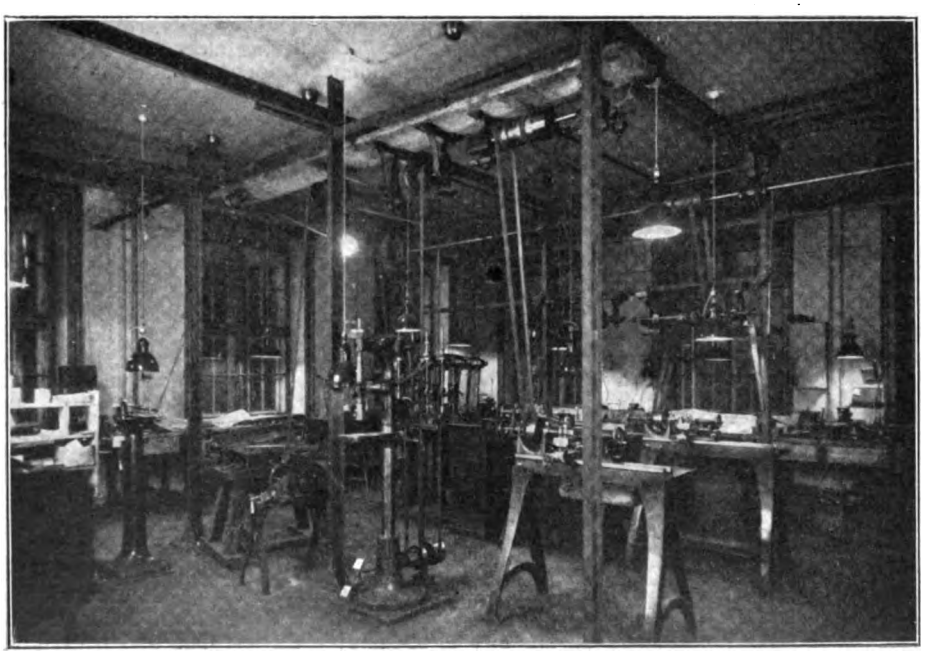


Abb. 5. Werkstätte I mit einer späteren Beleuchtungseinrichtung; Blendung und starke Kontraste zwischen den beleuchteten Flächen sind verschwunden.

Mit diesen Festsetzungen war schon der richtige Weg für die Umänderung der Beleuchtungsanlage gegeben. Es konnte nur eine auf die Arbeitsstelle konzentrierte und nicht blendende Beleuchtung mit Hilfe tiefer Reflektoren in Betracht kommen, wobei auch noch

Digitized by Google

starke Kontraste überhaupt, wodurch sich auch das unfreundliche Aussehen der Räume beheben ließ. Ergänzend sei hier noch angemerkt, daß Wände und Decken der Räume einen gut erhaltenen weißen Anstrich besitzen.

Die Lösung der einzelnen Beleuchtungsaufgaben soll im Folgenden kurz geschildert werden. Im Konstruktionsbüro befanden sich früher über den Zeichentischen blendende Klarglaslampen in flachen Reflektoren, über dem Ablegetisch in der Mitte eine ebensolche Lampe an der Decke, die auf der auch manchmal zum Zeichnen oder schriftlichen Arbeiten benützten Tischfläche 10HLux hervorrief. Mit den gleichen Klarglaslampen in tiefen Reflektoren waren direkte Blendungswirkungen vermieden, 100 HLux für die feinen Zeichenarbeiten ließen sich leicht erreichen; auch auf einer aufrecht stehenden Zeichenfläche und zwar vermittelst Verstellung des Reflektorarmes. Ein kleiner Schreibtisch erhielt eine Klarglaslampe mit Horizontalreflektor, also auch eine einwandfreie Lichtquelle. Die Raumbeleuchtung besorgten zwei 150 W-Lampen in je halbindirektem, geschlossenem, leicht abstaubbaren Beleuchtungskörper. Auf dem vorerwähnten Ablegetisch zeigten sich dann 80 HLux und die an den Vorderflächen von Kästen vorhandenen Aufschriften sind gut leserlich.

In keinem von den Räumen stellte sich die Notwendigkeit der Einführung einer Allgemeinbeleuchtung so unumgehbar heraus, wie im Laboratorium. (Abb. 2 und 3). Die beim Eichen und Montieren der erzeugten Instrumente und Apparate benutzten horizontalen und vertikalen Flächen sind beträchtlich, sie sowohl als auch die Arbeitsstellen auf ihnen wechseln häufig. Sechs Lampen je 150 W in geschlossenen Beleuchtungskörpern der halbindirekten Type wurden für diesen Zweck angebracht. Nachdem noch die flachen Reflektoren an den übrigen Arbeitsplätzen gegen tiefe, parabolische aus Aluminium ausgetauscht waren, ergab sich aus Luxmetermessungen eine mittlere Beleuchtungsstärke von rund 45 HLux in diesem Raume; 20 und 174 HLux wurden als extremste Werte erhalten. Die Vertikalbeleuchtungsstärke an den Eichstellagen, verstärkt durch Lampen in tiefen Reflektoren, die an gelenkigem Arme befestigt sind, betrug im Mittel 60 HLux, an einer Schalttafel zwischen 30 und 40 HLux.

Der Gang zwischen Laboratorium und der ersten Werkstätte war mit einer 200 W-Lampe in vorwiegend direktes Licht liefernder Armatur ausgerüstet; der nach unten zu konische Glasballon derselben gab zu keiner Staubansammlung Anlaß, ein Umstand, der gewährleistet, daß die von ihm hervorgerufene Beleuchtung sehr lange, praktisch bis zum Schwärzen oder Durchbrennen der Lampe ganz unverändert bleibt, während die anderen Beleuchtungskörper mit Glasballons zeitweiliges Abstauben bezw. Waschen erfordern; es würde nämlich sonst die Beleuchtung um etwa 30 vH vermindert oder 30 vH der Stromkosten umsonst an die Zentrale gezahlt werden. An einer Wand dieses Ganges ist eine Stellage mit Widerstandsmaterial aufgestellt, Bandmanganin in Bunden, das sich mit seinem lichten Grau wenig von den gehobelten Stellagenbrettern abhebt; daher die relativ starke Beleuchtung, 12 bis 40 HLux in 1 bis 2m Höhe. Da die Stellage knapp an die Decke geht, wurde die erwähnte Deckenleuchte gewählt. An der einen Gangseite liegt das Magazin, das wegen der aufgestellten Stellagen und des darauf befindlichen Materiales eine reichlichere Vertikalbeleuchtung erforderte. Vakuumlampen in Flachreflektoren und transportable Lampen gaben eine mindere Beleuchtung oder eine solche, bei der das Manipulieren mit Zeitverlust verbunden war. Drei halbindirekte Leuchten mit Gasfüllungslampen je 150 W schufen eine entsprechende Vertikalbeleuchtung.

In den beiden Werkstätten lagen die Beleuchtungsverhältnisse anfangs wie im Laboratorium; es fand daher vor allem ein Austausch der Flachreflektoren gegen tiefe, parabolische und innen weiß emaillierte Blechreflektoren statt, und auch meist ein Austausch der Vakuum- gegen Gasfüllungslampen. Uber jedem Tische gab es auch Lampen in breiten, sogenannten Werkstattreflektoren aus emailliertem Blech, die nicht nur eine kräftige Arbeitsplatzbeleuchtung liefern, sondern auch einen Teil des Raumes ausleuchten. Die übrige Raumbeleuchtung in der Werkstätte I (Abb. 4 und 5) mußte sich aber unbedingt wegen der vorhandenen Riementriebe auch über die zugehörige Transmissionsanlage ganz, somit bis an die Decke erstrecken; dazu kam nur ein halbindirekter Armaturtypus in Betracht, der hier in zwei Stücken mit 150 W-Lampen vertreten ist. Messungen mit dem Luxmeter lieferten in ebendieser Werkstätte eine mittlere Beleuchtungsstärke von rund 53 HLux; die extremen gemessenen Einzelwerte waren 10 und 630 HLux.

In den Büros schufen Deckenleuchten namentlich auch gute Erhellung der Wände.

Ein Stiegenhaus, durch welches auch die Fertigfabrikate transportiert werden, hatte zur Beleuchtung früher eine Klarglaslampe in der Deckenmitte aufgehangen, sodaß die Stiege Herabkommende geblendet werden mußten. Eine lichtzerstreuende Armatur beseitigte diesen Übelstand.

Im Ganzen genommen hat die Umänderung eine weit zweckmäßigere Beleuchtung geschaffen, desgleichen eine rationellere, als früher, wenn auch die letztere nicht völlig, da es nicht tunlich schien, die vielen kleinen Lampen sofort gegen solche kleineren Wattverbrauches auszutauschen. Die Betriebszeit, während der künstliche Beleuchtung verwendet wird, ist nämlich derzeit gering, es würden daher die Anschaffungskosten für die neuen Lampen erst nach längerer Zeit durch die Ersparnis an Stromkosten hereingebracht worden sein; da aber die Lebensdauer der meisten Lampen bald erfüllt sein wird, so steht der gewünschte Zustand der Beleuchtung, der ohne wesentliche Erhöhung der Stromkosten vollständige Zweckmäßigkeit mit äußerster Ausnützung der Lichtleistung verbindet in naher Zukunft bevor. Bemerkenswert ist, daß auch die Arbeitenden jetzt mit der Beleuchtung bei weitem zufriedener sind, als früher. Die Versuche über die einzelnen Beleuchtungsaufgaben werden fortgesetzt.

Literaturbericht.

Eingegangene Bücher.

Lichtwirtschaftlicher Ratgeber für die Landwirtschaft. Osram-Lichtheft C 8.

In gemeinverständlicher Weise werden die auf dem genannten Gebiete sich einstellenden Beleuchtungsaufgaben, unterstützt von außerordentlich schönen bildlichen Darstellungen, besprochen. Die Vorteile, wie Verminderung der Feuersgefahr, größere Sicherheit gegen Einbruch, bessere und mehr Leistung in den einzelnen Betrieben usw. sind ausführlich dargelegt.

Der Osram-Lichtdienst. So nennt sich eine Reihe von illustrierten Werbeblättern für gute Beleuchtung, die die Osram-Gesellschaft herausgibt; sie umfaßt bisher 15 Flugblätter. Jeder, der an Beleuchtungsanlagen interessiert ist, findet in diesen Blättern geeignete Ratschläge in leichtfaßlicher Form.

Die Glimmlampe, ein vielseitiges Werkzeug des Elektrikers. Von Dr. Fritz Schröter. 35 Seiten mit 21 Abb. Verlag Hachmeister & Thal. Leipzig 1927. Preis Mk. 1·75.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbat, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 96.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT
BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 13 **13. November 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Der Bericht des Komitees für Straßenbeleuchtung der Amerikanischen Lichttechnischen Gesellschaft im Jahre 1927. Von Professor F. C. Caldwell. S. 137. / Neuere Untersuchungen über Straßenbeleuchtung. S. 141. / Die Arbeiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1926 auf dem Gebiete der Lichttechnik. S. 144. / RUNDSCHAU S. 145. / PATENTBERICHT. S. 147. / Österr. Lichttechnische Gesellschaft. S. 148.

Der Bericht des Komitees für Straßenbeleuchtung der Amerikanischen Lichttechnischen Gesellschaft im Jahre 1927.

Von Professor F. C. **Caldwell** der Staatsuniversität in Columbus, Ohio, V. St. A.

Das „Komitee für Straßenbeleuchtung“ der Amerikanischen Lichttechnischen Gesellschaft mit seinen etwas über 20 Mitgliedern wird so sehr als Autorität auf diesem Gebiete angesehen, daß seinen Beschlüssen von allen in der Frage der Straßenbeleuchtung Interessierten selten entgegengetreten wird. Diese Tatsache macht allerdings das Zustandekommen eines Beschlusses zu einer recht schwierigen Angelegenheit, woraus sich die ziemlich lange Zeit — zweieinhalb Jahre — erklärt, welche die dem vorliegenden Berichte zugrundeliegenden Arbeiten benötigten; namentlich über die theoretischen Grundlagen der Straßenbeleuchtung gingen die Meinungen weit auseinander. Seit seiner Organisation hat das Komitee neun Zusammenkünfte in acht Städten abgehalten, deren Straßenbeleuchtungsanlagen Gegenstand des Studiums von etwa 14 seiner Mitglieder waren und wobei auch einige andere Organisationen dankenswerte Mitarbeit leisteten.

Der vorliegende Bericht zerfällt in drei Teile: I. Die Verhandlungen des Komitees; II. Die Grundlagen der Straßenbeleuchtung; III. Eine vergleichende Betrachtung über die amerikanischen und europäischen Verhältnisse und praktischen Ausführungen in der Straßenbeleuchtung.

In der folgenden Darstellung konnten nur die Hauptpunkte des erwähnten Berichtes berührt werden.

I. Bericht des Komitees. Bei den vorerwähnten Zusammenkünften kam die Sprache auch öfter auf die Beziehung der Straßenbeleuchtung zur Automobilbeleuchtung. Die Meinung der Komiteemitglieder, daß gut beleuchtete Straßen die Verwendung von kräftigen Scheinwerfern überflüssig machen, wurde aber von den interessierten Gruppen nicht geteilt, und diese Angelegenheit daher in Schwebe belassen.

Einhellig wurde nach kurzer Beratung dem folgenden Beschlusse zugestimmt: „Es gibt keinerlei in der Straßenbeleuchtung der Vereinigten Staaten vorherrschende Umstände, die die Verwendung einer kleineren als der 1000 Lm-Lampe rechtfertigen können; die 2500 Lm-Lampe ist die kleinste, mit guter Wirtschaftlichkeit verwendbare Lampentype.“

Das Komitee war sich längere Zeit hindurch im Unklaren über die relativen Vorzüge der verschiedenen Straßenbeleuchtungseinrichtungen. Gegen zwei Jahre dauerte es, bis ein System der Wertung ausgearbeitet war, das, indem es die Straßenbeleuchtungsfrage in seine einfachen Komponenten zerlegte, befähigten Beurteilern die Möglichkeit lieferte, eher zu einem gemeinsamen Ergebnis zu kommen. Zunächst wurde allgemein zugegeben, daß die wünschenswerten Kennzüge der Straßenbeleuchtung in zwei Klassen einreihbar sind, „Aussehen“ und „Wert der Beleuchtung“; eine Abwägung des Wertes der Kennzüge der einen gegen die Kennzüge der anderen soll aber ausgeschlossen sein. Die nachstehende Tafel zeigt die den besten Straßenbeleuchtungsanlagen entsprechenden Gewichte der einzelnen Kennzüge oder den zahlenmäßigen Ausdruck für den relativen Wert jedes Kennzuges.

Wertung der Wirksamkeit einer Straßenbeleuchtung.

	Zulässiger Höchstwert von Punkten für Wohn- u. Seitenstraßen	Verkehrs-Hauptstraßen
	Gewicht	
Aussehen.		
Aussehen einer einzelnen Lampe samt Zugehör in ihrer Umgebung bei Tag	30	20
Aussehen der Straße, sofern es durch das Beleuchtungssystem bedingt ist, bei Tag	30	30
Aussehen einer einzelnen Lampe samt Zugehör in ihrer Umgebung bei Nacht	20	20
Vorhandene Blendung, negativ gewertet.		
Aussehen der Straße, sofern es durch das Beleuchtungssystem und die dadurch hervorgerufenen Effekte bedingt ist, bei Nacht	20	30
Vorhandene Blendung, negativ gewertet.		
Wert der Beleuchtung bei Nacht.		
A. Für den Fahrer:		
1. Mittl. Leuchtdichte des Pflasters	23	25
2. Verteilung der Leuchtdichte	11	14
3. Vertikal-Beleuchtungsstärke	11	17
Vorkommende Blendung, negativ gewertet.		
B. Für Fußgeher auf der ganzen Straßenoberfläche und auf Straßenübergängen:		
1. Deutliche Wahrnehmbarkeit	11	11
2. Sichtbarkeit	8	8
Vorkommende Blendung, negativ gewertet.		

Digitized by Google

	Zulässiger Höchstwert von Punkten für Wohn.- u. Seiten-straßen	Verkehrs-Haupt-straßen
	Gewicht	
C. Für Fußgänger auf dem Bürgersteig (Seitenweg der Landstraße):		
1. Horizontal-Beleuchtungsstärke .	6	4
2. Vertikal-Beleuchtungsstärke . .	8	5
3. Verteilung der Beleuchtungsstärke	9	6
Vorkommende Blendung, negativ gewertet.		
Vorkommende Schatten, negativ gewertet.		
D. Für Besitzer des an die Straße grenzenden Grund und Bodens:		
1. Geleisteter Schutz	9	7
2. Sichtbarkeit	4	3
Vorkommende Blendung, negativ gewertet.		
Gesamtsumme der Punkte	—	—

„Im gegebenen Falle einer Straßenbeleuchtung ist als bester Entwurf eines ‚idealen Beleuchtungssystems' jener zu betrachten, der auf die in der vorstehenden Tafel angegebene Punktezahl kommt. Das Ideal hängt von den Umständen ab, kann das beste Ergebnis der jeweiligen Beleuchtungskunst sein oder auch in einem der Zeit voreilenden, noch nicht praktisch ausgeführten Entwurf zum Ausdruck gelangen.

Über den Grad der Vollkommenheit einer Anlage in jedem der in Betracht kommenden und aus der Tafel zu entnehmenden Einzelanforderungen entscheidet die zugehörige Punktezahl im Verhältnis zur entsprechenden Punktezahl der Tafel.

Der Herabsetzung der Beleuchtungswirkung infolge vorhandener Blendung wird durch entsprechende Verminderung der in der Tafel verzeichneten Punktezahl Rechnung getragen.

Ein unter den gegenwärtigen Umständen als vortrefflich zu bezeichnendes Straßenbeleuchtungssystem müßte bis zu 75 vH der Punktezahlen der Gruppe A, B, C und D ergeben. Jedes Beleuchtungssystem, das nicht ganz 50 vH in den Einzelheiten erreicht, ist nach der Ansicht des Komitees ernstlich unzulänglich und soll den modernen Anforderungen entsprechend umgeändert werden."

Die Wertung hinsichtlich des „Aussehens" gelingt nicht so leicht, wie hinsichtlich der mehr technisch gearteten Belange der Straßenbeleuchtung. Durch Zerlegung des Problems in einfachere Bestandteile und Benützung numerischer Ausdrücke dürfte am ehesten Übereinstimmung zu erreichen sein. Natürlich sollen der Schätzung des „Wertes der Beleuchtung", so weit als es möglich ist, ausgeführte Messungen und nicht Überlegungen zugrundegelegt werden. Werte der Beleuchtungsstärke lassen sich leicht aus den Lichtverteilungskurven der Straßenlampen gewinnen.

Es wird ferner vorausgesetzt, daß bei Besprechungen über Straßenbeleuchtung die durch die Beobachtungen und Überlegungen sachverständiger Spezialisten gezogenen Folgerungen aus vorgelegten genauen und vollständigen Messungen vom Komitee immer angenommen werden; sollten aber Messungen und Folgerungen nicht übereinstimmen, so sind sie abzulehnen.

Die weitere Entwicklung dieser Schätzungsmethode des Komitees hängt daher von den folgenden zwei großen Problemen ab:

„1. Der Entwicklung annehmbarer Methoden zur Messung der Leuchtdichte (Flächenhelle) der Straßenoberfläche und der Blendung.

2. Inwiefern alle Messungen über Eigenschaften der Straßenbeleuchtung mit entsprechenden sachverständlichen Urteilen in Einklang zu bringen sind.

Indem die Straßenbeleuchtungsfrage in ihre einzelnen Bestandteile zerlegt und nach Mitteln zur Erzielung der Urteilsfähigkeit über jeden einzelnen dieser Teile gesucht wird, hofft das Komitee Meßmethoden zu entwickeln und die Urteilsfähigkeit seiner Mitglieder derart zu steigern, daß sich schließlich eine zufriedenstellende Beurteilungsmethode ergeben dürfte".

Ein wichtiger Beitrag zum Schätzungsproblem war der Bericht des Mitgliedes A. J. Sweet, der in den „Transactions" der Gesellschaft vom Jahre 1926 (S. 982 bis 1031) erschienen ist.

Zwei wichtige Untersuchungen haben unter dem Beistand des Komitees ihren Anfang genommen. Zunächst die Untersuchungen über die schädlichen Wirkungen der Blendung in der Straßenbeleuchtung. Das Komitee sah gar bald die Unzulänglichkeit der hierüber vorhandenen Kenntnisse ein. Mr. Ward Harrison erbot sich auf Veranlassung der National Lamp Works der General Electric Company ein eingehendes Studium dieses Gegenstandes an der Anlage für die Demonstration der Straßenbeleuchtung nahe bei Nela-Park in Cleveland vorzunehmen. Ein Subkomitee wurde mit der Leitung der Arbeiten betraut. Verschiedene Methoden wurden in Betracht gezogen und einige Vorprüfungen unternommen. Am dringendsten notwendig erschien es, eine Methode zu finden, die dem Autolenker Angaben über die Wirksamkeit einer Straßenbeleuchtung liefern könnte: in dieser Hinsicht kam es zum Beschlusse, die Häufigkeit zu bestimmen, mit welcher Autolenker vor einem recht undeutlichen, in der meist benutzten Fahrlinie liegenden Hindernisse ausweichen würden. Nach Vorversuchen ergab sich als passendstes Hindernis ein auf einer Stahlgrundplatte befestigter Gummibalken. Er war 76 cm lang, 4 cm hoch und 6·5 cm breit. Dieses Hindernis erschien verantwortungsvollen Fahrern ernst genug, um ihm auszuweichen; wenn nicht rechtzeitig bemerkt, gab das Hindernis beim Überfahren dem Wagen nur einen leichten Stoß. Aus der Anzahl der von einem Autogast in einem anderen Wagen festgestellten „Treffer" und „Nichttreffer" wurde mit Berücksichtigung von Korrekturen für nachlässige und unaufmerksame Fahrer sowie solche, die nur zufälligerweise das Hindernis übersahen, ein Maß für die Wirksamkeit der Straßenbeleuchtung bestimmt.

Einiges ergab sich auch bezüglich der folgenden Variablen: Verschiedene Lichtpunkthöhen, Klarglaslampen gegenüber solchen in 36 cm Opalglaskugeln, und sonstige geschützte oder für die Sicht freie Lichter. Für diese Methode sprechende Ergebnisse kamen zwar zutage, jedoch konnte das Komitee bis jetzt hierüber nur das Folgende berichten: „Die Erfahrung hat gezeigt, daß die schädigende Blendung durch die Autoscheinwerfer auf der Versuchsstraße die Blendung seitens der Straßenlampen beiweitem übertrifft, und zwar so sehr übertrifft, daß es schwierig ist, die Wirkung der Straßenlampenblendung während des Autoverkehres festzustellen. Das Komitee hofft, daß mit der Einrichtung für die Messung der Sichtbarkeit, die P. S. Miller und S. Mck. Gray in „Electrical World" vom 9. April 1927 beschrieben haben, nutzbringende Aufschlüsse gewonnen werden können.

Kürzlich von Miller in Verbindung mit den elektrischen Prüflaboratorien unternommene Messungen der Straßenleuchtdichte sind noch nicht veröffentlicht worden.

II. Teil. Grundlagen der Straßenbeleuchtung. Der in der ersten Sitzung des Komitees im März 1925 gemachte Vorschlag, die allgemein angenommenen Grundlagen der Straßenbeleuchtung aufzuzeichnen, mußte wegen zu großer Meinungsverschiedenheiten unter den Mitgliedern aufgeschoben werden und gelang erst während des letzten Jahres. Er ist aber nur als Entwurf aufzufassen, zu dem Kritik und Vorschläge gerne entgegengenommen werden. Da dieser Vorschlag natürlich noch Erweiterungen erfahren muß, so wurde das anschließende der Erweiterung fähige Verzeichnis aufgestellt.

100 Für die Straße bestimmende Umstände.
110—Klassifikation, Konstruktion und Abmessungen.
120—Straßenoberfläche.
130—Bauten.
131—In der Nachbarschaft der Straße.

Digitized by Google

132—Klasse.
140—Bäume.
150—Verkehr.
151—Von Fahrzeugen.
152—Von Fußgängern.
200—Sichtbarkeit.
210—Bestimmungen über die Lampenlage.
211—Lichtpunkthöhe.
212—Entfernung längs der Straße.
213—Lagenbestimmung quer zur Straße.
220—Kennzüge der Lampen.
221—Glühlampengröße.
222—Lichtstärkenverteilung.
223—Gesamtlumen.
224—Leuchtdichte.
225—Lichtfarbe.
226—Beständigkeit des Lichtes.
230—Kennzüge der Beleuchtung.
231—Beleuchtungsstärken in verschiedenen Ebenen.
232—Gleichmäßigkeit.
233—Richtung des Lichteinfalles.
234—Leuchtdichte des Straßenpflasters.
235—Leuchtdichte der Gebäudefronten.
236—Schatten.
240—Blendung.
300—Aussehen.
310—Der Beleuchtungsausrüstung.
311—Bei Tag.
312—Bei Nacht.
320—Der Straßen, wie sie durch die Lampen beeinflußt werden.
321—Bei Tag.
322—Bei Nacht.
400—Wirtschaftliche Betrachtungen.
410—Bezüglich der Installation.
420—Bezüglich des Betriebes.

Diese Zusammenstellung nimmt jetzt 7 Seiten ein. Nachfolgend seien einige der interessantesten der Aufzeichnungen gebracht. Die am wenigsten Anlaß zur Polemik gebenden Fassungen der einzelnen Punkte sind jedoch hier nicht enthalten.

100—Soweit es mit anderen Anforderungen verträglich ist, sollten die für die Straße bestimmenden Umstände und ihre Umgebung der guten Sichtbarkeit förderlich sein.

110—Für Beleuchtungszwecke wären die Straßen passenderweise nach ihrer Bauart und Verkehrsfunktion zu klassifizieren. Eine zufriedenstellende Klassifikation ist die folgende:

Haupt-Geschäftsstraßen.
Neben-Geschäftsstraßen.
Straßen für schweren Verkehr.
„ „ mittleren „
„ „ leichten „
Gassen.
Landstraßen.

120—Die Straßenoberfläche soll so gut als nur möglich reflexionsfähig sein (siehe 213.1). Vom Beleuchtungsstandpunkte ist hellfarbiges Pflaster vorzuziehen; trifft dies aber nicht zu, so muß eine spiegelnde einer matten Oberfläche vorgezogen werden. Die Randsteine sollten sich vom Pflaster oder dem angrenzenden Parkweg und Trottoir abheben.

121.1—Eine ungefähre Reihung der Pflasterungsmaterialien hätte Beton an der Spitze und ölgebundenes Macadam am Schlusse zu enthalten. Die anderen, allgemein benützten Materialien liegen zwischen diesen beiden Stoffen.

130—Gut reflektierende Gebäudefronten verbessern in Geschäftsstraßen bei Nacht die Sichtbarkeit und das Aussehen.

140—Die Behinderung der Lichtausbreitung durch Bäume sollte, soweit dies andere Anforderungen zulassen, möglichst klein gemacht werden.

141.1—Bäume sind am Besten zwischen Trottoir und den angrenzenden Grund und Boden, nicht gegen den Randstein zu setzen.

141.2—Bäume sollen in einem vernünftigen Ausmaße mit Rücksicht auf die Beleuchtung zugestutzt werden.

141.3—Baumarten, die keine niedrig herabhängenden Zweige besitzen, sind vorzuziehen.

141.4—Die Verantwortung für die Bäume auf Straßen sollte einer bestimmten kompetenten Autorität zukommen.

201—Die Wirksamkeit einer Straßenbeleuchtung ist durch die Fähigkeit gegeben, Gegenstände auf der Straße infolge der größeren Beleuchtungsstärke oder durch die Silhouette, auch durch Vermittlung eines anderen einfachen Faktors wahrzunehmen.

202—Den Forderungen aller Straßenbenützer bezüglich der Sichtbarkeit soll Genüge geleistet werden, auch denen der Fahrzeuglenker und -Passagiere, der Fußgänger und derjenigen, die unmittelbar an den Straßenseiten wohnen.

211—Die Lichtpunkthöhe wäre mit Rücksicht auf die gewerteten Anforderungen bezüglich guter Sichtbarkeit, guten Aussehens und rationeller Installation sowie rationellem Betrieb der Straßenbeleuchtungsanlage zu wählen.

211.1—Allgemein gesprochen, und mit Bezug auf gewisse tunliche Grenzen, wird die Wirksamkeit durch Vergrößerung der Lichtpunkthöhen über die gegenwärtig üblichen Beträge hinaus verbessert (siehe 240).

211.2—Mit den jetzigen Typen der Beleuchtungsausrüstung ist wirksame Beleuchtung bei minimal 15 Fuß (5 m) Lichtpunkthöhe zu erreichen. Nur an Stellen mit außerordentlich dichter Vegetation sollte eine Ausnahme von dieser Regel in Betracht gezogen werden.

211.3—Wo die Lichtpunktentfernung 250 Fuß (rund 75 m) und mehr beträgt, soll die Lichtpunkthöhe nicht unter 20 Fuß (rund 6 m) sinken.

211.4—6000 bis 15 000 Lumen- (6660 bis 16 650 Hefnerlumen) Lampen in hängender Anordnung auf Verkehrsstraßen sollten mindestens 20 Fuß (rund 6 m) Lichtpunkthöhe haben.

213—Die Quereinstellung der Lampen oder die Stellung bezüglich der Randlinie zwischen Fahrbahn und Seitenweg sollte mit Rücksicht auf die gewerteten Anforderungen bezüglich guter Sichtbarkeit, guten Aussehens und rationeller Installation sowie rationellem Betrieb der Straßenbeleuchtungsanlage bestimmt werden.

213.1—In dem Maße, als die Straßenoberfläche spiegelt, fördert die Einstellung der Lampen, möglichst von der Fahrbahn weg, die Wirksamkeit, vorausgesetzt, daß unzulässige Blendung fehlt.

213.4—Wenn tunlich, sollten Lampen an Wegkrümmungen auf der Außenseite der Krümmung angeordnet sein. Auf gekrümmten Fahrbahnen sollten die Lampen die Richtung der Bahn anzeigen; ein anders verlaufendes System ist im allgemeinen nicht wünschenswert.

222—Es ist von praktischem Wert, einen relativ großen Teil des Lichtstromes auf die Straße zu lenken.

222.1—Leuchten, die den aufwärts fließenden Lampenlichtstrom möglichst nach abwärts werfen, sollten im allgemeinen in Verkehrshaupt- und in Wohnstraßen verwendet werden.

230—Die Straßenbeleuchtung sollte die Sichtbarkeit auf der Straße und das gute Aussehen der Straße möglichst begünstigen.

Digitized by Google

231.2—Für Verkehrshauptstraßen kommt ein Mindestwert der mittleren Horizontalbeleuchtungsstärke von 0·2 Fußkerzen (2·4 Hefnerlux), bei ungefähr 40 Lumen (44 Hefnerlumen) Lichtstrom je linearen Fuß (0·3 m) der Lampenstrecke in Betracht. Bei Straßen von mehr als 80 Fuß (24 m) Breite ist mehr Licht erforderlich, noch mehr bei dichtem Verkehr.

Bemerkung: Der Ausdruck „Lumen je linearen Fuß" und ähnliche Ausdrücke sind Maße des Lichtaufwandes für eine Straße, analog „Watt je Quadratfuß" für die Innenbeleuchtung. Dabei wird jener Teil des Lichtstromes, der nur auf die Straße fällt, außeracht gelassen, er ist also nur ein roher und unvollständiger Gradmesser der Beleuchtung. Der Ausdruck „mittlere Horizontal-Fußkerzen" ist, weil er sich auf das die Straße erreichende Licht bezieht, ein etwas vollkommenerer Gradmesser der Beleuchtung, aber kein vollständiger, da er mehrere wichtige Faktoren, besonders Blendung, Leuchtdichte und Lichtverteilung nicht umfaßt. Wo Lumen oder Watt je linearen Fuß ohne weitere Bemerkung angeführt sind, beziehen sie sich auf eine Straße von weniger als 80 Fuß (rund 24 Meter) zwischen den Grundstückbegrenzungslinien.

231.3—Für Wohnstraßen sollten zumindest 0·05 Fußkerzen (rund 0·6 Hefnerlux) mittlere horizontale Beleuchtung vorgesehen sein: dieses Minimum kann bei rationeller Ausführung mit etwa 10 Lumen je linearen Fuß (rund 36 Hefnerlumen je m) bestritten werden.

232—Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ist erwünscht, jedoch eine Abweichung hievon, besonders in der Richtung der größten Lichtstärke, zulässig. Dunkle Flecke zwischen den Lampen sollen nicht vorkommen.

240—Blendung in der Straße, auf den Bürgersteigen oder Seitenwegen und von benachbarten Gebäuden her stört das Sehen, ermüdet, ja greift sogar die Gesundheit an. Sie führt Gefahren herbei und lenkt die Aufmerksamkeit von der Beleuchtungsausrüstung und der Straße ab.

Blendung sollte auf das geringste Ausmaß beschränkt sein. Unter sonst gleichen Umständen werden die Wirkungen der Blendung herabgesetzt.

a) Wenn Lichtstärke und Leuchtdichte in der Sehrichtung reduziert werden.

b) Wenn die Lampen außerhalb des Sehfeldes liegen; das wird am besten durch Vergrößerung der Lichtpunkthöhe erreicht.

c) Wenn die Kontraste vermindert werden, zum Beispiel durch Beleuchtung der Umgebung (Häuserfronten usw.).

Es ist möglich, die Blendung in zulässiger Weise zu begrenzen.

Die Verwendung von diffusen Glashüllen hat keine meßbare Wirkung auf jenen Teil der Blendung, den man „blinding effect" nennt, und der in der Abnahme der Fähigkeit, bei angestrengtester Aufmerksamkeit deutlich zu sehen, besteht. Durch eine solche Ausrüstung wird aber das Schmerzgefühl im Auge verringert und das Aussehen der Beleuchtungsanlage verbessert. Die Wirksamkeit der Straßenbeleuchtung wird durch blendende Scheinwerfer sehr herabgemindert. Scheinwerfer-Lichtbündel, die den Vorschriften der Amerikanischen Lichttechnischen Gesellschaft entsprechen, sind einwandfreier, auch sogenannte „Depressed beams", das heißt Lichtbündel, von denen alle Strahlen eine Neigung zur Straßenfläche besitzen.

300—Das Aussehen der Straßenbeleuchtungsausrüstung soll guten Geschmack und Sinn für Angemessenheit offenbaren. Während Übereinstimmung mit dem Charakter der Straße, ihrer Umgebung und der Art ihrer Benützung daher wünschenswert ist, sollte die Ausstattung besseren Geschmack aufweisen als bei minder ästhetisch wirkenden Straßen. Einfachheit, Würde und Anmut mißfallen selten und sind als sichtbarer Ausdruck der Stadtverwaltung am Platze.

III. Teil. Vergleichende Betrachtungen mit europäischen Verhältnissen. „Das Komitee versprach sich hinsichtlich der Formulierung und Aufzeichnung vorherrschender Ansichten über Straßenbeleuchtung in mehreren Ländern Vorteile von den gegenseitigen Besuchen europäischer und amerikanischer Ingenieure. Demzufolge wurden zunächst Meinungsäußerungen von Amerikanern eingeholt, die kürzlich europäische Länder bereist hatten. Die auf Grund dieser Äußerungen zusammengestellten und von mehreren Personen gutgeheißenen Berichte zirkulierten unter sämtlichen Mitgliedern, aus deren Kritiken schließlich eine in wenigen Anträgen gipfelnde Darstellung hervorging; diese erwies sich als annehmbarer Ausdruck der amerikanischen Meinung.

Im Interesse gegenseitigen Verstehens und des Fortschrittes der Beleuchtungskunst wurde der zuletzt erwähnte amerikanische Bericht im Frühjahr 1927 an 76 Techniker in Europa, von denen vorausgesetzt werden konnte, daß sie mit den Beleuchtungsverhältnissen in Amerika vertraut waren, geschickt, und zwar mit dem Ersuchen, ihn bezüglich der Genauigkeit und des repräsentativen Charakters zu prüfen. Von 37 der Erwähnten kamen schriftliche Antworten.

Die europäischen Äußerungen zeigten eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den gegenseitigen Ansichten. Einiges von diesen übereinstimmenden Ansichten und eine Zusammenfassung der europäischen Kritiken soll hier angeführt werden:

„Gebäudefront und Fußweg grenzen wohl zumeist unmittelbar aneinander und die Fenster sind meist zwei- oder dreiflüglig. Die Schaufensterbeleuchtung ist noch nicht so entwickelt wie in Amerika. In den Seitenstraßen sind meist mehrflüglige Fenster und nur wenige beleuchtete Schaufenster."

Berichte aus England, Frankreich, Deutschland und der Schweiz stimmten darin überein, daß die Entwicklung der Schaufensterbeleuchtung in Europa rasche Fortschritte macht, besonders in den großen Städten.

„Es ist verhältnismäßig wenig Reklamezeichenbeleuchtung vorhanden. Neonröhren werden hiefür relativ mehr benützt als in Amerika.

Enge und gewundene Straßen sind vorherrschend. Auf vielen dieser Straßen stehen einige Bäume.

In Europa liegen, wenn überhaupt, nur wenige Häuser an den Landstraßen, da die Tendenz besteht, in Dörfern zusammen zu wohnen."

In England und Frankreich wächst die Reklamezeichenbeleuchtung rasch an. England berichtet, daß Bäume sehr ausgiebig gepflanzt werden und die Schweiz stellt die Überlegenheit Amerikas in dieser Hinsicht in Frage.

„Der Nachtverkehr ist gering. Auf die Auto-Scheinwerferbeleuchtung wird von amtswegen wenig Einfluß genommen. Pferdefuhrwerk ist mehr als in Amerika vorhanden."

Frankreich erhebt den Anspruch darauf, wesentliche Verbesserungen in der Automobilbeleuchtung bewirkt und die Verwendung von 50- oder 65 W-Lampen eingeführt zu haben; alle neuen Automobile sind mit Vorrichtungen zum Herabneigen des Scheinwerfer-Lichtbündels ausgerüstet.

Deutschland berichtet, daß Vorschriften für Automobilbeleuchtung seit vier Jahren in Kraft stehen und sich gut bewähren. In England und Deutschland glaubt man, daß in ihren Gebieten das Verhältnis der Automobile zur Bevölkerungszahl bald an jenes in Amerika herankommen wird.

„Die gasgefüllte Wolframlampe wird in Europa zwar häufig, aber nicht so allgemein verwendet wie in Amerika. Hochdruckgaslampen kommen noch sehr häufig auf mit Bäumen bepflanzten Straßen und Plätzen vor. Flammenbogenlampen sind nur in geringem Aus-

Digitized by Google

maße anzutreffen und werden vielfach von den Wolfram-Vacuumlampen verdrängt."

Einhellig ist man in Europa der Ansicht, daß in der Straßenbeleuchtung die Bogenlampen bald durch Glühlampen ersetzt sein werden. Italien ausgenommen, wird das häufige Vorkommen der Gasbeleuchtung zugegeben. Bezüglich der relativen Beleuchtungsstärke in Europa und Amerika ist das folgende zu bemerken: Es scheinen geringe Unterschiede in der mittleren Beleuchtung der erstklassigen Straßen und Plätze vorhanden zu sein, aber in der Beleuchtung der Nebenstraßen namentlich von kleinen Städten ist Amerika an der Spitze. Englands rasche Fortschritte in der Verbesserung von Straßenbeleuchtungsanlagen ist unverkennbar.

„In Europa ist die Aufhängung der Lampen über der Straßenmitte viel häufiger als in Amerika."

Diese Praxis ist in Paris durchaus nicht allgemein üblich, aber nicht ungewöhnlich in der französischen Provinz. In Deutschland kommt sie immer mehr in Aufnahme.

„Es besteht die Neigung, Licht vor allem auf die Straße zu strahlen, aber weniger die Gebäude zu bestrahlen und ebenso das Licht von dem Raum oberhalb der Lampen abzuhalten.

Man findet manchmal Lampen an Spanndrähten oder Armen an der Gebäudefront befestigt.

Die Hirtenstabtype der Kandelaber tritt am häufigsten auf; die Formgebung der Kandelaber zeigt größere Vollkommenheit als in Amerika." Nur Deutschland bringt einen Einwand, nämlich den, daß die Konzentration des Lichtes nach abwärts als normal zu betrachten sei bei weniger wichtigen Straßen, dagegen die Beleuchtung der Gebäudefronten in wichtigen Straßen und dort, wo monumentale Gebäude zu sehen sind, immer ausgiebiger vorherrscht.

Unter dem Titel „Straßenbeleuchtungs-Vorschriften" findet man amerikanische und europäische Verhältnisse gegenübergestellt. Bisher gelang es in Amerika nicht, allgemein anerkannte Vorschriften zu finden. Die Grundlage amerikanischer Kontrakte bilden die Lieferungsbedingungen bezüglich der Ausrüstung und des Betriebes.

Dagegen sind in Deutschland und England ziemlich weitgehende Vorschriften, wenigstens versuchsweise, in Anwendung begriffen; von denen kurze Auszüge gebracht werden. Einige besonders wichtige Punkte daraus bestimmen:

In beiden Ländern soll die Beleuchtungsstärke auf einer Horizontalebene vorgeschrieben werden; Mittel- und Mindestwerte kommen in den deutschen Vorschriften vor; für drei Klassen von Straßen, die nach der Verkehrsdichtigkeit eingeteilt sind, werden Werte der Beleuchtungsstärke empfohlen. In England ist nur der Wert für die Straßenmitte vorgeschrieben.[1])

Die deutschen Vorschriften berücksichtigen auch in allgemeiner Weise Schattenwirkung, Ungleichförmigkeit und Blendung.

Die englischen Vorschriften geben als Mindestwert der Lichtpunkthöhen für die verschiedenen Straßenklassen 13 Fuß (4 m) und mehr an, ferner 12 als kleinsten Wert des Verhältnisses von Lichtpunktentfernung zur Lichtpunkthöhe. Richtlinien für eine quantitative Bestimmung der Blendung werden noch gebracht.

Schließlich hebt das Komitee die Notwendigkeit eingehender Untersuchungen der Straßenbeleuchtungsfrage hervor und gibt der Ansicht Ausdruck, daß sich im allgemeinen für die Straßenbeleuchtung in amerikanischen Gemeinden viel höhere Werte der Beleuchtungsstärke rechtfertigen lassen, als gegenwärtig vorzufinden sind.

[1]) Vgl. die vorstehenden Beleuchtungsvorschriften unter 231.2 und 231.3.

Neuere Untersuchungen über Straßenbeleuchtung.

Über die im Vordergrund des Interesses der Lichttechniker stehenden Fragen der Straßenbeleuchtung sind im Laufe der letzten Jahre einige wichtige Veröffentlichungen in der ausländischen Literatur erschienen, die bemüht sind, diese Aufgabe der Reifung näher zu bringen; darüber soll im Nachstehenden auszugsweise berichtet werden.

Auf der Landstraße Canandaigua-Bloomfield in Amerika wurde eine Landstraßen-Versuchsbeleuchtung eingerichtet, über die ein ausführlicher Bericht vorliegt.[1]) Verschiedene Systeme wurden dort versucht, wobei mattierte Lampen von höchstens 400 c. p. eingestellt waren, die Lichtpunkthöhe rund 6 m, die Entfernung zweier von ihnen 80 m betrug. Wichtig war die Entscheidung, ob Allgemein- oder sogenannte Longitudinalbeleuchtung; diese erstreckt sich nur auf die Straßenfläche der Highways oder Autostraßen, jene auch auf die Umgebung der Straße, auf die Bauernhöfe an den Straßenseiten, den Anfang von kreuzenden Straßen und Seitenwegen. Die Allgemeinbeleuchtung bietet mehr Vorteile, da bei ihr Diebstähle in Bauernhöfen weniger häufig vorkamen, was deren Verkaufswert steigert. Die Blendung war durch die Lampenmattierung genügend herabgedrückt und die Blendung seitens der Autoscheinwerfer erfuhr wegen des lichten Hintergrundes der beleuchteten Straße eine beträchtliche Herabminderung. Auch die mit unseren Autoverkehrsverhältnissen vergleichbaren britischen drängen zur Allgemeinbeleuchtung der Hauptverkehrsstraßen, mit dem Ziele, die Benützung der gefährdenden Scheinwerferlampen überflüssig zu machen. Die Statistik über Unfälle in den Jahren 1920 bis 1926 zeigt ein relativ hohes Anwachsen der Unfälle bei Nacht, trotz des geringeren Wagen- und Fußgängerverkehres zu dieser Zeit.

		Anzahl der Unfälle bei Tag	bei Nacht	Nacht-/Tagunfallzahlen
Schwere Unfälle:	1920	495	143	29 vH
	1926	687	316	46 „
Leichte Unfälle:	1920	16225	3338	21 „
	1926	35130	10906	31 „

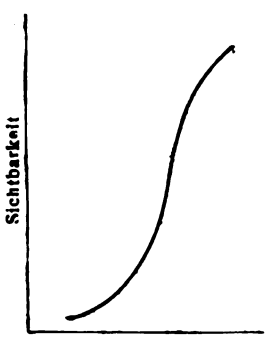
Ein Gesetzentwurf über Straßenbeleuchtung hat übrigens im britischen Parlament bereits die zweite Lesung erfahren.

Zwei Methoden der lichttechnischen Projektierung der Straßenbeleuchtung wurden im Laufe des verflossenen Jahres veröffentlicht. J. M. Waldram meint, daß man bei der Beurteilung der Blendung, einer Erscheinung, die als Tatsache jedermann bewußt aber bis jetzt in der Definition unklar ist, vom Begriff der Sichtbarkeit der Gegenstände auf einer künstlich beleuchteten Straße ausgehen müsse. Hiebei kommen subjektive und objektive Faktoren in Betracht. Objektiv genommen, muß ein Kontrast des zu erblickenden Gegenstandes zum Hintergrund der Straßenfläche vorhanden sein; subjektiv genommen, muß das Auge in der Lage sein, diesen Kontrast zu gewähren. Am letzteren kann es aber gehindert werden, zum Beispiel durch eine Herabsetzung seiner Empfindlichkeit infolge starken Lichtes, das aber nicht von der angeblickten Stelle, sondern der Lichtquelle ausgeht und dann auch, weil etwa der Kontrast zu gering ist. Blendung ist daher lediglich ein subjektiver Faktor, und während der subjektive Eindruck einer Straßenbeleuchtung hauptsächlich nur mit dem Orte des Beobachters auf der Straße wechselt, hängt der objektive Faktor von mehreren anderen Größen ab, wie: Gegenseitige Entfernung der Lichtpunkte und ihre Höhe über der Straßenfläche,

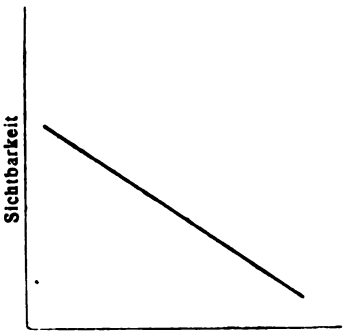
[1]) The Illum. Eng., Bd. 20, Mai 1927.

Digitized by Google

Lichtverteilung bezw. Gleichförmigkeitsgrad der Beleuchtung, Reflexionsvermögen der Gegenstände auf der Straße und der Straßenoberfläche, Lage von Beobachter zum Objekt. Wenn daher die rein subjektive Blendung zahlenmäßig gekennzeichnet wird, so ist damit noch nichts Besonderes über die praktisch viel wichtigere Sichtbarkeit, die aus subjektiven und objektiven Faktoren entspringt, ausgesagt. J. W. T. Walsh hat nun versucht, auf Laboratoriumsexperimente von U. Bordoni gestützt, eine Anordnung der Straßenbeleuchtung mit Berücksichtigung der Sichtbarkeit auszuarbeiten. Bordoni hat die Sichtbarkeit als Quotienten der kleinsten, noch erkennbaren Leuchtdichtendifferenz (des kleinsten Kontrastes) nebeneinanderliegender Flächen zur mittleren Leuchtdichte dieser Flächen definiert und in Abhängigkeit vom Logarithmus der Feldhelligkeit, der blendend wirkenden Beleuchtungsstärke auf der Pupille



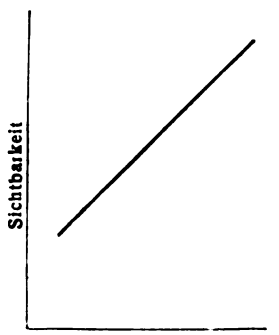
Log. d. Feldhelligkeit.
Abb. 1.



Log. d. Pupillenbeleuchtungsstärke.
Abb. 2.

und des Blendung bedingenden Winkels α zwischen der Verbindungslinie vom Gegenstand zum Auge mit der Augenachse bestimmt. Bei der graphischen Festlegung dieser Abhängigkeit, wenn die Sichtbarkeit als Ordinate aufgetragen wurde, ergaben sich nacheinander die Schaubilder Abb. 1, 2 und 3. Aus den drei so gezeichneten Kurven kann nun bei gegebener Sichtbarkeit die Lichtstärke für jeden Winkel α, der einer Lage des Beobachters zur Lampe entspricht, oder mit anderen Worten, die Lichtverteilungskurve der Lichtquelle bestimmt werden, (Abb. 4). Diese Bestimmung ist für jede Lichtpunkthöhe h eigens vorzunehmen. Es sei noch bemerkt, daß sich die Lichtstärke anstelle der Leuchtdichte deshalb einführt, weil die Wirkung solcher Lichtquellen — und das sind sicherlich die Straßenlampen — deren Sehwinkel unter 3 Grad liegt, allein von der Lichtstärke I abhängt. Der Ausdruck $I/(h-1{\cdot}5)^2$ gibt ein Maß für die Blendungswirkung, wie auch in dem unmittelbar folgenden Absatz zu sehen ist (1·5 m = Augenhöhe). Diese Methode, aus Laboratoriumsversuchen hervorgegangen, bedarf aber noch der Bestätigung durch die Praxis.

Einen anderen Weg schlägt L. L. Holladay[2]) ein. Er bemerkt, daß Objekte auf der Straße entweder durch von ihnen reflektiertes Licht oder vermittelst ihrer Silhouette erkannt werden können; im ersteren Falle nur bei überwiegender Vertikal-, im zweiten bei überwiegender Horizontalbeleuchtung. Nun wird beim Übergang von der einen Wahrnehmungsart zur anderen das Objekt unsichtbar; man hat sich demnach vor der Projektierung zu entscheiden, ob man nur durch das reflektierte Licht, oder vermittelst der Silhouette will wahrnehmen können. In letzteren Falle hat man nur eine nach unten, bis zu 45 Grad von der Lichtquellenachse reichende Strahlung auszunützen, wobei also die Blendungsgefahr sehr gering ist; im ersteren Falle, bei stark reflektiertem Licht, ist nur eine nach oben gerichtete Strahlung, wieder bis etwa 45 Grad von der Lichtquellenachse weg von Wert, jedoch muß durch entsprechende Reflektoren die Blendungsmöglichkeit ausgeschlossen werden. Lichtquellen solcher Verteilung wären aber eigentlich erst zu schaffen. Die nähere Verfolgung der Wahrnehmungsverhältnisse läßt sich auf die Beobachtung gründen, daß ein vermöge bestimmten Kontrastes zum Hintergrund erkanntes Objekt weniger scharf gesehen wird, wenn sich im Gesichtsfelde ein oder mehrere Lichtquellen befinden; das heißt durch jede dieser Lichtquellen wird der Kontrast scheinbar verringert, die Leuchtdichte des Hintergrundes scheinbar vergrößert. Der scheinbare Zuwachs zur Leuchtdichte des Hintergrundes, in Millilambert ausgedrückt,



Log. d. Winkels mit der Augenachse.
Abb. 3.

beträgt $0{\cdot}0009\ I/p^2$, in jener Richtung, in welcher sie die Lichtstärke I besitzt; p in Fuß, bezeichnet die Länge des Lotes von der Lichtquelle auf die Augenachse. Ist daher die Augenachse der Verbindungslinie der Straßenlampen parallel, so hängt die Verringerung der Sichtbarkeit nur von den in das Auge gelangenden Lichtstärken ab; in Wirklichkeit sind dabei die beiden nächsten Lampen von maßgebendstem Einfluß auf die Sichtbarkeit. Aus diesen Erwägungen heraus erscheint die Aufhängehöhe (ob 5 oder 7m) und die Anordnung, ob seitlich oder in der Mitte der Straße, nicht von Belang. Als charakteristisch für eine Straßenbeleuchtung ist ihr Kontrast-Sicherheitsfaktor $= \Delta F\,\Delta F_T$ anzusehen: ΔF ist die Differenz zwischen den Leuchtdichten des Gegenstandes und der Straßenoberfläche, ΔF_T die kleinste überhaupt wahrnehmbare Leuchtdichtendifferenz oder der Schwellenwert. Über die Bestimmung dieses Sicherheitsfaktors durch Messung geben die folgenden Zeilen Auskunft.

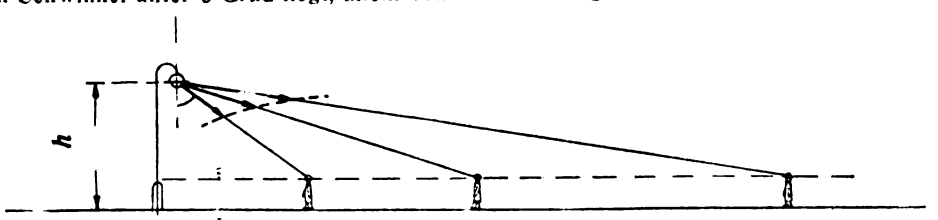


Abb. 4.

Um die Messung der Sichtbarkeit und Blendungswirkung in einer Straßenbeleuchtungsanlage haben sich Preston S. Miller und S. McK. Gray bemüht und einen geeigneten Apparat gebaut[3]), bei dem durch eine Ringöffnung, die von einem unter verschiedenen Winkeln einstellbaren Balken veränderlicher Breite gekreuzt wird, auf die Straßenoberfläche gesehen werden kann (Abb. 5)[3]). Ring und Balken

[2]) Trans. Ill. Eng. Soc., Bd. 21, Nr. 9, 1926.

[3]) El. World, Bd. 89, Nr. 15, 1927.

Digitized by Google

haben ungefähr die Farbe der Straßenoberfläche, ein Reflexionsvermögen von 0·14. Der Beobachter steht in 50 m Entfernung und betätigt einen Motor, der die Balkenbreite solange zu ändern gestattet, bis der Balken scheinbar verschwindet. Auf Blendungswirkung untersucht man, indem man einmal bei gegen die Straßenlampen geschütztem und dann bei nicht geschütztem Auge die Balkenbreite einstellt, ohne jedoch die Balkenneigung zu ändern. Ähnlich läßt sich der Schwellenwert der Sichtbarkeit erhalten. Bei der messenden Verfolgung der Silhouettenwirkung stellt man die Balkenbreite gegen die Straßenoberfläche ein, bei der Bestimmung der reflektierenden Wirkung gegen die schwarze Sammtabdeckung der Ringöffnung. Fehler wie Astigmatismus, Konzentrationsgrad des Beobachters und seine Augenempfindlichkeit können teilweise kontrolliert werden. Am besten wird gegen einen nur dunklen oder nur hellen Hintergrund und horizontaler Balkenstellung beobachtet. Statt die Balkenbreite zu ändern, kann sich der Beobachter auch in verschiedenen Entfernungen aufstellen. Als Anhaltspunkt für den Meßbereich dienen die folgenden Angaben: Ein Beobachter, der imstande ist, den mit 2·8 HLx beleuchteten Balken bei dessen Minimalbreite zu sehen, wird in auch in der Maximalbreite und 0·48 HLx gewahren. Die Beleuchtungsstärke auf dem Balken und die zugehörige Balkenbreite ergeben, in graphischer Darstellung, eine Hyperbel, die mit steigender Entfernung des Beobachters höher zu liegen kommt.

Vorschriften über Straßenbeleuchtung wurden in der Britischen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft im Sinne künftiger Gestaltung dieser Anlagen entworfen.[4]) Zunächst ergab sich die Notwendigkeit, die Straßen in Klassen einzuteilen: Die Klasse *A* bekam eine Minimalbeleuchtungsstärke von 24 HLx zugewiesen, für die Klassen *B* bis *E* sind bezw. 12, 6, 2·4 und 1·2 HLx angesetzt und für die zu entlegenen und unwichtigen Straßen in den Klassen *F* und *G* 0·6 und 0·24 HLx. Die Einreihung einer Straße in die erwähnten Klassen wurde vorläufig als Aufgabe der lokalen Behörden bezeichnet. Die größten Schwierigkeiten bereitete die Erstellung einer Vorschrift über das zulässige Maß an Blendung, das gemäß den hier an früherer Stelle geäußerten Ansichten von J. M. Waldram und J. W. T. Walsh formuliert wurde. Die Entfernung der Maste soll höchstens das 12-fache der Masthöhe betragen. Die Vorschriften weisen ferner zwei Beleuchtungsstärkenwerte auf: einen für den ganz neuen Zustand und einen für den normalen Betriebszustand, wenn von jenen Stellen, die für die Instandhaltung der Beleuchtung verantwortlich sind, gewisse Toleranzen bezüglich Verschmutzung, Variationen in Lampen und Gasbrennern und Spannungs- bezw. Druckschwankungen zugelassen werden: im Betriebsfalle darf die Beleuchtungsstärke die Hälfte des Anfangswertes nicht unterschreiten. Außerdem sind noch vorgesehen: Bestimmungen für die Übernahme, für den Fall, daß die Beleuchtungsstärke unter 0·6 HLx sinkt, für die Masthöhe, die Lampenprüfung usw.

Über mögliche Verbesserung von Straßenbeleuchtungsanlagen ohne Erhöhung der installierten HLm oder W, ohne Einstellung größerer Lampen oder Verkleinerung ihrer Entfernung, eine Verbesserung im Sinne einer Erhöhung der mittleren Nutzbeleuchtungsstärke berichtet G. Peri[5]). Die Untersuchungen wurden an 10 000 Serienlampen verschiedener Größe und Herkunft vorgenommen. Brennzeit, Beschaffenheit der Armatur, Art der Lampen und die Austeilung der Lichtpunkte auf der Straße sind als maßgebend für die Straßenbeleuchtungsanlage angesehen. Die Serienlampen, einzeln in ihrem Verhalten unregelmäßig, zeigen in größerer Anzahl verläßliche Regelmäßigkeit: Ihre Lichtstärke nimmt bis zu rund 800 Brennstunden zu, dann ab: Die mittlere Lebensdauer beträgt 2000 Brennstunden. Von 800 bis 2000 Brennstunden wird schon mehr elektrische Energie aufgezehrt als Licht abgegeben, weshalb man solche Lampen, auf Beurteilung durchs Auge hin, aus der Anlage entfernen muß; im Sinne dieser Bemerkung ist das Bestreben der Fabrikanten auf Herstellung von kurzlebigen, etwa 1000 Brennstundenlampen, die demnach die Lmh verbilligen, aufzufassen. Einstweilen ist die Wahl der Lampengröße nach der mittleren Lebensdauer zu empfehlen, das sind zum Beispiel 1700 h für 10 000-Lm-Lampen, 2300 h für 1000-Lm-Lampen. Bezüglich des rationellen Verhaltens von Lampen größerer Leistungen ist aus der Erfahrung noch nichts Verläßliches bekannt. Der Zustand der Armatur, vom periodischen Zeitraum der Reinigung abhängend, ist für die rationellere Gestaltung der Beleuchtung von Belang: nach etwa eineinhalb Monaten kommt man auf mehr als 50 vH Verlust gegenüber der gleichen Anlage, wenn sie neu wäre. Die von G. Peri durchgeführten Messungen hatten den Zweck, Vergleiche zu ermöglichen zwischen: Opal- und Prismenglasarmatur, zentraler und seitlicher Anordnung der Lichtquellen, asymmetrischer und symmetrischer Armatur. Hiezu wurden drei Größen be-

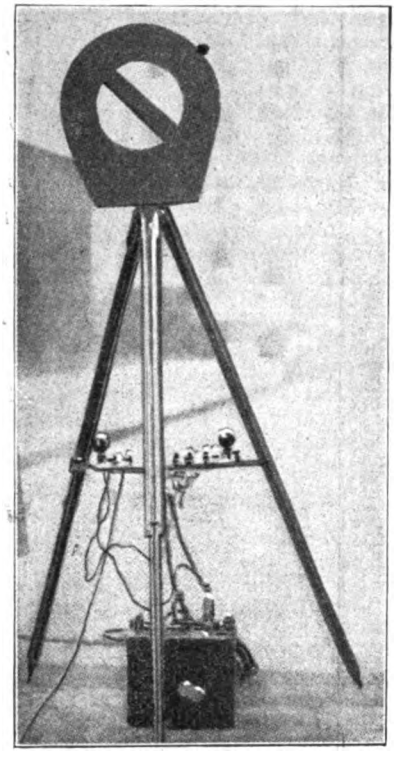


Abb 5.

stimmt, nämlich die Beleuchtungsstärke in der 1·1 m vom Boden abstehenden Meßebene, der Verteilungs-(Ungleichförmigkeits)faktor und der Nutzfaktor bezüglich des Lichtstromes. Der letztere ist so zu verstehen: Es entfallen auf eine 10 000-Lm-Lampe wegen der Verstaubung und Verschmutzung, Wirkungsgrad der Armatur auf die Dauer nur etwa 6000 Lm; davon gehen 2500 Lm auf die Beleuchtung der Straße, so daß man im günstigsten Falle der Straßenbeleuchtung höchstens wegen der vielfachen Reflexion das Doppelte als Maximum zu erwarten ist. Um die Untersuchung nicht zu komplizieren, wurden Rücksichten rein lichttechnischer Natur, wie bezüglich der Blendung, Erkennbarbeit der Gegenstände auf der Straße, unbeachtet gelassen. Die Vergleichsergebnisse waren die folgenden. Lampen in Opalglasglocken zeigten ausgesprochenere Beleuchtungsmaxima und -minima, mithin größere Ungleichförmigkeit der Beleuchtung als Lampen mit Prismenarmaturen; es war zum Beispiel die Ungleichförmigkeit in den beiden Fällen bei nahezu gleicher mittlerer Beleuchtungsstärke (3·85 gegen 3·44) 30·26 gegen 9·99 bei der Prismenarmatur und zwar in einer Straße von 12 m Breite, zentraler Anordnung der 10 000-Lm-Lampen,

[4]) Illum. Eng., Bd. 20, Mai 1927.

[5]) L'Elettrotecnia, Bd. 14, Nr. 9, 1927.

Digitized by Google

7 m Lichtpunkthöhe und 40 m Lichtpunktentfernung. Es stellte sich weiters heraus, daß die Prismenarmatur mit symmetrischer Lichtverteilung in einer 12 m breiten Straße um 50 vH gegenüber einer solchen mit unsymmetrischer Lichtverteilung günstiger war, während die letzterwähnte Lichtverteilungsart für eine Straße von geringerer, und zwar 5 m Breite, gegenüber der ersteren bessere Ausnützung des Lichtstromes, 100 vH bezüglich der Beleuchtungsstärke, 50 vH Ungleichförmigkeitsverringerung, mit sich brachte. Der Nutzfaktor kam bei der asymmetrischen Prismenarmatur auf 10 bis 15 vH, was unzulässig gering erscheint. Seitlich, an Wandarmen befestigte Lampen mit asymmetrisch wirkender Prismenarmatur ergaben eine Steigerung des Nutzfaktors auf 0·3 gegenüber 0·23 und 0·18, die in den beiden früher erwähnten Straßen mit symmetrisch wirkender und zentral angeordneter Prismenarmatur erzielt worden waren. Ondracek.

Die Arbeiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1926 auf dem Gebiete der Lichttechnik.[1])

Zur Bestimmung der Flammentemperatur nichtleuchtender sehr heißer Flammen, insbesondere der Flamme des Azetylen-Sauerstoffbrenners wurden von der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft und vom VDI-Fachausschuß für Schweißtechnik Geld und Apparate zur Verfügung gestellt. Die Temperatur des Azetylenbrenners soll sowohl aus der Umkehr der Spektrallinien von Salzdämpfen, die in die Flamme eingeführt werden, als auch durch Bestimmung der emittierten Energie und des Absorptionsvermögens im Bereich der langwelligen Kohlensäure- und Wasserdampfbanden gemessen werden.

Zur Realisierung der von E. Warburg vorgeschlagenen, auf der Hohlraumstrahlung beruhenden Lichteinheit, wobei nacheinander eine photometrische, bolometrische und spektralphotometrische (lichtelektrische) Messung bei der jeweiligen Strahlertemperatur erforderlich ist, wird eine überaus konstant bleibende Ofentemperatur (auf $^1/_3$ bei $T = 2100^0$ und $T = 2800^0$) benötigt, was eine Heizstromkonstanz von $^1/_4$ vT bedingen würde. Da die PTR zu Heizzwecken nur über stark schwankenden Netzstrom verfügt, die Versuche einer automatischen Regulierung aber infolge thermischer Trägheit keine sicheren Resultate ergaben, wurde von Müller eine Meßanordnung ausgearbeitet, bei der durch dreifache Spaltung der Ofenstrahlung alle drei Messungen gleichzeitig, eventuell registrierend erfolgen können. Als Hilfsmittel zur Spaltung dient ein schräg im Strahlengang stehender, schwingend verschiebbarer Doppelsektor, dessen vordere Sektorenflügel spiegeln und einen bestimmbaren Teil der Ofenstrahlung zur Lichtphotometrierung seitwärts lenken. Der durch den Spiegelsektor hindurchgehende Teil der Strahlung fällt auf ein Gitterbolometer: der durch die Bolometerlücken weitergehende Strahlungsrest beleuchtet, durch einen Monochromator spektral zerlegt, eine lichtelektrische Zelle zur spektralphotometrischen Messung. Für die Messung bei der höheren Temperatur (2800°) muß die Gesamtstrahlung auf $^1/_3$, die spektrale Strahlung auf $^1/_{50}$ geschwächt werden. Der Spiegelsektor wird in eine zweite Stellung geschwenkt, wodurch zwei Belegungen in den Strahlengang eingeschaltet werden. Ferner schiebt sich hierdurch hinter dem Bolometer ein Schwächungsglas ein, wodurch die Schwächung auf etwa $^1/_{50}$ für die spektralphotometrische Messung erzielt wird. Wird an Stelle der Ofenstrahlung das Licht einer konstanten, unbelasteten Bandglühlampe mittels Vorschlagprismas eingeschaltet, so kann während der Messungsdauer von einigen Stunden die Konstanz der Empfindlichkeit jeweils kontrolliert werden.

Die registrierende Lampenphotometrierung wurde weiter entwickelt. Die Anordnung besteht aus Normallichtquelle, Vergleichslampe, lichtelektrischer Zelle und registrierendem Saitenelektrometer. Das Licht einer Glühlampen beleuchtet durch ein Reflexionsprisma eine lichtelektrische Zelle. Die Beleuchtung kann durch einen absatzweise vorzuschwenkenden rotierenden Stufensektor um einen bestimmten Betrag, zum Beispiel um 5 vH geändert werden. Die lichtelektrische Zelle arbeitet auf ein Saitengalvanometer, welches entsprechend der stufenweisen Schwächung periodische Registriermarken erzeugt, die in ihrer Gesamtheit Reihen von punktierten Linien ergeben. Durch ein Wechselprisma kann man an Stelle der Stufenbeleuchtung durch die zu vergleichende Glühlampe beleuchten. Man erhält auf dem Registrierblatt Marken, welche innerhalb der Sektorenpunktfolgen liegen und in ihren Intensitätswerten leicht interpoliert werden können. Die Interpolationsgenauigkeit erreicht 2 vT. Die Versuche werden auf die Farbeinstellung von Lampen, ihre räumliche Lichtverteilung und direkte Aufnahme in Polarkoordinaten, auf integrierende Lichtmessung sowie Auswertung von Schwächungsgläsern und Schwächungskeilen ausgedehnt werden. Auch die Messungen an der Warburgschen Lichteinheit sollen mit dieser Anordnung registrierend und eventuell mit Verstärkung durchgeführt werden.

Die Bestimmung der Energieverteilung einer Nitralampe im Ultraviolett erfolgte durch mehrmalige Aufnahme des Spektrums der Lampe mit einem Quarzspektrographen unter Schwächung mit Hilfe eines verstellbaren rotierenden Sektors und Aufnahme des Spektrums des schwarzen Strahlers bei gemessener Temperatur auf dieselbe Platte mit verschiedenen Belichtungszeiten; aus der Photometrierung der so erhaltenen Spektrogramme ergeben sich bei geeigneter Wahl der Belichtungszeiten Daten für die Energieverteilung der Lampe. Die Methode arbeitet einwandfrei bis etwa 340 $\mu\mu$.

Die internationalen Vergleichungen der Lichtstärkeneinheiten mit dem National Physical Laboratory und dem Bureau of Standards wurden fortgesetzt[2]). Der Umrechnungsfaktor CP/HK ist für die Farbe der Kohlenfadenlampe 1·119, für die Farbe der Metallfadenlampe 1·148 gefunden worden. Eine internationale Verständigung der Staatsinstitute in dieser Frage erscheint unbedingt notwendig. Es wurde weiters eine Methode ausgebarbeitet, um mit Hilfe des Thermoelementes von Moll und des Schleifengalvanometers von Zeiss Lichtverteilungskurven objektiv aufzunehmen. Conrad.

[1]) Aus dem Tätigkeitsbericht der PTR, vgl. Z. f. Instrumentenkunde, Heft 7, 1927. Vgl. den Bericht von 1925, Die Lichttechnik, 1927, Heft 5, S. 57.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 97; 1927, Heft 3, S. 57.

Digitized by Google

Rundschau.

Verbesserungen der Grubenlampe hat H. M. Vernon auf Grund seiner Beobachtungen in Betrieben vorgeschlagen. Die rund 1 HK starke Benzinlampe gibt in der gewöhnlichen Gebrauchsentfernung von 2 m von der bearbeiteten Kohlenfläche höchstens 0·17 HLx und dabei wird nur 1/10 des auffallenden Lichtes reflektiert. Beim Ersatz der Benzinlampe durch die Glühlampe[1]) ist aber folgendes zu beachten. Zunächst sind die Lampen für die richtige Spannung zu bestellen, denn es wurden in der Lichtstärke solcher Lampen beträchtliche Differenzen vorgefunden. Ein Reflektor ist immer anzubringen, er vergrößert die Beleuchtungsstärke gegenüber der Klarglaslampe um 40 vH. Maßnahmen gegen die Blendung müssen besonders sorgfältig getroffen werden, weil der Kontrast zwischen dem leuchtenden Faden auch der schwächsten Lampe und der dunklen Umgebung in der Grube durch Nachbilder schon störend wirkt — die Arbeitenden pflegen nämlich gelegentlich in die Lampe hineinzusehen. Der zuletzt erwähnte Übelstand tritt besonders dort, wo die Lampe nur 0·3 bis 0·5 m von den Augen entfernt ist, auffällig hervor; so zum Beispiel ergaben sich nach eine Sekunde langem Hineinsehen in die 3·75 HK-Lampe in 0·66 m Entfernung beim Hinhauen auf eine gegebene Stelle 33 vH mehr Versager. Mattierte Lampen können da helfen; sie geben bei 8 bis 17 vH Lichtstärkenverminderung doch zu keiner Verlangsamung des Arbeitsfortganges Anlaß und bilden auch willkommene weiche Schatten. To.

(The Ill. Eng., Bd. 20, Juni 1927).

Über die Bestimmung des Glanzes wurden von A. Klughardt und E. Naumann der wissenschaftlichen Abteilung der Deutschen Werkstelle für Farbkunde unter Benützung des Pulfrichschen Stufenphotometers[2]) Arbeiten ausgeführt. Theoretisch ist die Glanzerscheinung schwierig in der Erfassung, da neben der regelmäßigen und diffusen Reflexion sehr wahrscheinlich noch Beugungserscheinungen mitspielen: es kann sich daher nur um die Bestimmung von Glanzzahlen handeln. Die Ostwaldsche einfache und praktische Methode verwendet im Halbschattenphotometer zwei Stücke des zu prüfenden Materiales nebeneinander, das eine horizontal, das andere unter einem Winkel von 22·5 Grad: die Differenz der Leuchtdichten dieser Objekte im Tageslichte gibt ein Glanzmaß. Ähnlich war das Meßverfahren mit dem Pulfrichschen Stufenphotometer. In beiden Fällen aber wurden bei bedecktem und klarem Himmel oft bis zu 20 vH Verschiedenheit an der gleichen Probe gefunden, es stellten sich offensichtliche Widersprüche mit der Wahrnehmung ein und die Wahl nur eines Winkels, des von 22·5 Grad, erscheint nicht gerechtfertigt. Klughardt beseitigte nun, das Pulfrichsche Instrument benützend, diese Fehler zunächst dadurch, daß er das Probestück unter verschiedenen Winkeln mit einer Bezugsfläche aus Barytweiß verglich, wobei diese Stücke vom Licht einer Halbwattlampe unter Vorschaltung eines Tageslichtfilters und 45 Grad Neigung getroffen wurden. Das eine der beiden Beobachtungsfernrohre, das über der Probe, hat konstante Eintrittspupille, das zweite über dem Barytweiß eine veränderliche Eintrittspupille: letztere wird solange geändert, bis die beiden Gesichtsfeldhälften auf gleiche Leuchtdichte gebracht sind. Die erste Untersuchung galt dem Barytweiß, das aus einem Aufguß von in Gelatine suspendiertem Bariumsulfat, welcher auf einer Karborundumscheibe flachgeschliffen wurde, besteht. Das Barytweiß zeigte zwischen 0 und 40 Grad eine größere, zwischen 45 und 75 Grad eine kleinere Flächenhelligkeit als ein vollkommen diffus reflektierender Körper; diese gut meßbare Abweichung gibt nun ein praktisch brauchbares Glanzmaß, etwa in der Form

$$\gamma = (e' - e)/e_0,$$

wenn e' und e die unter dem Drehwinkel δ gemessene bezw. für ihn berechnete Leuchtdichte bezeichnen. Da aber noch $e = e_0 R$, wo e_0 die Leuchtdichte in der horizontalen Stellung der Probe bedeutet, so hat man schließlich für das Glanzmaß

$$\gamma = (e'/e_0) - R;\ R = \sqrt{2}\sin(45° + \delta).$$

Die Werte der für den Glanz charakteristischen Größen im Falle des Barytweiß waren: Die Anfangsleuchtdichte $e_0 = 1·0$, das Maximum bei 10 Grad 0·053; bei 43 Grad lag der Nullpunkt der Glanzkurve, jene Stelle, die den theoretischen Wert der vollkommen diffusen Reflexion aufweist. Eine allerdings physikalisch nicht begründete Darstellung des Verlaufes der Leuchtdichte ist in

$$e = e_0 R + e_0 [c_1 (1 + k\delta)\sin 4\delta + c_2 \sin 8\delta + c_3 \sin 12\delta]$$

gegeben, worin $k = 0·0006$, $c_1 = 0·05$, $c_2 = 0·014$ und δ in $(1 + k\delta)$ im Gradmaß auszudrücken ist. Es schreibt sich dann die Glanzzahl

$$\gamma = c_1 (1 + k\delta)\sin 4\delta + c_2 \sin 8\delta + c_3 \sin 12\delta.$$

Vor der Untersuchung wäre festzustellen, ob die Probe immer dunkler ist als das Vergleichs-Barytweiß oder ob sie bei der Horizontalstellung bezw. bei einer anderen heller erscheint: im letzteren Falle haben Probe und Barytweiß ihre Plätze zu tauschen. Eine Meßreihe für den Glanz neutralgrauer Papiere, der Tafeln *d*, *e*, *g*, *p* des Ostwaldschen Farbenatlasses[1]) weist den Höchstwert des Glanzes unter ungefähr 22·5 Grad, der Richtung der regelmäßigen Reflexion, auf; die spiegelnden Teilchen des Papiers liegen daher in derselben Ebene. Je nach der Faserrichtung ergaben sich andere Werte des Glanzmaßes; andere in der Faserrichtung zur Lichtquelle und wieder andere quer hiezu.

Aus den charakteristischen Angaben ergaben sich noch die folgenden mit der Wahrnehmung übereinstimmenden Tatsachen: Die neutralen Graupapiere zeigen stärkere Glanzwirkung als das Barytweiß und der Glanz der dunkleren Grautöne erscheint kräftiger als der der helleren, was in dem Verhältnis der diffusen zur spiegelnden Reflexion seine Begründung findet. Bei der Untersuchung von Geweben treten Verschiedenheiten des Glanzes, während die Probe in ihrer eigenen Ebene gedreht wird, noch viel stärker zutage; ihre bandartige maschinelle Erzeugung, die sie mit den Papieren gemein haben, bringt ein verschiedenes optisches Verhalten in diesem Falle mit sich. Als Hauptrichtung $\alpha = 0$ kommt die auf die Lichtquelle der Probe zugehende in Betracht: Bei Papieren die Walz-, bei Geweben die Kettenfadenrichtung; Grundflächenhelle ist die kleinste in der Probenebene. Es müssen ferner verschiedene Stellen des Stoffes untersucht werden, wie zum Beispiel bei Damast, wo Grundbindung und Muster vorhanden sind; auch negative Werte der Glanzzahl γ können auftreten und weisen auf Dunkelheit und Stumpfheit hin. Nichtfaserige Stoffe, wie Leinen- und Baumwollgewebe liefern eine periodische Verteilung der Glanzzahl oder

$$\gamma(\alpha) = \gamma(\alpha + 180),$$

faserige Gewebe, wie Papier, langhaariger Samt, eine symmetrische oder

$$\gamma(\alpha + \alpha_0) = \gamma(\alpha_0 - \alpha).$$

Es empfiehlt sich die Glanzzahl γ für die Probeneigung δ von 10 zu 10 Grad bis 50 Grad, für den Verdrehungswinkel α von 30 zu 30 Grad aufzunehmen und eine polare Darstellung der Abhängigkeit zwischen γ und α bei bestimmter Stellung δ der Probe zu geben. Naumann bringt in der Abhandlung mehrere solcher Glanzkurven; solche für Leinen, ferner für Damast in der Grundbindung und im Muster. Auch Glanzkontrastkurven des Damastes, polare Darstellungen der Differenz der Glanzzahlen für Muster und Grundbindung, finden sich vor; sie geben ein Maß für den Kontrast zwischen Grundbindung und Muster und sollen möglichst viel von der Kreisform abweichen, positive und negative Werte und viele vom Ursprung weit entfernte Maxima und Minima haben, kurz recht viele Kontraste aufweisen. O—k.

(Z. f. techn. Physik, Nr. 3 und 6, 1927.)

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 92.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 26.

[1]) Vgl. Die Lichttechnik, 1927, Hefte 8 und 9.

Digitized by Google

Psychotechnik und Lichtwirtschaft haben nach Dr. Giese sehr engen Zusammenhang. Dabei ist aber die Lichtwirtschaft nicht im üblichen kapitalistischen Sinn, also in Verbindung mit Billigkeit, Nutzen und Gewinn aufzufassen, sondern vielmehr in energetischem Sinn zu nehmen; demnach als die Lehre von der Bewirtschaftung einer besonderen Energieform, wie etwa die Gaswirtschaft, die Wasser-, Wärme- und Elektrizitätswirtschaft. Mit der Beleuchtungstechnik, die von der Erzeugung und Verwertung der Lichtquellen handelt, ist sie nicht identisch, neben ihrem zivilisatorischen Wert hat sie auch einen kulturellen, psychischen, nicht rein geschäftlichen. Schon die physiologischen Erscheinungen der Ermüdung und Anpassung des Auges rufen mehr nach dem Arzt als nach dem Physiker, weshalb der Erstgenannte auch bei der Aufstellung der Grundgrößen zu Rate gezogen werden sollte. Dann kommt noch die praktische Psychologie in Betracht, in deren Gebiet bekannte Erscheinungen fallen, wie: Die geometrisch-optischen Täuschungen, die Tatsache, daß gestaltliche Wahrnehmungen aus einzelnen Teilen, zum Beispiel aus Linien eines gezeichneten Würfels der Würfel selbst erstehen, wie etwa das Ohr aus einzelnen Tönen Akkorde empfinden läßt, oder eine Melodie, in eine andere Tonlage gebracht, trotzdem als die gleiche Melodie empfunden wird. Diese nicht rein technische, sondern den Zusammenhang mit dem Menschen berücksichtigende Betrachtungsweise ist zweifellos Sache der Lichtwirtschaft, die sich demnach auf die Psychotechnik stützen muß.

Es existieren dergestalt psychotechnische Fragen für die Lichtwirtschaft, die sich in der Hauptsache auf vier Fragen bringen lassen: 1. Rationalisierung des Arbeitsplatzes; 2. Unfallverhütung; 3. Reklame; 4. Beitrag zur ästhetischen Wirkung des Innenraumes. Arbeitsplatz, im engeren Sinn ist dabei der Bewegungsraum des Arbeitenden, im weiteren Sinne, die Umgebung des eben definierten Platzes. Die Beleuchtung nur für den Arbeitsplatz im engeren Sinne zu gestalten ist ganz falsch, da die Umgebung die Beleuchtungsverhältnisse ganz gewaltig beeinflußt. So zum Beispiel bewirkt der Vorübertransport heller oder dunkler Waren, die Aufstellung dunkel gestrichener Maschinen in der Nähe des Arbeitsplatzes beträchtliche Beleuchtungsverschiebungen, es bedingen die weißen Wände eines Operationssaales eine dauernde, wenn auch schwache Blendung, verbunden mit einiger Unsicherheit der Wahrnehmung. Ausruheflächen für das mit Naharbeit, etwa Uhrmacherei, beschäftigte Auge wirken auf die Arbeit günstig. Kontraste erleichtern viele Arbeiten beträchtlich: so zum Beispiel sollen die Saaten-Sortiertische nicht gelb sein, wie das zu sortierende Gut und wo Glanz stört, wie bei der Lack- und Lederstepperei, muß er durch entsprechende Anbringung der Lampen beseitigt werden. Die Lichtfarbe kann bei der Helligkeitssortierung von etwa Bambusstäben im Tages- und künstlichen Lichte mitspielen. Bei bewegtem Arbeitsplatz sind die Beleuchtungsverhältnisse anders zu schaffen als bei ruhendem. Es wird die Fließarbeit, bezw. das Sortieren von kleinen, auf einem Laufbande herankommenden Eisenteilen deshalb einen anderen Einfallswinkel bei künstlichem Licht bedingen als bei unbewegtem Arbeitsplatz: nämlich um 90 Grad gegenüber etwa 30 Grad, weil dann die Schattenbildung die Arbeit wirksam unterstützt. Eine Schreibtischlampe mit tiefem Reflektor ist für den gleichzeitig an Regalen Arbeitenden ungeeignet. Arbeitsanalyse, die Voraussetzung der Psychotechnik, muß daher unbedingt vor Einstellung der künstlichen Beleuchtung vorgenommen werden.

Für die Unfallsverhütung sind zwei psychologische Faktoren von Belang: Die Auffälligkeit und die Sinnfälligkeit. Wo Gefahr durch Farbe anzudeuten ist, muß man in der Wahl der Farbe vorsichtig sein: manchmal hebt sich Rot auffällig aus der Umgebung heraus, manchmal Weiß. Mit weißer Farbe werden zum Beispiel Gefahrenzonen in Eisenbahntunnels hervorgehoben, rot dürfen niemals Signale an einer roten Backsteinmauer sein. Für Signale ist überhaupt Erkennbarkeit bei Tag und Nacht zu fordern. Die Verwendung von Blinklichtern an Bahnübergängen, oder von reflektierenden Scheiben, die das Licht der Autoscheinwerfer zur Steigerung der Auffälligkeit des Richtungsschildes oder Warnungstafel zu benützen gestatten, gehören hieher. Die Sinnfälligkeit, das heißt die Art, die Bedeutung eines Signals, etwa der Fahrtrichtung eines Autos, sofort bewußt zu machen, wird oft schon durch die elektrische Beleuchtung bewirkt. Bei Beobachtung der Fahrtabsicht eines Wagens von der Rückseite aus erweisen sich Winker, das heißt aus der Gesamtgestalt des Wagens seitlich herausspringende Schwenkarme als geeignet, wofern sie nicht federnd, wie eine winkende Hand wirkten, sondern gestrafft; auch kamen weiße Winker bei Tag nicht zur Geltung, solche, bei denen nur die Spitze abends aufleuchtet, weniger als umrandete Ganzzeichen oder Winker, bei denen ein längeres Stück des Winkerpfeilarmes beleuchtet war. Ferner wurde die Rechts- bezw. Linksschwenkung eines Wagens am Besten durch einen rechts bezw. links angebrachten Arm sinnfällig.

Bei der Reklamebeleuchtung ist der Eindruck ebenfalls sorgfältig zu werten. Es genügt nicht, etwa rhythmisch wechselnde Beleuchtung zu erzeugen, auf den Rhythmus selbst muß geachtet werden, um den Eindruck nicht undeutlich oder zu wenig anreizend zu machen. Lichtreklame im Kino durch Film, Trickfilm oder Diapositive läßt manches zu wünschen übrig, namentlich wegen des zu raschen Vorübereilens. Auch das Tagesreklameproblem gehört hieher: zum Beispiel die Vermeidung von gegenseitiger Spiegelung der Schaufenster gegenüberliegender Geschäfte, die Vereisung im Winter. Die Hervorrufung ästhetischer Wirkungen in Innenräumen, sei es durch die Lichtfarbe, die Farbe der Umgebung, die Richtung des Lichtes — ob von oben oder unten, ob von sichtbaren oder unsichtbaren Lichtquellen ausgehend — ist wohl mehr eine Zukunftsaufgabe. O—k.

(Elektrojournal, 7. Jahrg., Heft 12, 1927.)

Das Einheits-Zugbeleuchtungssystem der Deutschen Reichsbahn. Hugo Grob behandelt die Bedingungen, welche eine richtig gebaute Zugbeleuchtungsanlage erfüllen soll. Es kommt nicht nur darauf an, die Spannung unabhängig von der Tourenzahl konstant zu halten, sondern es müssen folgende Bedingungen erfüllt werden: 1. Die Batterieaufladung muß mit zunehmender Spannung abnehmen, um schädliche Gasbildung zu vermeiden. 2. Es muß eine gesondere Spannungsregelung für das Lichtnetz und für die Batterie stattfinden, um Überspannungen von den Lampen fernzuhalten. 3. Es muß bei Überlastung des Generators nur der Ladestrom verkleinert werden. 4. Die Tagfahrtladespannung muß etwas geringer sein als die Nachtfahrtladespannung, um in den Sommermonaten unnötig lang wirkende Aufladung zu vermeiden. 5. Die Spannungsregelung muß unabhängig von der Batterie sein, damit bei einem Defekt der Batterie die Beleuchtung aufrecht erhalten bleibt. 6. Die Anlage muß ferner betriebssicher und möglichst einfach sein. Alle diese Bedingungen werden durch das von der Julius Pintsch A. G. entwickelte Zugbeleuchtungssystem erfüllt und wurde nach gründlich langer Erprobung von der Deutschen Reichsbahn zum Einheitssystem gewählt. Die Spannungsregelung der Dynamo erfolgt durch einen Druckwiderstand bekannter Art (Kohlenscheiben) im Nebenschluß. Ein Elektromagnet, der von der Klemmenspannung der Dynamo erregt wird, wirkt auf den Hebel, der auf die Kohlenscheiben drückt und dem eine Feder das Gleichgewicht hält. Auf den gleichen Magnet wirken noch zwei Starkstromspulen, eine die vom Batteriestrom und eine die vom Lichtstrom durchflossen werden. Letztere wirkt der Klemmenspannungsspule entgegen, die andere im gleichen Sinne. Dadurch wird bei Tagfahrten in den Sommermonaten, wenn wenig Licht benötigt wird, erreicht, daß die Ladespannung heruntergesetzt und die Batterie geschont wird. Um unabhängig von der Ladespannung zu sein, ist im Lichtstromkreis ebenfalls ein

Digitized by Google

Kohlenwiderstand eingebaut, welcher den Differenzwert zwischen Lade- und Lichtspannung verbraucht. Dadurch werden die Lampen sehr geschont. Bei der Berliner Stadt- und Ring-Vorortebahn wurde zur Spannungsregulierung bei Strombezug direkt vom Fahrdraht ein vorerwähnter Kohlenwiderstand, der wieder von einem Elektromagneten beeinflußt wird, in den Lampenkreis geschaltet. Auch dieser Regler hat sich gut bewährt.

Humb.

(ETZ Bd. 48, Heft 30, 192.)

Patentbericht.

Metalldampflampen.

Um die Bildung eines Lichtbogens zwischen Stromzuführung und verdampfbarer Metallfüllung von Metalldampflampen oder elektrischen Gaslampen mit Metallfüllung zu vermeiden, wird nach einer Erfindung der Firma Keller & Knappich G. m. b. H. in Augsburg die eintauchende Stromzuführung im wesentlichen auf die Länge ihrer Eintauchtiefe mit einem eine gute Verbindung herstellenden Metall überzogen. Als Kern für die Stromzuführungen werden solche Metalle benutzt, die sich mit dem Füllmetall der Lampe, zum Beispiel Quecksilber, entweder gar nicht oder nur unter Zuhilfenahme künstlicher Mittel, zum Beispiel Beizen, legieren bezw. amalgamieren. So läßt sich zum Beispiel Eisen nach vorherigem Beizen in Schwefelsäure oberflächlich amalgamieren. Die an seiner Oberfläche oder bis zu einer gewissen Eindringtiefe festhaftende Quecksilberschicht stellt dann eine gut leitende Verbindung mit der Quecksilberfüllung her, gestattet aber ohne Zuhilfenahme künstlicher Mittel kein tieferes Eindringen des Quecksilbers in den Eisenkern der Stromzuführung. Als geeignete Metalle für den Kern kommen in Betracht: Invarstahl, Wolfram, Molybdän, Chrom, Titan und Platin, als Überzugsmaterial oder Legierungsmetall hauptsächlich Quecksilber, Gold, Silber, Aluminium und Magnesium. (D. R. P. Nr. 436622.)

Zwecks Verminderung der Einbrennzeit und Herabsetzung der Bruchgefahr der Polgefäße von Quarzlampen wird der zur Aufnahme des Quecksilbers bestimmte Raum auf ein Minimum herabgesetzt, zum Beispiel durch Ausfüllen der Polgefäße mit Quarzröhrchen oder -stäben. Oder es wird in das Polgefäß ein allseitig geschlossenes Quarzrohr eingesetzt, das fast den ganzen Raum des Polgefäßes ausfüllt, so daß das

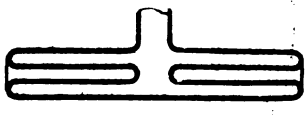


Abb. 1.

Abb. 1/

Quecksilber längs der Innenfläche des Polgefäßes in Form einer dünnen Schicht ausgebreitet ist. Bei dieser Konstruktion treten aber große Niveauschwankungen des Quecksilberspiegels im Polgefäß auf, so daß der Lichtbogen in das Polgefäß übergreifen und durch seine Hitze die von Quecksilber freigelegten Quarzteile zerstören kann. Nach einer Erfindung von W. Otto in Berlin wird dieser Nachteil dadurch beseitigt, daß sich im mittleren Teil des Polgefäßes, dort, wo das Leuchtrohr am Polgefäß ansitzt, keine Verdrängungskörper befinden, sondern das Quecksilber den ganzen Rohrquerschnitt ausfüllt. Abb. 1 und 2 zeigt zwei Formen dieser Polgefäße. (D. R. P. Nr. 426994.)

Die im Gebrauch befindlichen Quarzlampen besitzen ein quer zum Leuchtrohr liegendes Kathodenpolgefäß, das also nach beiden Seiten erheblich über das Leuchtrohr vorsteht. Die damit verbundenen Nachteile werden nach einer Erfindung desselben Erfinders dadurch behoben, daß das Kathodenpolgefäß sich im wesentlichen in der Richtung des zwischen ihm und dem Leuchtrohr liegenden Übergangsrohrstutzens erstreckt (Abb. 3). Das Leuchtrohr 1 und die Polgefäße 2, 3 mit ihren Anschlüssen 4, 5 sind in normaler Weise ausgebildet. Die Anodenpolkammer wird durch einen Rohrstutzen 6 gebildet, der den Kühlkörper 7 trägt. Auf der anderen Seite des Leuchtrohres 1 schließt sich an dieses durch Vermittlung des bekannten, eine Einschnürung bildenden Übergangsrohrstückes 8 die Kathodenpolkammer 9, und zwar als unmittelbare Verlängerung des Übergangsstückes an. Die Polkammer 9, die mit dem Leuchtrohr und dem Übergangsstück an-

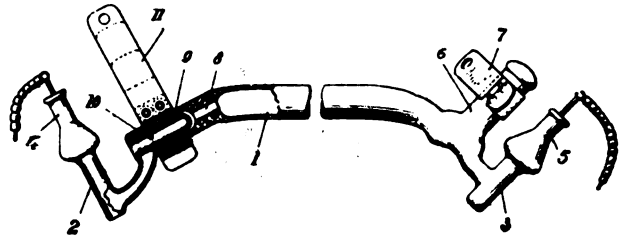


Abb. 3.

nähernd gleichen Außendurchmesser besitzt, ist vom freien Ende her eingestülpt. Die Einstülpung 10 läßt zwischen sich und der Innenwand der Kammer 9 nur einen schmalen Ringraum. Der Quecksilberstrom wird hiedurch in besonders vorteilhafter Weise verteilt und abgelenkt. Die Lage der Einstülpung in der Richtung des Quecksilberstromes führt besonders auch zu einer günstigeren Beanspruchung der Ansatzstelle der Einstülpung. (D. R. P. Nr. 443935.)

Es sind Wechselstrom-Quecksilberdampflampen bekannt, bei denen die Anoden zu beiden Seiten der Kathode, jeweils am Ende eines Rohres angeordnet sind und die Kathode in einer von der Rohrmitte ausgehenden Abzweigung liegt. Zum Zwecke der Zündung wird die Lampe um ihre wagrechte Längsachse gedreht, wobei die in der Nähe der Einmündungsstelle des

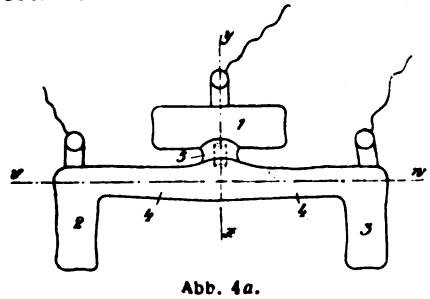


Abb. 4a.

Kathodenpolgefäßes angeordneten Scheidewände eine Trennung der Quecksilbermassen herbeiführen sollen. Diese Trennkörper erfordern nicht nur einen Mehraufwand an Quarz, sondern sie setzen auch eine beträchtliche Geschicklichkeit des Quarzbläsers bei Herstellung der Lampe voraus. Bei der Lampe gemäß einer Erfindung der Firma Silectra G. m. b. H. in Leipzig sind solche Scheidewände nicht erforderlich. Die das Leuchtrohr 4 (Abb. 4a und 4b) mit dem Kathodenpolgefäß 1 verbindende Kapillare 5 mündet etwa in der Mitte des dem Kathodengefäß zugekehrten, von dem vertikalen und horizontalen Durchmesser begrenzten Querschnittsquadranten des Leuchtrohres 4 ein. Abb. 4a ist eine Draufsicht, Abb. 4b ein Schnitt der Linie x—y der Abb. 4a. Die Mittelebene des Leuchtrohres 4, 4 steht in Abb. 4a senkrecht auf der Zeichenebene, die Gerade v—w ist ihre Spur; in Abb. 4b ist die Lage dieser Ebene durch die Gerade a—b veranschaulicht. Es hat sich gezeigt, daß bei einer solchen Verbindung zwischen Leuchtrohr und Kathodengefäß eine betriebssichere Zündung eintritt. Die Lampe zeichnet sich auch bei langer Brenndauer durch ruhiges Brennen aus, ein Flackern oder Erlöschen des Bogens tritt nicht ein.

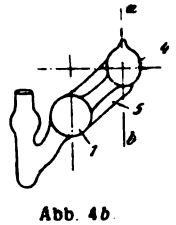


Abb. 4b

(Ö. P. Nr. 105956.)

Digitized by Google

Berichtigung.

Eine praktische lichttechnische Ausstellung. Von J. Ondracek, Die Lichttechnik 1927, Heft 12.

Der Satz auf Seite 134, linke Spalte, „Wie man bemerkt, schließt sich an ein Konstruktionsbüro ein Laboratorium, in dem Instrumente der Westonbauart, Meßbrücken und Präzisionswiderstände zusammengestellt und geeicht werden", könnte, oberflächlich gelesen oder aus dem Zusammenhange genommen, zu Mißdeutungen Anlaß geben. Es sollte heißen: „... ein Laboratorium, in dem elektrische Meßgeräte der verschiedensten Art, Meßbrücken und Präzisionswiderstände, die nach Originalkonstruktionen und eigenen Patenten der Norma Instrumenten-Fabriks-Gesellschaft m. b. H., Wien XVI., von Grund auf ausgeführt sind, geprüft werden." D. S.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

EINLADUNG
zur
IV. ordentlichen Generalversammlung

am **Donnerstag**, den 22. Dezember 1927, um 6 Uhr abends, im Hörsaal II des Elektrotechnischen Institutes der Technischen Hochschule, Wien, IV., Gußhausstraße 25.

Tagesordnung:

1. Bericht über die Tätigkeit der Gesellschaft.
2. Bericht über den Gebarungsausweis und die Bilanz.
3. Neuwahlen in den Ausschuß.
4. Allfälliges.

Im Anschluß an die Generalversammlung findet ein Vortrag von Herrn Dipl.-Ing. H. Oehlschlägel, Frankfurt a. M., über „Moderne Straßenbeleuchtung" (mit Lichtbildern) statt.

Wien, 26. November 1927.

Für den Vorstand:

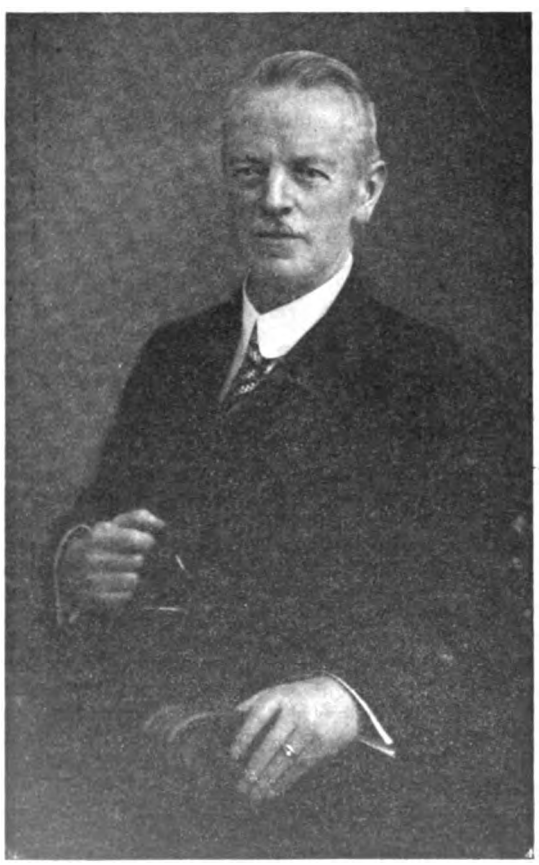
Der Präsident: **Ing. E. Karel**, e. h.

Der I. Schriftführer: **Prof. Ing. J. Ondracek**, e. h.

Hofrat Dr. Ing. Hugo Strache. †

Am 4. November d. J. verschied der o.-ö. Professor der Technischen Hochschule in Wien, Hofrat Dr. Ing. Hugo Strache, in seinem 63. Lebensjahre. Mit ihm scheidet der älteste Fachmann auf dem theoretischen und praktischen Gebiet der Lichttechnik aus dem Leben.

Am 10. April 1865 zu Wien geboren, erwarb sich Prof. Strache seine akademische Bildung an den technischen Hochschulen zu Aachen und Zürich und promovierte 1888 in Zürich. Als Chemiker in der Praxis beschäftigte er sich auch mit der Erzeugung von Wassergas und stand in den Jahren 1898 bis 1905 in der Eigenschaft eines Generaldirektors an der Spitze der Société intern. du gaz d'eau brevets Strache. In dieser Zeit suchte er nach einer hygienischen Gasbeleuchtung unter Anwendung des Auerstrumpfes. Als Assistent und später als Privatdozent der Wiener Technischen Hochschule unterzog er den ganzen Vergasungsprozeß einer wissenschaftlichen Durcharbeitung und kam dabei auch auf eine Methode, den Auerschen Glühstrumpf mittels Wassergas zu beheizen. Seit 1910 wandte er seine Aufmerksamkeit der restlosen Vergasung von Stein- und Braunkohle in einem einzigen Apparat zu, ein Problem, das er ebenfalls gründlich auf wissenschaftlichem Wege durcharbeitete; sein bahnbrechendes Wirken auf diesem Gebiete wurde zu seinen Lebzeiten nicht anerkannt, wohl weil er der Gegenwart zu weit voreilte. Schon 1909 gelang es ihm, an der Technischen Hochschule eine eigene Versuchsanstalt für Gasbeleuchtung und Untersuchung der Brennstoffe zu schaffen. Hier beschäftigte er sich der Hauptsache nach mit der lichttechnischen Untersuchung der Leuchtkörper verschiedener Lichtquellen.



Prof. Strache hat Vorlesungen über Beleuchtungswesen und Gasindustrie sowie über die Technologie der Brennstoffe gehalten. Nach dem Kriege wurde an der chemisch-technischen Fachschule der Technischen Hochschule in Wien eine Unterabteilung zur Heranbildung von Feuerungs- und Gastechnikern ins Leben gerufen und Strache mit der Leitung derselben betraut.

Straches literarische Leistungen auf lichttechnischem und brenntechnischem Gebiete sind ungewöhnlich große. Sie umfaßt drei große Werke: Gasbeleuchtung und Gasindustrie; Kohlenchemie: Technologie der Brennstoffe; ferner gegen 250 Publikationen, wovon mehr als 60 zu Patentanmeldungen führten, und seine Mitarbeit an Handbüchern. Das neue, auch im Ausland geschätzte Institut auf dem Getreidemarkt in Wien ist seine und des ihm im Tod vorangegangenen Prof. Bambergers Schöpfung. Leider war es ihm nicht lange beschieden, die Früchte seiner Tätigkeit zu genießen. Strache war unter anderem korrespondierendes Mitglied der Illum. Eng. Soc. in London, der Intern. Lichtmeßkommission und Mitglied der Österr. Lichttechn. Gesellschaft, ferner technischer Konsulent vieler industrieller Unternehmungen. Eine Reihe von Gasanstalten wurde nach seinen Patenten ausgeführt, so zum Beispiel in Brünn, Graz, Wiener-Neustadt usf. und im Auslande.

Die Österreichische Lichttechnische Gesellschaft beklagt in dem Hinscheiden Prof. Straches den unersetzlichen Verlust eines auf diesem noch jungen Gebiete der Technik so außerordentlich erfahrenen Fachmannes und ihres warmen Förderers. Die Gesellschaft wird sein Andenken stets in Ehren halten. J. Ondracek.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbet, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 1 — **9. Jänner 1927** — **4. Jahrgang**

INHALT: Über piezo-elektrische Kristalle bei Hochfrequenz. Von Dr. Dr.-Ing. e. h. A. Meißner. S. 1. Der Fernseher Belin. Von Professor Dr. Leopold Richtera, Wien. S. 3. / Die radiotechnischen Untersuchungen des National Physical Laboratory in Teddington (England) 1925. S. 5. / RUNDSCHAU. S. 6. PATENTBERICHT. S. 10. / LITERATURBERICHTE. 11.

Über piezo-elektrische Kristalle bei Hochfrequenz.

Von Dr. Dr.-Ing. e. h. A. **Meißner.**[1])

Die piezo-elektrischen Kristalle wurden von Cady erstmalig in die Hochfrequenztechnik eingeführt, und zwar sowohl zur Kontrolle der Schwingungsperiode, als auch zur Steuerung von Senderöhren.[2]) Am häufigsten werden hiefür Quarzplatten verwendet (Abb. 1); man schneidet sie parallel zur optischen Achse und senkrecht zu einer der elektrischen Achsen; ver-

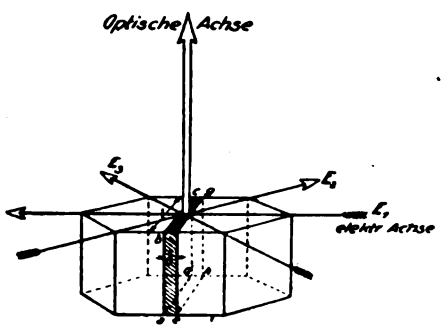


Abb. 1. Orientierung der Quarzplatte.

sieht man die Platte mit Elektroden an den Flächen *a, b, c, d* und *e, f, g, h* und drückt diesen von einem Sender hochfrequente Spannungen veränderlicher Frequenz auf, so können vor allem 2 Frequenzen gefunden werden, bei welchen die Platte in starke mechanische Schwingungen gerät, die eine entsprechend der Dimension δ „Dickenschwingung“ und die andere entsprechend l „Längsschwingung“.

Von dieser Eigenschaft der piezo-elektrischen Kristalle hat man durch verschiedene Schaltungen zur Frequenzmessung Gebrauch gemacht. Von A. Giebe ist eine interessante Form des Quarzfrequenznormale angegeben worden: er schließt den Kristall in einen hochevakuierten und dann mit einem Edelgasgemisch von geringem Druck gefüllten Glaskörper ein und führt die Elektroden durch die Quetschung im Sockel nach außen.[3]) Das Normale ist wie ein Voltmeter zu schalten; man führt ihm eine Spannung von etwa 30 V von der auf die Quarzfrequenz einzuregulierenden Spannung zu; die Sendefrequenz, die vorher mit einem Wellenmesser grob auf die Quarzfrequenz eingestellt worden ist, wird langsam variert und ist dann richtig wenn der Quarz leuchtet (Glimmlicht). Diese Einstellung ist außerordentlich scharf.

Um das Einstellen auf beliebige Wellen so einfach wie möglich und den Leuchteffekt bei Kristallresonanz so intensiv wie möglich zu machen, hat man die in (Abb. 2*a*) angegebene Schaltung. versucht. Die Spule L ist mit dem Sender gekoppelt und wird mit C auf die Sendefrequenz abgestimmt. Je mehr man sich der Abstimmung bei Drehen des Kondensators nähert, um so heller leuchtet das angekoppelte Lämpchen G, um bei scharfer Resonanz plötzlich völlig zu verlöschen —

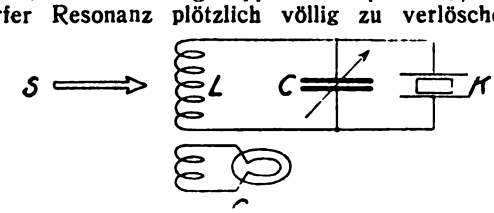


Abb. 2*a*. Wellenkontrolle durch Glühlampe.

wegen des Energieentzuges durch den jetzt mechanisch in seiner Eigenfrequenz mitschwingenden Quarzkristall K.

Um die Resonanzschärfe ziffernmäßig festzustellen wurden Resonanzkurven der Kristalle auf-

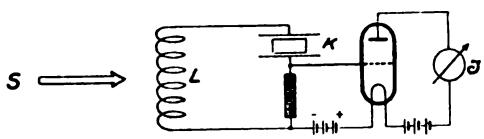


Abb 2*b*. Wellenkontrolle durch Röhren.

genommen, und zwar zunächst nach einer Schaltung von Dr. Heegner (Abb. 2*b*). Die vom Sender S gelieferte Frequenz wird sehr langsam verändert (in dem

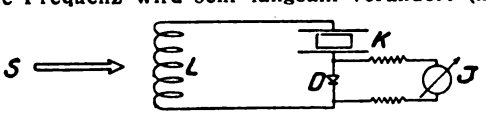


Abb. 2*c*. Wellenkontrolle durch Detektor.

Gebiet nahe einer der Quarzfrequenzen) und in Abhängigkeit davon der Ausschlag des Milli-Amperemeters im Anodenkreis festgestellt. Noch einfacher ist die Schal-

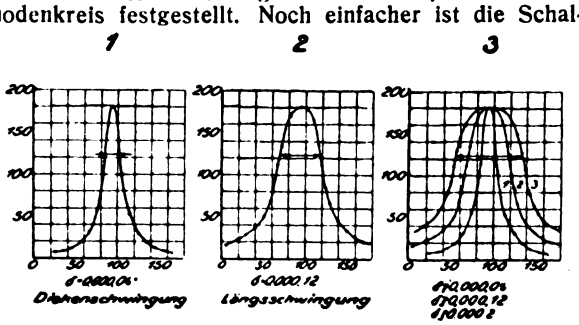


Abb. 3. Dämpfung der Kristalle.

tung (Abb. 2*c*) mit Kristalldetektor. Die Aufnahme der Resonanzkurve in dieser Art zeigte uns zum erstenmal

[1]) Auszug aus einem Vortrag, gehalten vor der Heinrich Hertz-Gesellschaft in Düsseldorf, 24. Sept. 1926.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, Seite 55.

[3]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, Seite 68.

Digitized by Google

einen Weg, einwandfreie Werte für die Dämpfung der Kristallkörper zu erhalten und alle mechanischen und elektrischen Einflüsse auf die Kristallschwingung zu untersuchen. Abb. 3 zeigt die so gewonnenen Resonanzkurven, und zwar Kurve 1 für die Dickenschwingung, 2 für die Längschwingung, 3 für die Dickenschwingung des durch mechanische Mittel gedämpften Kristalles. Es ist die Dämpfung der Dickenschwingung $d = 0{\cdot}00004$ (für $\lambda = 500$ m), die der Längsschwingung $d = 0{\cdot}00012$.

Ein anderes Verfahren zum Nachweis der Kristallresonanz besteht in der einfachen Serienschaltung von Quarzkristall und Glimmlampe; diese leuchtet im Resonanzmaximum hell auf. Vorteile dieser Art Frequenzkontrolle sind:

1. Der Kristall kann, da er ein System für sich ist, leicht auf jede beliebige Welle gebracht werden.

2. Der Kristall läßt sich dämpfen. Es kann die allzugroße Resonanzschärfe, wenn sie betrieblich nicht notwendig oder gar störend ist, vermieden werden.

3. Der Kristall schwingt in seiner günstigsten Ausnützung und Erregung.

4. Die Resonanzindikation erfolgt durch starke Glimmröhren.

Dabei ist nur darauf zu achten, daß die Kapazität der Kristallelektroden nicht zu groß ist.

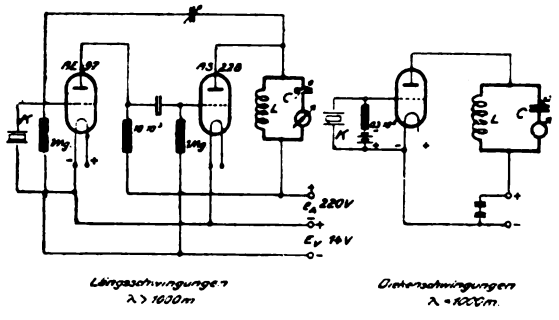
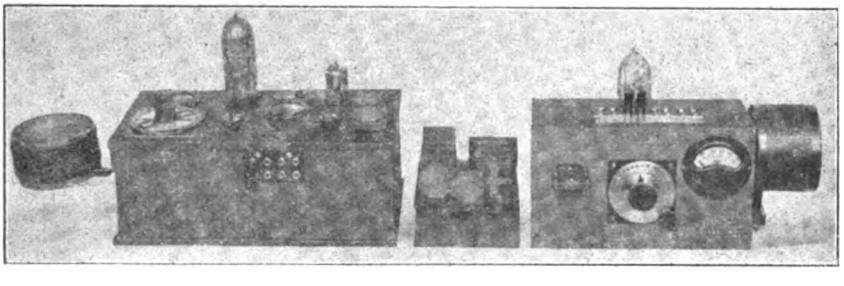


Abb. 4. Quarzoszillator.

Statt den Sender immer zu Betriebsbeginn auf die vorgeschriebene Frequenz, die durch einen Quarzkristall gegeben ist, abzustimmen und während des Betriebes ständig nachzuregeln, ist es zweckmäßiger, ihn fremd zu erregen und als Taktgeber einen schwingenden Quarzkristall zu verwenden, zum Beispiel in der in



[Abb. 5.

Abb. 4 rechts dargestellten Schaltung, welche nur für die Dickenschwingung der Kristalle zu brauchen ist, und zwar für Kristalle von etwa 1 mm bis 1 cm Dicke entsprechend Wellen von 100 bis 1000 m; für kürzere Wellen zieht man eine Harmonische heraus und benützt diese — selbstverständlich nach entsprechender Verstärkung — zur Fremderregung des Senders. Für Wellen über 1000 m kommt die Längsschwingung der Kristalle in Frage, und zwar in der in Abb. 4 links dargestellten Zweiröhrenerregerschaltung von Heegner: der Kristall liegt an der ersten, der Schwingkreis an der größeren zweiten Röhre; von ihrer Anode wird kapazitiv rückgekoppelt auf das Gitter der ersten Lampe. Abb. 5 zeigt den äußeren Aufbau von zwei Prüfsendern für 1 bis 3 W, welche mit den gängigen Netzspannungen 220 bis 440 V betrieben werden können, zusammen für einen Meßbereich von 100 bis über 8000 m. Der Kristall liegt zwischen zwei Metallflächen, die durch einen Hartgummirahmen in entsprechendem Abstand gehalten werden; ein ganzer Satz (für den angegebenen Wellenbereich) ist auf dem Bild zwischen den beiden Prüfsendern zu erkennen; der Kristall für

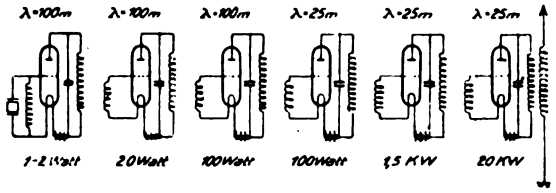


Abb. 6. Kristallsteuerung für $\lambda = 25$ m.

die gewünschte Welle wird in die entsprechenden Apparatbuchsen eingestöpselt, der Kondensator auf den einmal geeichten Wert eingestellt und an dem Ausschlag des Schwingkreisamperemeters erkennt man, daß sofort nach dem Einschalten der Kristall schwingt.

Besonders wichtig ist die Quarzsteuerung der Sender für kurze Wellen; die beiden Nauener Kurzwellensender für $\lambda = 25$ und 40 m sind quarzgesteuert: die Anordnung für den 25 m Sender von 20 kW ist in Abb. 6 dargestellt, welche ohne weiteres verständlich ist.

Mit dem Kristallsender wurde auch versucht, das heute in der Rundfunktechnik aktuelle Problem des Einwellenrundfunks zu lösen. Man muß zwei von einander

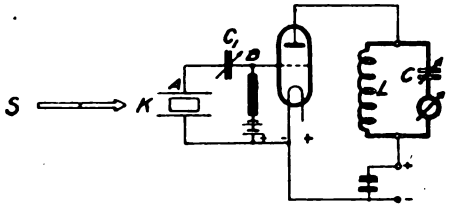


Abb. 7. Wellenänderung durch C_1.

entfernten Sendern zwei auf genau die gleiche Dicke geschliffene Steuerquarzkristalle geben. Die Versuche zeigten, daß eine sehr hohe Wellengleichheit erforderlich ist, die Quarzfrequenzen sollten nicht einmal um 5 bis 10 Perioden voneinander abweichen. Durch mechanische Mittel, also Abschleifen, läßt sich dies nicht erreichen; doch wurde eine elektrische Lösung gefunden. Der Kristall in Abb. 7 bedeutet elektrisch nichts anderes als einen abgestimmten Kreis am Gitter einer Senderöhre; er ist durch die Röhre mit dem Schwingungskreis an der Anode gekoppelt: durch Veränderung der Kopplung dieser beiden Kreise läßt sich in einem solchen System die Frequenz der selbsterregten Schwingung um geringe Beträge beeinflussen, gerade das, was hier gewünscht wird. Die Kopplungsänderung erfolgt hier durch den kleinen Kondensator C_1 in der Leitung *AB*, Abb. 7. Durch Änderung von C_1 von 5 bis 40 cm ändert sich die Welle 500 (600 000 Per/s) um 30 Per/s.

Eine andere Möglichkeit die Kristallfrequenz genau zu justieren besteht darin, die Temperatur des Kristalls zu ändern: erhöht man sie um 10^0 (von 20 auf 30), so sinkt die Frequenz 600 000 um 60 Per/s.

Ob nun bei einem derartigen Kristallgleichwellenrundfunk erreicht werden kann, daß die beiden Sender ohne mühselige Kontrolle auch ganz genau ihre Welle auf die Dauer halten können, muß erst die Erfahrung zeigen.

Bei der Untersuchung der hochfrequent erregten Quarzkristalle zeigte sich eine interessante Erscheinung.

Digitized by Google

Wird der Kristall in der Richtung der optischen Achse etwas länger geschnitten zum Beispiel 5 mm (1·5 mm in der Richtung der elektrischen Achse und 3 mm senkrecht zu beiden), so beobachtet man an ihm bei starker Resonanzerregung kleine Bewegungen und wenn man ihn entsprechend führt, so gerät er in schnelle Rotation; dies erklärt sich einerseits aus einer Kristallanomalie in der Richtung der optischen Achse, andererseits aus einem rein akustischen Vorgang. Der erregte Kristall ruft an beiden Seitenflächen (Abb. 8*a*) starke Luftströmungen hervor; aufgestreuter Bärlappsamen wird weggeblasen, eine Kerze kann verlöscht werden; die Ausdehnung des Luftstromes ist in horizontaler Richtung in Abb. 8*a*, sein Bereich in vertikaler Richtung in Abb. 8*b* dargestellt; die Begrenzung der Strömung an den Seiten ist ganz scharf. Die Erklärung ist folgende: Wenn auch die mechanische Schwingung des Kristalls, also die hochfrequente Zusammenziehung

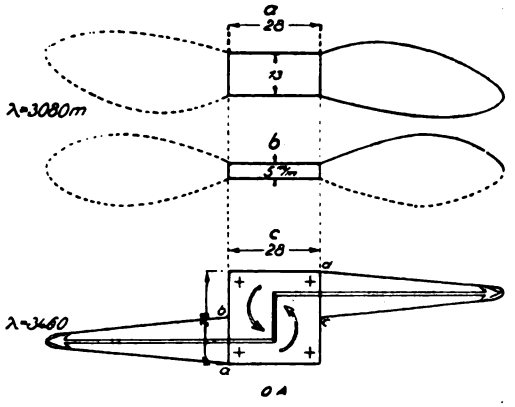


Abb. 8. Luftströmungen am Kristall.

und Ausdehnung desselben, gleichwertige Verdichtungen und Verdünnungen des angrenzenden Luftvolumens bedingt, so wird doch bei der Verdünnung nicht bloß die eben verdrängte Luft zurückgesaugt, sondern — weil die Kristallfläche klein ist gegen den Umfang (bei dem Versuchsmodell 13 × 5 mm) — wird Luft von allen Seiten angesaugt; das Ergebnis ist ein kontinuierlicher Luftgleichstrom in der Richtung senkrecht zur schwingenden Kristallfläche. Führen wir den Kristall (Abb. 8*c*) jetzt in Richtung der optischen Achse 28 mm statt 13 aus, so ergeben sich die in der Zeichnung dargestellten Strömungsflächen, welche das Auftreten eines Drehmomentes verstehen lassen; denn die Luftströmungen sind jetzt nur über etwa die halbe Kristallfläche verteilt. Der Luftstrom an der rechten Seite setzt rechts oben, der an der linken Seite links unten an, und zwar für ein und denselben Kristall stets in der gleichen Weise; er gelangt unter dem Einfluß dieser Unsymmetrie bei entsprechender Führung wie ein Seegner-Wasserrad in Drehung. Nach diesem Prinzip kann man einen kleinen Kristallmotor (Abb. 9) bauen, der mit Hochfrequenz betrieben wird.

Außer der Hauptwelle des Kristalles sind auch Nebenwellen vorhanden, wenn auch meist wesentlich schwächer, welche gleichfalls Uusymmetrien zeigen und zur Rotation der Kristalle herangezogen werden können.

Es wurde geprüft, ob die elektrisch-akustischen Anomalien in der Richtung der optischen Achse in irgend einem Zusammenhang stehen mit den optischen Eigentümlichkeiten des Quarzes. Untersucht wurden zunächst zwei gleichartige Platten aus optisch rechts und links drehendem Quarzkristall (28.28.5 mm) Abb. 10. Die elektrische Polarität dieser Platten, ihre elektrische Achse wurde bestimmt durch Erhitzen der Platte auf etwa 80° und Bestäuben mit Mennige und Schwefelpulver bei der Abkühlung. Werden die Platten

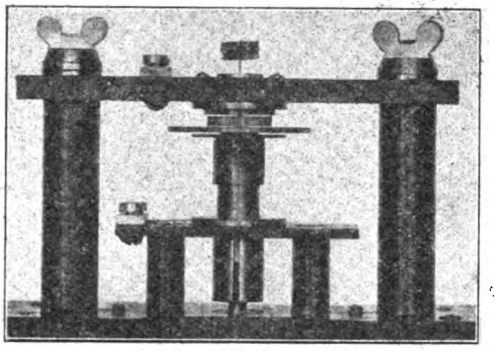


Abb. 9. Kristallmotor.

beide mit ihrer positiven Seite nach oben, zwischen zwei Elektroden in ihrer stärksten Längseigenschwingung $\lambda = 3430$ m erregt, so treten an ihnen Luftströmungen entsprechend Abb. 10 *b* und *d* auf. Aus diesen erkennt man, daß das Drehmoment an dem optisch rechts drehenden Kristall im Sinne einer räumlichen Rechtsdrehung bei dem optisch links drehenden

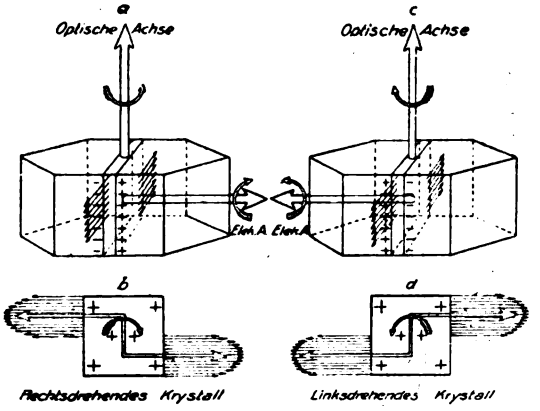


Abb. 10. Rechts- und linksdrehende Kristalle.

im Sinne einer räumlichen Linksdrehung wirkt, wenn man in Richtung der elektrischen Achse auf die positive Fläche blickt. Man kann also ohne jede optische Untersuchung aus rein elektrisch akustischen Beobachtungen eindeutig den Sinn des optischen Drehvermögens eines Quarzkristalles erkennen.

Zum Schlusse wird die Bedeutung der Erscheinungen zur Gewinnung neuer Gesichtspunkte für den Aufbau des Kristallgefüges erörtert.

Der Fernseher Belin.

Von Professor Dr. Leopold **Richtera**, Wien.

Wiederholt gingen in der letzten Zeit Berichte über gelungene Fernsehversuche durch die Tagespresse, die sich an die Namen Jenkins (Amerika), Baird (England) und Belin (Frankreich) knüpften.

Jenkins arbeitet mit rotierenden Ringprismen, Baird mit Nipkow'schen Lochscheiben, Belin mit einer Zweispiegelmethode beim Geber und einem Kathodenstrahloszillographen beim Empfänger.

Da ich Gelegenheit hatte den Belin'schen Versuchen in Paris beizuwohnen, möchte ich im Nachstehenden kurz über die technischen Grundlagen des Belinschen Systems berichten.

Um ein Bild für Fernsehzwecke übertragbar zu machen, ist es nötig, dasselbe Punkt für Punkt etwa in Form einer Schlangenlinie abzutasten, und zwar mit so großer Schnelligkeit, daß der ganze Abtastvorgang in etwa $^1/_{10}$ Sekunde vollendet ist, um sofort von neuem zu beginnen, damit nach dem Kinematographenprinzip

Digitized by Google

das Bild als ganzes gesehen werde und nicht als Aufeinanderfolge einzelner Punkte.

Für derartige Abtastverfahren bestehen optisch eine ganze Reihe von Möglichkeiten.

Belin benützt eine Spiegelmethode, wie sie wohl als erster Le Blanc angab.[1]) Nach Le Blanc wurden solche Abtastmethoden mit Spiegeln wiederholt versucht und verwendet, so zum Beispiel von Szczepanik[2]) oder von Mihaly.[3]) Abb. 1 soll das Schema der Belin'schen Anordnung geben.

Ein Lichtstrahl falle von links her auf einen kleinen Spiegel Sp_1, der um eine horizontale Achse auf- und abschwingt, und zwar 500 mal in der Sekunde. Es wird also demgemäß auch der reflektierte Lichtstrahl 500mal

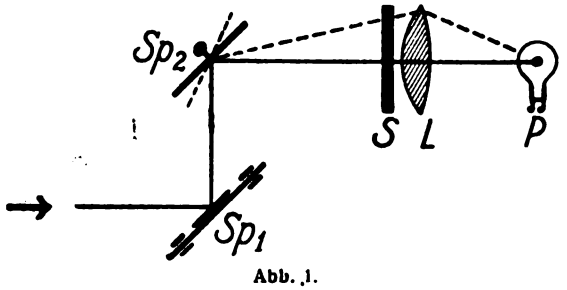


Abb. 1.

in der Sekunde auf und ab pendeln. Dieser reflektierte Lichtstrahl fällt nun auf einen großen Spiegel Sp_2, der um eine vertikale Achse schwingt, und zwar 16mal in der Sekunde. Zufolge der Bewegung dieses Spiegels schwingt der von ihm reflektierte Lichtstrahl seitlich hin und her. Als Folge beider Spiegelbewegungen beschreibt

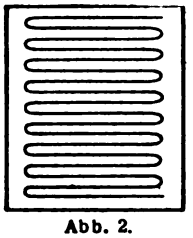


Abb. 2.

der Lichtstrahl auf einem Schirm S eine schlangenförmige Linie, wie dies Abb. 2 andeutet und wobei zufolge der gemachten Annahmen die Abtastung so rasch erfolgt, daß das menschliche Auge nicht die Schlangenlinie selbst sehen würde, sondern einfach scheinbar einen gleichmäßig beleuchteten Schirm. Selbstverständlich ist die Konstruktion dieser rasch schwingenden Spiegelanordnungen ein Meisterstück an mechanischer Präzisionsarbeit.

An Stelle des Schirmes S wird nun ein Diapositiv gestellt, ein Film (denn Belin denkt zunächst hauptsächlich an das Fernkino) od. dgl. Eine Linse *L* konzentriert die durchgehenden Lichtstrahlen wieder in einem Punkt, in dem eine Photozelle *P* zur Aufstellung gelangt. Der den Film „abpinselnde" Lichtstrahl durchdringt also den Film nach und nach an allen Punkten, wird je nach der Helligkeit des gerade abgetasteten Punktes mehr oder weniger geschwächt und diese jeweiligen Intensitätsschwankungen werden nun durch die Photozelle in Stromschwankungen umgesetzt, welche dann, nach vorheriger Verstärkung durch einen Vierröhrenverstärker, zur Steuerung des Senders benützt werden.

Um nun auf der Empfangsseite das ferngesehene Bild wieder aufzubauen ist zweierlei nötig: 1. muß auf der Empfangsseite ein Lichtstrahl exakt dieselbe Bewegung machen, wie der abtastende Lichtstrahl auf der Arfnahmeseite und muß 2. dieser Lichtstrahl in jedem Augenblick genau jene Helligkeit haben, welche dem gerade abgetasteten Punkt auf der Aufnahmeseite entspricht.

Belin benützt zu diesem Zwecke nun keinen Lichtstrahl, sondern einen Kathodenstrahl, ein Vorschlag, der für Fernsehzwecke von Dieckmann und Glage 1906 dann von Rosing 1907 gemacht wurde. Da ein Kathodenstrahl durch magnetische oder elektrische Einwirkungen leicht beeinflußbar ist und diesen Einflüssen praktisch trägheitslos folgt, erscheint er für den gewünschten Zweck sehr wohl geeignet.

Abb. 3 gibt ganz schematisch die Belin'sche Anordnung. Die Kathodenstrahlen werden von einem Glühfaden erzeugt wie in jeder Verstärkerröhre. (In Wirklichkeit ist die Röhre zerlegbar und lag bei den Versuchen dauernd an den Pumpen. Diese Zerlegbarkeit hat natürlich für Versuche große Vorteile. Sie für die Praxis ermöglicht zu haben, ist das Verdienst Holwecks, des bekannten Erfinders der zerlegbaren Senderröhre, der Belins Mitarbeiter bei den Fernsehversuchen ist.) Die Anodenspannung liegt an einem langen Röhrchen, aus dem also ein schmales Bündel Kathodenstrahlen austritt und dann auf einen Leuchtschirm fällt, woselbst also ein Lichtfleck entsteht. Unter dem Einfluß zweier zueinander senkrecht stehender Paare von Elektromagneten (Ablenkungsspulen $E_1E'_1$ und $E_2E'_2$, von letzteren nur die Projektion in der Abb. 3 sichtbar), welche von Wechselströmen der Frequenz 500, respektive 16 durchflossen werden, beschreibt nur der Lichtfleck am Leuchtschirm genau dieselbe Schlangenlinie, wie der abtastende Lichtstrahl auf der Sendeseite.

Zur Erhaltung des absolut synchronen Laufes mit der Gegenseite werden diese Wechselströme auf der Sendeseite zwangsläufig durch die Bewegung der beiden Spiegel erzeugt und dann als Modulation der Sendewelle mitgegeben. Die Radioempfangsanlage auf der Aufnahmeseite nimmt also dann der Trägerwelle diese Wechselströme ab und führt sie den Elektromagneten

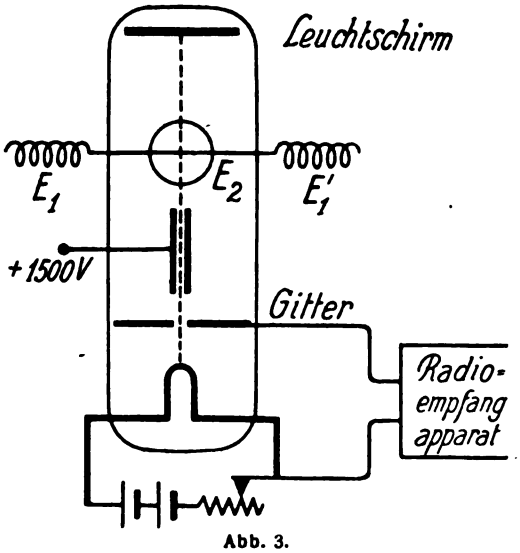


Abb. 3.

zu. Damit ist der Synchronismus verbürgt und damit die früher unter 1) genannte Bedingung erfüllt.

Bleibt also noch die Bedingung 2) zu erfüllen, das ist die jeweilige Änderung der Beleuchtungsstärke des Lichtflecks. Diese Änderung wollte seinerzeit Rosing dadurch bewirken, daß er die ankommenden, der jeweiligen Helligkeit entsprechend modulierten Ströme dazu benützen wollte, den Kathodenstrahl mehr oder weniger gegen eine Blende abzulenken und damit mehr oder weniger abzuschalten.

Weit besser als dieser Vorschlag, der wohl große praktische Schwierigkeiten hat, ist eine Idee von Schmierer (1910), den Kathodenstrahl zu verengen oder auseinander zu breiten und damit den Lichtfleck mehr oder weniger intensiv beleuchtet zu machen. Belin hat ein Gitter vorgesehen, auf das die ankommenden Modulationen der Trägerwelle, die den Helligkeitswerten entsprechen (nach entsprechender Verstärkung und Gleichrichtung) wirken und damit den Kathodenstrahl schwächen oder verstärken.

Soweit also das Prinzipielle.

Die Versuche Belins sind keineswegs abgeschlossen sondern noch mitten im Gange. Immerhin kann Belin auch heute schon bewegte Silhouetten zufriedenstellend drahtlos übertragen.

[1]) Lum. El. 1880, p. 477.

[2]) ZVDI 1899, p. 1139.

[3]) „Das elektrische Fernsehen und das Telehor." M. Krayn, Berlin 1923; vgl. Die Radiotechnik, 1926, Seite 79.

Digitized by Google

Die radiotechnischen Untersuchungen des National Physical Laboratory in Teddington (England) 1925.

Über die radiotechnischen Arbeiten dieser Versuchsanstalt entnehmen wir dem Jahresbericht das folgende.

Radiofrequenz-Standards: der Multivibrator-Wellenmesser erweist sich als ein ausgezeichneter Standard. Die Kontrollstimmgabel, worauf die Genauigkeit des ganzen Wellenmessers beruht, hat sich sehr konstant gezeigt, so daß die Angaben des Instrumentes während 18 Monate sich nicht merkbar unterschieden.

Das Laboratory hat auch einen Kurzwellengenerator konstruiert, der so beschaffen ist, daß die Frequenz keine wahrnehmbare Änderung erfährt, wenn die Hand oder eine andere Kapazität genähert wird;; es haben daher auch die Zuführungsdrähte und die Batterien keinen Einfluß auf die Frequenz, die zwischen 1×10^6 bis 30×10^6 Wechsel in der Sekunde schwankt.

Übertragung von Standardwellen. Die Versuche mit der Übertragung von Standardwellen wurden das ganze Jahr hindurch fortgesetzt; es besteht die Absicht, Wellen von 20 000 bis 10^6 Wechsel in der Sekunde zu übertragen.

Dielektrika. Wenn eine metallene Fläche über die Oberfläche eines unvollkommenen Dielektrikums gleitet, so ändert sich die der Bewegung entgegenwirkende Reibung plötzlich, wenn ein Strom quer zu den Berührungsflächen fließt; dies beruht auf der Erzeugung eines Hochspannungsgradienten infolge der Ansammlung von Ionen, die den Strom leiten. Das Studium der Eigenschaften von Isolationsmaterialien, die in Normalinstrumenten verwendet werden, ist fortgesetzt worden; es zeigte sich hiebei, daß geschmolzener Quarz in Kondensatoren sich unter gewissen Umständen rasch ändert. Messungen über Absorptionsströme von Quarzstäben sind in verschiedenen Verhältnissen angestellt worden, auch Messungen an fertigen Kondensatoren. Die besten Ergebnisse wurden mit Quarz erzielt, wenn er zuerst chemisch mit Säuren gereinigt, dann stark durch einige Zeit erhitzt und schließlich in Paraffin getränkt wird. Kleine Standardkondensatoren dieser Bauart ergaben einen sehr kleinen Leistungsfaktor.

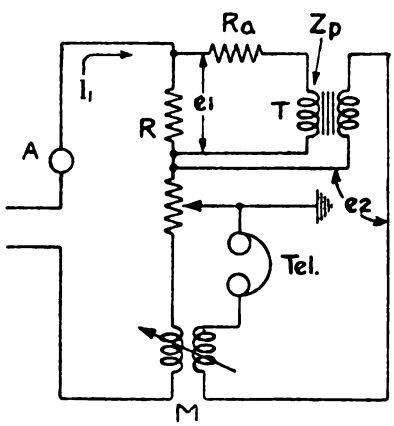


Abb 1.

Messung des Verstärkungsgrades und der Phasenverschiebung der sekundären und primären Spannung des Systems. Die Methode, die hiezu angewendet wurde, ist aus der Abb. 1 zu entnehmen. Die sekundär zu messende Spannung wird durch eine Wechselstromspannung kompensiert, die von einem Widerstande und einer mit ihm in Reihe geschalteten gegenseitigen Induktanz abgenommen wird. *T* ist der Transformator, dessen primäre Impedanz *Zp* sehr groß ist im Vergleich mit dem Widerstand, so daß man $e_1 = J_1 . R$ setzen kann. Das Verstärkungsverhältnis e_2/e_1 ist gegeben durch $S/R \cos\varphi$, wo *R* der Widerstand, φ der Phasenwinkel und *S* der Verstärkungsgrad sind.

Messung der Intensität von Wellen. Während des Berichtsjahres wurden die Versuche über das Verhalten langer Wellen nach einem von dem Radio Research Board aufgestellten Programm fortgesetzt, wozu jede der vier Stationen, über die im Vorjahre berichtet wurde, mit einem kleinen Saitengalvanometer ausgestattet wurde. Während der Monate Juni bis Oktober 1924 blieb die Stärke der Signale in den Empfangsstationen trotz der Unterschiede in den Entfernungen konstant. Im Monate Oktober änderten sich die Mittelwerte nicht stark; die täglichen Schwankungen jedoch wurden größer; zwischen 25. und 30. Oktober waren die Schwankungen sehr stark bis 100 vH. Während der Wintermonate waren auch die beobachteten Intensitätsänderungen sehr beträchtlich; im folgenden Frühjahre 1925 nahmen die Schwankungen wieder ab, um Mitte Mai 1925 die Werte des Vorjahres 1924 anzunehmen; bezeichnend ist aber, daß im Herbst 1925 die gleiche Erscheinung sich wiederholte, wie im Jahre 1924. Es scheint, daß zwei Wellen interferieren, wovon die eine sich über die Erdoberfläche ausbreitet, die andere aber in eine höhere Region aufsteigt, und an einer Schichte in beträchtlicher Höhe reflektiert wird, um wieder zur Erde zurückzukommen. Um dieses Ergebnis aufzuklären, wurden mit einer transportablen Empfangsstation und in Entfernungen von je 20 Meilen die Intensitäten der von St. Assise bei Paris ausgesandten Signale gemessen. Aus diesen Meßergebnissen berechnete das Laboratory die Höhe dieser Schicht zu 75 km. Die Wellenlänge betrug bei diesen Versuchen 14 350 m. Eine andere Reihe von Versuchen wurde vorgenommen zur Ermittlung der täglichen Variationen in der Zeit von einer Stunde vor Sonnenaufgang bis zwei Stunden nach Sonnenuntergang; es ergaben sich hiebei für jede der vier Stationen verschiedene Diagramme. Messungen mit kurzen Wellen konnten noch nicht vorgenommen werden, weil die hiefür erforderlichen Apparate erst in Ausführung begriffen sind.

Veränderung der scheinbaren Lage von fixen Sendestationen für Wellenlängen von 2000 bis 9000 m. Der bleibende Fehler in der Bestimmung der scheinbaren Lage einer Sendestation ist stets den örtlichen Verhältnissen der Meßstation zuzuschreiben, Bäumen, Gebirgen, Metallindustrien; durch geänderte Wahl der Meßstation war es möglich, den Meßfehler auf 1 bis 2° herabzudrücken. Der größte Fehler, der in dieser Hinsicht beobachtet wurde, während zweier Beobachtungsjahre, betrug 105°; jedoch gelangte ein derartiger Fehler nur einmal zur Beobachtung; im allgemeinen waren die beobachteten Abweichungen kleiner; von 164 000 tabulierten Beobachtungen ergaben nur drei einen 90° übersteigenden Fehler. Auch der Einfluß von Tag und Nacht auf diese scheinbaren Lageänderungen der Sendestation wurde untersucht und gefunden, daß zwischen den Ergebnissen eine Stunde nach Sonnenaufgang am Westende und eine Stunde vor Sonnenaufgang am Ostende des Wellenweges eine scharfe Grenze zu ziehen ist. Während des Tages betrugen die Schwankungen 4°, im Winter aber beträchtlich mehr. Plötzliche Lageänderungen während eines Tages sind selten zur Beobachtung gelangt, wohl aber von einem Tage zum anderen. Die Minimaldistanz, bei der die Beobachtungen während der Nacht scheinbare Lageänderungen der Sendestation ergaben, ist 30 Meilen für Überlandwellen; bei kleineren Entleitungen beträgt der maximale Fehler 2° bis 3°; bei größeren Entfernungen, zum Beispiel 70 bis 100 Meilen, steigen die Abweichungen beträchtlich an. Eine Abhängigkeit von der Wellenlänge oder von dem Um-

Digitized by Google

stande, daß die Wellen gedämpft oder ungedämpft sind, läßt sich nicht feststellen, wohl aber ob die Senderichtung nach Norden oder nach Süden ist oder hievon abweicht. Im allgemeinen kann man wenigstens für die geographische Breite von England sagen, daß die Abweichungen der beobachteten Lage der Sendestationen von der wirklichen im Sommer zur Tageszeit sehr klein sind und erst beachtenswert werden, wenn der ganze Wellenzug in Dunkelheit ist. Im Jänner sind die Unterschiede in den Abweichungen größer als zu anderen Zeiten, und zwar erreichen diese bei Tag 10° und oft auch mehr; sie steigern sich aber bis 50° bis 70° eine Stunde vor Sonnenuntergang bis eine Stunde nach Sonnenaufgang; es hängen sonach diese Abweichungen von dem Stande der Sonne ab und der Strahlungsintensität in den unteren Erdschichten. Der relativ hohe Stand der Sonne in den Monaten März bis September hat zur Folge, daß die Unterschiede zwischen dem scheinbaren und wahren Ort einer Sendestation unmittelbar nach Sonnenaufgang gering sind. Zu bemerken ist, daß unter dem vorhin gebrauchten Ausdruck „untere Erdschichten" die Schichten über den Wolken bis zur Schicht der permanenten Ionisation zu verstehen sind.

Änderung der scheinbaren Lage von Schiff- und Küstenstationen für Wellenlängen von 450 bis 2600 m. Im allgemeinen waren die Unterschiede zwischen langen und kurzen Wellen für die Abweichungen des scheinbaren vom wahren Orte einer Sendestation nicht groß: jedoch ist bemerkenswert, daß sich bei kurzen Wellen zur Nachtzeit häufig das Azimut für die minimale Signalstärke nicht ermitteln läßt; wenn man einen Richtungsanzeiger mit ebener, vertikaler Antenne benützt; dies zeigt an, daß die horizontale Komponente der ankommenden Welle elliptisch oder kreisförmig ist. Weiters sind die Abweichungen zwischen Tag und Nacht viel größer bei kurzen Wellen als bei langen. Für die Schiffahrt, insbesondere für die Ermittlung der Lage der Küstenstation, ist die Tatsache wichtig, daß die Minimaldistanz für wahrnehmbare Nachtabweichungen dreimal so groß ist bei kurzen Wellen als bei langen. Die vorbesprochenen Erscheinungen werden aus der „Heaviside-Schicht" erklärt, also aus der Ionisation der oberen Luftschichten. Damit auf irgend einen Punkt der Erdoberfläche drahtlose Wellen gelangen, deren Intensität und scheinbare Richtung Änderungen unterliegt, ist für die Richtungsänderung notwendig, daß ein Teil der zur Erde gelangenden Energie ihrer Richtung nach zur Horizontalen geneigt ist; diese herabkommende Wellenkomponente muß eine horizontal polarisierte Komponente haben. Da nun nachgewiesen ist, daß ein Sender keine horizontal polarisierten Wellen auszusenden braucht, um Richtungsänderungen hervorzurufen, so muß die Polarisationsebene eine Rotation während des Durchganges durch die obere Luftschichte erfahren. Zu den Versuchen über die drahtlose Übertragung dienten drei heterogene Oszillatoren mit einem vollständigen Spulensatz für einen Wellenbereich von 20 bis 4000 m. Die Schaltung ist aus der Abb. 2 zu entnehmen. *A* ist ein kleiner Luftkondensator (100 $\mu\mu$F), *B* eine Drossel für Radiofrequenzen von 10 cm Außen- und 4 cm Innendurchmesser und 1·6 mm dick. mit 2000 bis 3000 Windungen eines Kupferdrahtes von Nr. 44 D. S. C. bewickelt. Bei *C* wird das Telephon eingestellt und durch einen Kondensator von 0·001 μF überbrückt. *D* ist ein veränderlicher Gitterableiter mit Parallelkapazität (Glimmerkondensator von 0·001 μF), durch einen Schalter kurz-

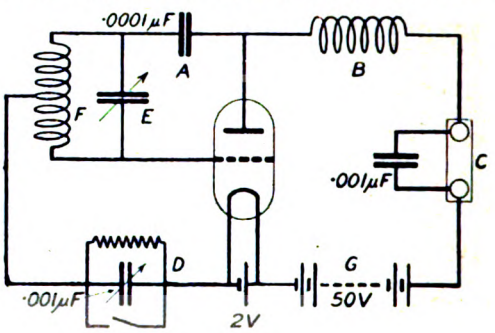


Abb. 2.

schließbar. Beim Einschalten dieses Parallelkreises können unterbrochene Schwingungen von jeder gewünschten Frequenz erzeugt werden. *E* ist ein variabler Kondensator von robuster Bauart mit einem parallelschaltbaren Luftkondensator zum Einstellen. *F* ist eine einlagige Spule aus blankem Kupferdraht (Nr. 18), für lange Wellen empfiehlt sich eine Honigwabenspule. *G* ist eine 50 V-Trockenbatterie. Die Heizbatterie gibt 2 V. Mit diesem Oszillator ist es möglich, beispielsweise eine Welle von 450 m zu erzeugen, wobei die Anodenspannung von 50 bis 75 und hierauf bis 25 geändert werden konnte, ohne die Welle um mehr als $^1/_{40}$ vH zu ändern. Augenscheinlich ist diese Eigenschaft des Oszillators der losen Kopplung und der geringen Dämpfung der Spulen zu verdanken. L. K.

Rundschau.

Über die transatlantischen Versuche mit drahtloser Telephonie zwischen New York und London berichtet A. Dinsdale. Bei den Übertragungen wurde auf beiden Seiten die Methode mit nur einem Seitenband verwendet. Auf amerikanischer Seite wird hiebei die Wellenlänge von 5770 m (52 Kilocycle), auf englischer Seite die Wellenlänge von 5250 (57 Kilocycle) benützt. Von den eigentlichen Sprechstellen führten auf beiden Seiten Drahtleitungen zu den Empfangs- bezw. Sendeanlagen. Auf amerikanischer Seite umfaßt der Sender drei Teile. Ein 200 kW Gleichrichteraggregat liefert die Gleichspannung von 10 000 V für die Verstärkerröhren des Senders. Die zwölf Gleichrichterröhren werden von Drehstrom gespeist und sind paarweise so geschaltet, daß eine Vollweggleichrichtung der beiden Wellenhälften stattfindet. Der eigentliche Sender selbst zerfällt wieder in einen Schwachstromteil, wo die Besprechung und Aussiebung der Hochfrequenzschwingungen staatfindet, und auf einen 200 kW Verstärker. Die Sprachschwingungen werden einem Modulatorgerät zugeführt, dessen Gitterkreise zunächst eine Frequenz von 33 Kilocycle aufgedrückt wird. Dem Anodenkreise des ersten Modulators folgt ein Filterkreis, der nur das untere Seitenband von 30 bis 32·7 Kilocycle der entstandenen Schwingungskombination durchläßt. Dieses Seitenband wird einem zweiten Modulationsgerät zugeführt, dessen Gitterkreis durch eine Frequenz von 88·5 Kilocycle beeinflußt wird. Aus dem Anodenkreis wird wieder nur das untere Seitenband, und zwar jetzt zwischen 55·8 und 58·5 Kilocycle herausgefiltert und dieses zunächst dem Gitterkreise eines 750 W-Verstärkers aufgedrückt. Nach Passieren von Filterkreisen werden diese vorverstärkten Schwingungen abermals in zwei Stufen verstärkt, und zwar in der ersten Stufe auf 15 kW, in der zweiten Stufe auf 200 kW. Der Ausgangskreis des 200 kW Verstärkers ist mit einer mehrfach abgestimmten Antenne gekoppelt. Durch diese Anordnung wird eine sehr scharfe Abstimmung des Senders erreicht. Die zweite Stufe des 200 kW-Verstärkers besteht aus 15 wassergekühlten 10 kW-Röhren, die alle im Kreise auf einem zylindrischen Gestell aufgestellt sind. Diese Anordnung ermöglicht eine besonders günstige Leitungsführung. Die Empfangsanlage ist dem Wesen nach ein Superheterodyneempfänger, der aber im Prinzip dem Sender angepaßt ist. Dem empfangenen Seitenband wird nach der ersten Hochfrequenzröhre eine Frequenz von 90 Kilocycle überlagert, aus der Kombinationsschwingung das Seitenband von 31·5

Digitized by Google

bis 34·2 Kilocycle herausfiltriert und in einem Zwischenfrequenzverstärker verstärkt. Dem Kreise des zweiten Detektors wird eine Frequenz von 34·5 Kilocycle aufgedrückt, so daß in der letzten N. F. Verstärkerstufe nur mehr das Band der Sprachfrequenzen vorhanden ist. Die Abstimmung ist außerordentlich scharf. Als Antenne wird eine Beverage-Antenne benützt[1]). E. M.
(Wireless World, Bd. 18, Nr. 22, 1926.)

6 m-Wellen. Dem großen Interesse für die praktische Verwendung außerordentlich hoher Frequenzen Rechnung tragend, hat W. Schmitz einen Demonstrationssender und -Empfänger für den Wellenbereich zwischen 2 und 6 m gebaut. Der Sender ist ein Balanceerreger nach Eccles-Mesny mit induktiver, respektive kapazitiver Rückkopplung zwischen Gitter- und Anodenkreis. Zum Bau des Apparates konnte zum Teil das allgemein übliche Radiomaterial verwendet werden. So zum Beispiel die Röhren im Europasockel, Gitterableitwiderstände usw. Die Selbstinduktionen wurden hingegen aus je einer Windung starken Kupferbandes und die Abstimmkondensatoren aus je einer festen und beweglichen Platte hergestellt. Der Sender hat eine Leistung von zirka 6 W, so daß durch Einschalten von Lämpchen Amplitude und Knotenpunkte in der Antenne deutlich demonstriert werden können. Im Empfänger ist der gleiche Schwingungskreis wie im Sender gewählt, nur ist die Rückkopplung kapazitiv. Das Gerät schwingt mit allen gebräuchlichen Röhren, zur Regelung der Schwingungsenergie wird die Heizung geändert. Als Antenne wird jede Rundfunkantenne verwendet, die in geringem Abstand vom Empfänger vorbeigeführt wird. Dr. P.
(Radio-Umschau, 3. Jahrg., Heft 31, 1926.)

Ein neuer Grundsatz für die Erzeugung von Schwingungen mit Elektronenröhren. Von F. Kiebitz. Im Gegensatz zu der bisher üblichen Darstellung der Charakteristik einer Röhre, Anodenstrom in Abhängigkeit der Spannung zwischen Kathode und Gitter bei konstanter Spannung zwischen Kathode und Anode, wird vom Verfasser eine Charakteristik angegeben, welche den Anodenstrom in Abhängigkeit von der Spannung zwischen Gitter und Anode darstellt. Eine solche Charakteristik hat aber einen fallenden Verlauf, woraus sich, ohne auf die Prinzipien der Rückkopplung einzugehen, schließen läßt, daß die Röhre zur Schwingungserzeugung geeignet ist. Der fallende Verlauf dieser Charakteristik verleiht dem Gebilde Gitter-Anode die Eigenschaft eines negativen Widerstandes. Ein negativer Widerstand kann nun zur Schwingungserzeugung entweder in Serie mit einem Schwingungskreise, wie beim Lichtbogengenerator, oder auch parallel zum Kondensator des Schwingungskreises geschaltet werden. Infolge des relativ sehr großen inneren Widerstandes einer Röhre empfiehlt sich für diese die letztere Schaltung, und zwar so, daß der Schwingungskreis zwischen Gitter und Anode gelegt wird. Es werden dann einige Versuche beschrieben, bei denen nach diesen Gesichtspunkten Schwingungen verschiedener Frequenzen erzeugt worden sind. (Wie aus den Schaltungen ersichtlich ist, dürfte aber auch hier bei sämtlichen angeführten Versuchen als Hauptursache für die Schwingungserzeugung die induktive Rückkopplung auf Gitter-Kathode wirksam sein. Der Ber.) Kelch.
(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 3, Heft 8, 1926.)

Die Prüfung von Lautsprechern. Von Erwin Meyer sind einige Messungen über die Stärke der von Lautsprechern abgegebenen akustischen Energien beschrieben. Zur Messung der Schallenergie wurde die Methode der Rayleighschen Scheibe (R. S.) verwendet. Die R. S. besteht aus einer kreisrunden dünnen Glimmerscheibe von 5 mm Durchmesser und 0·05 mm Dicke, auf der in der Mitte ein sehr dünner rechteckiger Spiegel von etwa 6 mm² Fläche befestigt ist. Diese Scheibe ist an einem Wollastondraht mit Platin oder Goldseele von 3 bis 5 μ Durchmesser und etwa 10 cm Länge aufgehängt. Die Versuche mit verschiedenen Drähten haben ergeben, daß ein Golddraht hinsichtlich der Konstanz der Ruhelage des Systems am besten für die Aufhängung der Scheibe geeignet ist. Treffen auf eine solche R. S. Schallwellen auf, so sucht sie sich senkrecht zur Schallrichtung zu stellen. Die Scheibe ist, um vor Luftbewegungen geschützt zu sein, in ein kleines Kästchen von $3·5 \times 2·2 \times 2·6$ cm eingebaut, dessen beide Seitenflächen aus sehr dünnem, gazeartigem Stoff bestehen, der nur eine sehr geringe Schallschwächung (bis etwa 5 vH) verursacht. Auch der Torsionsfaden ist durch ein zylinderförmiges Rohr, auf dessen Ende ein drehbares Kopfstück zur verschiedenen Einstellung der R. S. angebracht ist, geschützt. Die Aufhängung der ganzen Anordnung geschieht nach Art eines Juliusschen Gehänges an einer an der Decke befestigten schweren Masse. Die Ablesung der Drehung der R. S., die unter 45° zur Schallrichtung steht, erfolgt mittels Skala und Fernrohr. Zur Beobachtung sind für den Lichtstrahl zwei kleine Fenster im Schutzkästchen angebracht. Die Eichung geschieht auf Grund der von W. König und W. Zernow ausgeführten theoretischen und experimentellen Untersuchungen und man erhält für eine Glimmerscheibe von 5 mm Durchmesser, einem Skalenabstand von 2·3 m, 2300 Skalenteilen, einem Goldfaden mit dem ungefähren Durchmesser 5 μ und der Länge 10 cm folgende Gleichung für die Schallenergie:

$$P = 0·65 \sqrt{s} \text{ Dyn/cm}^2,$$

worin s die Anzahl der Skalenteile bedeutet. Versuche haben ergeben, daß die Eichung sehr lange Zeit konstant bleibt. Aus den mit der R. S. an verschiedenen Lautsprechern aufgenommenen Kurven der Schallenergie in Abhängigkeit der Frequenz ist ersichtlich, daß eine sorgfältige Ausführung des Magnetsystems, eine nicht zu kleine Membrane und ein nach außen zu sich sehr weit öffnender großer Schalltrichter für eine gute Sprach- und Musikwiedergabe von großer Wichtigkeit ist. Es sind auch Untersuchungen über die Wirkung des Trichters gemacht worden, wobei festgestellt wurde, daß durch Anwendung eines Trichters die ausgestrahlte Schallenergie ganz wesentlich vergrößert wird, daß aber auch die Energieverteilung über einen ziemlich großen Frequenzbereich bedeutend gleichmäßiger wird. Eine gute gleichmäßige Verteilung der Schallenergie über einen großen Frequenzbereich wurde nach dieser Methode auch bei einigen trichterlosen Lautsprechern mit elektrodynamischem System festgestellt, wobei noch beobachtet wurde, daß diese trichterlosen Lautsprecher eine ausgesprochene Richtwirkung für die Schallenergie besitzen. Bei den Messungen wurde die R. S. in einem Abstande von 20 bis 40 cm vom Lautsprecher angebracht. Kelch.
(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 3, Heft 8, 1926.)

Der Entwurf von verzerrungsfreien Kraftverstärkern. E. W. Kellogg. Unter Kraftverstärkern sind solche gemeint, welche auf einen größeren Lautsprecher oder auf einen Schwingungsgenerator arbeiten mit dem Ziel, die Schwingungsleistung nach der Heisingschaltung zu modulieren. Die steuernde Eingangsspannung wird meist über einen Spannungsverstärker aus einem Mikrophon oder einem Empfangsapparat geliefert. Es ist wichtig zu beachten, daß die Leistung einer Senderöhre in einer Kraftverstärkerstufe knapp $^1/_{20}$ des Betrages ist, den dieselbe Lampe als Schwingungsgenerator zu verarbeiten vermag; dies liegt natürlich darin, daß die Verstärkerröhre nur den geraden Kennlinienteil verarbeiten darf, soll die Entstehung von harmonischen Frequenzen der Steuerspannung im Ausgangskreis vermieden sein, während die Schwingungslampe diese Begrenzung nicht kennt. Ferner ist für die als Verstärker arbeitende Röhre zu fordern, daß ihre statische Kennlinie bei noch zulässiger Anodenspannung soweit links liegt, daß die steuernden Gitterspannungen nicht in positives Gebiet zu tauchen brauchen für gute Ausnützung der gesamten geraden Kennlinienlänge. Die erste Aufgabe ist die Auf-

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, Seite 427; 1924, Die Radiotechnik, Seite 196.

Digitized by Google

nahme der Kennlinienschar $i_a = f(e_g)$ für verschiedene Anodenspannungen als Parameter, und zwar vor allem für den Quadranten mit negativem e_g. Dabei genügt für die höheren Anodenspannungen ein immer kürzer werdender Teil der Kennlinie, so daß es nicht notwendig ist, die zulässige Anodenverlustleistung ($i_a \cdot E_a$) zu überschreiten. In diese Kurvenschar kann nunmehr die dynamische oder Arbeitskennlinie eingezeichnet werden für den Fall, daß im Anodenkreis der Röhre ein rein ohmscher Belastungswiderstand R_a liegt. Für eine bestimmte etwa mit Potentiometer eingestellte Gitterruhespannung $-e_{g_1}$ stellt sich bei einer Speisespannung E_s ein bestimmter Anodenstrom i_{a_1} ein; dieser ergibt mit R_a einen Spannungsabfall der von E_s zu subtrahieren ist, um die augenblickliche Anodenspannung e_{a_1} zu bekommen. Damit ist auf der Kurve aus der Kennlinienschar mit dem Parameter e_{a_1} mit i_{a_1} ein Punkt der dynamischen Kennlinie gegeben; für eine andere Gitterruhespannung $-e_{g_2}$ ergibt sich ein zweiter Punkt in der gleichen Weise usw. Diese dynamische Kurve beginnt bei hohen Anodenspannungen also kleinen Anodenströmen im stark negativen Gebiet sich zu krümmen, so daß sich damit die eine Gitterspannungsgrenze, bis zu welcher steuernde Wechselspannungen aufgebracht werden dürfen, ergibt mit e_{gu}; die zweite ist $e_{g_0} = 0$; $e_{gu}/2$ ist dann der maximal zulässige Scheitelwert der Sprechspannung und gleichzeitig der Wert der durch Batterie einzustellenden Gittervorspannung; die Ordinate über $e_{gu}/2$ schneidet die dynamische Kennlinie im Arbeitsmittelpunkt, dessen Koordinaten e_a und e_a im Produkt die zulässige Anodenverlustleistung der betreffenden Röhre natürlich unterschreiten müssen. Nun können aus e_{gu} und e_{g_0} $(=0)$ die oberen und unteren Anodenstrom- und Spannungswerte abgelesen und damit die anderen Effektivwerte ermittelt werden; damit ist auch die nützlich abgebbare Wechselleistung der betreffenden Röhre für den gewählten Belastungswiderstand R_a gegeben, falls die steuernde Gitterspannung, wie hier immer vorausgesetzt, sinusförmig ist.

Die richtige Wahl für R_a (bezw. das Übersetzungsverhältnis des Ausgangsübertragers bei gegebenem R_a) läßt sich nach einem einfachen Verfahren von W. J. Brown ermitteln, falls, wie es gewöhnlich der Fall ist, die höchst zulässige mittlere Anodengleichspannung der betreffenden Röhre gegeben ist. Es bedeutet in der Abb. 1 AB die statische Kennlinie für diese Anodenspannung, EC die dynamische (für ein zunächst angenommenes R), E den Punkt derselben, von welchem ab die Krümmung unzulässig wird, EH die statische Kennlinie für diesen Punkt, GC die für die Gitterspannung 0 auf der dynamischen Kennlinie. Bezeichnet man, wie üblich, mit R_i den (mittleren) inneren

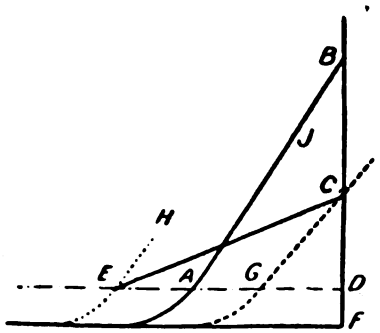


Abb. 1.

Betriebsröhrenwiderstand, so ist offensichtlich die Anodenwechselspannung $E_{eff} = \frac{\overline{BC} \cdot R_i}{\sqrt{2}}$; der Anodenwechselstrom bewegt sich zwischen FD und FC, er ist daher gleich

$$I_{eff} = \frac{\frac{CD}{2}}{\sqrt{2}},$$

somit die maximale Wechselleistung

$$I_{eff} \cdot E_{eff} = \frac{R_i}{4} \overline{BC} \cdot \overline{CD}.$$

Da $\overline{BD}$ gegeben ist (durch die Kennlinie AB, die der zulässigen mittleren Anodenspannung entspricht), so wird die Leistung im Maximum für $\overline{BC} = \overline{CD}$. Der Außenwiderstand R_a ist gegeben durch:

$$R_a = \frac{R_i \cdot \overline{BC}}{\frac{\overline{CD}}{2}};$$

das ist für $BC = CD$

$$R_a = 2 R_i.$$

Die Röhre gibt daher die maximale Leistung ab als verzerrungsfreier Verstärker für einen Belastungswiderstand, der annähernd gleich dem doppelten inneren Röhrenwiderstand ist. Man ermittelt für dieses R_a die dynamische Kennlinie der Röhre und erhält aus deren Schnitt mit AB die erforderliche Gittervorspannung und die zulässige Sprechspannung, welche die Röhre jetzt verarbeiten kann. Im allgemeinen steigt natürlich die Verstärkerleistung der Röhre mit der Anodenspannung; die Grenze nach oben ergibt sich aus Isolationsgründen oder aus der Anodenverlustleistung. Der Verfasser gibt ein einfaches Verfahren an, um aus der Krümmung der dynamischen Kennlinie angenähert die Amplitude der zweiten Harmonischen zu ermitteln; diese Krümmung wird umso merklicher je weiter man die Röhre gegen $i_a = 0$ durchsteuern will, wenn auch gleichzeitig die Leistung steigt; im allgemeinen aber ist es zwecklos, mehr als 5 vH als Amplitude der zweiten Harmonischen zuzulassen, weil dann der Leistunggewinn nur mehr gering ist. Die sogenannte push-pull oder Gegentaktverstärkerschaltung, in welcher die Gitter zweier Lampen an die Sekundäre des Eingangstransformators angeschlossen sind, während die Mitte der Wicklung an den Kathoden liegt, gestattet keine merkliche Verbesserung der Ausnützung der Röhren wohl aber verschwinden im Ausgangskreis alle geraden Harmonischen; auch hier darf nicht im Gebiet positiver Gitterspannungen gesteuert werden, weil dies eine Krümmung der dynamischen Kennlinie gegen die Horizontale bedeutet (am oberen Ende), wodurch ungerade Harmonische hervorgerufen werden, welche im Ausgangstransformator nicht verschwinden. Die Belastung kann auf zweierlei Weise an die Kraftverstärkerröhre angekoppelt sein: entweder mittels Transformators oder durch Einschalten einer Drosselspule in den Anodenkreis; diese führt den Gleichstrom zu, die Wechselspannung wird durch einen Kondensator entnommen. Benützt man einen Ausgangstransformator, so ist die Belastungsimpedanz der Röhre mit großer Annäherung gleich der Impedanz des Verbrauchers mal dem Quadrat des Übersetzungsverhältnisses; selbstverständlich müssen die Verluste im Transformator gering gehalten werden im Vergleich zur Nutzleistung; wenn der Anodengleichstrom ausreicht, den Kern zu sättigen, so muß der Eisenweg unterbrochen werden durch einen kleinen Luftspalt. Wenn der Transformator sekundär offen ist, so muß die Reaktanz der Primärwicklung für die tiefsten Frequenzen von der Größe der Verbraucherimpedanz sein (Lautsprecher oder Sender); ferner muß die Reaktanz der einen Transformatorwicklung, wenn die zweite kurzgeschlossen ist, für die höchsten vorkommenden Frequenzen gering sein im Vergleich zur Verbraucherimpedanz.

Wird statt des Transformators für die Leistungsentnahme aus der Röhre die Kombination aus Anodendrossel und Kondensator verwendet, so muß natürlich ebenfalls der Drosselkern so reichlich bemessen werden, daß die Eisensättigung durch den Röhrengleichstrom vermieden ist, oder man muß einen Luftspalt verwenden; es ist ferner wichtig, daß die Drossel möglichst kapazitätsfrei sei, damit die höheren Sprechfrequenzen nicht durchgelassen werden. Praktisch ist immer, wenn die Röhre auf einen Lautsprecher ar-

Digitized by Google

beitet, die Belastung nicht wie vorher angenommen rein ohmisch, sondern reaktiv. In diesem Fall ist die dynamische Kennlinie eine Ellipse, wenn die statischen Kennlinien in dem benützten Bereich geradlinig sind; trifft dies nicht zu, so werden die Achsen dieser Ellipse gekrümmt. Auch in diesem Fall bestimmt man für die betreffende Röhre, wie es eingangs beschrieben, zunächst mit einem ohmschen Belastungswiderstand die für den Betrieb günstigsten Werte (Anodenspannung, Gittervorspannung usw.). Dann wird die Impedanz des Verbrauchers (Lautsprecher zum Beispiel) durch Ändern der Bewicklung oder des Übersetzungsverhältnisses eines Übertragers solange verändert, bis Anodenstrommaximum und Minimum dieselben Werte haben wie mit dem ohmschen Belastungswiderstand. Diese Bestimmung ist für jene Frequenz durchzuführen, für welche der Verbraucher die kleinste Impedanz hat.

Ein wichtiger Belastungsfall ist die sogenannte Heising-Telephonieschaltung. Die Generatorröhre für die Schwingungserzeugung liegt dort anodenseitig parallel zur Kraftverstärkerröhre, wobei die Gleichstromzuführung zu den Anoden über eine Drossel erfolgt, die hier gewöhnlich Sprechdrossel heißt; die Hochfrequenz wird vom Kraftverstärkerrohr größtenteils ferngehalten durch eine eisenlose Drossel zwischen ihrer Anode und der der Schwinglampe. Ändert man die Anodenspannung eines Röhrensenders, so ist in weiten (für die Telephonie eben geeigneten) Grenzen der Strom proportional der Anodenspannung; dabei wirkt die Senderöhre in der Heisingschaltung für die Kraftverstärkerröhre als ohmsche Last, deren Betrag von der Einstellung des Gitterkondensators, des Gitterwiderstandes, der Rückkopplung und des Antennenwiderstandes abhängt. Den Belastungswiderstand, den das Schwingrohr für das Verstärkerrohr darstellt, kann man bestimmen, indem man die Änderung seines Anodenstromes mit der Anodenspannung ermittelt. Es gelten dann, da es sich bei richtiger Einstellung des Senders um einen rein ohmschen Widerstand handelt, die eingangs entwickelten Gesetze für die maximale verzerrungsfreie Leistungsabgabe des Kraftverstärkerrohres, welches man hier als Modulatorrohr bezeichnet. Der Verfasser zeigt an einem ausführlichen Beispiel (es handelt sich anscheinend um die Western Electric 250 W-Röhre, Type 212 A) den Entwurf eines Heising-Telephoniesenders. E. Wo.

(L'onde électr., Bd. 4, Heft 47, 48, 1926.)

Kondensatorrandkurven. W. H. F. Griffiths gibt Rechenmethoden an, die eine verhältnismäßig einfache Berechnung der Randkurven der verschiedenen Kondensatortypen gestatten, wobei auch die Anfangskapazität C_0 des Kondensators berücksichtigt wird. Bei der Berechnung der wellenlinearen Type wird zunächst C_0 und die Endkapazität C_{max} angenommen und in einem Koordinatensystem mit den laufenden Koordinaten $\sqrt{C}$ und φ die durch die Punkte $\varphi = 0$, $\sqrt{C} = \sqrt{C_0}$ und $\varphi = \pi$, $\sqrt{C} = \sqrt{C_{max}}$ gegebene Gerade gezeichnet. Aus diesem Diagramm werden nun die Kapazitätswerte für verschiedene Werte des Verdrehungswinkels φ, etwa von 20 zu 20 Grad gerechnet und die Differenz $\delta C = (C_{\varphi n} - C_{\varphi n-1})$ gebildet. Dieser Kapazitätszuwachs ist der Zunahme der Plattenfläche direkt proportional. Diese Fläche kann mit großer Annäherung der Fläche eines Kreissektors mit dem Radius $^1/_2 (r_{\varphi n} + r_{\varphi n-1})$ gleichgesetzt werden, wenn mit $r_{\varphi n}$ und $r_{\varphi n-1}$ die zu den Winkeln φn und $\varphi n - 1$ gehörenden Leitstrahlen bezeichnet werden. Dementsprechend wird auch der Zuwachs δC dem Winkel $^1/_2 (\varphi n + \varphi n - 1)$ zugeordnet. Man erhält das zweite Diagramm, indem $\sqrt{\delta C}$ für verschiedene Winkelwerte gebildet wird. Nimmt man nun die Ausladung des Rotorkörpers, das ist den maximalen Leitstrahl R_m an, so wird der jeweilige Leitstrahl r_φ in einfacher Weise aus der Beziehung

$$r_\varphi = \frac{R_m}{\sqrt{\delta C_\pi}} \cdot \sqrt{\delta C}$$

gefunden, wobei die Werte $\sqrt{\delta C_\pi}$ und $\sqrt{\delta C_\varphi}$ aus dem Diagramm entnommen werden.

Ganz analog ist der Vorgang bei der Berechnung der frequenzlinearen Kondensatoren, nur wird jetzt eine lineare Beziehung zwischen $\frac{1}{\sqrt{C}}$ und φ angenommen und als Ausgangspunkt gewählt. Es werden dann wie oben der Reihe nach $\sqrt{C}$, C, δC, $\sqrt{\delta C}$ gerechnet und im Diagramm aufgetragen. Der jeweilige Leitstrahl ergibt sich aus der Beziehung

$$r_\varphi = \frac{R_m}{\sqrt{\delta C_0}} \cdot \sqrt{\delta C_\varphi}.$$

Es ist nun zu beachten, daß sowohl R_m, wie auch $\sqrt{\delta C_0}$ bei $\varphi = 0$ anzunehmen sind. Der Statorausschnitt für die Rotorachse kann in beiden Fällen durch eine nachträgliche Korrektur berücksichtigt werden.

Schließlich gibt der Autor eine Kondensatortype an, bei der die perzentuelle Änderung der Wellenlänge bezw. der Frequenz für jeden Wert des Verdrehungswinkels φ gegen den vorhergehenden gleich ist. Die Bedingung hiefür ist eine lineare Beziehung zwischen dem Logarithmus von C und φ. In Anlehnung an die beiden erstgenannten Berechnungen wird eine Gerade, gegeben durch die Koordinaten

$\log C = \log C_0$, $\varphi = 0$ und $\log C = \log C_{max}$, $\varphi = \pi$

als Ausgangspunkt gewählt. Aus diesem Diagramm werden die Werte für C, $\sqrt{C}$ und $\sqrt{\delta C}$ ermittelt. Den jeweiligen Radiusvektor findet man wieder aus der Beziehung

$$r_\varphi = \frac{R_m}{\sqrt{\delta C_\pi}} \cdot \sqrt{\delta C_\varphi}.$$ E. M.

(Wireless World Bd. 18, Nr. 23, 1926.)

Die letzten Entdeckungen auf dem Gebiete kurzer elektro-magnetischer Wellen. Prof. Boris Weinberg berichtet über Versuche der beiden russischen Physikerinnen Alexandra Andreeevna und Glagoleva-Arkadieva, denen es geglückt ist, die Funkenerregungsmethode auf extrem kurze Wellen auszudehnen[1]). Im Jahre 1895 ist es P. N. Lebedev gelungen, Wellen bis zur Länge von ungefähr 6 mm herzustellen, während Prof. Lampa zwei Jahre später Wellen von 4 mm Länge beobachtete. Der letzte „Rekord" in dieser Hinsicht wurde im Jahre 1922 von Nichols und Tear aufgestellt, denen es gelang, bis

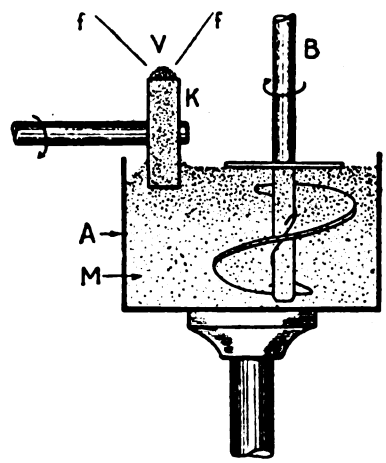


Abb. 2.

zu 0·8 mm herunterzukommen. Weiter nach unten das Spektrum auszudehnen, scheiterte immer an der zu geringen Beständigkeit der erregten Probekörper, denn ein Kügelchen von etwa 0·5 mm Durchmesser, das man einem kräftigen Funken aussetzt, verdampft in der kürzesten Zeit. Diese Schwierigkeit wurde von den russischen Physikerinnen durch Einführung des sogenannten „Massenstrahlers" überwunden. Der Grund-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Seite 754.

Digitized by Google

gedanke liegt darin, daß man nicht einen einzigen Probekörper für die Ausstrahlung benützt, sondern fortwährend neue Partikel der Einwirkung des Funkens aussetzt. Zu dem Zwecke wird eine Paste *M* aus konsistentem Öl und Metallpulver von geeigneter Korngröße hergestellt, die durch einen Rührer *B* andauernd in Bewegung gehalten wird (Abb. 2). Ein Rädchen *K* aus Isoliermaterial hebt einen Teil dieser Paste empor, wo sie bei *V* der Einwirkung der Funkenelektroden *f* ausgesetzt wird. Dadurch werden die Körnchen zu elektrischen Eigenschwingungen erregt und rasch aus dem Bereiche der hohen Temperatur entfernt, bevor sie noch verdampfen können. Der Nachweis dieser Wellen geschah durch Thermoelemente, die in der Brennlinie eines Hohlspiegels aufgestellt waren, die Messung der Wellenlänge durch eine Art Interferometer, bei dem zwei Hohlspiegel — gegeneinander verschiebbar angeordnet — benützt wurden. Die beschriebene Methode ergibt kein monochromatisches Licht, weil es unmöglich ist, die Korngröße der Partikelchen absolut gleich zu machen, weil außerdem die Länge der erregten Welle auch durch Anlagerung mehrerer Partikel zu einem einzigen verändert werden kann. Die exakte Beobachtung der Wellenlängen ist natürlich dadurch erschwert, daß ein ganzes Spektrum ausgesendet wird. Die beobachteten Wellenlängen liegen im Gebiete zwischen 0·3 mm und 1 mm. Ett.

(Radio-News, Bd. 8, Nr. 3, Sept. 1926.)

Über den Einfluß der Temperatur auf die Stärke von Radiozeichen wurden von L. W. Austin und Miß Wymore im Bureau of Standards Versuche angestellt. Vor zwei Jahren schon hat Austin eine beträchtliche Zunahme der Zeichenstärke in Washington festgestellt, wenn die Stationen in Tuckerton und New Brunswick, N. J., als Sender dienten, während einer beträchtlichen, über die Oststaaten der Union hinweggehenden Kältewelle. Weitere Studien zeigten, daß eine Temperaturzunahme längs des Weges der Wellen von einer Abnahme der Zeichenstärke begleitet war und umgekehrt. Um die Gesetzmäßigkeit festzustellen, müßten Beobachtungen an meteorologischen Stationen gemacht werden, die mindestens 200 bis 300 km voneinander abstehen. Es scheint aber schon jetzt kein Zweifel darüber zu bestehen, daß Temperaturänderungen vorzugsweise die Raumwellen beeinflussen, die an der Kennelly-Heaviside-Schicht in 100 km Höhe reflektiert werden, weniger die Oberflächenwellen, da man keinen Einluß von Regen oder Schnee und Frost feststellen konnte. G.

(Journal A. I. E. E., Bd. 45, Nr. 9, Sept. 1926.)

Die Bildtelegraphie als Untersuchungsmethode für die Ausbreitung der kurzen Wellen. Von H. Rukop. Bei dem im Laufe des Monats Juli 1926 zwischen Nauen und Rom mit der Wellenlänge von 39 m veranstalteten Bildtelegraphie-Versuchsbetrieb nach dem System Telefunken-Karolus[1]) konnten einige interessante Feststellungen über die Ausbreitung der kurzen Wellen gemacht werden. Wichtige Aufschlüsse über die Fortpflanzung der kurzen Wellen geben vor allen Dingen zwei Effekte, die sich zu bestimmten Nachtstunden auf den übertragenen Bildern zeigten und die der Mehrfacheffekt und der Wanderungseffekt genannt wurden. Der Mehrfacheffekt besteht darin, daß ein Zeichen auf dem Bilde mehrmals in der Zeitachse verschoben erscheint. Diese Verschiebung betrug bis zu 3 mm und wird so erklärt, daß sich eine Übertragung vom Sender auf den Empfänger gleichzeitig auf mehreren Wegen abspielt, die eine verschiedene Länge besitzen. Aus der Trommelgeschwindigkeit wurde berechnet, daß eine Bildverschiebung um 1 mm einen Weglängenunterschied von 200 km bedeutet. Der Wanderungseffekt besteht darin, daß sich die Übertragung zwar nur über einen Weg abspielt, daß sich aber dieser Weg zeitweise allmählich verlängert und nach einigen Sekunden wieder zurückgeht. Der Wanderungseffekt ist immer von starken Fadings begleitet. Aus dem Wanderungseffekt lassen sich auch interessante Schlußfolgerungen auf den hierbei entstehenden Dopplereffekt ziehen. Da die Beobachtungen gezeigt haben, daß sich die Länge des Übertragungsweges hierbei um 50 km/sec ändern kann, so muß mit dem Wanderungseffekt auch eine vorübergehende Änderung derFrequenz verbunden sein. Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Band 3, Heft 8, 1926.)

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, Heft 7, Seite 61 ff.

Ursachen und Beseitigung der Fehler bei nächtlichen Richtungsbestimmungen. R. L. Smith Rose und R. H. Barfield berichten über Untersuchungen, die in Anlehnung an die Arbeiten von Adcock gemacht wurden. Als Ursache der Abweichungen wurden die Schwankungen der Horizontalkomponente des elektrischen Feldes erkannt. Zur Kompensierung dieser Horizontalkomponente wurden zusätzliche Erdanschlüsse angebracht, indem die Goniometerspule einerseits mit zwei vertikalen, als Hertzsche Oszillatoren ausgebildeten Antennen, andererseits mit Erde verbunden wurde. Zwecks Vermeidung von störenden Erdkapazitäten ruht der ganze Beobachtungsposten auf isolierten Metallträgern. Die Anordnung ist im übrigen ähnlich wie die von Bellini und Tosi. Während bei Peilungen mit der Rahmenantenne mitunter Abweichungen von ± 40° beobachtet werden, beträgt bei der neuen Anordnung die maximale Abweichung ± 6°. E. M.

(Experimental Wireless, Bd. 3, Nr. 33, 1926.)

Die drahtlosen Stationen der Welt. Nach Angaben der englischen Postverwaltung, die Dr. Eccles in seiner Antrittsrede als Präsident des englischen I. E. E. mitteilte, bestehen derzeit 86 radiotelegraphische Stationen, die mit langen Wellen, und 41, die mit kurzen Wellen arbeiten. Letztere Ziffer ist jedoch nicht unbedingt verläßlich. Die einzige telephonische Überseeverbindung der Welt besteht zwischen der Long-Island-Station der Radio Corporation of America und der Rugby-Station der englischen Post. Ferner waren im Jahre 1924 1350 Landstationen mit geringer Reichweite in Tätigkeit, von denen eine Anzahl den Verkehr mit Schiffen aufrecht zu erhalten hatte. Im selben Jahr bestanden 46 Peilstationen in den V. St. A., 18 in Frankreich, 13 im Bereich des britischen Imperiums (davon 8 in Kanada), 5 in Norwegen und 4 in Deutschland. Hydrographische Stationen zur Warnung vor Treibeis besaß Kanada 35, Australien 11, Groß-Britannien 10, die V. St. A. 43, Frankreich 21, Deutschland 11 und Rußland 9. Zur Verbindung mit Flugzeugen dienten in Frankreich 41, in England 23 und in den V. St. A. 14 Stationen. Von den 10 507 Schiffsstationen der Welt besaß Groß-Britannien allein 3996. Weiters bestehen in den V. St. A. 556 Rundfunksender, von denen einer mit einer Leistung von über 50 kW arbeitet, dagegen besitzt Groß-Britannien nur 21, von denen einer einen Leistungsbereich von 10 bis 50 kW zur Verfügung hat. Schließlich wird angegeben, daß die Gesamtleistung der Rundfunksender der Welt nur ungefähr 620 kW beträgt. St. Schw.

(Electrician, Bd. 97, Nr. 2526, 1926.)

Patentbericht.

Spulen in der Radiotechnik.

Flachspulen wurden bisher auf Pappscheiben, Preßspanscheiben usw. gewickelt. Diese Scheiben haben den Nachteil, daß durch das feste Anliegen der Windungen auf dem Spulenkörper die Kapazität der Spule eine verhältnismäßig große ist. Nach einer Erfindung von Waldemar Würtemberger in Karlsruhe werden die Ränder um die Spulenschlitze wulstförmig erhöht, so daß der Draht nicht auf der ganzen Fäche des zwischen den Schlitzen befindlichen Lappens anliegt, sondern nur auf einer kleinen Stelle des Randwulstes. Hiedurch wird die Kapazität der Spule ganz wesentlich verkleinert. (D. R. P. Nr. 424405.)

Die bisher bekannten Honigwabenspulen sind auf Sockeln befestigt, die an den Apparaten selbst angebracht bezw. auf diese in verschiedener Weise aufge-

Digitized by Google

setzt werden. Diese bekannten Spulen haben den Nachteil, daß die Spule selbst nach mehrfachem Gebrauch sich von dem Sockel löst; der Benutzer hat dann kein Mittel an der Hand, die Spule wieder aufzusetzen. Dieser Übelstand wird durch eine Erfindung der Firma Präzisionswerkstätten Dr. Walter Lissauer in Altona beseitigt. Die eigentliche Spule wird von ihrem Tragsockel selbst abnehmbar gemacht, derart, daß jeder Benutzer die Spule wieder auf ihren Sockel ordnungsgemäß aufsetzen kann. Die Spule besitzt besondere mit den Drahtenden leitend verbundene Kontaktstücke, die zu entsprechenden Kontaktstücken am Sockel passen. Die Kontaktstücke finden gegenseitig einen Halt oder werden durch besondere, lösbare Befestigungsmittel in Berührung miteinander gehalten. Durch diese Einrichtung wird noch der Vorteil gewonnen, daß man für mehrere auszuwechselnde Spulen denselben Sockel verwenden kann.

(D. R. P. Nr. 421039.)

Eine Erfindung der Firma Fabrik isolierter Drähte zu elektrischen Zwecken (vorm. C. J. Vogel, Telegraphendraht-Fabrik) Akt.-Ges. in Adlershof bei Berlin betrifft eine Abstimmspule, insbesondere für Rundfunkapparate, und zwar besteht die Neuerung in der Art, wie die Spule an dem die Klemmen oder Steckkontakte tragenden Teil befestigt ist. Gemäß der Erfindung erfolgt diese Befestigung durch einen Zapfen oder Stift, der in einen zwischen den Windungen der Spule angeordneten Hohlraum mit Reibung eingeschoben ist. Vorteilhaft besitzt der Zapfen einen runden Querschnitt und eine glatte Oberfläche, so daß die Spule um ihn gedreht werden kann. Der Zapfen kann auch so lang sein, daß er eine durch die Spule ganz hindurchgehende Welle bildet, wobei zur Aufnahme dieser Welle mehrere in Linie liegende Hohlräume zwischen den Windungen der Spule angeordnet sein können. Bei ringförmigen Spulen bietet dies die Möglichkeit, auch mehrere konzentrisch ineinanderliegende Spulen auf demselben Zapfen drehbar zu lagern, so daß sie gemeinsam gedreht oder auch in beliebigen Winkeln zueinander eingestellt werden können. Das Befestigungsstück besteht aus einem Stecker, der auf der einen Seite Steckstifte, auf der gegenüberliegenden Seite den Zapfen oder eine Mehrzahl solcher trägt. (D. R. P. Nr. 421579.)

Zur Veränderung der Windungszahl von Spulen, zum Beispiel zur Erzielung einer veränderlichen Selbstinduktion bei Apparaten der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, ist es üblich, die Spulen mit einer von der Isolation befreiten Schleifbahn zu versehen, auf der ein Kontakthebel schleift. Dabei ist es unvermeidlich, daß durch den Schleifhebel nicht nur beim Übergang von einer Schaltstellung in die andere, sondern auch in den Schaltstellungen selbst einige Windungen kurzgeschlossen werden, wodurch eine unverhältnismäßig hohe Dämpfung entsteht. Nach einer Erfindung von Dr. Erich Henschke in Berlin-Schmargendorf wird dieser Nachteil dadurch behoben, daß die Kontaktbahn der regulierbaren Spule aus einzelnen nicht aufeinanderfolgenden Windungen besteht, deren Abstände relativ zu der Breite des Schleifkontaktes so bemessen sind, daß in den Schaltstellungen mit dem Schleifkontakt lediglich eine Windung der Kontaktbahn berührt wird. Die Stellungen des Reguliehebels, an welchen dies der Fall ist, können auf einer Skala eingestellt werden. Die Spule wird zum Beispiel in normaler Weise mit isoliertem Draht gewickelt, aber nur eine bestimmte Reihe von nicht aufeinanderfolgenden Windungen an der Schleifbahnstelle von der Isolation befreit. Besser ist es aber, die mit dem Kontaktorgan in Berührung kommenden Windungen höher zu legen als die übrigen Windungen, was durch besondere Ausbildung des Spulenkörpers leicht erreicht werden kann.

(D. R. P. Nr. 417335.)

In Empfangs- und Sendegeräten für drahtlose Nachrichten verwendet man Aufsteckspulen, die nach Art eines Zwischensteckers oder Spulenhalters gemeinsam mit der aufzusteckenden Spule in das Gerät eingesetzt werden. Den bekannten Einrichtungen dieser Art haftet der Nachteil an, daß entweder, wie zum Beispiel bei allen Zahnradgetrieben, toter Gang besteht, oder daß zwischen der Bewegung des Einstellorgans und der Bewegung der Spule eine zu kleine Übersetzung wirkt. Nach einer Erfindung der Firma H. Aron Elektrizitätszählerfabrik G. m. b. H. in Charlottenburg wird die Bewegung einer drehbaren Achse auf die Spule durch eine Reibungskupplung übertragen. Hiedurch wird der wesentliche Vorteil erreicht, daß eine nahezu beliebig große Übersetzung angewendet werden kann, ohne daß toter Gang besteht. Die Achse *b* (Abb. 1) ist in dem aus Isolierstoff bestehenden beweglichen Teil *c* gelagert. Das Kurvenstück *d* ist auf dem feststehenden Teil *e* der Vorrichtung angebracht und liegt unter dem Druck der Feder *f* gegen die Abwälzstelle *a* der Achse *b* an. Die Abwälzfläche sowohl der Achse wie des Kurvenstückes wird zweckmäßig mit einer Riffelung versehen. Die Achse *b* kann an ihrer Abwälzstelle *a* auf einen sehr kleinen Durchmesser abgedreht werden, so daß die Übersetzung der Bewegung praktisch genügend groß wird.

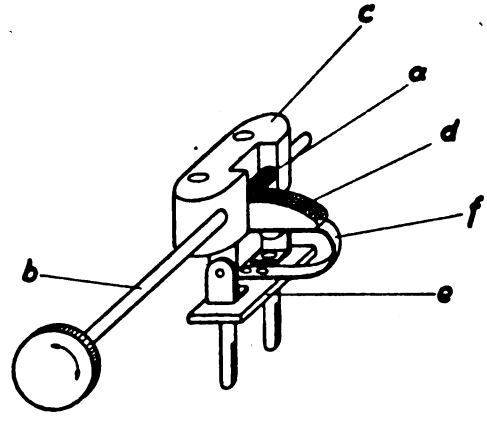


Abb. 1.

(D. R. P. Nr. 428992.)

Eine Erfindung derselben Firma betrifft eine Trag- und Einstellvorrichtung für auswechselbare Kopplungsspulen, insbesondere für Rundfunkempfangsapparate, welche die Verwendung sowohl (axial) breiter als auch schmaler Spulen gestattet und in jeder Hinsicht bequem zu handhaben ist. Die Vorrichtung besteht aus beweglichen (schwenkbaren) und unbeweglichen Zwischensockeln für die Kopplungsspulen, die, um sie sowohl für breite Spulen (Honigwabenspulen) als auch schmale Spulen (Flachspulen) verwendbar zu machen, nicht, wie bisher üblich, unlösbar, sondern lösbar auf dem Empfangsapparat befestigt werden. Die Spulen werden mit zwei Steckern verbunden, die in dafür vorgesehene Steckbüchsen des Empfängers eingesetzt werden. Bei den schwenkbaren Zwischensockeln sind die Steckbüchsen für die Spule gegenüber diesen Steckern in Richtung der Spulenachse versetzt, so daß gegenüber der auf dem Empfänger angeordneten Gegenspule ein größerer oder kleinerer Abstand hergestellt werden kann, je nachdem ob diese auf der einen oder anderen Seite der Kopplungsvorrichtung angebracht wird.

(D. R. P. Nr. 421957.)

(Schluß folgt.)

Literaturberichte.

3017 **Schaltungsbuch für Radioamateure.** Von K. Treyse. 3. Auflage. Bibliothek des Radioamateurs, herausgegeben von Dr. Eugen Nesper, 3. Band. Verlag von Julius Springer, Berlin 1926. Preis RMk. 3·30.

Die in der ersten Auflage dieses Buches[1]) vorliegenden 140 Schaltbilder wurden in der gegenwärtigen dritten Auflage auf 172 vermehrt; ebenso wurden die erklärenden Bemerkungen zu den Schaltbildern vermehrt und Größenangaben für den Rundfunkbereich von

[1]) Vgl. „Die Radiotechnik" 1924, Seite 349.

Digitized by Google

250 bis 700 m hinzugefügt. Neu sind die Abschnitte über Rahmenempfang, Empfangsschaltungen für kurze Wellen, Schaltungen für Doppelgitterröhren und einige Tabellen. Das Schaltungsbuch bietet also dem Amateur eine reiche Auswahl sowohl für einfache als auch für gesteigerte Ansprüche. Seine Beliebheit gibt sich durch die schon nach zwei Jahren eingetretene Notwendigkeit einer dritten Auflage zu erkennen.

Dr. Rich. Hiecke.

3185 **Das zweite Schaltungsbuch.** Von Hanns Günther. 166 Seiten mit 170 Abb. Herausgegeben von der Frankhschen Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. Preis Mk. 8·—.

Dieses Buch soll den Amateuren bei der Wahl und dem Selbstbau eines Mehrröhren-Empfängers an die Hand gehen. Es gibt nicht nur Konstruktionsrezepte, sondern will vor allem auch das Wesen und die Arbeitsweise der einzelnen Typen dem „Bastler" verständlich machen. Jede Schaltung wird eingehend besprochen, wobei vor allem in klaren kurzen Worten auf das Prinzip derselben gewiesen wird, ohne daß irgend welche theoretischen Kenntnisse bei den Lesern vorausgesetzt werden. Auf diese Weise werden die wichtigsten Empfängertypen eingehend durchbesprochen, ihre Abarten charakterisiert und die prinzipiellen Unterschiede zwischen denselben hervorgehoben. Außer den einfachen Rückkopplungsschaltungen werden auch Kurzwellenempfänger, Neutrodyne- und Überlagerungsempfänger behandelt und ihr Zusammenbau mit erläuternden Skizzen beschrieben. Das Buch stellt nicht nur ein wertvolles Handbuch für Amateure dar, sondern gibt auch ein ausgezeichnetes Bild über den Stand der heutigen Amateurtechnik. Dr. Piesch.

3017 **Die kurzen Wellen.** Sende- und Empfangsschaltungen. Von R. Wunder. 29. Bd. aus der „Bibliothek des Radio-Amateurs". Herausgegeben von Dr. Eugen Nesper. 98 Seiten mit 98 Abb. Verlag von Julius Springer, Berlin 1926. Preis Mk. 3·60.

Das Büchlein will den Amateur mit allen erforderlichen Kenntnissen ausstatten, die er sowohl bei der Empfangs- als auch bei der Sendetechnik auf kurzen Wellen braucht. Es wird vor allem auf die hauptsächlichsten prinzipiellen Unterschiede zwischen langen und kurzen Wellen aufmerksam gemacht, die Vorteile der letzteren angeführt, sowie auch auf die allgemeinen Grundsätze bei der Konstruktion von Kurzwellenstationen hingewiesen. Weiter werden praktische Angaben zum Selbstbau der verschiedenen Typen von Kurzwellenstationen gemacht. Ein spezielles Kapitel ist den Wellenmessern gewidmet, welche als unentbehrliches Hilfsinstrument besonders für Amateursender in Frage kommen.

Die Broschüre bringt in klarer Übersicht geordnet einen Abriß über alles das, was bis nun an Erfahrungen bei der Kurzwellentechnik gewonnen wurde und ist jedem Amateur, der sich mit diesem interessanten Zweig der Radiotechnik befassen will, wärmstens zu empfehlen. Dr. Piesch.

3235 **Störbefreiung in der drahtlosen Nachrichtenübermittlung.** Von Dipl. Ing. Manfred Singelmann. XII, 151 Seiten und 184 Schaltungsbilder und 55 Abb. im Text. Die Hochfrequenztechnik, Band 7, herausgegeben von Dr. Carl Lübben. Verlag von H. Meusser, Berlin. Mk. 8·50.

Ein derartiges Buch ist heute, wo auch der Amateur nach möglichst tadellosem Empfang und reiner Wiedergabe strebt, gewiß von Interesse. Der Autor faßt sein Thema im weitesten Sinnne auf: alles was den Empfang verstärkt und verbessert, hebt ihn auch über die Störungen mehr hinaus. So kommt denn so ziemlich die ganze Radiotechnik zur Sprache (zum Beispiel ausführlich Rückkopplung, Hochfrequenz- und Niederfrequenzverstärkung, Richtempfang, ja sogar „stereoakustisches Hören"), wobei man Zweifel haben kann, ob das für eine Spezialbehandlung ein Vorteil ist. Viel Gewicht wird offenbar auf zahlreiche Schaltungsbeispiele gelegt, die mit großem Fleiß meist aus der britischen und amerikanischen Zeitschriftenliteratur zusammengetragen sind, leider meist ohne vergleichende Wertung. Im einzelnen ist zu bemerken, daß das erste Kapitel, das die Physik der äußeren Störungen erläutern will, mehrfach zum Widerspruch herausfordert, zum Beispiel die Angabe, „daß die Nordlichter durch Schneiden von elektromagnetischen Wellen (!), die von den Sonnenflecken ausgehen, mit dem magnetischen Kraftfelde (!) der Erde entstehen". Das vorletzte Kapitel über Spulenbau ist nach den neuesten experimentellen Untersuchungen über Spulenformen nicht mehr aktuell; dort findet sich auch die merkwürdige, nicht näher begründete Ansicht, daß der Skineffekt an dem mangelhaften Wirkungsgrad der Honigwabenspule schuld sei.

Für den kritischen und selbständigen Radiofachmann oder Amateur bietet das Büchlein trotz der erwähnten Mängel eine Fülle von Möglichkeiten und Anregungen zur Weiterarbeit. Dr. Stetter.

3405 **Bildrundfunk.** Von Dr. A. Korn und Dr. E. Nesper. Mit 101 Seiten und 65 Abb. Verlag von Julius Springer, Berlin 1926. Preis RMk. 5·40.

Die in letzter Zeit zahlreich und mit Erfolg durchgeführten Versuche auf dem Gebiete der drahtlosen Bilderübertragung haben auch den Gedanken der Einführung eines allgemeinen Bildrundfunks reifen lasssen. Die technischen Möglichkeiten für den einwandfreien Betrieb der Sende- und Empfangsanlagen sind durchwegs vorhanden. Es wurden hiefür von mehreren Seiten Verfahren und Anordnungen vorgeschlagen, die einer praktischen Erprobung mit dem besten Erfolg standhielten. Das Problem des Bildrundfunks liegt zunächst jedoch vielmehr darin, einfach zu handhabende — und was für die Sache ausschlaggebend ist — nicht zu kostspielige Empfangsapparate zu schaffen, deren sich das breite Publikum bedienen kann. An die Sendeeinrichtungen selbst darf man dabei die höchsten technischen Anforderungen stellen. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend behandeln die Autoren die verschiedenen Systeme und Apparate. Da im Anfang auf die Ungeschultheit des Publikums Rücksicht genommen werden muß, werden die Übertragungsgeschwindigkeiten nicht besonders hoch gewählt werden. Im Anfang werden also Empfangsmethoden in Betracht kommen, die eine leichte Kontrolle und womöglich einen sichtbaren Empfang ermöglichen. Eine solche Methode ist die teleautographische. Im Laufe einer späteren Entwicklung wird sie wohl der Methode der Photozellen oder der Reliefmethode weichen müssen. Ebenso wird im Anfang, wie gesagt, Gewicht darauf gelegt, einen sichtbaren Empfang zu erhalten. Besondere Berücksichtigung werden also die elektromagnetischen, bezw. elektrochemischen Apparate finden. Der zur Betätigung dieser Apparate notwendige Strom wird in der Regel 5 bis 10 mA nicht überschreiten dürfen, um die normalen Verstärkereinrichtungen benützen zu können. Die schwierigste Frage ist wohl die der Synchronisierung. Im Anfange der Entwicklung wird nach Ansicht der Verfasser womöglich das d'Arlincourt'sche Prinzip zur Verwendung kommen, das heißt Sende- und Empfängerwalze laufen mit verschiedener Geschwindigkeit und die Empfangswalze wird beim Anfang jeder Bildzeile durch geeignete Einrichtungen, die in der Regel sehr einfach gehalten werden können, korrigiert. Für eine spätere Etappe der Entwicklung wird von Korn eine Synchronisierung mit Hilfe einer sowohl Sender-, wie auch Empfänger von einer zentralen Stelle aufgedrückten Synchronisierungsfrequenz in Vorschlag gebracht.

Das Buch bietet eine gute Übersicht über die Entwicklung der meisten bis heute bekanntgewordenen Systeme und ist zufolge seiner klaren und leichtfaßlichen Darstellungsweise zur allgemeinen Orientierung über die Fragen des Bildrundfunks sehr geeignet.

Mittelmann.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

Heft 2 **6. Februar 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Die Bedeutung der Elektroakustik für den Rundfunk. Von Prof. Dr. F. Aigner, Wien. S. 13. Die neuen Stationen für den Radio-Telegraphendienst Großbritanniens mit den Dominions. Von E. Descovich. S. 17. / RUNDSCHAU. S. 18. / PATENTBERICHT. S. 22. / LITERATURBERICHTE. S. 23.

Die Bedeutung der Elektroakustik für den Rundfunk.

Von Prof. Dr. F. **Aigner**, Wien.

I.

Nachdem die drahtlose Telephonie in den wissenschaftlichen Laboratorien soweit durchgebildet war, daß Versuche im Großen Aussicht auf Erfolg versprachen, stand man zunächst vor einer rein elektrischen Aufgabe. Es handelte sich um eine möglichst ökonomische Abstrahlung der elektrischen Energie von der Antenne und um die Schaffung möglichst feinfühliger elektrischer Empfänger. Nach den alsbald erzielten blendenden Erfolgen hinsichtlich Reichweite war man aber bald mit der Übertragungsgüte der Musik sehr unzufrieden, zumal anfänglich jedes bessere Gramophon eine reinere Wiedergabe lieferte.

Diese berechtigte Unzufriedenheit schuf für die technische Wissenschaft ein gänzlich neues Problem, die Elektroakustik, ein Forschungsgebiet, das zur damaligen Zeit, teils wegen seiner außerordentlichen Schwierigkeit, teils auch wegen Mangel an praktischem Bedürfnis bloß von wenigen gepflegt wurde und vorerst nur spärliche Resultate gezeitigt hatte. Mit dem Aufrollen dieser Fragen für den Rundfunk wurde dieser mit einem Schlage ein Problem der Elektroakustik, die sich in kürzester Zeit zu einer neuen technischen Wissenschaft mit einer ungeahnten Fülle zu lösender Aufgaben ausbildete.

Gegenwärtig ist ein Großteil der gestellten Aufgaben praktisch soweit gelöst, daß wir nunmehr berechtigt sind, von einer modernen Rundfunkanlage zu fordern, daß sie die menschliche Sprache in formvollendeter Klarheit wiedergibt und daß ferner musikalische Darbietungen ihr künstlerisches Gepräge bewahren, also einen wirklichen Kunstgenuß liefern.

Technisch brauchbare Lösungen dieser Forderungen waren natürlich nur auf Grund genauester Kenntnisse über die physikalischen Vorgänge, die sich beim Sprechen und Musizieren abspielen, zu erlangen.

Akustisch sind Sprache und Musik höchst komplizierte Schwingungsgebilde; doch ist es mühsamer Forschungsarbeit in neuester Zeit gelungen, einen tiefen Einblick in die Beschaffenheit solcher Schwingungsgebilde zu gewinnen.

Die menschliche Sprache besteht bekanntlich aus Vokalen und Konsonanten, die aber physikalisch durchaus von einander verschieden sind. Schon der große Physiker Helmholtz hat die Theorie aufgestellt, daß jeder Vokal den ihm eigentümlichen Klang der Existenz eines oder mehrerer Töne von bestimmter absoluter Tonhöhe verdankt. Man nennt diese die Vokale auszeichnenden Töne die „Formanten" des betreffenden Vokales.

Die neuere Forschung hat die Helmholtzsche Theorie insofern bestätigt und dahin erweitert, daß jeder anhaltend gesungene, gesprochene oder geflüsterte Vokal nach seinem Anklingen zu einer rein periodischen Schwingung wird, wobei die Schwingungszahlen der Formanten stets ganzzahlige Vielfache der Schwingungszahl des jeweils gewählten Vokalgrundtones sind. Die Formanten stellen also, wie man in der Akustik zu sagen pflegt, „Harmonische" des Vokalgrundtones dar. Nach dem Bisherigen haben somit die Formanten keine absolut festen Schwingungszahlen, sondern sie verschieben sich innerhalb eines gewissen, nicht allzugroßen Tonbereiches derart, daß sie eben immer ganzzahlige Vielfache, also Harmonische der gewählten Grundschwingung des Vokales darstellen. Man bezeichnet den Tonumfang, in dem sich die Formanten bewegen können, als eine „Formantregion".

Akustik gesprochen stellen die Vokale Schwingungen mehrerer eng mit einander verbundener Systeme, die aus dem Kehlkopf, dem Rachen und der Mundhöhle bestehen, dar. Die Stimmbänder erzeugen dabei einen Klang, stellen somit die Schallquelle dar, deren Grundton die musikalisch definierte Tonhöhe des Vokals liefert. Das ist durchaus einleuchtend; jedoch ist es noch nicht verständlich, wie dabei die Formanten der Vokale zustande kommen. Für die Erzeugung letzterer sorgt die dem Kehlkopf vorgelagerte Mundhöhle. Die Mundhöhle schließt ein gewisses Luftvolumen ein, das durch die Mundöffnung mit der umgebenden Luft in Verbindung steht. Solche abgeschlossene Lufträume mit einer oder auch mehreren Verbindungen mit der Umgebung nennt man Resonatoren, da sie die Eigenschaft besitzen, gewisse Töne durch besonders kräftiges Mitschwingen der von den Resonantoren eingeschlossenen Luft zu verstärken. Sie resonieren auf ganz bestimmte Töne, deren Höhe aus dem vom Resonator eingeschlossenen Luftvolumen und der Größe der Öffnungen genau berechenbar ist. Dabei zeigt sich außerdem, daß bei sonst gleichen Verhältnissen die resonierenden Schwingungszahlen umso kleiner, also die durch die Resonatoren verstärkten Töne umso tiefer werden, je kleiner die Öffnungen des Resonators sind, und auch je größer das eingeschlossene Luftvolumen wird. Wir können somit durch ein kleines eingeschlossenes Luftvolumen und durch eine entsprechend kleine Öffnung die gleiche Resonanztonhöhe erzielen, wie durch ein größeres eingeschlossenes Luftvolumen und durch eine entsprechend größer gewählte Öffnung. Nunmehr erklärt sich aber das Auftreten der die Vokale charakterisierenden Formanten bereits in völlig ungezwungener Weise. Denn kehren wir zu den Stimmbändern, die wir als die Schallquelle für die Erzeugung der Vokale bereits erkannt haben, zurück, so zeigen die akustischen Untersuchungen, daß das Stimmband nicht bloß den die musikalische Vokaltonhöhe bedingenden Grundton erzeugt, sondern einen Klang, der reich an Obertönen ist. Dieses Klanggebilde muß nun, bevor es den Mund verläßt, die Mundhöhle passieren. Diese stellt aber, wie wir ebenfalls bereits erkannt haben, einen Resonator dar, der nunmehr aus dem Stimmbandklang diejenigen Obertöne verstärkt herausgreift, die seiner eigenen Resonanz am nächsten liegen. Diese Töne werden aber dank der Resonatoreigenschaften der Mundhöhle besonders kräftig an die

Digitized by Google

Umgebung abgestrahlt. Dabei darf nicht übersehen werden, daß die Tonhöhe der Eigenresonanz der Mundhöhle noch in der früher geschilderten Weise von der Größe abhängt. Kritische Leser werden nun sofort einwenden, daß bei ein und demselben Vokal die Mundöffnung eines Kindes doch wesentlich kleiner ist als die bei einem Erwachsenen und daß daher die Formanten bei dem gleichen Vokal beim Kind eine andere Tonlage haben müssen als bei einer Frau oder bei einem Manne. Wäre dieser Einwand richtig, dann könnten sich die Menschen durch eine Sprache kaum verständigen, denn der Vokal A beispielsweise würde für jeden Menschen eine andere ihn bis zur Unkenntlichkeit entstellende Klangfarbe annehmen. Dem ist nun glücklicherweise nicht so, denn zu einer größeren Mundhöhle gehört auch ein größerer Mund. Nachdem aber die Tonhöhe eines Luftresonators mit zunehmendem eingeschlossenen Luftraum sinkt, wie bereits früher erwähnt wurde, hingegen mit zunehmender Öffnung steigt,

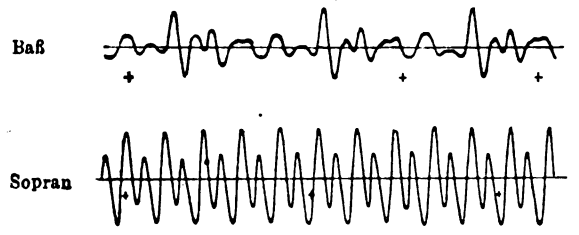


Abb. 1. Schwingungskurven des Vokals *A*.

so kann eine kleine Mundhöhle mit einem kleinen Mund dieselben Eigentöne besitzen als eine große Mundhöhle und ein dazugehöriger großer Mund. Dann liegen aber die Formanten für das Kind praktisch an derselben Stelle wie für den Erwachsenen. Und dies ist auch tatsächlich der Fall. Denn das Kind lernt sprechen und wählt für die Vokale unbewußt gerade die zu seiner Mundhöhle erforderliche Mundöffnung, damit ihm dieselben akustischen Klanggebilde im Ohr erscheinen, wie sie ihm von der Mutter vorgesprochen wurden. Man erkennt demnach, daß wir alle im Kindesalter fein säuberlich Resonatoren abstimmten, also praktische Akustik betrieben haben, allerdings ohne davon eine Ahnung zu haben.

Damit haben wir für die akustischen Vorgänge bei den Vokalen bereits ein ordnendes Prinzip

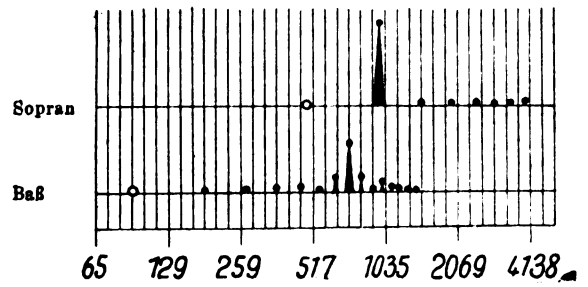


Abb. 2. Frequenz und Stärke der Teiltöne im *A*.

gefunden, das sich nunmehr ganz einfach folgendermaßen allgemein aussprechen läßt: Sämtliche Vokalklänge lassen sich in der eben angeführten Art als erzwungene Schwingungen eines Resonanzsystemes, das aus Kehlkopf, Rachen und Mundhöhle besteht und das von einer einzigen Schallquelle, dem Stimmband, angeregt wird, erklären.

Die zur Prüfung dieser Theorie angestellten außerordentlich mühsamen Experimente lieferten volle Übereinstimmung mit der Wirklichkeit. Hiefür sollen einige Beispiele, die noch weitere interessante Erscheinungen zeigen, gebracht werden. So zeigt die Abb. 1 die Schwingungskurven des Vokals A, wie sie von geeigneten Apparaten aufgezeichnet werden, wenn der Vokal A einmal von einer Sopranstimme und dann von einer Baßstimme gesungen wird. Diese Kurven sind grundverschieden und niemand würde zunächst meinen, daß sie sich der früher entwickelten Theorie unterordnen; im Gegenteil, ein Blick auf diese Kurven scheint diese Theorie in Grund und Boden zu bohren. Dies scheint allerdings nur so, tatsächlich liegen die Dinge ganz anders. Wir besitzen Apparate, die sogenannten „harmonischen Analysatoren", die gestatten, eine derartige Klangkurve in ihre einzelne Teilschwingungen zu zerlegen, also ihre sogenannte

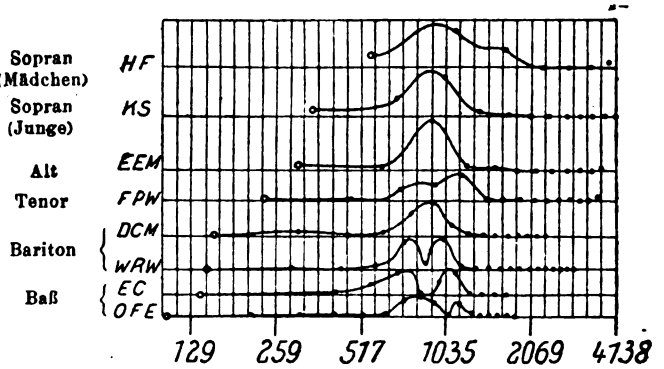


Abb. 3. Formantbereich des Vokals *A* in verschiedenen Tonlagen.

„Feinstruktur" zu erforschen. Dabei liefert uns der harmonische Analysator nicht bloß die sekundliche Schwingungszahl jeder im Klang enthaltenen Teilschwingung, sondern auch das Verhältnis der Schwingungsintensitäten, somit die relative Tonstärke der einzelnen Teiltöne. Dem Analysator, dem also die Rolle eines Untersuchungsrichters zukommt, legen die beiden Kurven der Abb. 1 diesbezüglich ein volles Geständnis ab, das uns Abb. 2 vorführt. Auf der horizontalen Geraden dieser Abb. sind die sekundlichen Schwingungszahlen der ermittelten Teiltöne aufgetragen, während die Höhenverhältnisse der einzelnen Teiltöne die Intensitätsverteilung darstellen. Die beiden kleinen Kreise linker Hand im Bilde geben die Lage des Grundtones an, auf welchem der Vokal „A" gesungen wurde. Ein Blick auf Abb. 2 lehrt, daß sowohl bei der Sopran- als auch bei der Baßstimme der Hauptanteil der Schwingungsenergie der Teiltöne in einem Gebiet von rund 900 Schwingungen pro Sekunde (900 Hertz) liegt. Das Frequenzgebiet von 900 Hertz ist nun aber tatsächlich die schon von Helmholtz angegebene Hauptformantregion des Vokals „A". So grundverschieden also die beiden Kurvenbilder in Abb. 1 aussehen, haben sie doch analysiert in einem engbegrenzten Frequenzgebiet und zwar im Formantgebiet

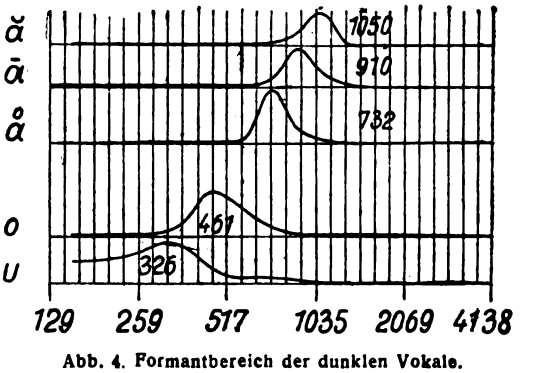


Abb. 4. Formantbereich der dunklen Vokale.

des Vokals A die von der Theorie geforderte Schwingungsenergieanhäufung gemeinsam.

Die Abb. 3 zeigt deutlich, daß dieser Formantbereich des Vokals A durch alle Register der menschlichen Stimme in engen Grenzen an der besagten Stelle bleibt.

Ein interessantes Ergebnis der Analyse der Vokalklänge liefert Abb. 4. Hier handelt es sich um die

Digitized by Google

Formanten von fünf untereinander verwandter Vokale, den sogenannten „dunklen Vokalen". Die oberste Kurve dient als Ausgangspunkt, die dem hellen „A", dem „A" der Kinderstimme, das bei weit geöffnetem Munde entsteht und annähernd dem „A" im Worte „hart" entspricht. Die zweite Kurve stellt das „A" des Erwachsenen dar; es ist etwas dunkler, besonders, wenn es gedehnt gesprochen wird. Bei seiner Aussprache wird die „Mundöffnung" gegenüber dem hellen A etwas verkleinert, also der Mundhöhlenresonator etwas tiefer gestimmt. Tatsächlich rückt auch, wie ersichtlich, die größte Erhebung der Kurve, somit das Intensitätsmaximum des Formantbereiches etwas nach links, also gegen tiefere Töne hin. Verkleinert man die Mundöffnung bei sonst ungeänderter Stellung der Sprachorgane noch mehr, so rücken dem-

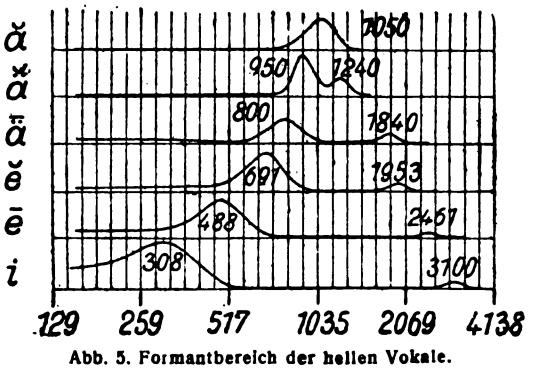


Abb. 5. Formantbereich der hellen Vokale.

entsprechend die Formantmaxima immer weiter nach links gegen tiefere Töne und es entstehen der Reihe nach das schwedische „å = ao", der Vokal „O" und schließlich das „U".

Ganz ähnlich wie bei den „dunklen Vokalen" einer aus dem andern durch entsprechende Änderung der „Mundöffnung" entsteht, liegen die Verhältnisse bei den „hellen Vokalen", die uns Abb. 5 zeigt. Den Ausgangspunkt bildet wiederum in der obersten Kurve das helle „a". Der Mund bleibt mittelweit geöffnet; der „Zungenrücken" wird erst ein

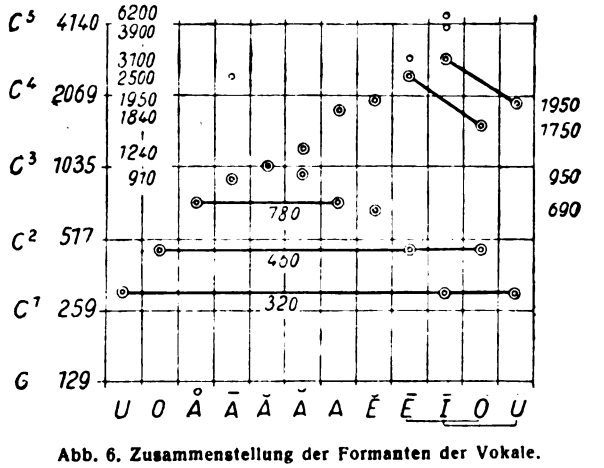


Abb. 6. Zusammenstellung der Formanten der Vokale.

wenig, dann immer mehr und mehr gehoben. Dabei geht der Vokal „a" zunächst in ein Mittelding zwischen „a" und „ä" über, eine Vokalform, die im reinen Hochdeutsch nicht vorkommt. Dann entsteht bei immer stärker gehobenem Zungenrücken das lange „ä", ferner das kurze und weiter das gedehnte „e" und schließlich der Vokal „i". Wie bei den dunklen Vokalen wird auch hier die Mundhöhlenresonanz immer tiefer; doch besteht insofern ein wesentlicher Unterschied, als die hellen Vokale eine zweite, höher gelegene Formantregion besitzen, die ihnen den Namen gibt und die wie Abb. 5 zeigt, zu immer höheren Tönen ansteigt, um schließlich beim Vokal „i" das Maximum zu erreichen.

Abb. 6 zeigt eine Zusammenstellung der Formanten der einzelnen Vokale. Sie sind durch „doppelte Kreise" bezeichnet. Außerdem sind durch einfache Kreise einige sogenannte Nebenformanten angegeben. Die Nebenformanten sind zur Erkennung eines Vokales nicht unbedingt erforderlich. Zum Teil dienen sie zur feineren Abrundung eines Vokalklanges, in der Hauptsache jedoch bedingen sie trotz ihrer relativ sehr geringen Intensität die persönliche Klangfarbe. Es ist eine Tatsache, daß wir gut Bekannte an der Stimme erkennen können. Dies wäre mit den bei allen Personen gleichen Hauptformanten der Vokale nicht zu erklären. Die Möglichkeit dieser Unterscheidung liefern uns die eben erwähnten Nebenformanten, die demnach von Individuum zu Individuum verschieden sind. Auffallend und für die im Späteren noch zu besprechende „Übertragungsgüte" der menschlichen Sprache äußerst wichtig ist die hiezu erforderliche kleine Intensität im Vergleich zur wesentlich größeren Intensität der Hauptformanten. Wir können also jetzt schon erwarten, daß wir einen Sprecher wohl noch ausgezeichnet verstehen, aber ihn durchaus nicht mehr erkennen können, falls die meist hoch gelegenen Nebenformanten etwa infolge einer nicht genügend empfindlichen Empfangsapparatur neben den wesentlich stärkeren Hauptformanten nicht mehr übertragen werden.

Nun wollen wir noch die vier letzten Vokale in der Abb. 6, also das e, i, ö, und ü betrachten. Fassen wir zunächst das „e" ins Auge, so hat das zwei Hauptformanten, die bei rund 500 und rund 2500 Hertz durch doppelte Kreise in der Abb. 6 vermerkt sind. Der Vokal „ö" hat den gleichen tieferen Hauptformanten bei rund 500 Hertz wie das „e". Doch ist sein höherer Hauptformant, der beim „e" bei rund 2500 Hertz liegt, auf rund 1800 Hertz herabgegangen. Es entsteht also das „ö" aus dem e dadurch, daß bei gleichbleibenden tiefen Hauptformanten der höhere Hauptformant tiefer wird. Die gleiche Erscheinung haben wir beim „i" und „ü". Beide haben den tiefen Hauptformant bei rund 300 Hertz gemeinsam wie ebenfalls aus Abb. 6 ersichtlich ist. Der höhere Hauptformant des „i" liegt bei rund 3000 Hertz. Sinkt dieser auf rund 2000 Hertz herab, ohne daß sich der tiefere Hauptformant ändert, so geht das „i" in das „ü" über.

Alle diese mit den modernsten Mitteln der Feinstrukturanalyse mühsam gewonnenen experimentellen Resultate bestätigen in zwingender und glänzender Weise die eingangs geschilderte erweiterte Helmholtzsche Vokaltheorie. Dies ist umso bemerkenswerter, als seinerzeit Helmholtz im Vergleich zu unserer gegenwärtig hoch entwickelten Meßtechnik außer einigen groben Instrumenten nicht viel mehr als ein feines musikalisches Ohr zur Verfügung stand.

Die Bestätigung der Helmholtzschen Vokaltheorie geht aber noch viel weiter, als bisher gezeigt wurde. Beim Flüstern der Vokale erscheinen nur die Formanten; beim stimmhaften Sprechen treten noch die im Kehlkopf erzeugten Töne der Stimme hinzu. Es muß daher möglich sein und das wäre wohl die überzeugendste Bestätigung für die Theorie, die Vokale künstlich herzustellen. Schon Helmholtz hat daran gedacht und auch mit den damals verfügbaren Mitteln einen Versuch zur synthetischen Herstellung der Vokale unternommen. Er bediente sich bei seinen Experimenten Stimmgabeln und Luftresonatoren und seine Experimente gelangen in einer das menschliche Ohr befriedigenden Weise. Man konnte den künstlich hergestellten Vokal tatsächlich erkennen. In neuerer Zeit haben der Amerikaner Miller und der deutsche Gelehrte Stumpf, hauptsächlich während des Weltkrieges, diese Versuche mit „Pfeifentönen" auf Grund der Resultate der Feinstrukturanalyse wiederholt. Stumpf konnte jeden Vokal auf einen beliebigen Grundton aus einfachen Pfeifentönen zusammensetzen, und zwar mit einer derartigen Vollkommenheit, daß auch ein musikalisch sorgfältig geschultes Ohr nicht mehr in der Lage war, den künstlichen Vokal von dem gesungenen

Digitized by Google

natürlichen unterscheiden zu können. Damit ist aber ein äußerst tragfähiges experimentelles Fundament für die Vokaltheorie geschaffen.

Ähnlich wie bei den Vokalen kann man auch bei den Konsonanten von Formantengebieten sprechen, nur liegen hier die Dinge viel verwickelter. Abb. 7 zeigt die Formantengebiete verschiedener Konsonanten nach Untersuchungen von Stumpf. Die stark ausgezogenen Linien entsprechen dem Frequenzgebiet der Hauptformanten, die schwächer ausgezogenen den Nebenformanten. Die gestrichelten und punktierten Linien geben Tonbereiche an, die von geringerer Wichtigkeit für das Erkennen des Konsonanten sind; ihr Hinzutreten bewirkt bloß eine noch schärfere Kennzeichnung des betreffenden Lautes.

Bei den Konsonanten fehlt das typische Merkmal der Vokale, nämlich die Periodizität der Schwingungen. Unter Periodizität verstehen wir, daß sich innerhalb einer bestimmten Zeit ein Vorgang genau wiederholt. Diese Wiederholung des Schwingungszustandes, die den Vokalen eigen ist, treffen wir also bei den Konsonanten nicht an. Die Konsonanten stellen einzelne, abklingende Wellenzüge dar, die in ziemlich unregelmäßigen Abständen aufeinander folgen.

Damit wären wir über die Haupteigenschaften der „Sprachklänge" orientiert und wollen uns nun den musikalischen Klängen zuwenden, deren ursprünglich schlechte Wiedergabe im Radio das ganze elektroakustische Problem aufrollte. Man kann sich wohl er-

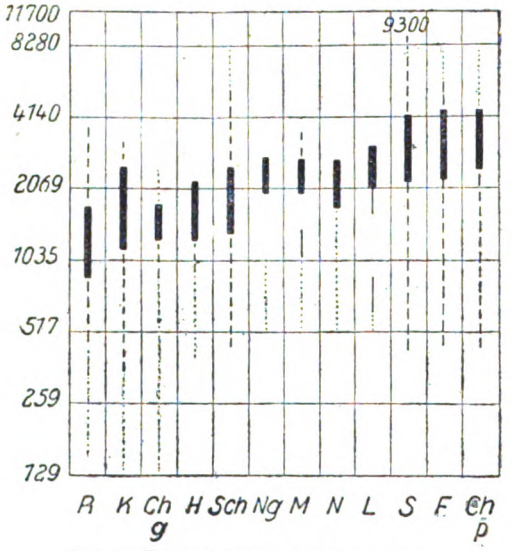


Abb. 7. Formantgebiete von Konsonanten.

staunt fragen, warum das Problem der Elektroakustik nicht schon längst beim Drahttelephon auftauchte, dessen Sprachwiedergabe bekanntlich akustisch derart schlecht ist, daß man oft, ohne es allerdings immer zu wissen, einen Großteil des Inhaltes erraten muß. Es ist ja bekannt, daß es fast ausgeschlossen ist, sich in einer fremden Sprache im Drahttelephon zu verständigen. Ähnlich klingende Wörter, die ohne einen zusammenhängenden Text wahllos ins Drahttelephon gesprochen werden, wie zum Beispiel „Vierzig" und „Pfirsich", werden meist verwechselt.

Um hier Abhilfe zu schaffen, verlangte man aber nicht eine Verbesserung der akustischen Wiedergabe, sondern legte sich zunächst das bekannte Verfahren des Buchstabierens a wie Adam, b wie Berta usw. zurecht. Der Grund dieses Verhaltens ist leicht einzusehen. Das Drahttelephon diente und dient heute noch lediglich zur raschen Verständigung, die aber keinerlei „ästhetische" Forderungen stellt. Das Drahttelephon hat also lediglich eine Teilaufgabe des Rundfunkes zu erfüllen. Daher auch das Begnügen mit wesentlich bescheideneren Anforderungen als beim Rundfunk mit seinen hochgesteckten künstlerischen und ästhetischen Zielen.

Wie in der Sprache zwischen den Vokalen und Konsonanten typische Unterschiede vorhanden sind, ist dies auch bei den musikalischen Instrumenten der Fall. Die Vielgestaltigkeit der musikalischen Instrumente, deren Klangfarbe bekanntlich durch die Zahl und die Intensität ihrer Obertöne bestimmt ist, liefert zwei wesentlich verschiedene Arten von Klängen. Einmal die „andauernden" Schwingungen, wie sie durch das Anblasen von Luftsäulen oder durch das Anstreichen von Saiten erzeugt werden. Die verschiedenen Blasinstrumente, die Violine und ihre sämtlichen Abarten geben diesen Klangtypus der andauernden Schwingungen. Ferner gibt es als zweiten Typus die sogenannten „ausklingenden" Schwingungen, die beim Anschlagen schwingungsfähiger Körper, zum Beispiel einer Glocke, beim Spielen eines Klavieres oder einer Guitarre entstehen.

Die andauernden Schwingungen sind rein periodischer Natur; neben den Grundton tritt eine größere oder kleinere Anzahl von harmonischen Obertönen auf. Die andauernden Schwingungen entstehen durch die

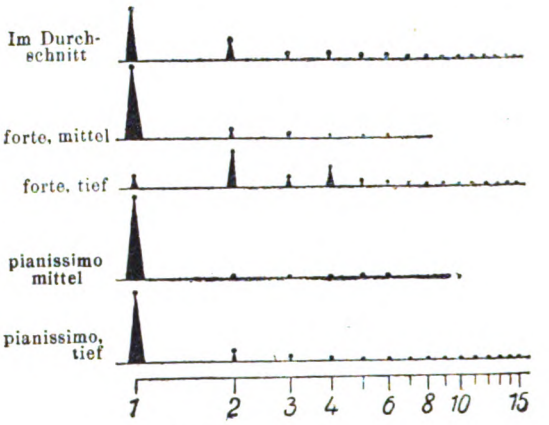


Abb. 8. Flötenklänge.

Selbsterregung schwingungsfähiger Systeme, die mit einer konstanten Kraftquelle, aus der der Energiekonsum gedeckt wird, gekoppelt sind. So stellt bei einer Pfeife das schwingungsfähige System der Luftresonator der Pfeife dar, der durch das damit verbundene Druckluftreservoir als konstante Kraftquelle ins Selbstschwingen gerät. Es gehören demnach zu den andauernden Schwingungen auch die gesungenen Vokale.

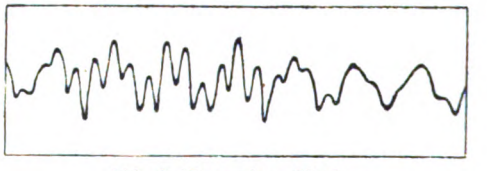


Abb. 9. Klang einer Glocke.

Ein Beispiel für eine andauernde Schwingung liefert uns Abb. 8, in der die Klänge einer Flöte bei verschiedener Spielweise wiedergegeben sind. Auf der horizontalen Geraden der Abb. bedeuten die hinzugeschriebenen Zahlen die Harmonischen. „1" bedeutet die erste Harmonische, also den Grundton, 2 die zweite Harmonische oder den ersten Oberton usw. In mittlerer Tonlage gibt die Flöte nahezu reine Töne, namentlich, wie die Abbildung zeigt, beim Pianissimo. Wird Forte gespielt, so wird die Flöte in den tieferen Registern leicht überblasen, was sich durch das Auftreten vieler Obertöne bemerkbar macht, von denen die zweite Harmonische besonders stark wird. Zuweilen verschwindet der Grundton in solchen Fällen überhaupt ganz, dann schlägt der Ton in die höhere Oktave um. Das darf natürlich einem wirklichen Künstler auf diesem Instrument nicht passieren. Im Durchschnitt sind die

Digitized by Google

Obertöne der Flöte, wie ebenfalls die Abb. 8 zeigt, schwach, was ihr den ausgesprochen weichen Klang verleiht.

In Gegensatz zu den andauernden stellen die ausklingenden Schwingungen Eigenschwingungen angeschlagener oder gezupfter schwingungsfähiger Systeme dar; es erklingt beim Anregen der Grundton und die gewöhnlich nicht harmonischen Obertöne, wodurch die abklingende Gesamtschwingung unperiodisch wird. Es fehlt im Gegensatz zu den andauernden Schwingungen eine konstant wirkende Kraftquelle; der Vorgang entspricht einer stoßförmigen Erregung. Ein typisches Beispiel einer ausklingenden Schwingung zeigt uns Abb. 9, die den Klang einer angeschlagenen Glocke wiedergibt. Wir können die Kurve, wie leicht aus der Abbildung ersichtlich ist, nicht in gleiche Abschnitte zerlegen, die untereinander gleich wären; es ist demnach der periodische Charakter tatsächlich vollkommen verloren gegangen. Die unharmonischen Obertöne sind die Ursache des metallischen Klanges der Glocke.

Dies wären in gedrängter Darstellung die in den rund letzten 10 Jahren gewonnenen Ergebnisse der Klangforschung für Sprache und Musik. Ihre Kenntnis ist wohl eine notwendige Voraussetzung für den Bau eines Rundfunksenders und Empfängers, aber durchaus noch keine hinreichende. Die weitere Frage, die studiert werden muß, ist die nach dem erforderlichen „Frequenzbereich", den beispielsweise ein Radioempfangsapparat gleich gut durchlassen muß. Denn es ist nach dem Bisherigen klar, daß in der Empfangsapparatur die für die Sprache individuell charakteristischen Tonbereiche, etwa die Gebiete der Hauptformantenregionen der Vokale und bei einer musikalischen Darbietung solche Oberschwingungen, die die Instrumentenklangfarbe bestimmen, nicht unterdrückt werden dürfen. (Schluß folgt.)

Die neuen Stationen für den Radio-Telegraphendienst Großbritanniens mit den Dominions.

Um Mitternacht des 24. Oktober 1926 wurde das erste nach dem neuen Kurzwellenstrahlsystem Marconis arbeitende Stationspaar dem öffentlichen Betrieb übergeben. Das Wesen des Systems ist bekannt[1]), die Hoffnungen, die man in seine Leistungsfähigkeit gesetzt hat, scheinen sich in weitgehendem Maße erfüllt zu haben. Sonst hätte die britische Postverwaltung nicht den Entschluß gefaßt, den drahtlosen Telegrammverkehr zwischen den britischen Inseln, den Dominions und anderen auswärtigen Besitzungen auf Grund dieses Systems neu zu gestalten. Einstweilen sind Strahlverbindungen mit Kanada, Südafrika, Indien und Australien, sowie zwischen Kanada und Australien als Teile des britischen Reichsnetzes vorgesehen. Sämtliche Stationen werden von der Marconi's Wireless Telegraph Company Limited gebaut und betriebsfertig übergeben. Außerdem errichtet die Gesellschaft eigene Stationen für den Verkehr zwischen England und Nord- und Südamerika. Insgesamt hatte sie bereits im Jänner 1926 siebzehn Stationen in Bau.

Wie üblich, werden für Senden und Empfang räumlich von einander getrennte Luftdrahtgebilde verwendet. Die Aufstellungsorte sind so gewählt, daß die Gebäudekomplexe für je zwei Verkehrsrelationen in ein und demselben Ort untergebracht werden können. So befinden sich für den Kanada- und Südafrikadienst die Sender in Bodmin, Cornwall, die Empfänger in Bridgewater, Somerset. Über die gegenseitige Lage zusammengehöriger Sende- und Empfangsstationen gibt die Anordnung des kanadischen Stationspaares ein Bild. Der Sender ist in Drummondville, etwa 50 km östlich von Montreal, die Empfangstation in Yadachiche, rund 40 km nördlich von Drummondville, untergebracht.

Die Station Bodmin liegt in etwa 140 m Seehöhe und bedeckt eine Bodenfläche von 17·5 ha. Die Mitte der Anlage wird von den drei Stationsgebäuden eingenommen, zu deren beiden Seiten sich die Luftleitergebilde erstrecken, jenes für Kanada in der Richtung Nord 157° 52' West, das für Südafrika Nord 70° 47' Ost. Die Empfangsstation liegt 4 km südlich von Bridgewater in nach allen Richtungen offenem Lande in etwa 20 m Seehöhe. Die kanadische Antenne liegt in einer nach Nord 158° 13' West, die südafrikanische in einer nach Nord 72° 3' Ost weisenden Vertikalebene. Die Antennenflächen sind senkrecht zur Strahlrichtung orientiert.

Der Kraftbedarf der Station Bodmin wird durch drei 165 PS Rohölmotoren von 300 U/min gedeckt, die Gleichstrommaschinen für 440 V mit Schwungradausgleich antreiben. Gleichstrommotoren von dieser Spannung dienen zum Antrieb von drei Einphasen-Generatoren 1000 V, 300 Per/s, die über Transformatoren die Anodenspannung (8 bis 10 000 V) der Gleichrichter liefern; ferner drei Generatoren von je 1·2 kVA, 220 V, 500 Per/s, die die Anodenspannung der Schwingungsröhre (2000 V) liefern: drei Generatoren zu 20 kVA, 500 V, 300 Per/s, für den Heizfaden der Gleichrichter; Gleichstrommaschinen für 18 kW, 24 V für die Heizfaden der Schwingungsröhre und endlich zwei Gleichstrommaschinen 8 kW, 110/165 V für Beleuchtungszwecke. Dazu kommen noch eine Anzahl stationärer und tragbarer Batterien. Um unerwünschte gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Stromkreise hintanzuhalten, sind diese von einander in entsprechender Weise abgeschirmt. Um ferner die Generatoren während des Sendens völlig gleichmäßig zu belasten und dadurch die Tourenzahl konstant zu halten, wird die bei Tasterdruck — betätigt durch ein an die Landleitung geschaltetes Relais — dem Luftleitergebilde zur Ausstrahlung zugeführte Energie bei abgehobenem Taster in einem Komplex von Ventilen und luftgekühlten Widerständen aufgezehrt.

Für jede Verkehrsrelation sind zwei verschiedene Wellenlängen vorgesehen, die durch Neueinstellung der Hochfrequenzkreise der ersten der vier, der Energieverteilung dienenden Schalttafeln und Vertauschung der zweiten mit der dritten gewechselt werden können, was binnen sehr kurzer Zeit möglich ist. Als Welle für Kanada ist eine solche von 26 m bestimmt, die andere Welle wird erst auf Grund von Versuchen endgültig — und zwar größer — gewählt werden. Bei kleinen Wellen können durch geringfügige Einflüsse den Verkehr beeinträchtigende Wellenveränderungen eintreten, was mit allen Mitteln hintangehalten werden muß. Dementsprechend ist auch dem Bau der Antenne, der Erdung und der Zuführungen in dieser Richtung ein besonderes Augenmerk zugewendet worden.

Die Antennenzuleitung besteht aus zwei konzentrischen, voneinander durch Luft isolierten Kupferrohren. Die äußere Röhre ist geerdet. Jede einzelne Antenne hat eine eigene Zuführung. Die Länge der Zuleitungen, gemessen zwischen Sender und Antenne, ist in jedem Fall genau die gleiche. Um Verkrümmungen der Zuleitungsröhren durch Temperatureinfluß hintanzuhalten, sind in der äußeren alle 5 m Ausdehnungsmuffen eingesetzt, die eine Bewegung um etwa 6 mm gestatten, während die innere solche Muffen nur in der Mitte und von da ab auf alle 50 m trägt. Die innere Röhre endet in einen angeschweißten Kupferarm, der als federnder Kontakt ausgestaltet ist und eine Bewegung von etwa 10 cm gestattet.

Die Antennen für jede Verkehrsrelation werden von fünf Masten getragen. Es sind 87 m hohe Gittermasten, die an der Spitze 13·75 m nach jeder Seite ausladende Querarme tragen, von denen Aufhängevorrichtungen niederhängen. Sie dienen dazu, jederseits

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 315 ff.

Digitized by Google

der Masten zwei senkrecht zur Senderichtung verlaufende Stahlseile zu tragen, an denen wieder einerseits die Antennen, andererseits die Reflektoren aufgehängt sind. Der Abstand zwischen den Masten beträgt je 193 m. Je zwei der zwischen den Masten liegenden vier Felder sind einer Wellenlänge zugeordnet. Zwei der Stahlseile verlaufen nahe dem Mast, die beiden anderen nahe den äußeren Enden der Querarme. Dadurch ist es möglich, den Abstand zwischen der Mittellinie der Reflektoren genau zu regeln; er soll ein Viertel Wellenlänge betragen. Sowohl Reflektordrähte, als auch Antennen, sind nach unten zu an Spannvorrichtungen befestigt, bestehend aus einem Hebelwerk mit Gegengewichten, das bei Winddruck nachgeben kann, so daß Antennendrähte und Reflektordrähte sich in gleichem Sinne verschieben, ihre gegenseitige Entfernung daher unverändert bleibt. Die Aufhängung der Drähte ist so vorgenommen, daß die unteren Enden alle gleichweit vom Erdboden entfernt sind. In jedem der beiden, der einen Wellenlänge zugehörigen Antennenfelder, sind 16 Antennen und 32 Reflektoren angeordnet. Jede der Antennen besteht aus drei, jeder der Reflektoren aus fünf von einander isolierten Drähten. Die einzelnen Antennendrähte sind durch Induktanzrollen miteinander gekoppelt und am oberen und unteren Ende durch isolierte Distanzringe in entsprechendem Abstand von einander gehalten. Als Material dient Kupfer- oder mit Kupferhülle versehener Stahldraht.

Vom Sendehaus ist die Zuleitung auf Ständern in etwa 30 m Abstand von den Masten parallel zur Richtung der Aufhängekabel geführt, bis sie an die Mitte zwischen den beiden der gleichen Wellenlänge zugeordneten Felder gelangt. Dort tritt sie in eine Schaltdose ein, die sie in zwei Stränge geteilt, je einer für ein Feld, verläßt. Vor der Mitte jedes Feldes tritt eine weitere Unterteilung der Zuleitung ein, und so fort, bis jeder einzelne Draht jeder Antenne seine eigene Zuleitung hat. In jeder der Schaltungsdosen kann ein Transformator untergebracht werden, um eine gleichmäßige und in der richtigen Phase sich vollziehende Verteilung der Energie sicherzustellen.

Die Erdung unterscheidet sich wesentlich von der bei Langwellensendern üblichen. Jede Koppelungsbüchse (über die der Anschluß zwischen Luftleiter und Zuleitung erfolgt) ist durch 12, je 1 m² große, in einem Kreis (von 15 m Durchmesser für die kürzere, von 30 m Durchmesser für die längere Welle) angeordnete Metallplatten geerdet. Außerdem hat jeder Sender eine von dem des anderen getrennte Erdung, die durch 2 m² große Platten aus galvanisiertem Eisenblech bewirkt wird, die außerhalb des Gebäudes untergebracht, miteinander durch Kupferdrähte verbunden und an die Kupferwannen, auf denen die Sender stehen, angeschlossen sind.

Im Stationsgebäude sind eine Reihe von Kontrollapparaten untergebracht. Jede einzelne Röhre kann für sich kontrolliert werden. Kleine Unregelmäßigkeiten vermag man sofort zu erkennen und zu beheben. Ein besonderer Mithörempfänger und Lautsprecher dienen zur Kontrolle der ausgehenden Signale, die Einhaltung der richtigen Sendewelle kann stets mit einem für diesen Zweck vorgesehenen Standardwellenmesser verglichen werden.

Die Empfangsstation in Bridgewater arbeitet mit Heterodynegeräten. Dank der großen, den Empfängern zugeführten Energien vermag man sehr lose zu koppeln, und dadurch Störungen aller Art auf ein sonst nicht erreichbares Maß herabzudrücken. Die Signale können durch ein Relais über Landlinien bis in das Hauptpostamt in London weitergeleitet werden. Die Erdung der Empfangsstation wird durch einen Ring von am Ende des Stationsgebäudes angebrachten Erdplatten bewirkt.

Die sieben Tage und Nächte dauernden Übernahmsproben ergaben eine durchschnittliche Telegraphiergeschwindigkeit von 600 Buchstaben je Minute nach beiden Richtungen. Durch mehrere Stunden wurde jedoch eine Leistung von 1250 Buchstaben je Minute, sowohl im Senden, als auch im Empfang erzielt. Der Fading-Effekt trat bei der Welle von 26 m wiederholt auf, doch nur zweimal in einer den Verkehr unterbindenden Stärke, und zwar an Tagen mit starken Sonnenflecken und Nordlichtstörungen, die auch den Verkehr auf manchen Überlandlinien teils schwer behinderten, teils gänzlich unterbanden. Nach Festlegung der zweiten Welle wird wie aus früheren Versuchen Marconis hervorgeht, durch Fading keine Unterbrechung des Verkehrs mehr herbeigeführt werden können, da ihm durch Umschaltung, das etwa zehn Minuten in Anspruch nehmen wird, begegnet werden kann.

Innerhalb der nächsten Monate werden die übrigen von der britischen Generalpostverwaltung bestellten Stationen den Betrieb aufnehmen können. Der Südafrikadienst wird von Bodmin und Bridgewater mit einem Gegenstationspaare bei Kapstadt besorgt werden. Für Indien und Australien werden die Sender in Tetney bei Grimsby, die Empfänger in Winthorpe bei Skegness, mit Gegenstationspaaren bei Bombay und Melbourne errichtet. Außerdem geht eine von der Marconi-Gesellschaft selbst zu betreibende Strahlsendestation bei Dorchester, Dorsetshire, ihrer Vollendung entgegen. Sie wird den Nord- und Südamerikadienst zu übernehmen haben. Eine Gegenstation wird in Rio de Janeiro gebaut. Ein weiterer Plan sieht die Verbindung Portugals mit seinen Kolonien vor. Auf den Kap Verdischen und Azorischen Inseln, in Loanda, Mozambique und in Lissabon sind Strahlsende-, bzw. Empfangsstationen in Errichtung.

E. Descovich.

Rundschau.

Die drahtlosen Einrichtungen auf Amundsens „Norge". Auf seiner ersten Fahrt (mit Flugzeugen) hatte Amundsen bekanntlich aus Gründen der Gewichtsersparnis keine Radiostation mitgenommen, eine solche aber, als die Forscher in schwere Lage gerieten, sehr vermißt. Auch auf dem Luftschiff „Norge", das kürzlich die Polarfahrt glücklich durchführte, mußte diese Einrichtung, die von der Marconi Company gebaut war, unter äußerster Sparsamkeit an Gewicht und Platz angebracht werden. Sie bestand zunächst aus einem 0·5 kW Sender, zwei Röhren von 250 W parallel, Wellenbereich 550 bis 1500 m, 6 bis 7 A in der Antenne bei mittlerer Wellenlänge, 4 bis 5 A bei den extremen Werten, Schaltelemente und Meßinstrumente wie gewöhnlich, für Tonsendung war ein rotierender Unterbrecher vorgesehen, als Energiequelle diente ein kombinierter Hoch- und Niederspannungsgenerator für 133 mA bei 3000 V und 14 A bei 14 V, der einerseits direkt die Anodenspannung, andererseits den Ladestrom für die Heizakkumulatoren lieferte. Gleichzeitig konnten die Beleuchtungsakkumulatoren (12 V) des Luftschiffes geladen werden, die nun auch der Radiostation als Reserve zur Verfügung standen und umgekehrt. Der Antrieb der Dynamo erfolgte normal durch eine außen an der Gondel angebrachte Luftschraube (bis 3 PS), sonst durch einen Petroleummotor (2¾ PS). Der etwa 100 m lange Antennendraht (Reserve vorhanden) hing aus dem Boden der Gondel herab; durch einen Umschalter wurde sie zum Senden oder Empfangen benützt. Zum Empfang war außer einem hochwertigen Achtröhrenapparat ($\lambda = 300$ bis 25 000 m) noch ein Kurzwellenempfänger ($\lambda = 10$ bis 100 m) vorhanden, der letztere speziell zur Aufnahme der Station Point Barrow, wo ein Kurzwellensender installiert war. Die Antenne für diesen war ein kurzer Draht von der Radiokabine zu einer der Maschinengondeln. Zum Richtempfang dienten zwei Antennenschleifen, die senkrecht zueinander, schief um den Vorderteil der Luftschiffhülle gewunden wurden, dazu die übliche Radiogoniometer-Einrichtung. Jeder Rahmen bestand aus zwei parallelen Drähten, in zirka 25 cm Abstand montiert, je nach Wellenlänge neben- oder hinter-

Digitized by Google

einander zu schalten. Im übrigen konnte (schon wegen der Raumersparnis) das normale Empfangsgerät größtenteils auch für den Richtempfang verwendet werden. Was die erzielten Leistungen betrifft, so konnte während der ganzen weiten Reise der Funkverkehr mit dem Festland ununterbrochen aufrechterhalten werden. Als besonders wertvoll erwies sich die Richtempfangseinrichtung; erstens zur Ortsbestimmung, da bekanntlich der Kompaß in der Nähe des Pols unverläßlich ist und am (magnetischen) Pol seinen Zweck als Wegweiser verfehlt, weil ja nach allen Richtungen Süden ist; zweitens zur Störbefreiung von anderen Sendern. Die ganze Einrichtung war übrigens schon auf dem Fluge von Rom über Europa mit gutem Erfolg ausprobiert worden. St.

(The Electrician, Bd. 97, Nr. 2510, 1926.)

Kurzwellensender. H. E. Hollmann und H. Peters, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule in Darmstadt. Neben einem Laboratoriumssender für einen Wellenbereich von 10 bis 20 m in der Balanceschaltung arbeitet eine stationäre Sendeanlage auf einer Welle von 7·05 m und dient in erster Linie zum Studium der Ausbreitungsvorgänge in der Atmosphäre. Zwei Telefunkensenderöhren RS 228 arbeiten bei einer Anodenspannung von 400 V. Der eigentliche Arbeitskreis liegt zwischen den beiden Anoden und die Rückkopplung erfolgt durch einen Drahtbügel, dessen Enden gekreuzt den beiden Gittern angeschlossen werden. Anoden- und Gitterspannungen werden über Drosselspulen in den Symmetriepunkten der als Selbstinduktion verwendeten Kupferbügel zugeführt. Die Leistungsaufnahme des Senders beträgt 80 Watt. Die Antennenanlage ist als Hertzscher Dipol ausgebildet. Zur Kontrolle des Antennenstromes liegt im Strombauch ein Thermoelement. Während die Schaltung des Senders selbst prinpiziell nicht neu ist, ist die Art der Antennenkopplung bemerkenswert. Es wird hier die Kopplung zwischen Sender und Antenne über ein Lechersches Drahtsystem durchgeführt, welche Art den Vorteil geringster Energieverluste bietet. Wellenlängen von 1·12 m konnten bei Verwendung französischer Metall-Röhren E4M, die besonders kapazitätsarm sind, erreicht werden. In diesem Falle besteht der Schwingungskreis lediglich aus einem Drahtbügel. Die Energieaufnahme dieses Senders beträgt bei 1000 V Anodenspannung, 170 mA Anodenstrom, rund 170 W. Das Rufzeichen des 7 m-Senders ist Kp 9. E. M.

(Radio-Umschau, Jahrg. 3, Heft 37, 1926.)

Neue Wege zum plastischen Hören.[1]) H. E. Hollmann benützt einerseits das Prinzip des Küchenmeisterschen Ultraphons, andererseits das des Poulsenschen Telegraphons, um eine Zeitdifferenz zwischen zwei Lautsprechern zwecks Erhaltung einer plastischen musikalischen Wiedergabe zu erreichen. H. Küchenmeister läßt bei seinem Ultraphon auf die Grammophonplatte zwei Nadelsysteme mit einer Zeitdifferenz von 0·01 Sekunde einwirken und erreicht hiedurch einen räumlichen Eindruck der Tonwiedergabe. Beim Poulsenschen Telegraphon wird bekanntlich zwischen zwei Trommeln eine Stahlsaite vorbeibewegt. Vor der Stahlsaite befindet sich der Reproduktionselektromagnet, dessen Windungen zunächst durch den Mikrophonstrom durchflossen werden. Der Mikrophonstrom wird dem sich vor dem Magneten vorbeibewegenden Stahlband in Form einer schwächeren oder stärkeren Magnetisierung aufgedrückt. Schaltet man den Elektromagneten auf ein Telephon um und läßt das in der vorher besprochenen Weise präparierte Stahlband vor dem Magneten vorbeibewegen, so werden im Telephon die vorherigen Toneindrücke reproduziert. H. E. Hollmann läßt nun eine Scheibe, auf der ein endloses Stahlband befestigt ist, zwischen zwei Magnetsystemen rotieren. Das erste Magnetsystem ist der Schreibmagnet, er ist mit einem Rundfunkempfänger verbunden und ein Lautsprecher ist vorgeschaltet. Das zweite Magnetsystem ist über einem Verstärker an einem zweiten Lautsprecher angeschlossen, der den im ersten Magneten fließenden Strom wiedergibt, und zwar mit einer Zeitdifferenz, die sich durch die Umfangsgeschwindigkeit der rotierenden Scheibe einstellen läßt. Die beiden Lautsprecher werden nun an verschiedenen Punkten des Raumes aufgestellt, so daß gewissermaßen beide Ohren getrennt beeinflußt werden. Um das Stahlband, nachdem es sich vor dem Magnetsystem des Lautsprechers vorbeibewegt hat, für eine abermalige Besprechung durch das Magnetsystem des ersten Lautsprechers wieder zu präparieren ist noch ein Löschmagnet angebracht. Die Einwirkung des Löschmagneten läßt sich durch einen Widerstand im Stromkreise desselben genau einstellen. E. M.

(Radio-Umschau, Heft 39, 3. Jahrg. 1926.)

[1]) Vgl. Radiotechnik 1925, S. 85.

Ein neuer Trocken-Gleichrichter für Radiozwecke. Von S. Ruben in New-York wurde ein Gleichrichter angegeben, der ohne Zuhilfenahme irgend einer Flüssigkeit arbeitet. Die einzelnen Zellen bestehen nach einer Beschreibung von A. Dinsdale aus einer Kupferscheibe die nur durch einen außerordentlich geringen Luftspalt von einer zweiten Scheibe getrennt wird, die aus einer synthetischen Kristallmasse aus Kupfersalzen besteht. Vier Zellen bilden eine Gleichrichtereinheit, die in der bekannten Graetz-Schaltung angeordnet sind. Bei Einhaltung einer Grenzspannung von 15 V pro Zelle, soll angeblich die Lebensdauer der einzelnen Zellen eine ungewöhnlich hohe sein. Für höhere Spannungen können mehrere Einheiten mit der Gleichstromseite in Reihe geschaltet werden, wobei die Wechselstromseiten von einzelnen Windungsgruppen eines primär am Netz liegenden Transformators abzweigen. Versuche sollen gezeigt haben, daß der Gleichrichter bis zu 2400 Stunden einen fast konstanten Gleichstrom liefert. E. M.

(Wireless World, Bd. 19, Nr. 12, 1926.)

Lichtantenne. Von R. Barthelmy wird eine Anordnung angegeben, bei der es erreicht wird, daß die lästigen Netzgeräusche ausgeschaltet werden. Der Abstimmkreis des Empfängers wird mit dem einen Pol an Erde T (Abb. 1), mit dem anderen an den beweglichen Teil M eines dreiteiligen Kompensators $N_1 M N_2$ gelegt, dessen fixe Belegungen $N_1 N_2$ wieder mit je einem Pol der Netzleitung verbunden sind. Die Teilkapazitäten des

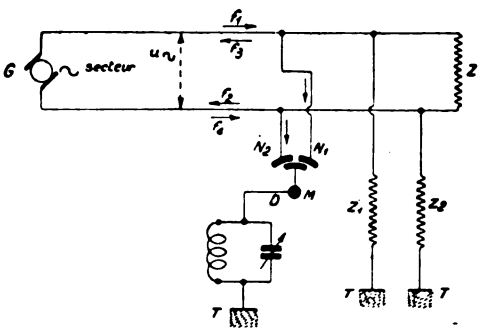


Abb. 1.

Kompensators einerseits und die Ableitungen $Z_1 Z_2$ des Lichtnetzes andererseits bilden nun Zweige einer Wheatstoneschen Brücke, die für die Netzgeräusche durch Veränderung der Kompensatorstellung abgeglichen werden kann. Da der Schwingungskreis in der Diagonale der Brücke liegt, so bleibt dieser von den Netzgeräuschen unbeeinflußt. E. M.

(Q. S. T. Français et Radioélectricité réunis Nr. 31, 1926.)

Irrtümer bei der Berechnung von Kondensatoren. G. H. W. Banner gibt eine Näherungsformel für die Berechnung der Kapazität von Drehkondensatoren an. Durch das Streufeld, welches sich zwischen den einzelnen Platten ausbildet, erscheinen diese in erster Annäherung um den Betrag $\frac{d}{2\pi}$ (d = Plattendistanz) verbreitert, so daß zum Beispiel an Stelle der bekannten Formel für Kreisplattenkondensatoren: $C = \frac{r^2 \pi}{4 \pi d}$ die

Digitized by Google

Formel erscheint

$$\frac{\left(r+\frac{d}{2\pi}\right)^2\pi}{4\pi d}.$$

Für Kondensatoren mit größerer Plattendicke und -distanz muß die strenge Kirchhoffsche Formel angewendet werden. Man erhält für den variablen Teil der Kapazität

$$C=\frac{r^2\pi}{4\pi d}+\frac{r}{4\pi d}\left\{d\log_n\frac{16\pi r(d+t)}{e\,d^2}+t\log_n\frac{d+t}{t}\right\}$$

(t Plattendicke, d Abstand der Platten, r Radius der Scheiben, e Dielektrizitätskonstante). Verfasser weist darauf hin, daß die exakte experimentelle Bestimmung von d und e bei Glimmerkondensatoren äußerst schwer durchführbar ist (geringe Unregelmäßigkeiten der Platte, Gasschicht zwischen Glimmer und Metall).

Dr. P.

(Experimental Wireless, Bd. III, Nr. 36, Sept. 1926.)

Akustische und physiologische Beobachtungen am Lautsprecher behandeln Herm. Backhaus und Ferd. Trendelenburg. Vor allem sprechen bei der Schallwiedergabe auch durch einen idealen Lautsprecher sowohl die Raumakustik des Musik-Aufnahmeraumes, als auch die des Lautsprecherraumes mit. Nimmt das Mikrophon den Schall A auf, so gibt der ideale Lautsprecher den Schall $c\,.\,A$ wieder. Sind nun A_M und A_L die zusätzlichen Schallwirkungen der Akustik des Aufnahme- und Lautsprecherraumes, so ist der wiedergegebene Schall nicht $c\,.\,(A+A_M)$, sondern

$$c\,.\,(A+A_M)+A_L,$$

was dem Klange etwas Fremdes verleiht. Diesem Mangel kann nur abgeholfen werden, wenn man die Zurückwerfung des Schalles im Aufnahmeraum möglichst unterdrückt, zum Beispiel durch schallabsorbierende Wand- und Deckenbekleidung, so daß nur die dem Ohre bekannte Akustik des Lautsprecherraumes übrig bleibt. (Hier scheint wohl ein Kompromiß nötig, da sonst den Abonnenten mit Kopfhörern jede Raumakustik fehlt, was sich auch sehr störend bemerkbar macht. Der Ber.) Versuche zeigen ferner, daß die Klangfarbe bei der Wiedergabe, zum Beispiel der menschlichen Stimme umso dumpfer wird, je mehr die Intensität gesteigert wird. Die Verfasser führen diese Erscheinung auf das Anwachsen der Kombinationstöne, und zwar hauptsächlich der Differenztöne zurück, die nach Helmholtz[1]) auf der quadratischen Eigenschaft des Trommelfelles als Schallempfänger beruhen und deren verhältnismäßige Amplitude proportional dem Produkte der Amplituden der Einzeltöne von den Frequenzen p und q wächst. Wegen der niedrigen Eigenfrequenz des Trommelfells tritt dabei gewöhnlich der Differenzton von der Frequenz $p-q$ stärker hervor, als der Summationston von der Frequenz $p+q$.

Das Gehör vermittelt ferner durch die Phasenunterschiede zwischen den, die beiden Ohren treffenden Schallwellen eine Vorstellung über die räumliche Verteilung verschiedener gleichzeitig wirkender Schallquellen, die besonders für Orchestermusik kennzeichnend ist. Bei der Wiedergabe durch den Lautsprecher kommen jedoch alle Schallwellen von einem und demselben Punkte her, was umso störender wirkt, als der Richtungssinn sehr empfindlich ist. Nach Untersuchungen von v. Hornbostel und Wertheimer[2]) liegt der Schwellenwert des Gangunterschiedes Δs bei 0·5 bis 1·0 cm; der des Zeitunterschiedes $\Delta t=\Delta s/v$, worin v die Schallgeschwindigkeit bezeichnet, bei 1·5 bis $3{\cdot}0\,.\,10^{-5}$ Sekunden. R. H.

(Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. IV, H. 2, 1925.)

[1]) Lehre von den Tonempfindungen, 6. Aufl. 1913. Beilage XII, S. 646. Vgl. a. den Aufsatz auf S. 13 ff. d. H.

[2]) E. M. v. Hornbostel, Physiologische Akustik: Jahresbericht über die gesamte Physiologie 1920 und 1922.

Über eine Methode zur objektiven Lautsprecheruntersuchung berichtet Ferd. Trendelenburg. Er bediente sich zu seinen Versuchen des Kondensatormikrophons, dessen Amplitude bei Frequenzen zwischen 50 und 5000 Hertz proportional der Amplitude der auftreffenden Schallwelle ist. Das Kondensatormikrophon wird als Kapazität in den Gitterkreis einer Elektronenröhre geschaltet. Dieser Kreis ist mit einer Hochfrequenzquelle gekoppelt und wird so abgestimmt, daß man sich bei Ruhelage des Mikrophons auf der halben Höhe der Resonanzkurve befindet. Dann ist die Modulation des Anodenstromes der Schallamplitude proportional. Der Anodenstrom wird gleichgerichtet; der Niederfrequenzstrom in einem Widerstandsverstärker verstärkt und einerseits einem Lautsprecher, andererseits einer Oszillographenschleife zugeführt. Vor dem Lautsprecher befindet sich ein zweites Kondensatormikrophon in ähnlicher Schaltung, dessen Verstärker jedoch nur eine zweite Oszillographenschleife speist. Der Oszillographenfilm zeigt dann die Wellenformen des ursprünglichen und des vom Lautsprecher reproduzierten Schalles untereinander. Die beiden Kondensatormikrophone lagen natürlich in getrennten Räumen: das erste im Raume der ursprünglichen Schallquelle, das zweite im Lautsprecherraume. Die Wände des letzteren waren zur Dämpfung der Reflexionen überall mit Decken ausgekleidet. Als Lautsprecher wurden der „Blatthaller" und ein gewöhnlicher elektromagnetischer Trichter-Lautsprecher verwendet. Die Fourieranalyse der Oszillographenbilder lieferte folgende Druckamplituden in vH der Amplitude des stärksten Teiltones:

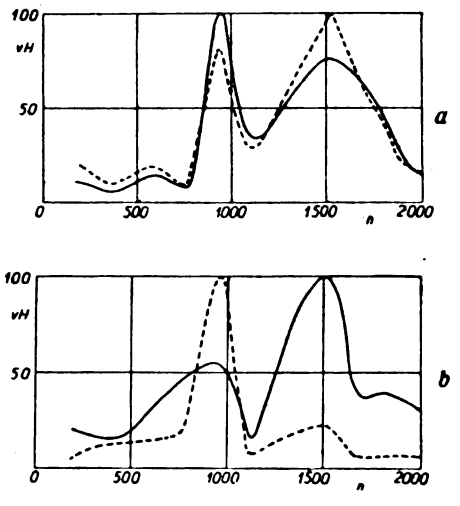


Abb. 2 *a* und *b*.

a) Blatthaller; Vokal A, gesungen:

Frequenz:										
188	376	564	752	940	1128	1316	1504	1692	1880	2068
Stimme:										
11·2	5·7	15·4	8·5	100	34·0	56·4	78·0	69·5	30·3	13·7
Blatthaller:										
26·4	12·0	23·7	6·7	82·0	28·0	62·5	100	66·0	22·0	18·8

b) Trichter-Lautsprecher, Vokal A, gesungen:

Frequenz:									
186	372	558	744	930	1116	1302	1488	1674	1860	2046
Stimme:										
21·5	14·4	25·8	46·5	55·6	13·4	76·2	100	37·0	39·1	21·9
Trichter-Lautsprecher:										
4·9	11·5	11·0	15·6	100	8·6	15·3	24·3	7·1	8·8	7·5

Aus Abb. 2 *a* und 2 *b*, wovon sich die erstere auf den Blatthaller, die letztere auf den Trichter-Lautsprecher bezieht, läßt sich der beträchtliche Unterschied in der Güte der Wiedergabe leicht entnehmen. Die ausgezogene Kurve bedeutet die Frequenzverteilung des ursprünglichen Schalles, die gestrichelte Kurve die der

Digitized by Google

Wiedergabe. (Die Kurven sind nicht so zu verstehen, als ob die vorkommenden Frequenzen eine stetige Kurve ergeben würden; die Fourieranalyse liefert nur die Frequenzen np, worin n eine ganze Zahl und p die Grundfrequenz des Schalles bezeichnet. Die Verbindung der Amplituden-Endpunkte durch eine stetige Kurve soll nur die Größe der Abweichungen deutlicher erkennbar machen. Der Ber.) Ungeachtet der beim Trichter-Lautsprecher beobachteten großen Abweichungen von der ursprünglichen Frequenzverteilung war immerhin auch hier noch der Vokalcharakter dem Ohre erkennbar. Bei tieferer Tonlage verschlechterte sich auch die Wiedergabe durch den Blatthaller; die Klänge erschienen dumpfer. (Der Vergleich mit einem „vorzüglichen" an Stelle eines „gewöhnlichen" Trichter-Lautsprechers wäre wohl für den Unterschied der beiden Systeme noch bezeichnender gewesen. Der Ber.) R. H.
(Wissensch. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. IV, Heft 2, 1925.)

Der selbsttätige Überspannungsschutzschalter der Radioanlagen der Elektrizitäts-Akt.-Ges. Hydrawerk in Charlottenburg besteht darin[1]), daß mit einer Edelgassicherung ein Schmelzsicherungsdraht in Reihe geschaltet wird, der mechanisch mit einem Kurzschlußschalter gekuppelt ist, der parallel zu dem einerseits an der Antenne, andererseits an Erde liegenden Gerät angeordnet ist. Tritt nun zum Beispiel an der Antenne eine Überspannung auf, so wird bei ausreichender Energie eine starke Entladung in der Edelgassicherung auftreten, wodurch der Sicherungsdraht schmilzt, der solcherart den Kurzschlußschalter in Tätigkeit versetzt. Somit ist die Antenne unmittelbar mit der Erde verbunden, das heißt die Überspannung wird zur Erde abgeleitet, und das Gerät, das parallel zu dem selbsttätigen Überspannungsschutz liegt, wird durch den Kurzschlußschalter geschützt. Kn.

Gibt es einen Unterschied zwischen Stoßerregung und Aussiebung von Oberschwingungen beim ruhenden Frequenzwandler? Diese Frage stellt Rich. Kümmich mit Beziehung auf eine Arbeit von O. Emersleben[2]), in der sie auf Grund mathematischer Entwicklungen bejaht wird. Kümmich findet das Gegenteil und widerlegt die Folgerungen Emerslebens durch Aufdeckung seiner Fehlschlüsse. Ein Frequenzwandler besteht aus einem Transformator mit Primär- und abgestimmtem Sekundärkreis, dessen Eisenkern durch Gleichstrom in einer dritten Wicklung stark vormagnetisiert wird. Den Sekundärkreis bestimmen die Konstanten L, C und R. Die in der Sekundärwicklung induzierte EMK sei $v(t)$; eine periodische Funktion der Zeit. Ist i der Strom im Sekundärkreise und Q die Kondensatorladung, so gilt — unter der praktisch nicht zutreffenden, jedoch für die nachstehenden Ausführungen belanglosen Vereinfachung, daß $v(t)$ und L von i unabhängig sind — die Gleichung

$$L \cdot di/dt + Ri + Q/C = v(t) \quad \ldots\ldots (1)$$

oder mit $i = dQ/dt$

$$L \cdot d^2Q/dt^2 + R \cdot dQ/dt + Q/C = v(t). \quad \ldots (1a).$$

Nach Untersuchungen von E. Hilb und M. Riesz[3]) kann nun $v(t)$ in eine Fouriersche Reihe von absoluter Konvergenz verwandelt werden, wenn es eine stetige Funktion darstellt und eine stückweise stetige erste Ableitung besitzt. In diesem Falle kann die Gl. (1a) gliedweise integriert werden und man erhält für Q sowie für $i = dQ/dt$ und $di/dt = d^2Q/dt^2$ absolut konvergente Fouriersche Reihen, die also eine Zerlegung von Q, i und di/dt in Harmonische für alle, der obigen Bedingung entsprechenden Spannungen $v(t)$ darstellen. Der Fehler von Emersleben besteht darin, daß er die Konvergenzbedingung zu enge faßt, indem er nur dann Konvergenz annimmt, wenn $v(t)$ zweimal differenzierbar und die zweite Ableitung $v''(t)$ von beschränkter Schwankung ist. Der schematisch dem Vorgange im Frequenzwandler entsprechende Spannungsverlauf nach Abb. 3 würde daher nach Emersleben keine Entwicklung von i in eine Fouriersche Reihe mehr zulassen und nur durch die Annahme von Stoßerregung zu lösen sein. Dagegen entspricht der Spannungsverlauf sowohl in Abb. 3, als auch in allen anderen praktisch vorkommenden Fällen noch vollständig

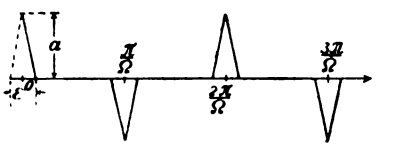


Abb. 3.

der Konvergenzbedingung nach E. Hilb und E. Riesz; der Stromverlauf läßt also ebensogut die Auffassung der Aussiebung von Harmonischen, als auch die der Stoßerregung zu. Zur Stoßerregung gelangt Emersleben durch eine zweite, etwas allgemeinere Form der Lösung von Gl. (1a), die auch die Einschaltvorgänge, die allerdings beim Dauerbetriebe des Frequenztransformators keine Rolle spielen, berücksichtigt. Diese Lösung, auf deren Ableitung wir hier nicht eingehen können, lautet

$$Q(t) = (1/L\,\omega_0) \int_{-\infty}^{t} v(\tau) \cdot e^{-\delta(t-\tau)} \sin \omega_0 (t-\tau)\, d\tau \quad (7).$$

Hierin ist $R/2L = \delta$ und $\sqrt{1/LC - R^2/4L^2} = \omega_0$ (Eigenfrequenz). Den Spannungsstößen nach Abb. 1 würde sonach die Erregung von gedämpft ablaufenden Wellenzügen, also das Bild der Stoßerregung entsprechen. Da aber der Vorgang periodisch mit der Grundfrequenz Ω verläuft, kann man das nach Gl. (7) berechnete Q durch eine periodische Reihe

$$Q(t) = \sum_n \{A_n \sin n\Omega t + B_n \cos n\Omega t\} \quad \ldots (13)$$

darstellen. Hiezu muß $v(t)$ durch irgend eine analytische Funktion oder durch die stetige Aneinanderreihung mehrerer analytischer Funktionen gegeben sein, so daß man die Integration nach Gl. (7) auf irgend einem Wege ausführen kann. Eine zweite Fourierreihe für $Q(t)$ erhält man nun, wenn man unter dem Integralzeichen in Gl. (7)

$$v(\tau) = \sum_n \{C_n \sin n\Omega\tau + D_n \cos n\Omega\tau\} \quad \ldots (8)$$

setzt und die Integration gliedweise vornimmt. Es zeigt sich nun, daß die beiden Reihen die man auf diese Weise für Q erhält, vollkommen identisch sind und durch

$$Q = (1/L) \sum_n \left\{ \frac{C_n(\delta^2 + \omega_0^2 - n^2\Omega^2) + D_n \cdot 2\delta n\Omega}{(\delta^2 + \omega_0^2 - n^2\Omega^2)^2 + 4\delta^2 n^2 \Omega^2} \cdot \sin n\Omega t + \right.$$

$$\left. + \frac{C_n \cdot 2\delta n\Omega - D_n(\delta^2 + \omega_0^2 - n^2\Omega^2)}{(\delta^2 + \omega_0^2 - n^2\Omega^2)^2 + 4\delta^2 n^2\Omega^2} \cdot \cos n\Omega t \right\} \quad \ldots (11)$$

dargestellt werden. Die beiden Auffassungen sind also gleichwertig.

Den „idealen Stoß" erhält man aus dem Spannungsverlaufe nach Abb. 3, indem man sich ε allmählich verkleinert und dafür die Amplitude der Spannung im gleichen Verhältnisse vergrößert denkt. Ist a die Spannungsamplitude und Φ_{max} der Scheitelwert der entsprechenden Kurve des magnetischen Flusses, so ist

$$\int_{-\varepsilon/2}^{+\varepsilon/2} v(t)\, dt = a \cdot \varepsilon/2 = -2\Phi_{max} \quad \ldots (15).$$

[1]) D. R. P. Nr. 421798.

[2]) Jahrbuch d. drahtlosen Telegraphie, Bd. 24, H. 5, S. 105.

[3]) „Neuere Untersuchungen über trigonometrische Reihen", Enzykl. d. mathem. Wissenschaft., Bd. 2, H. 8, 1924, S. 3.

Digitized by Google

Die Spanungsamplitude ist also $a = 4\,\Phi_{max}/\varepsilon$. Läßt man ε gegen Null konvergieren, und setzt voraus, daß die Eigenfrequenz $\omega_0 = m.\Omega$ auf ein ganzes ungerades Vielfaches der Stoßfrequenz abgestimmt sei, so wird

$$Q(t) = \frac{-4\,\Phi_{max}}{L.m\,(1-e^{-2\pi\delta/\Omega})} \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin m\Omega t \quad (16).$$

Die Entwicklung von Q (*t*) in eine Fouriersche Reihe liefert

$$Q(t) = -\frac{4\Omega\,\Phi_{max}}{\pi L} \sum_n \left\{ \frac{2\delta n\Omega}{[\delta^2 + (m^2 - n^2)\Omega^2]^2 - 4\delta^2 n^2 \Omega^2} \cdot \sin n\Omega t + \right.$$

$$\left. + \frac{\delta^2 + (m^2 - n^2)\Omega^2}{[\delta^2 + (m^2 - n^2)\Omega^2]^2 + 4\delta^2 n^2 \Omega^2} \cdot \cos n\Omega t \right\} \quad \ldots (18).$$

Genau denselben Ausdruck erhält man aber, wenn man von der Fourierschen Reihe für die Spannung, das ist

$$v(t) = -\frac{8\Omega\,\Phi_{max}}{\pi} \cdot \sum_n \frac{1 - \cos n\Omega\varepsilon/2}{(n\,\Omega\,\varepsilon/2)^2} \cdot \cos n\Omega t \quad (19)$$

und für $\varepsilon = 0$

$$v(t) = -\frac{4\,\Omega\,\Phi_{max}}{\pi} \cdot \sum_n \cos n\,\Omega t \quad \ldots (20)$$

ausgeht. Also selbst beim idealen Stoß ist ebensogut die Vorstellung der Aussiebung der Harmonischen als auch die der Stoßerregung zulässig. Emersleben begeht hier einen Fehler, insoferne er $dv(t)/dt = s(t)$ und

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \int_0^{\varepsilon} s(t)\,dt = s \pm 0$$

setzt, worin s einen endlichen, von Null verschiedenen Zahlenwert bedeutet. Das ist natürlich falsch, wie man sofort erkennt, wenn man $s(t)$ im Integral wieder durch $dv(t)/dt$ ersetzt, in welchem Falle

$$\int_0^{\varepsilon} s(t)\,dt = \int_0^{\varepsilon} dv = 0$$

wird, da $v_0 = v_\varepsilon = 0$ ist, s hat also stets den Wert Null.

Auch die physikalischen Folgerungen, die aus den beiden gleichwertigen Anschauungen gezogen werden, müssen identisch sein. Die Abstimmung des Sekundärkreises richtet sich daher nicht nach der zugrundegelegten Auffassung, sondern nur nach dem beabsichtigten Zwecke. Will man den Momentanwert zwischen zwei Stößen zu einem Maximum machen, so wird man die Eigenfrequenz zu einem ganzen Vielfachen der Grundfrequenz machen; will man jedoch, daß eine der ungedämpften Schwingungen, in die der ganze Vorgang zerlegt werden kann, eine möglichst große Amplitude erhält, so muß man auf gleiche Blindwiderstände der Kapazität und Induktivität abstimmen. Die Abhängigkeit jeder Stromharmonischen bezüglich Größe und Phase vom Spannungsverlaufe ist nach beiden Anschauungen vorhanden. Der Strom kann aber natürlich nur solange eine von der Eigenschwingung verschiedene Schwingung ausführen als die Spannung nicht Null ist: bei der verschwindenden Zeitdauer des idealen Stoßes ist daher der Stromverlauf nur mehr von der Stärke des Stoßes abhängig. Für die Praxis ist stets die Zerlegung in Harmonische maßgebend, denn alle vom Sekundärkreise angeregten Kreise wie Wellenmesser, Antenne, Rückkopplungsempfänger sind sehr schwach gedämpfte Kreise, die eben selbst die Stromfunktion in ihre Harmonischen zerlegen. Die Harmonische mit der größten Amplitude ist für die Leistung, die übrigen sind für die Störungen durch Ober- und Nebenwellen maßgebend.

R. H.

(Z. f. Technische Physik, Jahrg. 7, Nr. 7, 1926.)

Kleine Mitteilungen.

Der Rundfunk in der Tschechoslowakei. Wie die „Prager Presse" mitteilt, sind im Jahre 1926 in der Tschechoslowakei drei neue Rundfunk-Sendestellen eröffnet worden: Strasnice (5 kW), Brünn (5 kW), Bratislawa (0·5 kW). Ende 1926 waren in der Tschechoslowakei rund 170 000 Rundfunkhörer vorhanden. — Der Anteil der tschechoslowakischen Sendegesellschaft „Radiojournal" in Prag an den Rundfunkgebühren wurde im Jahre 1926 auf 50 vH und ab 1. Jänner 1927 auf 40 vH festgesetzt. Die staatliche Telegraphenverwaltung in der Teschechoslowakei hat dafür die Verpflichtung übernommen, das ganze Netz der Rundfunkstationen in der Tschechoslowakei auszubauen, die Sender drahtlich untereinander zu verbinden, sie in eigener Regie zu unterhalten und auch die nötigen Gebäude für den Rundfunk zu erbauen.

Radiostatistik in Deutschland. Die Gesamtzahl aller Rundfunkteilnehmer im Deutschen Reich beträgt nach dem Stande vom 1. Jänner 1927 1 376 564.

(Mitgeteilt von der Reichs-Rundfunk-Ges. m. b. H., Berlin.)

Patentbericht.

Sendeanlagen für drahtlose Telegraphie.

In neuerer Zeit werden die Großstationen außer mit Antennen für lange Wellen auch noch mit Raumstrahlantennen für kurze Wellen ausgerüstet, die für die Nachrichtenübermittlung zur Nachtzeit verwendet werden. Es tritt nun die Schwierigkeit auf, die Raumstrahlantennen so zu plazieren, daß sie durch die großen Metallmassen und durch die Antennen der Großstationen in ihrer Strahlung nicht behindert werden. Nach einer Erfindung der Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. in Berlin wird die Raumstrahlantenne in eine solche Lage zur Gesamtanlage der Großstation gebracht, daß das ganze Großstationsantennen- und Mastsystem als Spiegel für die kurzen Wellen der Raumstrahlantenne dient, wodurch eine gewünschte Richtwirkung für die Strahlung der Raumstrahlantenne erzielt wird. (D. R. P. Nr. 422775.)

In weiterer Ausgestaltung des obigen Erfindungsgedankens wird nun von der Telefunken-Gesellschaft dem Mast, damit er als Spiegel für die kurzen Wellen wirken kann, eine geeignete Form gegegeben. Da zur Erzielung eines bestimmten Richteffektes zwischen den Schwingungen in der Antenne und den Schwingungen im reflektierenden Mittel eine besondere Phasenverschiebung bestehen muß und im gegebenen Fall eine Abstimmung des Mastes erforderlich ist, so werden Abstimmittel für den Mast verwendet, der Mast wird beispielsweise über einen veränderlichen Wechselstromwiderstand geerdet.

(D. R. P. Nr. 422774.)

Bei der gewöhnlichen drahtlosen Telegraphie werden Schwingungen ausgestrahlt während der Zeiträume, in denen die Signale markiert werden, und keine Schwingungen ausgestrahlt während der dazwischen liegenden Zeiträume; infolgedessen wird ein Empfang unmöglich, wenn das Anwachsen des Signals im Empfänger mit der Länge eines Punktes vergleichbar wird. Gemäß einer Erfindung der Marconi's Wireless Telegraph Comp. in London werden am Ende jedes Signals- oder Markierungsintervalls die Schwingungen in der Antenne in der Phase umgekehrt, und zwar ohne Änderung ihrer Amplitude oder mit einer Verringerung der Amplitude. Der Zeitraum, während dessen diese umgekehrten Phasenschwingungen ausgestrahlt werden, kann gleich oder kleiner als der Zwischenzeitraum zwischen zwei Zeichen sein, und zwar bestimmt sich seine Länge durch die Bedingungen des Empfängers. (D. R. P. Nr. 427597.)

Zweck einer Erfindung von Augustus Taylor in San Francisco ist es, den Ohmschen Widerstand des geerdeten Systems einer Sendestation zu verringern und den Gesamtwirkungsgrad der Station zu erhöhen. Zu diesem Zwecke werden mehrere Rahmenantennen im wesentlichen in einer Ebene so angeordnet, daß die senkrechten Seiten der benachbarten Rahmen aneinanderliegen und jeder Rahmen mit Strom von solcher Phase gespeist wird, daß die Ströme in den benachbarten senkrechten Seiten einander entgegengesetzt sind und sich im wesentlichen aufheben.

(D. R. P. Nr. 422873.)

Digitized by Google

Es ist bekannt, bei Senderanlagen zur Säuberung der Antennenwelle von oberen Harmonischen parallel zur Antenne besondere auf Resonanz mit der Nutzfrequenz abgestimmte, geschlossene Hilfskreise zu schalten. Ferner wird zur erhöhten Sicherheit der Anlage und auch wegen der Oberwellen die Antenne nicht direkt mit ihrer Nutzfrequenz, sondern über einen Lufttransformator gekoppelt. Nach einer Erfindung der Telefunken-Gesellschaft wird nun die In-

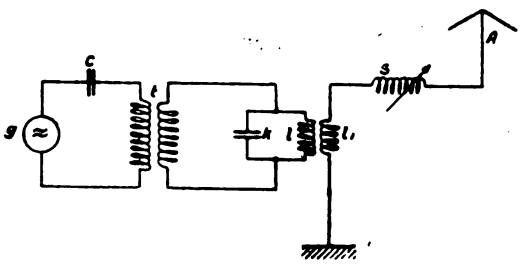


Abb. 1.

duktanz eines solchen Hilfskreises ganz oder teilweise als primäre Spule des Kopplungslufttransformators verwendet. In Abb. 1 ist *g* der Hochfrequenzgenerator, *C* ein Abstimmkondensator, *t* ein Frequenzwandler, *k, l* der Hilfskreis, der mit Spule l_1 im Antennenkreis gekoppelt ist. Der Hilfskreis *k, l* dient also hier zur Lieferung der Nutzenergie, während die unerwünschten Oberwellen dem Kopplungstransformator *l*, l_1 durch den Kondensator *k* entzogen werden.

(D. R. P. Nr. 432680.)

Man kann bekanntlich einen Schwingungskreis dadurch erregen, daß man die aus einer Gleichstromhochspannungsquelle zugeführte Ladung durch einen schnellaufenden Unterbrecher steuert. Dieses Verfahren versagt natürlich, wenn es sich um so hohe Schwingungszahlen handelt, wie sie in allerletzter Zeit zur Überwindung sehr großer Entfernungen in Anwendung gekommen sind, nämlich bis zu 10 und 30 Mill. Schwingungen pro sec. Gemäß einer Erfindung der Telefunken-Gesellschaft werden nun Eisen enthaltende Spulen als Unterbrecher für den Speisestrom benutzt, also Drosselspulen, die durch einen Hilfskreis im Takt der Eigenschwingung des Arbeitskreises gesteuert werden, indem sie durch ihn vormagnetisiert werden. Der Steuerstrom kann auch dem Arbeitskreis selbst entnommen sein, allerdings muß dies dann phasenrichtig geschehen.

(Ö P. Nr. 104325.)

Nach einer Erfindung der Firma Siemens & Halske A.-G., Berlin, wird von einem beliebig aufgestellten Sender Energie ausgesendet und diese von einem als Geber dienenden antennenartigen Gebilde den zu übermittelnden Nachrichten entsprechend beeinflußt (moduliert) und an einer dritten Stelle empfangen. Das ist besonders wertvoll für Flugzeuge, die dann keine Hochfrequenzerzeuger mehr brauchen, sondern lediglich eine Antenne mit Ohmschem oder kapazitivem Mikrophon, welche die aufgenommene Energie nach entsprechender Modulierung weiter strahlt.

(Ö. P. Nr. 104323.)

Eine Erfindung der Telefunken-Gesellschaft sucht die Stromänderungen bei Verstimmung in einem Verbraucherkreis (Antenne) dadurch zu verringern, daß der Kreis, dem eine EMK von einer bestimmten Frequenz aufgedrückt und an den der Verbraucherkreis (Antenne) gekoppelt ist, so bemessen wird, daß seine Eigenfrequenz bei nicht angekoppeltem Verbraucherkreis gleich oder angenähert gleich der Frequenz der EMK ist. Es läßt sich theoretisch beweisen, daß für den Fall, daß der Verlustwiderstand des Energie übertragenden Kreises klein im Verhältnis zum Kopplungswiderstand ist, eine Verstimmung des Sekundärkreises keine starke Abnahme der Stromintensität in demselben hervorruft, das heißt also die Resonanzkurve, wie angestrebt, relativ flach ist.

(D. R. P. Nr. 431939.)

Man hat vorgeschlagen, eine Anzahl von Sendeantennen zu verwenden, die in einer Reihe angeordnet sind, um durch richtige Einstellung der Phasenbeziehung der zugeführten Ströme eine Strahlung zu erzeugen, deren größerer Teil nur in einer der Richtungen wirksam wird, zwischen denen die Reihe liegt. Eine Erfindung der International General Electric Comp. in Schenectady (V. St. A.) besteht nun darin, solchen Antennen die Ströme so zuzuführen, daß sich die günstigsten Phasenbeziehungen zwischen den einzelnen Strömen ergeben. Zu diesem Zwecke wird eine einzige Sendeleitung vorgesehen, welche allen Antennen die Ströme liefert. Das geschieht über Reihen- und Nebenschlußtransformatoren, die so bemessen sind, daß die zugeführte Energie im wesentlichen gleichförmig auf die verschiedenen Antennen verteilt wird und keine Wellenreflexionen von den Speisepunkten her erfolgen. (D. R. P. Nr. 433287.)

Literaturberichte.

3428 **Pioniere der Radiotechnik,** 24 Lebensbilder von Hanns Günther (W. de Haas). 8. Auflage, Verlag Dieck & Co. (Frankhs Techn. Verlag), Stuttgart 1926.

Von den vielen Mitarbeitern am Fortschritte der Radiotechnik werden hier dem Leser nur die 24 bekanntesten Männer in Wort und Bild menschlich näher gebracht. In stattlicher Reihe ziehen sie an uns vorüber: Faraday, Maxwell, Feddersen, Hertz, Righi, Marconi, Branly, Popow, Slaby, Graf Arco, Braun, Wien, Poulsen, Tesla, Fessenden, Alexanderson, Goldschmidt, Karl Schmidt, Fleming, DeForest, v. Lieben, Meissner und zuletzt auch noch Graham Bell und Samuel F. B. Morse. Wer hätte nicht schon diese Namen in Verbindung mit wichtigen Forschritten auf technischem und wissenschaftlichem Gebiete gehört und in wem wäre dabei nicht der Wunsch rege geworden, etwas näheres über das Leben dieser Männer und den Weg, auf welchem sie zu ihren Erkenntnissen gelangt sind, zu erfahren? Man muß dem Verfasser Dank wissen, daß er sich der Mühe unterzogen hat, die oft zerstreuten Nachrichten zu sammeln, um diesem Wunsche gerecht zu werden. Es ist ihm ungeachtet der gedrängten Form gelungen, den Trägern der berühmten Namen Gestalt zu verleihen und ihnen im Gedächtnis unserer Zeitgenossen ein dauerndes Denkmal zu errichten. Dr. Rich. Hiecke.

3017 **Die Störungen beim Radioempfang.** Von Dr. L. Bergmann. 85 Seiten mit 70 Textabb. (Bibliothek des Radioamateurs, herausgegeben von Dr. E. Nesper, Band 31.) Verlag Jul. Springer, 1926. Preis RMk. 3·—.

Der Verfasser behandelt in klarer und übersichtlicher Darstellung die verschiedenen, beim Radioempfang auftretenden Störungen. Die Darstellung beschränkt sich dabei nur auf Störungsursachen, die außerhalb des Empfangsapparates liegen. Die atmosphärischen Störungen, die Intensitätsschwankungen und die verschiedenen Störungen lokaler Natur werden ausführlich besprochen. Mittel gegen diese Störungen — soweit sie eben möglich sind — werden ebenfalls angeführt. Besonders hervorzuheben wäre der Abschnitt über Intensitätsschwankungen, der eine gute Übersicht über die verschiedenen Theorien der Ausbreitung elektrischer Wellen bietet. Sehr angenehm empfindet man die gewissenhaft und überaus zahlreich angeführten Literaturhinweise. Das Buch kann angelegentlichst empfohlen werden. Mittelmann.

3348 **Der deutsche Funkverkehr** von Dr. Ing. Georg Reininger. Lebende Bücher, herausgegeben von Adalbert Deckert. Verlag A. Ziemsen, Wittenberg 1926. Preis Mk. 8·—.

Das mit großer Sachkenntnis geschriebene Buch umfaßt die Technik der drahtlosen Telegraphie und Telephonie entwicklungsgeschichtlich und nach dem neuesten Stande; die Entwicklung des deutschen draht-

Digitized by Google

losen Nachrichtenverkehrs; die öffentlich rechtlichen Bindungen des Funkverkehrs; den gegenwärtigen deutschen Funkverkehr; den Funkverkehr in den großen außerdeutschen Ländern; ferner ausführliche Betrachtungen über die besondere technische Eignung von Funkverkehr und Drahtverkehr; die betriebswirtschaftlichen Verhältnisse des Funkverkehrs und schließlich die Gegenüberstellung der wirtschaftlichen Grundlagen des Funk- und Drahtverkehrs, sowie die Erörterung der gegenwärtigen wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit des Funkverkehrs gegenüber dem Drahtverkehr. Ein Namens-, Sach- und Literaturverzeichnis bildet den Schluß. Dem Texte sind 11 Schaulinienbilder über wirtschaftliche und technische Verhältnisse beigegeben. Da dem Verfasser sowohl amtliches Material der wichtigsten deutschen Reichspoststellen als auch solches der wichtigsten Gesellschaften zur Verfügung stand, muß seinen Ausführungen ein besonderer Wert zuerkannt werden. Seine Sprache ist überaus klar, seine Ausführungen von kritischer Schärfe und die wirtschaftlichen Verhältnisse werden an Hand der technischen Eigenschaften der verschiedenen Verkehrssysteme in überzeugender Weise entwickelt. Das Buch kann allen jenen, die sich nicht nur für die technische, sondern auch für die wirtschaftliche Seite des Funkverkehrs interessieren, wärmstens empfohlen werden.

Dr. Rich. Hiecke.

3017 **Die Hochantenne.** Von Dipl. Ing. Friedrich Dietsche. Bibliothek des Radioamateurs, herausgegeben von Dr. Eugen Nesper, 25. Band. VII und 113 Seiten mit 110 Textabbildungen. Berlin, Verlag von Julius Springer 1926. Preis RMk. 3·90.

Das Büchlein bringt das Wichtigste über die Theorie der Hochantenne, die behördlichen Vorschriften (Bestimmungen der Reichspost und Leitsätze des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für die Errichtung von Hochantennen) und ist bestrebt, durch eingehende Beschreibung der konstruktiven Einzelheiten an Hand guter Abbildungen dem Amateur die nötigen Anhaltspunkte für Bauart und Ausführung, nicht ohne gerechtfertigte, eindringliche Abmahnung vor zu weit gehender unsachgemäßer Selbstherstellung, zu geben. Von der mechanischen Berechnung wird mit Rücksicht auf die in den Leitsätzen enthaltenen Tabellen für Spannweite und Durchhänge abgesehen. Die Frage der einzuhaltenden Abstände zwischen Antennen benachbarter Empfangsanlagen in dicht verbautem Gebiet erscheint nicht näher behandelt, obwohl derselben bereits eine steigende Bedeutung zukommt. Einige Unebenheiten des Stils wären leicht zu glätten gewesen. Die Nennung von Ausführungen einzelner Firmen in einem Zusammenhang, der nicht eine umfassende Darstellung aller wichtigen Ausführungsformen gibt, würde wohl besser unterbleiben. Diese kleinen Mängel beeinträchtigen die Brauchbarkeit des zur Vervollständigung der Sammlung notwendigen Bändchens nicht. Dr. Grann.

3423 **Das elektrische Fernsehen und das Telehor.** Von Dénes von Mihaly. Zweite, durch einen Nachtrag erweiterte Ausgabe. 196 S. mit 112 Abb. Verlag von M. Krayn, Berlin 1926.

Von der Phototelegraphie ausgehend, erörtert der Verfasser die Unterschiede des Fernsehens gegenüber dem Phototelegraphen und die Schwierigkeiten, die sich der direkten Verwirklichung des Fernsehens entgegenstellen, sowie die grundsätzliche Einrichtung der erforderlichen Apparate. Sodann bespricht er kritisch eine Reihe von Versuchen zur Lösung der Frage, die bis in das Jahr 1875 zurückreichen und schildert hierauf seine eigenen Arbeiten, die in der Schaffung des Telehor[1]) gipfeln. In dem Nachtrag, der fast die Hälfte des Buches umfaßt, sind die Arbeiten auf dem Gebiete der Bildübertragung und des Fernsehens aus der letzten Zeit behandelt.

Wenn auch das Fernsehen im Gegensatz zum Fernhören noch nicht soweit praktisch durchgebildet ist, daß man an seine allgemeine Verwendung denken kann, so zeigt doch das vorliegende Buch, daß es sich nicht mehr um eine Utopie handelt und es zeigt ferner, welche ungeheure Menge von wissenschaftlicher Arbeit auf diesem Gebiete bereits geleistet wurde. Schon mit Rücksicht auf diesen Umstand verdient das Buch Anerkennung und es bildet sicher eine Bereicherung der auf diesem Gebiete noch ziemlich spärlichen Fachliteratur. —K.

3440 **Wetterfunk, Bildfunk, Television.** (Drahtloses Fernsehen.) Von Dr. Gustav Eichhorn. 82 Seiten mit 36 Abb. Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin 1926.

Der Verfasser berücksichtigt bei der Darstellung des Stoffes lediglich die Entwicklung im Deutschen Reiche, vornehmlich die Arbeiten von Dieckmann und Karolus werden ausführlich behandelt. Nach einer kurzen Einleitung über die teleautographische Methode wird an Hand von Patentschriften eine sehr ausführliche Beschreibung der Dieckmannschen Funkbildgeräte gegeben. Leider ist der nächste Abschnitt über die Reliefmethode von Belin sehr kurz gehalten. In einer nächsten Auflage wären die in letzter Zeit erfolgreich durchgeführten Versuche dieses Systems vielleicht doch zu berücksichtigen.

Nach einem Abschnitt über die Methode der lichtempfindlichen Zellen im allgemeinen, folgt eine ausführlichere Besprechung des Systems von Karolus-Telefunken, worüber in dieser Zeitschrift schon eingehend berichtet worden ist[1]). Lediglich eine eingehendere Darstellung des Sychronisierungsvorganges wäre wünschenswert. Auch das Problem des Fernsehens wird angeschnitten, doch werden auch hier nur die Entwicklungsmöglichkeiten des Karolus-Systems und auf Grund von Patentschriften der Fernseher von Dieckmann mit mehrfach modulierter Trägerwelle besprochen. Die Darstellung des Gebotenen ist in ihrer knappen Sprache klar und deutlich. Auch die Ausstattung des Buches ist eine sehr gute.

Mittelmann.

Eingegangene Bücher.

Radiotechnik. III. Band. Die Empfänger unter besonderer Berücksichtigung der Rundfunkempfangsschaltungen. Von Dipl. Ing. Hermann Saacke. Mit 82 Abb. Sammlung Göschen, Band 951. Berlin und Leipzig 1926. Preis Mk. 1·50. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig.

Physikalische Grundlagen der Wellentelegraphie und -Telephonie. Von o. ö. Prof. Dr. J. Tuma. Verlag H. Bechhold, Frankfurt a. M. 1926. Preis kart. Mk. 3·90, geb. Mk. 4·80.

Grundriß der Funken-Telegraphie in gemeinverständlicher Darstellung. Von Dr. Franz Fuchs. 18. Auflage, 270 Textabb. München und Berlin 1926, Verlag R. Oldenbourg. Preis geh. Mk. 3·60.

Theorie und Praxis des Transponierungsempfängers mit besonderer Berücksichtigung des Ultradyne-Empfängers. Von Ing. Karl Kontrus und Dr. Wilhelm Altar. 99 Seiten mit 50 Abb. im Text und einem Schaltplan. Verlag von Halm & Goldmann, Wien. Preis S 5·—.

(Die Schriftleitung behält sich die ausführliche Besprechung einzelner Werke vor.)

[1]) Vgl. Die Radiotechnik, 1926, H. 8, S. 79.

[1]) Die Radiotechnik 1926, Heft 7, S. 61.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 3 **6. März 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Zur Messung der Spannungsverstärkung bei Niederfrequenzverstärkern. Von Manfred von Ardenne, Berlin. S. 25. / Die Bedeutung der Elektroakustik für den Rundfunk. Von Prof. Dr. F. Aigner, Wien. (Fortsetzung). S. 28. / Die Arbeiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik. S. 30. / RUNDSCHAU. S. 31. / PATENTBERICHT. S. 35. / LITERATURBERICHTE. S. 36.

Zur Messung der Spannungsverstärkung bei Niederfrequenzverstärkern.

Von Manfred von **Ardenne**, Berlin.

Für die Beurteilung von Niederfrequenzverstärkern ist es wichtig, den Verstärkungsgrad innerhalb des in Frage kommenden Frequenzbereiches zu kennen. Während bei Telegraphieverstärkern im allgemeinen die Untersuchung des Bereiches von 300 bis 3000 Hertz genügt, müssen bei Anordnungen, die zur Übertragung von Musik oder Sprache bestimmt sind, die Messungen bei Frequenzen zwischen etwa 50 und 10 000 Hertz durchgeführt werden. In der Regel ist es ausreichend, wenn die Größe der Spannungsverstärkung bekannt ist, weil aus ihr und den Wechselwiderständen im Eingangs- und Ausgangskreis die Leistungsverstärkung ermittelt werden kann und außerdem bei Mehrfachverstärkern die ersten Stufen als reine Spannungsverstärkerstufen anzusehen sind.

Zur Messung der Spannungsverstärkung bestehen verschiedene Wege. Häufig benutzt ist die Kompensationsmethode mit der Frankeschen Maschine[1]). Diese Methode ist jedoch wegen des hohen Preises der erforderlichen Maschine nicht allgemein anwendbar. Außerdem sind mit ihr meist nur Messungen bis Frequenzen von zirka 3000 Hertz möglich. Bei Vorhandensein eines geeigneten Wechselstromerzeugers ist weiterhin die Brückenmethode wichtig, die von Pirani[2]) zur Messung von Verstärkern und neuerdings von L. Müller[3]) zur Messung von Kopplungstransformatoren benutzt wurde. Neben den erwähnten Verfahren hat die naheliegende Methode der direkten Spannungsmessung am Eingangs- und Ausgangskreis des Verstärkers eine besondere Bedeutung. Zur Spannungsmessung sind hier Instrumente mit sehr hohen inneren Widerständen (über 10^7 Ohm) und wenigen cm Kapazität erforderlich, die Wechselspannungen von wenigen V mit guter Genauigkeit abzulesen gestatten. Die Methode der Spannungsmessung mit dem Röhrenvoltmeter ist von Mühlbrett[4]) durchgebildet worden. Im folgenden soll ein ähnliches Verfahren beschrieben werden, bei dem die Spannungsmessung durch ein Einfaden-Elektrometer erfolgt. Als Wechselstromquelle ist vorzüglich eine Anordnung geeignet, wo zwischen zwei hochfrequenten Grundschwingungen eine Interferenzschwingung entsteht. Bei geeigneter Dimensionierung und genügend loser Kopplung der beiden erforderlichen Überlagerer[5]) kann erreicht werden, daß das Verhältnis der Amplituden der beiden Grundschwingungen zueinander konstant bleibt, gleichgültig ob die Differenz ihrer Schwingungszahlen nur wenige Hertz oder 10 000 Hertz beträgt. Die Amplitude der aus einer solchen Interferenzschwingung nach der Gleichrichtung entstehenden Schwebungsschwingung ist daher innerhalb des erwähnten Bereiches unabhängig von der Frequenz, falls nicht die Gleichrichtung frequenzabhängig ist. In Abb. 1 ist ein Widerstandsverstärker angegeben, in dessen erster Stufe die Anodengleichrichtung mit kapazitiver Belastung des Anodenkreises[6]), die die erwähnte Bedingung bei den hier benutzten Abmessungen erfüllt, vorhanden ist. Bei Wahl einer genügend kurzen Grundwelle (zirka 400 m) muß die Gleichrichtung schon in der ersten Stufe erfolgen, da durch den Einfluß der schädlichen Kapazitäten dann keine wirksame Hochfrequenzverstärkung mehr stattfindet. Die Ohmschen Anodenwiderstände sind mit $0{\cdot}3 \cdot 10^6$ Ohm so gewählt,

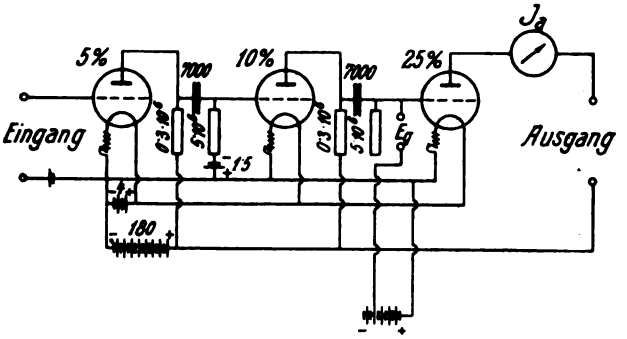


Abb. 1.

daß auch bei der höchsten für die Messung in Frage kommenden Frequenz der Verstärkungsgrad des Meßverstärkers nur auf etwa 80 vH des im mittleren Hörbereich vorhandenen Verstärkungsgrades zurückgeht. Die Gitterkondensatoren und Gitterableitwiderstände sind weiterhin so dimensioniert, daß keine Benachteiligung tiefer Töne (bis zu Frequenzen von 20 Hertz) stattfindet. Bei den verschiedenen Frequenzen[7]) wurden

[1]) A. Franke, ETZ 34, 433, 1913; vgl. a. E. u. M. 1913, S. 520.

[2]) M. Pirani, Jahrb. d. drahtl. Telegr., Bd. 16, Heft 2, 1920.

[3]) L. Müller, Arch. f. Elektr., Bd. 16, H. 3, 1926.

[4]) K. Mühlbrett, Arch. f. Elektr., Bd. 9, S. 355, 1920.

[5]) Dieser Teil der Meßanordnung ist bereits an anderer Stelle diskutiert worden, wo die gleiche Apparatur zur Messung der Frequenzabhängigkeit von Widerstandsverstärkern benutzt worden ist. Vgl. M. v. Ardenne, „Über die Dimensionierung von Widerstandsverstärkern unter besonderer Berücksichtigung der Verzerrungen“. ETZ, Bd. 48, Heft 2, S. 36, 1927.

[6]) Vgl. hiezu M. v. Ardenne, „Über Anodengleichrichtung“, Jahrb. d. drahtl. Telegr. (erscheint demnächst) und M. v. Ardenne, „Über die Gleichrichtung in Widerstandsempfängern“, Funk 1927, Heft 8.

[7]) Die Eichung der Wechselstromquelle in Frequenzen erfolgt am besten durch ein gut gestimmtes Klavier oder durch ein Monochord. (Vgl. L. Müller, „Beiträge zur Untersuchung von Verstärker-Transformatoren“, l. c.) Bei der benutzten Interferenzanordnung ist bei Frequenzen unter 1000 Hertz die gewünschte Frequenz aus der Eichkurve kaum mit der erforderlichen Genauigkeit einstellbar. Aus diesem Grund ist für jede Messung bei Frequenzen unter 1000 Hertz eine Neueichung notwendig.

Digitized by Google

die Wechselspannungen an einem Ohmschen Widerstand, der im Anodenkreis der Endröhre des Verstärkers lag, gemessen. Hiernach kann die Anordnung innerhalb des Bereiches von 20 bis 3000 Hertz als völlig frequenzunabhängig angesehen werden. Die bei Frequenzen zwischen 3000 und 10 000 Hertz vorhandene sehr geringe Frequenzabhängigkeit ist bei den unten wiedergegebenen Messungen berücksichtigt worden.

Nachdem die Frequenzabhängigkeit der Meßanordnung bekannt ist, können Frequenzabhängigkeitsmessungen von beliebigen Übertragern, insbesondere von Gittertransformatoren, vorgenommen werden, indem diese in den Anodenkreis der Endröhre eingeschaltet werden.

Die Messung der Wechselspannungen erfolgte bei den unten wiedergegebenen Messungen mit einem Wulfschen Einfaden-Elektrometer[8]) der neuen Ausführung von Leybold's Nachf., Köln, dessen

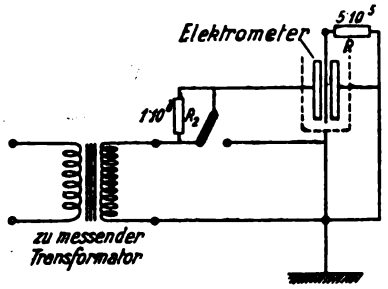


Abb. 2.

Kapazität auch bei den benutzten kleinen Keilabständen den Betrag von 10 cm nicht überstieg. Durch Verwendung eines 2 μ-Fadens und eines besonders dünnen Quarzbügels, durch sehr schwache Anspannung des Fadens und durch Benutzung eines Schneidenabstandes von nur etwa 1 mm konnte eine Empfindlichkeit erreicht werden, die noch Effektivspannungen von 0·5 V mit guter Genauigkeit abzulesen gestattete. Wegen des nahezu quadratischen Empfindlichkeitsgesetzes dieses Instrumentes war naturgemäß die Meßgenauigkeit bei höheren Spannungen ganz wesentlich größer. Auch bei

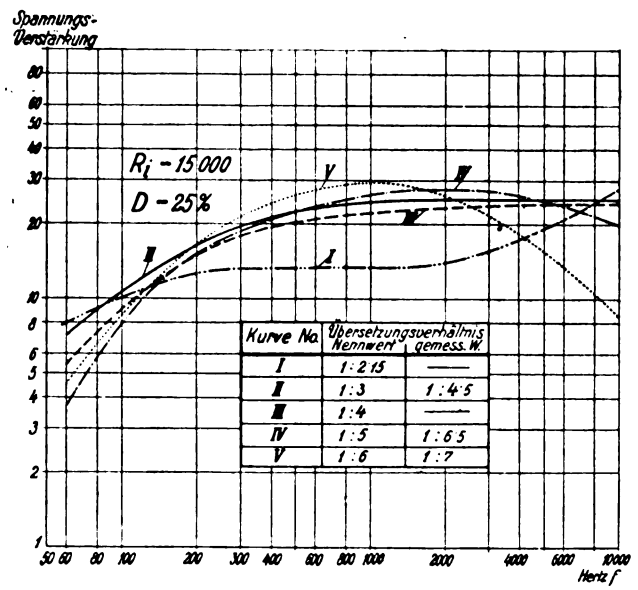


Abb. 3.

der schwachen Fadenspannung blieb die Eichung des Instrumentes über Zeiträume von einigen Stunden und bei stärkerer Fadenspannung über Zeiträume von mehreren Tagen mit der erforderlichen Genauigkeit erhalten.

Die Schaltung, in der das Elektrometer zur Messung von Transformatoren benutzt wurde, ist aus Abb. 2 zu erkennen. Der Widerstand R wurde in die Zuleitung zum Faden gelegt, um eine Zerstörung des Fadens bei Anschlagen an die Schneiden zu verhindern. Selbst bei sehr vorsichtigem Arbeiten kommt das Anschlagen des Fadens bei geringen Schneidenabständen und dem Empfindlichkeitsgesetz des Instrumentes gelegentlich vor. Weiterhin ist darauf zu achten, daß während der Anschaltung das Instrument nicht einen Augenblick offen ist, da (wegen der vorzüglichen Isolation) immer vorhandene Potentiale unzulässig große Ausschläge hervorrufen können. Um dies zu vermeiden, wurde der Widerstand R_2 bei der Anordnung Abb. 2 angebracht. Die Ohmsche Belastung, die durch das Instrument eintritt, ist wegen der vorzüglichen Bernstein-Isolation auch bei den höchsten in Frage kommenden Übersetzungsverhältnissen klein gegenüber dem Isolationswiderstand und dem Verlustwiderstand des Transformators. Die kapazitive Belastung durch das Instrument ist neben der Wicklungskapazität der üblichen Gittertransformatoren (zirka 70 cm) klein und ist eher sogar für diesen Zweck noch etwas zu schwach, weil die wirksame Gitterkapazität einer normalen Verstärkungsröhre (10 vH Durchgriff) im Betriebsuzstand und bei dem üblichen Schaltungsaufbau oft bis zu 20 cm (im Gegensatz bis zu 10 cm des Instrumentes) beträgt. Es empfiehlt sich, die Wechselspannung E_g am Gitter der letzten Röhre des Meßverstärkers bei einer beliebigen Frequenz im mittleren Hörbereich festzustellen und durch geeignete Einstellung der Über-

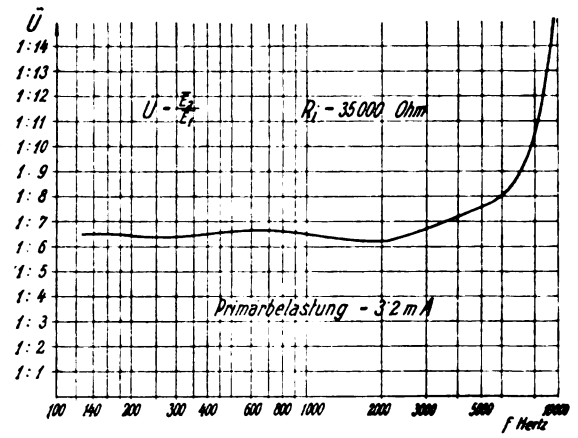


Abb. 4.

lagererkopplungen auf einen bequemen Wert (etwa 0·5 V) zu bringen. Eine Nacheichung bei den Frequenzen an der oberen Grenze des Hörbereiches ist im allgemeinen nicht notwendig, wenn die Frequenzabhängigkeit bekannt ist und nachträglich berücksichtigt wird. Die jeweilige Spannungsverstärkung der letzten Röhre des Meßverstärkers mit Kopplungstransformator beträgt $V = \frac{E_{g_2}}{E_{g_1}}$, wobei E_{g_2} die an der Sekundärseite des Transformators gemessene Wechselspannung bedeutet.

Die Feststellung des Verstärkungsgrades und der Frequenzabhängigkeit, ohne daß der Gitterkreis der folgenden Röhre an die Sekundärwicklung des Transformators gelegt ist, ist nur dann für die Praxis wertvoll, das heißt erlaubt nur so lange weitere Schlüsse, als die im Betriebszustand vorhandene Scheinkapazität den Betrag von 20 bis 30 cm nicht wesentlich übersteigt. Die wiedergegebenen Transformatorenmessungen sind daher ausreichend genau, wenn wie gewöhnlich die Sekundärspannungen an das Gitter einer Endverstärkerröhre mit großem Durchgriff geführt werden. Falls eine größere Anodenrückwirkung zu erwarten ist (große Röhrenverstärkung, große C_{ga}, nur wenig von 180° abweichende Phasenverschiebung zwischen E_a und E_g) oder falls bei geringer Transformatorendämpfung und für die Resonanzfrequenz induktiver Belastung des Anodenkreises der folgenden Röhre Rückkopplungen über die Gitter-Anode-Kapazität wahrscheinlich sind, empfiehlt

[8]) Th. Wulf, „Ein Einfadenelektrometer". Phys. Zeitschr., 15, S. 250, 1914.

Digitized by Google

es sich, die Messung mit der beschriebenen Anordnung im Betriebszustand vorzunehmen.

In Abb. 3 sind Verstärkungskurven von Niederfrequenztransformatoren mit den verschiedenen bei Rundfunkverstärkern üblichen Übersetzungsverhältnissen gemessen worden. Der Anodengleichstrom betrug bei dieser Messung 5 mA. Die Kurven der verschiedenen Transformatoren verlaufen im oberen Hörbereich bis auf das Übersetzungsverhältnis 1 : 6 (Nennwert) vorteilhaft[9]). Bei Frequenzen unter 200 Hertz

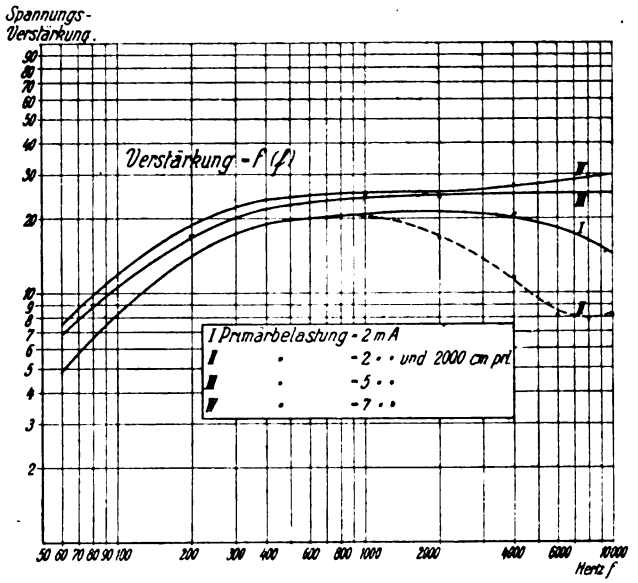


Abb. 5.

nimmt der Verstärkungsgrad jedoch schnell ab, was bei Verwendung der relativ frequenzunabhängigen (neuerdings von verschiedenen Seiten in den Handel gebrachten) Großflächenlautsprecher für die Gesamtwirkung der Wiedergabe sehr schädlich ist. Nur bei Übersetzungsverhältnis 1 : 2, das jedoch dafür im mittleren Hörbereich nur eine etwa 13fache Spannungsverstärkung ermöglicht, ist der Wechselwiderstand der Primärwicklung des Transformators auch noch bei tiefen Tönen so groß, daß noch auf dem oberen asymptotischen Teile der $\frac{\mathfrak{R}_a}{\mathfrak{R}_a + R_l}$ — Kurve gearbeitet wird, wo naturgemäße Änderungen von $\mathfrak{R}_a$ weit weniger die Verstärkung beeinflussen, als auf den unteren steilen Teilen dieser Kurve. In Abb. 4 ist für ein Modell die

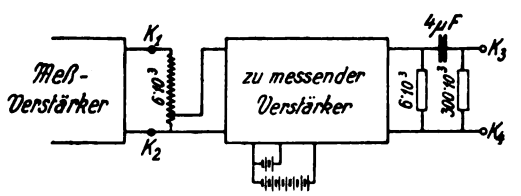


Abb. 6.

Abhängigkeit des Übersetzungsverhältnisses (Nennwert 1 : 5) von der Frequenz gemessen worden. Die Verstärkungskurven sind bei Transformatorenverstärkern naturgemäß stark abhängig von der Vormagnetisierung des Eisenkernes, das heißt von dem die Primärwicklung durchfließenden Gleichstrom. In Abb. 5 sind die bei verschiedenen Anodenströmen an einem 1 : 4·5-Transformator gemessenen Verstärkungskurven wiedergegeben. Die verschiedenen Anodenströme wurden durch entsprechende Gitterspannungswerte an der Endröhre des Meßverstärkers eingestellt; benutzt wurde bei diesen Messungen eine Röhre, deren Kennlinie innerhalb des Anodenstrombereiches von 2 bis 7 mA als recht linear angesehen werden konnte. Die Kurve II in Abb. 5 zeigt

[9]) Es wurden die handelsüblichen Modelle eines der besten Fabrikate gemessen.

den Einfluß eines Parallelkondensators von 2000 cm zur Primärwicklung des Transformators.

Durch die Schaltung Abb. 6 läßt sich die bisher diskutierte Anordnung zur Messung des Verstärkungsgrades beliebiger Verstärker benutzen. In den Anodenstromkreis der letzten Röhre des Meßverstärkers ist ein reiner Ohmscher Widerstand gelegt, an dem eine geeignete Teilspannung abgenommen wird. Besonders geeignet ist ein Präzisions-Kurbelwiderstand mit Wicklung nach Wagner und Wertheimer[10]). Der Ver-

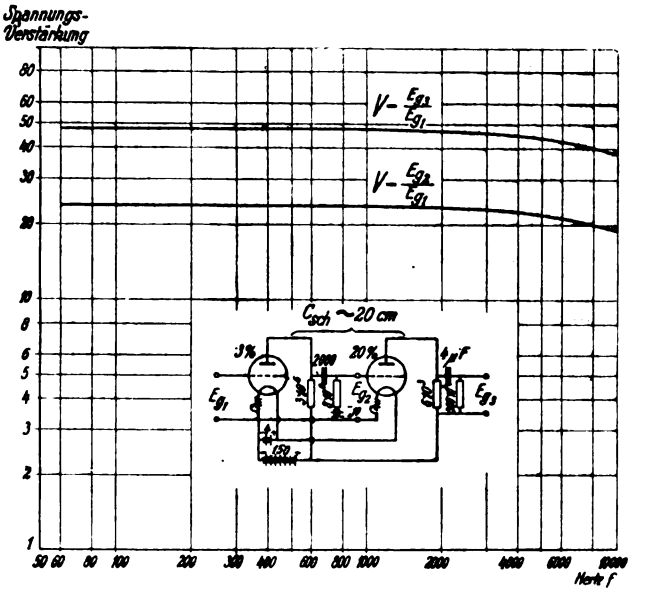


Abb. 7.

stärkungsgrad kann hier auf zwei Arten leicht ermittelt werden. Er ergibt sich aus dem Verhältnis der entsprechenden Widerstände, wenn die Spannung an den Klemmen K_1, K_2 und K_3, K_4 durch geeignete Wahl des Potentiometerabgriffes auf den gleichen Betrag gebracht wird. Andererseits läßt sich die Verstärkung dadurch bestimmen, daß die Ausgangsspannung gemessen und ihr Verhältnis zur Eingangsspannung ermittelt

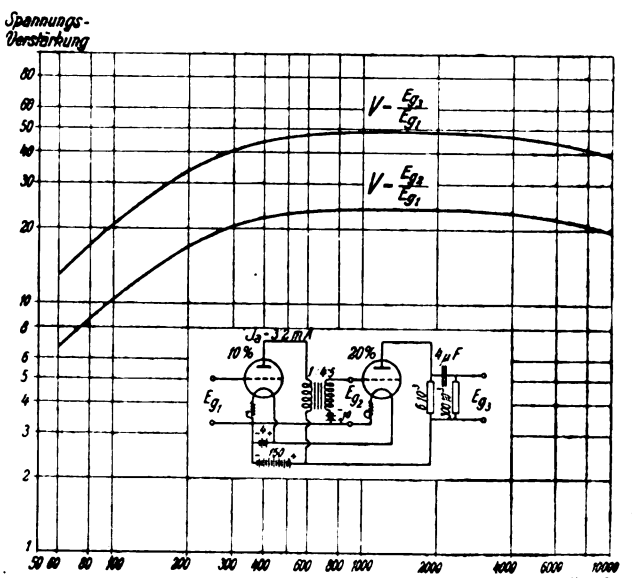


Abb. 8.

wird. Die Eingangsspannung wird hierbei zweckmäßig bei Mehrfachverstärkern nicht direkt festgestellt, sondern aus der Wechselspannung an den Klemmen K_1, K_2 und dem entsprechenden Widerstandsverhältnis.

Mit der besprochenen Meßanordnung wurde ein Verstärker mit Widerstandskopplung mit einem Trans-

[10]) Hersteller: Felten & Guilleaume, Köln-Mühlheim.

Digitized by Google

formatorenverstärker hinsichtlich Verstärkungsgrad und Frequenzabhängigkeit verglichen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in den Abb. 7 und 8 wiedergegeben. Der Vergleich ermöglicht ein eindeutiges Urteil zu fällen, weil die gleichen Endstufen und die gleichen Anodenspannungen benutzt wurden und außerdem die Spannung in gleicher Weise an die Gitter der ersten Röhren gelegt wurde. Die genauen Abmessungen der beiden Verstärker sind aus den Zeichnungen in Abb. 7 und 8 zu entnehmen. Der Transformator der Anordnung Abb. 8 besaß ein Übersetzungsverhältnis 1 : 4·5[11]) (Nennwert 1 : 3). Wie aus theoretischen Überlegungen zu erwarten ist[12]), zeigt sich der Widerstandsverstärker mit der angegebenen Dimensionierung sowohl hinsichtlich des mittleren Verstärkungsgrades, als auch hinsichtlich der Frequenzzabhängigkeit dem Transformatorenverstärker überlegen. Die Spannungsverstärkung der Endröhre war wegen des großen Durchgriffes und des kleinen Ohmschen äußeren Widerstandes nur zweifach.

Der Hauptvorzug der Verstärkungsmessungen mit dem Elektrometer, der von besonderer Bedeutung auch für die Apparate- oder Teilprüfung einer Serienfabrikation ist, besteht darin, daß (da der Faden des Elektrometers sich momentan einstellt und nach einmaliger Einstellung die Skala des Instrumentes in Verstärkungsgraden geeicht werden kann) die Messungen bei guter Genauigkeit nur eine relativ sehr kurze Zeit beanspruchen. Bei allen mit dieser Anordnung vorgenommenen Messungen stimmten die nach der Barkhausenschen Spannungsverstärkerformel zu erwartenden Verstärkungsgrade sehr genau mit den gemessenen Werten überein.

[11]) Wie schon aus dem Verlauf der entsprechenden Kurven zu ersehen ist, wurde ein besonders gutes Fabrikat des Handels benutzt.

[12]) M. v. Ardenne, „Ein Vergleich zwischen Transformatorenverstärker und Widerstandsverstärker." Jahr. d. drahtl. Telegr. u. Teleph., Bd. 27, Heft 6.

Die Bedeutung der Elektroakustik für den Rundfunk.

Von Prof. Dr. F. **Aigner**, Wien.

(Fortsetzung aus Heft 2, Seite 17.)

II.

Nachdem wir gesehen haben, welche akustischen Vorgänge sich beim Sprechen und Musizieren abspielen, können wir auf Grund dieser Kenntnisse an die Lösung der Aufgabe schreiten, den Frequenzumfang abzugrenzen, den zum Beispiel ein gut gebauter Radioempfänger mit gleichmäßiger Empfindlichkeit durchlassen muß, um schließlich im Telephon die menschliche Sprache in formvollendeter Klarheit zu erhalten und von einer musikalischen Darbietung einen wirklich künstlerischen Eindruck zu gewinnen.

Eingehende Untersuchungen haben ergeben, daß bezüglich der Verständlichkeit der Sprache zunächst für das gewöhnliche Telephonieren es vollkommen hinreicht, wenn ein Frequenzbereich, oder wie man auch zu sagen pflegt, ein Frequenzband von 200 bis 2500 Hertz übertragen wird. Dieses Frequenzband schließt alle maßgebenden Formantenregionen der Vokale ein und liefert für die Erkennbarkeit der Konsonanten auch noch die daselbst erforderlichen hohen Schwingungszahlen. Man versteht bei Übertragung des genannten Tonintervalles wirklich noch recht gut, jedoch nur dann, wenn in zusammenhängenden Sätzen gesprochen wird. Einzelne zusammenhanglose Wörter werden hingegen bereits nicht mehr mit Sicherheit erfaßt.

Für eine hochqualifizierte Sprachübertragung hingegen, wie sie der Rundfunk erfordert, braucht man allerdings noch höhere Frequenzen; hier dürfte gegenwärtig ein Frequenzband, das bei 5000 Hertz abschneidet, im allgemeinen ausreichen, besonders mit Rücksicht darauf, daß es bis heute noch nicht recht gelungen ist, Empfangsapparate zu bauen, deren gleichmäßiger Durchlässigkeitsbereich weit über diese Grenze von 5000 Hertz hinaufreicht. Auch darf nicht übersehen werden, daß das gewöhnliche Kopftelephon in seiner gegenwärtigen Konstruktion hier ebenfalls vorläufig diese Grenze setzt.

Nun darf man es sich aber in der Wissenschaft etwa nicht bequem machen und wegen der beiden gegenwärtig vorhandenen Grenzen die Hände in Schoß legen, sondern es ist trotz dieser momentanen Beschränkung mit Hilfe von ganz speziellen Apparaturen und eigens dazu ersonnenen Versuchsanordnungen die Frage zu klären, für welche Frequenzbandbreite tatsächlich alle, auch die zartesten Feinheiten der Sprache wiedergegeben werden. Diese Beantwortung hat ja außer einer reinen Erkenntnis den eminent praktischen Wert, daß durch die Kenntnis der maximal erforderlichen Frequenzbandbreite das Problem der Behebung der gegenwärtig vorhandenen Beschränkungen abgegrenzt und auf seine Lösbarkeit untersucht werden kann.

Versuchsanordnungen raffiniertester Natur mit einem bewundernswerten Aufwand von Scharfsinn haben gezeigt, daß für eine wirklich ideale Sprachübertragung ein Frequenzband von 100 bis 10 000 Hertz erforderlich wäre.

Die gleiche Frage wie für Sprache ist nun auch für Musik zu beantworten. Der Umfang der musikalischen Instrumente reicht vom tiefsten Orgelton bis zum musikalisch höchsten Ton der Pikkoloflöte, also bis rund 5000 Hertz. Das sind aber bloß die Grundtöne der gebräuchlichen musikalischen Instrumente, zu denen noch notwendigerweise die ihre Klangfarbe charakterisierenden Oberschwingungen hinzutreten müssen. Man hat hier gefunden, daß eine einigermaßen getreue Musikwiedergabe ein Frequenzband von 30 Hertz bis mindestens 10 000 Hertz erfordert. Letzteres genügt dann auch reichlich für die einwandfreie Übertragung der Sprache.

Um diese Frequenzbanddurchlässigkeit zu erreichen, sind noch eine Fülle von außergewöhnlich schwierigen Problemen elektroakustischer Natur zu lösen; gegenwärtig müssen wir uns mit dem bisher Erreichten zufrieden geben; und das können wir auch, denn der Fortschritt einer Rundfunkübertragung gegenüber einer gewöhnlichen Drahttelephonübertragung ist bereits ein enormer; was noch kommt, sind Feinheiten, die allerdings, wenn sie einmal eine Lösung gefunden haben, wie das ja immer so ist, niemand mehr entbehren wird wollen.

Eine interessante Frage ist ferner die, was geschieht, wenn das Sprachfrequenzband nach oben hin beschnitten wird. Diese Frage beantwortet sich leicht aus den Ergebnissen der Klangforschung. Von einer gewissen Beschneidung des Frequenzbandes ab muß die Sprache immer dumpfer werden, da die hohen Formantregionen nicht mehr im Telephon erscheinen und bei noch weiterer Beschneidung des Tonbereiches wird schließlich die Sprache vollkommen unverständlich. Ein Zwischenstadium liegt darin, daß man von einer bestimmten Beschneidung ab zwar noch ganz gut zusammenhängend Gesprochenes versteht, aber den Sprecher, auch wenn man ihn noch so gut kennt, nicht mehr erkennen kann. Dies tritt offenbar dann ein, wenn die schwachen, die persönliche Klangfarbe charakterisierenden Frequenzen bereits weggeschnitten wurden, also nicht mehr im Telephonklang enthalten sind und

Digitized by Google

nur mehr die zur Verständlichkeit unbedingt erforderlichen Formantregionen gehört werden.

Eine entsprechende Beschneidung des Musikfrequenzbandes bewirkt zunächst eine Änderung der Klangfarbe der Instrumente und weiter getrieben, werden die Instrumente als solche nicht mehr erkannt, bis schließlich bei noch weiterer Einengung des übertragenen Tonbereiches eine Verwechslung mit einem ganz anderen Instrument eintritt. So wird beispielsweise in einem Empfänger, der bloß ein Frequenzband bis 5000 Hertz gleichmäßig durchläßt, was bei den besten gegenwärtigen Empfängern tatsächlich der Fall ist, eine Geige schon sehr leicht, besonders in den höheren Lagen, für eine Flöte gehalten, was alle musikalischen Leser bestätigen werden.

Nachdem wir den Bereich des erforderlichen Frequenzbandes erkannt haben, ist nun die Frage zu beantworten, ob es überhaupt möglich ist, nach den gegenwärtigen Bauprinzipien einen Empfänger auszuarbeiten, der dieses breite Frequenzband, das sich für Musik über mehr als 8 Oktaven erstreckt, frequenzunabhängig, also verzerrungsfrei, durchläßt. Hiezu müssen wir uns zunächst darüber klar werden, wie ein Empfänger überhaupt arbeitet.

Der Sender strahlt dem Empfangsapparat eine sogenannte modulierte Welle zu, die normalerweise aus drei hochfrequenten Schwingungen besteht, und zwar aus der sogenannten Trägerwelle mit der Schwingungszahl H Hertz und den beiden hochfrequenten Seitenbändern von den Schwingungszahlen $H+N$ und $H-N$ Hertz. Dabei bedeutet N das Niederfrequenzband, mit dem der Sender moduliert wurde. Wie sich diese Vorgänge im Sender abspielen, braucht uns hier nicht zu interessieren.

Zur Beantwortung unserer Frage nach dem Bau eines geeigneten Empfängers, der das Frequenzband nicht beschneidet, ist bloß wichtig, daran zu erinnern, daß der Empfangsapparat einen auf die Trägerfrequenz H abgestimmten elektrischen Resonanzkreis besitzt, der eine bestimmte Dämpfung hat und eine sogenannte Resonanzkurve liefert.

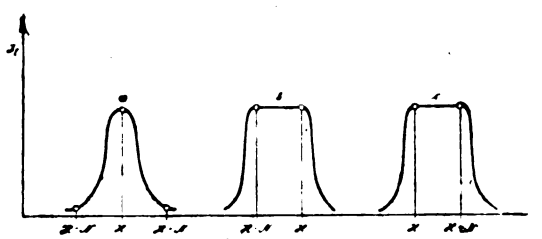


Abb. 10. Resonanz- und Siebketten-Kurven im Vergleich

Abb. 10*a* zeigt eine Resonanzkurve, als Abszisse sind die Frequenzen aufgetragen und auf der Ordinate die Stärke, mit der ein derartiger elektrischer Schwingungskreis mitschwingt, wenn er von Schwingungen getroffen wird. Man sieht, daß das stärkste Mitschwingen für die Schwingungszahl H, auf die das Gebilde abgestimmt ist, eintritt. Zu beiden Seiten dieser Resonanzschwingungszahl wird das Mitschwingen, je weiter man sich von der Resonanzstelle entfernt, immer schwächer.

Wie schon erwähnt, treffen nun diesen Empfangsschwingungskreis drei vom Sender ausgehende Schwingungen, die Trägerfrequenz mit der Schwingungszahl H Hertz und die beiden Seitenbänder mit den Schwingungszahlen $H+N$ und $H-N$ Hertz. Man sieht, daß für die Seitenbänder die Größe des Mitschwingens umso geringer wird, je größer N ist, also je höher der musikalische Teilton wird, der den Sender moduliert. Was bedeutet dies für den Empfang?

Durch Differenzbildung der drei den Empfänger treffenden Schwingungen wird im Audion die Niederfrequenz erhalten. Wir können bilden: $N+H-H=N$ und außerdem $H-(H-N)=N$. Auf diese Weise erhalten wir also aus den ankommenden Hochfrequenzschwingungen (in Form einer Helmholtzschen Kombinationsschwingung und zwar der Differenzschwingung erster Ordnung), das gewünschte Niederfrequenzband. Nun bemerken wir aber deutlich die betrübliche Tatsache, daß infolge der Form der Resonanzkurve eines einfachen Schwingungskreises die Töne des Niederfrequenzbandes umso schwächer wiedergegeben werden, je größer N ist, also je höher sie sind. Dies bedarf wohl keiner eingehenderen Erklärung. Denn die Resonanzkurve fällt, je nach der Dämpfung des Schwingungskreises, mehr oder weniger steil zu beiden Seiten der Resonanzstelle H ab, was eben bedeutet, daß die von H weiter abliegenden Frequenzen der Seitenbänder intensitätsschwächer wiedergegeben werden. Die Frequenzbänder rücken aber umsoweiter nach Stellen schlechteren Mitschwingens des Kreises, je größer N, also je höher der den Sender modulierende Teilton ist. Somit werden im Empfangstelephon die höheren Töne gegenüber den tieferen benachteiligt, ein Umstand, der umsomehr ins Gewicht fällt, als wir ja wissen, daß gerade die hohen und höchsten Töne des ermittelten Frequenzbandes in ausschlaggebender Weise klangfarbecharakterisierend sind.

Es hat also zunächst den Anschein, als ob die gestellte Aufgabe nur durch Kurven von der Form *b* oder *c* in der Abb. 10 gelöst werden könnte, bei denen das eine der beiden hochfrequenten Seitenbänder bezüglich aller seiner Frequenzen samt der Trägerfrequenz gleichmäßig gut durchgelassen wird. Derartige Resonanzkurven kann man nun tatsächlich herstellen, und zwar mit Hilfe der sogenannten Kettenleiter, die allerdings viel kompliziertere Gebilde darstellen als ein einfacher Schwingungskreis aus Kapazität und Selbstinduktion.

Nun besitzen aber unsere gegenwärtigen Empfangsapparate keine komplizierten Kettenleiter, sondern einfache Schwingungskreise und wir erhalten trotzdem, (wenn sonst alles in Ordnung ist), Darbietungen im Empfangstelephon, denen eine künstlerische Wirkung nicht abzusprechen ist. Das steht gewiß im vollen Widerspruch mit dem bisher Gesagten über die Benachteiligung der hohen Töne der Seitenbänder und bedarf daher einer befriedigenden Erklärung, die in einfacher Weise durch die Tatsache geliefert wird, daß das menschliche Ohr, wie alle anderen Sinnesorgane mit Fehlern behaftet ist, somit keinen exakt arbeitenden Apparat darstellt. Das Ohr merkt nämlich eine vorhandene Energiefälschung nicht, wenn diese unterhalb der „Unterschiedsempfindlichkeitsgrenze" dieses Sinnesorganes bleibt. Letztere ist ziemlich groß, denn zwei Töne werden erst dann als eben intensitätsverschieden empfunden, wenn ihre Intensitäten im Verhältnis 1 : 1·25 stehen, also der eine Ton den zweiten um ein Viertel an Intensität übertrifft. Diese Erkenntnis liefert nun aber die Möglichkeit, einen Empfänger auch mit einfachen Schwingungskreisen akustisch richtig zu bauen, denn wir haben nur Sorge zu tragen, daß der Abfall der Resonanzkurve zu beiden Seiten der Resonanz so langsam erfolgt, daß der Unterschied im Übertragungsfehler hinsichtlich der Intensität bezüglich des tiefsten und höchsten Tones nicht mehr als 25 vH beträgt. Dann merkt das Ohr den Fehler theoretisch gerade. Praktisch besitzt jedoch das menschliche Ohr eine weitere gute Eigenschaft, nämlich eine außerordentlich schmiegsame Anpassungsfähigkeit, sodaß wir mit wesentlich steiler ansteigenden Resonanzkurven arbeiten dürfen, als uns die Forderung des bloß 25 vH Abfalles gestatten würde. Das ist deshalb von wesentlicher Bedeutung, da mit der Steilheit der Resonanzkurve die Selektion des Empfängers ansteigt.

Sorgfältig angestellte Versuche der „physiologischen Akustik" liefern uns die höchste eben noch zulässige Steilheit der Resonanzkurve, die der Empfangsapparat gerade noch besitzen darf, damit das Ohr die Intensitätsfälschungen des Frequenzbandes noch als nicht vorhanden hinnimmt, zahlenmäßig als eine obere Grenze.

Digitized by Google

Selbstverständlich ist die sofort nunmehr auftauchende Frage, was geschieht alles, wenn diese Grenze überschritten wird. Die oberflächliche Antwort besagt, daß dann eben eine „gehörrichtige" Wiedergabe des Frequenzbandes nicht mehr möglich ist, das Ohr deutlich die Benachteiligung der hohen Töne empfindet und mit einer falsch gehörten Klangfarbe antwortet. Es geschehen aber noch viel interessantere Dinge, die für die Bedienung eines Empfängers wichtig sind.

Zunächst sei hier eingeschaltet, daß man die Steilheit der Resonanzkurve durch entsprechend starkes „Rückkoppeln" beliebig hoch bis zur Selbstschwingung des Empfängers treiben kann.

Nehmen wir also an, die Rückkopplung eines Empfängers sei akustisch richtig eingestellt. Man wird dann die Lokalstation auch akustisch richtig hören. Nun wollen wir aber bei ebenfalls akustisch richtig eingestellter Rückkopplung eine ferne Station aufsuchen. Hier können plötzlich, trotzdem der Apparat akustisch richtig eingestellt ist, die Empfangsverhältnisse recht schlechte werden. Dies tritt dann ein, wenn die Intensität der die Klangfarbe charakterisierenden hoch liegenden Obertöne bereits unter die „Reizschwelle" des menschlichen Ohres gesunken ist und nur mehr die immer viel stärkeren Grundschwingungen gehört werden.

Die Lautstärke des Empfanges durch stärkeres Rückkoppeln zu heben, hat somit keinen Sinn, denn dann ist die akustisch vorgeschriebene Einstellung des Apparates verdorben und der Empfang verzerrt.

Wie können wir uns also hier helfen? Gar nicht, denn in einem solchen Falle befindet man sich an der Grenze der Leistungsfähigkeit des betreffenden Empfängers; die besprochene Fernstation ist dann mit diesem Apparat prinzipiell nicht mehr einwandfrei zu empfangen. Dies sei insbesondere allen den rücksichtslosen Rückkopplern betont gesagt; man kann mit einem vorhandenen Apparat in einem solchen Falle einen akustisch richtigen Empfang einer derartigen Station durch wüstes Herumdrehen an der Rückkopplung nicht erzwingen, sondern stört nur die Nachbarn.

Bemerkenswert ist noch der Unterschied von Musik- und Spracheempfang bei Stationen, die an der Leistungsgrenze des Empfängers liegen. Hier wird Musik immer besser gehört als Sprache, was zunächst deshalb auffallen muß, da es wiederum einen Widerspruch darin zu enthalten scheint, daß das Sprachfrequenzband doch schmäler ist als das Musikfrequenzband, daher für Sprache doch eine steilere Resonanzkurve als für Musik erlaubt erscheint, oder ins Praktische der Apparatenbedienung übersetzt, für Sprache eine wesentlich stärkere Rückkopplung erlaubt sein muß als für Musik. Tatsächlich nützt aber in einem solchen Falle ein stärkeres Rückkoppeln erfahrungsgemäß gar nichts.

Dieser Mißerfolg steht nun durchaus nicht im Widerspruch mit den Ergebnissen der erforderlichen Frequenzbandbreiten, sondern hat folgende Gründe:

Zunächst handelt es sich in solchen Fällen bei der großen Reichweite, die gegenwärtig die Röhrenapparate besitzen, meist schon um recht ferne Stationen, also gewöhnlich um eine fremde Sprache, die immer schwieriger zu verstehen ist als die Muttersprache, während Musik sich abgesehen vom Volkscharakter gleichbleibt. Eine fremde Sprache wird daher ein viel breiteres Frequenzband benötigen, als das, das wir für die eigene erhalten haben. Es wird noch dadurch sicherlich weiter verbreitert, wenn wir bedenken, daß Musik eine Sache des Gemütes ist und daher der Phantasie und dem Erraten wesentlich mehr Spielraum geboten wird, als bei einer reinen Verstandessache, wie sie ein Sprachinhalt darstellt.

Einen weiteren Grund, der ein stärkeres Rückkoppeln für das schmälere Sprachfrequenzband gegenüber dem breiteren Musikfrequenzband ganz allgemein verbietet, werden wir im folgenden bei Besprechung der Raumakustik kennen lernen.

(Schluß folgt.)

Die Arbeiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik.

Wie man aus dem Tätigkeitsberichte der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) für das Jahr 1925[1]) erfährt, wurden auch in diesem Jahre Fernmessungen der Betriebsfrequenzen von Funkenstationen mehrfach ausgeführt. Mit Hilfe des Senders in Berlin-Witzleben wurden vom Telegraphen-Technischen Reichsamt „Normalwellen" ausgesendet, deren genauer Wellenlängenwert in der PTR mittels Fernmessung festgelegt war.

Die piezoelektrisch erzwungenen Longitudinalschwingungen von Quarzstäben[2]) konnten durch leuchtende elektrische Entladungen im Vakuum sichtbar gemacht werden. Bei Resonanz zwischen elektrischen und elastischen Schwingungen erreichen die Entladungsspannungen durch den Piezoeffekt des schwingenden Stabes die zur Erzeugung einer Glimmentladung notwendige Höhe. Man erhält so ein sehr anschauliches Abbild stehender Longitudinalschwingungen von Stäben und Platten auch bei hohen Oberschwingungen und erkennt die Phasenbeziehungen zwischen erregender und erregter Schwingung beim Durchgang durch die Resonanz. Bekanntlich dient der Piezoquarz als Hochfrequenznormale. Bei geeigneter Einrichtung leuchtet ein Quarzstab nur dann auf, wenn die Frequenz der erregenden elektrischen Schwingung nicht mehr als 0·0001 von einer der Eigenschwingungen des Stabes abweicht. Bei einem Frequenznormale dieser Art konnten außer der Grundschwingung von 34 100 Hertz (8800 m Wellenlänge) neun verschiedene Oberschwingungen bis zur 21. leuchtend angeregt werden. Ein solcher leuchtender Resonator ist beim Berliner Rundfunksender seit längerer Zeit in Betrieb und hat sich gut bewährt[3]).

Die elastischen Oberschwingungen der Quarzstäbe sind nicht genau harmonisch, sie haben wegen der endlichen Dicke (Querschnitt 1·5 × 3 m) etwas niedrigere Frequenzen, als dem Harmoniegesetz entspricht. Die aus den beobachteten Eigenfrequenzen sich ergebenden Elastizitätsmoduln stimmen bis auf wenige vH mit den von Voigt nach statischen Methoden ermittelten überein. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Quarz in der in Betracht kommenden Kristallrichtung beträgt 5450 m/s. Zur Frequenzmessung eines Röhrensenders bis zu etwa 500 Hertz wurde das phonische Rad, das durch rhythmische Stromstöße in Synchronismus gehalten wird, zu einem Synchronmotor für Wechselstrom entwickelt. Der Läufer ist ein teilweise mit Quecksilber gefüllter Hohlkörper aus Hartgummi und hat am Umfang 60 eingelassene Eisenstäbchen. Der Ständer aus Hartgummi trägt am Umfang eine Wicklung, über welche radial von außen 30 U-förmige Eisenbleche eingeschoben sind. Nur mit Wechselstrom betrieben, würde der Läufer in einer halben Periode sich um $^1/_{60}$ des Umfanges drehen. Man erhält die halbe Drehzahl, wenn dem Wechselstrom ein Gleichstrom von dem Betrage des Scheitelwertes überlagert wird. Zum Anlassen wird der Läufer aus einer Düse mit Druckluft angeblasen. Im Lichte einer vom Sender gespeisten

[1]) Z. f. Instrumentenkunde 1926, Heft 3 und 4.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 55, 68.

[3]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Heft 1, S. 1.

Digitized by Google

Glimmlampe stehen die Deckelschrauben des Läufers scheinbar still, sobald Synchronismus vorhanden ist. Die Achse des Läufers treibt mittels Schnecke ein Zahnrad, das einen Kontakt für einen Zeitschreiber betätigt. Die mittlere Frequenz des Senders konnte so innerhalb einer Laufzeit von 10 min auf 0·00001 genau gemessen werden.

Die Versuche mit dem Glimmlichtoszillographen in Verbindung mit einer Verstärkeranordnung wurden fortgesetzt. Das Glimmlichtrohr wurde direkt in den Anodenkreis des Verstärkerrohres geschaltet. Die im Glimmlichtrohr auftretende Stromstärke ist dann der am Gitter liegenden, zu untersuchenden Wechselspannung proportional. Mit dieser Anordnung wurde der Vorgang im Isolierpapier vor dem Durchschlag untersucht. Conrad.

Rundschau.

Tönende Röhrensender. F. Weichart und R. Kraege des Telegraphentechnischen Reichsamtes berichten über die Umstellung der deutschen Küstenfunkstellen Norddeich, Kuxhaven, Swinemünde und Bremerhaven vom Löschfunkensender- auf den Röhrenbetrieb. Diese Umstellung war dringend notwendig, da der Rundfunkempfang in den Küstengebieten durch die Löschfunkensender in höchstem Maße gestört wurde. Diese Störung ist verständlich, wenn man bedenkt, daß die Löschfunkensender eine sehr flache Abstimmungskurve besitzen und daher in einem großen Wellenbereich durchschlagen. Diesem Übel sollte durch Aufstellung von ungedämpften Sendern mit scharfer Resonanzkurve abgeholfen werden. Da aber die meisten Schiffe nur mit einfachen Detektorempfängern ausgerüstet sind, kam ein Empfang unmodulierter ungedämpfter Wellen nicht in Betracht. Man entschied sich daher zur Aufstellung

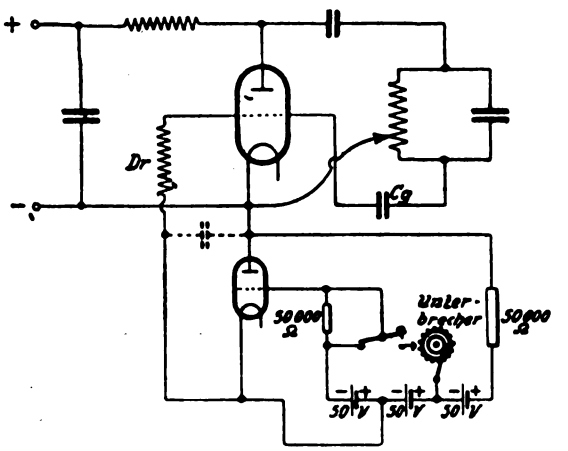


Abb. 4.

tönend modulierter Röhrensender. Es wird hier, ähnlich wie bei der Gittergleichstrommodulation bei Telephonie, eine besondere Modulationsröhre verwendet. Eine direkte Unterbrechung des in der Dreipunktschaltung geschalteten Arbeitskreises ist nicht gut möglich, da wegen der hohen Leistung im Arbeitskreise am Unterbrecherkollektor leicht eine Lichtbogenbildung eintreten könnte. Nach mehreren Versuchen wurde schließlich die in der Abb. 1 dargestellte Schaltung als endgültig für den Betrieb angenommen. Der Sender wird durch den parallel zum Gitterableitwiderstand der Modulationsröhre liegenden Taster in folgender Weise betätigt. Ist der Taster geöffnet, so wird der Gitterableitwiderstand der Modulationsröhre kurzgeschlossen und diese erhält eine negative Vorspannung von — 50 V. Hiedurch wird der Anodenstrom der Modulationsröhre vollständig gesperrt und die Anodenspannung derselben wirkt, wie aus der Abb. ersichtlich, als ein kräftige negative Vorspannung für das Gitter der Hauptröhre. Hiedurch wird erreicht, daß in den Tastpausen der Sender vollkommen ruht. Ist der Taster geschlossen, so wird die negative Vorspannung der Hauptröhre durch den Spannungsabfall über den Begrenzungswiderstand von 50 000 Ohm kompensiert, die Hauptröhre schwingt im Takte des Unterbrechers. Die Tonhöhe kann durch Tourenzahlregelung des Unterbrecherkollektors beliebig eingestellt werden; es ist somit auch möglich, einer jeden Station eine charakteristische Tonhöhe zuzuordnen. Die mit diesen Sendern erzielten Resonanzkurven sind sehr günstig, ebenso sind die infolge des klaren Tones erreichten Reichweiten beachtenswert. Kuxhaven zum Beispiel beherrscht mit 1 kW sicher einen Umkreis von 400 km.

E. M.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 3, Heft 10, 1926.)

Amerikanische Mehrfachröhrenempfänger. A. J. Haynes beschreibt eine Empfangsanordnung, die die amerikanische Dreifachröhre „Multivalve" der Cleartron Vacuum Tube Company verwendet. Die Röhre beinhaltet in einem Glaskolben drei getrennte Röhrensysteme in vertikalem Aufbau. Der Heizfaden ist allen drei Röhren gemeinsam. (Ähnliche Röhren waren bereits seit Jahresfrist am europäischen Markt zu finden: vgl. die Pentatron- und Duotron-Röhren mit zwei getrennten Röhrensystemen in einem Glaskolben. Der Ref.) Zu bemerken wäre, daß die Dreifachröhre keinen Spezialsockel benötigt. Die beiden Heizfadenenden, sowie Gitter und Anode des mittleren Röhrensystems führen zu den vier Polen eines (amerikanischen) Normalsockels. Die restlichen Anschlüsse für die beiden übrigen Gitter und Anoden sind an der Besockelung selbst untergebracht, die in ihrem oberen Teil, bei der Glaskolbenmündung, tellerförmig erweitert ist. Die Schaltung selbst bringt prinzipiell nichts neues, bemerkenswert wird sie nur durch die Verwendung des in Amerika zuletzt auf den Markt gebrachten sogenannten Autokopplers. Dieser ist eine Abstimmeinheit, bestehend aus einem Drehkondensator und einem H. F.-Transformator, dessen Sekundärseite mit dem Drehkondensator parallel geschaltet ist. Die Primärwicklungen sind gegenüber den sekundären beweglich. Diese Bewegung wird durch die Verdrehung des Kondensators automatisch bewirkt und zwar derart, daß wenn die Rotorplatten herausgedreht werden, das heißt die Wellenlänge abnimmt, die Kopplung zwischen Primär und Sekundär des H. F.-Transformators schwächer wird. Zu diesem Zwecke sitzt auf der Verlängerung der Rotorachse eine unrunde Scheibe, die mit Hilfe eines Fühlhebels die Kopplung derart verändert, daß die dem abgestimmten Sekundärkreis zugeführte Energie im ganzen Abstimmungsbereiche dieselbe bleibt, wodurch eine günstigste Einstellung ermöglicht wird. Die von Haynes benützte Schaltung besteht nun aus einer H. F.-Röhre mit abgestimmtem Eingangskreis der Antenne und Drossel-Kapazitätskopplung mit der nächsten Röhre. Die Audionröhre ist als Reinartzkreis geschaltet, mit dem Sekundärteil des Autokopplers zwischen Gitter und Heizfaden. Der Primärteil dient nicht nur zur Übertragung der Spannungsschwankungen der ersten Röhre auf den Gitterkreis des Audions, sie wird auch zur Rückkopplung herangezogen. Das Maß der Rückkopplung kann durch einen kleinen Kondensator eingestellt werden. Zufolge der automatischen Kopplung bleibt auch die Rückkopplung praktisch über den ganzen Abstimmbereich konstant. E. M.

(Radio News, Bd. 8, Nr. 8, 1927.)

Verstärkerröhren ohne Glühfaden für Wechselstromanschluß. Da die Entnahme des Heizstromes aus einem Wechselstromnetz bei bloßer Spannungsherabsetzung mit Transformator in den meisten Schaltungen nicht befriedigt, Gleichrichtung, gegebenenfalls mit einem parallel geschalteten Akkumulator zwecks Pufferung, zu umständlich ist, wurde bereits von verschiedener Seite die indirekte Heizung der Kathode ver-

Digitized by Google

sucht. Die neue Röhre K. L. 1 der Marconigesellschaft stellt eine solche Type dar. Der Heizdraht ist in einen Nickelzylinder von 29 mm Länge und 3·2 mm Durchmesser eingeschlossen und der Zylinder von dem spiralförmigen Gitterdraht eng umgeben; das Ganze umschließt das Anodenblech. Die ganze Anordnung ist unter 45° Grad in die Röhre eingebaut um die Spitze des Glasballons vor übermäßiger Erwärmung zu schützen. Der Sockel besitzt vier normale Anschlüsse für die Heizstromzuführungen, die Anode und das Gitter, während die Kathode selbst, das ist der den Heizdraht umhüllende Zylinder, zu einer seitlichen Klemme, wie der Anschluß des Zwischengitters bei Doppelgitterröhren, geführt ist. Der Röhrenwiderstand ist 5300 Ohm, die Verstärkung siebenfach, der Heizstrom 2·0 A bei 3·5 V über einen Kleintransformator, entspricht also einer Leistung von 7 W. Diese erscheint zwar hoch, ist aber nicht höher als der Aufwand der meisten Röhren bei Akkumulatorheizung, wenn man alle Verluste der Speicherung und Umformung mit einbezieht. Nach Einschaltung bedarf es bis zur vollen Erhitzung der Kathode einer Zeit von 15 sec. Die Röhre ist sowohl als Detektor wie als Verstärker ohne merklichen Einfluß der Wechselstromheizung verwendbar. Gn.

(The Wireless World, Bd. 20, Nr. 4, 1927.)

Einführung von Natrium und Kalium in Entladungsröhren. Bereits 1890 hat Warburg (Ann. d. Phys., Bd. 40, Seite 1, 1890) ein Verfahren angegeben, welches die Einführung von Alkalimetallen mit Hilfe einer Art von Elektrolyse durch die Glaswand hindurch in mit verdünnten Gasen gefüllte Röhren ermöglicht. Bei Hochvakuumröhren läßt sich nach James Taylor ähnliches erreichen, wenn man eine Röhre mit dem Sockel nach oben in ein mit auf 350° geschmolzen erhaltenem Natriumnitrat gefülltes Aluminiumgefäß tauchen läßt, den Glühfaden mit seiner normalen Stromstärke heizt und zwischen Sockel (+) und Gefäß (—) eine Spannung von 200 bis 300 V einige Stunden wirken läßt. Es fließen dann einige mA in diesem Kreis. Die Innenseite der Glaswand wird negativ, bildet die Kathode und gibt Natrium ins Innere der Röhre ab, während die Außenwand solches aus der Flüssigkeit aufnimmt. Kalium und Natrium können derart ohne Beimengungen eingeführt werden. Das übrigens schon 1905 von deutschen Glaswerkstätten angewandte Verfahren wird nun bei Neonröhren benutzt, um deren Entladeverzug und Ungenauigkeit bei Messung von Kapazitäten und großen Widerständen zu beseitigen. Das Natrium bindet einerseits Reste von Sauerstoff und anderen Gasen und bildet insbesondere auf den Elektroden einen Spiegel, der jeden Entladeverzug zum Verschwinden bringt, so daß Kapazitäten bis herab zu $10^{-8}\mu F$ (900 cm) mit der Stoppuhr gemessen werden können. Gn.

(Experimental Wireless, Bd. 3, Nr. 39, 1926.)

Ein Präzisionsmesser für kurze Wellen. Wellenmesser für kurze Wellen (100 bis 300 m) müssen nach anderen Grundsätzen gebaut sein als die gebräuchlichen Einrichtungen für Rundfunk- und Langwellenbereich. Das Verfahren, parallel einer festen Kapazität einen Kondensator von 500 oder 1000 cm zu ändern und dadurch die Abstimmung von 1 auf etwa 1·2 zu bringen, ist nicht mehr möglich, weil die zugehörige Spule zu klein wird, ebensowenig kann der Detektor galvanisch angekoppelt werden. Stufenweises Zuschalten von Spulen ist ebenfalls untunlich, weil die Kapazität der Schalter selbst als zu groß von störendem Einfluß ist. Dr. W. Runge beschreibt eine Bauart, die sich als geeignet erwiesen hat. Die Spulen für die kürzesten Wellen bestehen aus Kupferrohr von 10 mm Durchmesser, das auf Pertinaxgestelle gewickelt ist. Der Drehkondensator ist mechanisch besonders fest und mit großem Plattenabstand gebaut, um unveränderliche Kapazität bei jeder Stellung zu sichern. Der Schwingungskreis ist in einen Holzkasten eingebaut und an dessen Belegung mit Zinnfolie einpolig angeschlossen, wodurch die Spulenkapazität vom Aufstellungsort unabhängig wird. Die Resonanzbreite beträgt, von Halbwert zu Halbwert gemessen, nur 0·5 bis 0·7 vH. Der Detektor ist induktiv an den Schwingungskreis angekoppelt, dabei ist lose Kopplung einer großen Selbstinduktion im Detektorkreis gegenüber der anderen Möglichkeit, kleine Selbstinduktion in fester Kopplung, wegen geringerer Beeinflussung des Schwingungskreises vorzuziehen. Für Genauigkeit von 1 vT in der Welle muß die Kupplung klein gegen 3 vH sein. Die Gegeninduktion im Schwingungskreis wird so gewählt, daß die Dämpfung des Schwingungskreises durch die Detektorkopplung etwa wie 1 auf 1·25 verändert wird, dann stört die durch den Detektor hervorgerufene zusätzliche Dämpfung noch nicht und Änderungen des Detektorwiderstandes können sich nicht geltend machen. Bei großer Selbstinduktion im Detektorkreis, wie hier angewendet, ist aber die direkte Energieaufnahme aus der zu messenden Welle im Detektorkreis merkbar und eine Fehlerquelle; diese wird beseitigt durch Ausführung der Detektorkreisselbstinduktion in Form von zwei gegeneinandergeschalteten Spulen, die mit dem Schwingungskreis verschieden stark gekoppelt sind und daher von dem entfernten Sender nicht beeinflußt werden. Zufolge der verschiedenen starken Kopplung erzeugt aber der Schwingungskreis einen resultierenden Strom, der den Detektor in bestimmter Weise beeinflußt. Die Eichung erfolgt mit einer Normalwelle von 240 m und deren Oberwellen, die auf einem zweiten Meßsender unter Beobachtung des Schwebungstones eingestellt werden. Da sich hiebei bei kürzeren Wellen als 40 m keine genügend dichte Folge der Meßpunkte mehr ergibt, wurde die Harmonische der Ordnung des Meßsenders benützt, wodurch eine Eichung mit hoher Genauigkeit, zahlreichen Kontrollen und insbesondere, im Falle die Grundwelle des Meßsenders nicht ganz genau bestimmt wurde, mit dem gleichen relativen Fehler aller ermittelten Punkte möglich wird. Es wird zwischen Einstell-, Ablese-, Eichfehlern und den zeitlichen Veränderungen der Eichung unterschieden. Die größten Einstellfehler betragen etwa 0·2 vT, 1 vT entsprechen auf der Skala 0·4 Grad, der größte beim Ablesen und Einstellen entstehende Fehler ist etwa 0·7 vT. Gn.

(Telefunkenzeitung, 8. Jahrg., Nr. 43, 1926.)

Das Bakersche Bildrundfunksystem[1]). Die zwei wichtigsten Forderungen, die an ein Bildrundfunksystem gestellt werden müssen — soll der Bildfunk die Verbreitung des Rundspruchs auch nur annähernd erreichen — sind ein wohlfeiler Preis und eine einfache Bedienung der Empfangsapparate. Die technisch hochentwickelten Systeme der Bildübertragung scheiden daher — wenigstens vorläufig — aus Gründen wirtschaftlicher Natur für die Zwecke des Bildrundfunks aus. Man hat daher auf Methoden zurückgegriffen, die die Herstellung verhältnismäßig billiger Empfangsapparate gestatten. Alle bisher für die Zwecke eines regelmäßigen Bildrundfunks vorgeschlagenen bezw. in Aussicht genommenen Systeme bedienen sich der elektrochemischen Methode (vgl. zum Beispiel in Deutschland das Funkbildgerät von Dieckmann[2]), der Bildrundfunkempfänger von Nesper). Diese besteht bekanntlich darin, daß an der Senderseite die verschiedenen Leitfähigkeiten der zu übertragenden Bilder ausgenützt werden, während auf der Empfangsseite die Stromstöße eine mehr oder minder kräftige Färbung eines chemisch präparierten Papiers hervorrufen. Auch von T. Thorne Baker wird die genannte Methode verwendet. Auf der Sendeseite wird das zu übermittelnde Bild unter Zwischenschaltung eines Linienrasters auf eine Kupferfolie photographiert. Diese wird durch Auftragen einer mit Ammoniumdichromat getränkten Gummilösung lichtempfänglich gemacht. Wird nun die so präparierte Kupferplatte der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt, so werden die belichteten Stellen der Gummilösung in Wasser unlöslich.

[1]) Baker: Wireless Pictures and Television. Wireless World 1926, Bd. XVIII, Nr. 12. Experimental Wireless 1926, Bd. III, Nr. 32.

[2]) Vgl. „Die Radiotechnik" 1926, S. 50.

Digitized by Google

Wird die Platte nach der Belichtung abgewaschen, so befindet sich an der belichteten Stelle der Platte eine isolierende Schichte. Durch vorsichtiges Erhitzen der Kupferplatte härtet sich die Gummilösung zu einer festen Masse. Die derart präparierte Kupferfolie wird auf die Messingwalze des Senders gespannt, die mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit rotiert. Der Antrieb der Walze erfolgt durch ein Uhrwerk, ähnlich wie beim Grammophon. Eine Nadel drückt auf die Sendewalze und schließt bezw. öffnet einen zwischen Sendewalze und Tastnadel geschalteten Stromkreis. Die Stromschwankungen erfolgen, je nachdem die isolierende Schichte dem Strome einen Widerstand bietet. Der Druck des Taststiftes auf die Sendewalze kann durch eine Feder nachreguliert werden. Während die Walze rotiert, wird der Stift entlang der Walze vorbeibewegt, so daß die Walze bezw. das Bild von dem Fühlstift in einer Spirallinie abgetastet wird. Zu diesem Zwecke ist parallel zur Walzenachse eine Gleitschiene angeordnet, auf der ein Gleitstück, welches den Fühlhebel des Taststiftes trägt, auf zwei Rädchen sich hin und her bewegen kann. Die Achse der rotierenden Walze ist auf einem Stück von gleicher Länge wie die Walze selbst mit einem feinen Gewinde versehen. Das Gleitstück besitzt parallel zum Fühlhebel einen Arm, in dem eine scharf zugeschliffene Scheibe gelagert ist. Diese Scheibe greift in das Gewinde der Achse ein, so daß, während die Walze eine volle Umdrehung macht, der Taststift um eine Ganghöhe des Gewindes vorwärts bewegt wird. Die Ganghöhe bedingt dann die Feinheit der Rasterung.

Die Empfangsseite ist mit einer vollkommen gleichen Einrichtung ausgestattet. Auf der Messingwalze wird ein mit einer Lösung von Stärkekleister und Kaliumjodid präpariertes Papierblatt gespannt. Der Taststift aus Platin tastet die Empfangswalze mit derselben Gleichmäßigkeit ab, wie der Taststift des Senders die Sendewalze. Läuft der Taststift auf der Sendewalze über eine dunkle Stelle des Bildes (das heißt auf eine leitende Stelle der Kupferfolie), so wird durch den im Empfänger ausgelösten Stromstoß eine elektrolytische Reaktion und hierdurch eine Färbung des Papiers hervorgerufen. Eine Stromstärke von 1 mA genügt, um eine tiefe Blaufärbung zu bewirken. Die elektrolytische Reaktion benötigt einen gleichgerichteten Strom, das heißt dem Bildempfänger muß eine Gleichrichterröhre vorgeschaltet werden. Taststift und Walze werden in den Anodenkreis der letzten Röhre geschaltet. Ferner muß dafür gesorgt werden, daß, wenn dem Empfangsapparat keine Spannung aufgedrückt wird, der Strom der den Bildempfänger speisenden Röhre vollkommen gesperrt bleibt, um eine Verfärbung des Empfangspapiers hintanzuhalten. Dies kann man durch eine genügend große negative Vorspannung des Gitters der letzten Röhre erreichen. Besonders günstig werden sich hier Röhrentypen verwenden lassen, die einen scharfen Knick am unteren Ende ihrer Charakteristik aufweisen. Der Bildempfänger benötigt keine besonderen Änderungen an dem Empfangsapparat; er kann vielmehr an jeden beliebigen Röhrenempfänger an Stelle des Telephons bezw. des Lautsprechers angeschlossen werden.

Der Synchronismus zwischen Sender und Empfänger wird dadurch erreicht, daß ein Arretierhebel, der durch einen Elektromagneten betätigt wird, die rotierende Walze sowohl beim Sender, wie auch beim Empfänger nach jeder Umdrehung für einen Augenblick festhält. Der Stromkreis des Elektromagneten wird mit Hilfe eines Sekundenpendels genau in jeder Sekunde unterbrochen. Die Walze vollführt in einer Sekunde genau eine ganze Umdrehung, so daß die Umdrehungen der Walze in genau festgelegte Intervalle fallen. Die Einstellung auf Synchronlauf von Sende- und Empfangswalze erfolgt vor der Sendung dadurch, daß der Sender das Bild eines Rechteckes aussendet.

Ursprünglich wurde von Baker bei der Sendeanlage ein Tastverfahren verwendet, bei dem Sendewalze und Taststift in den Gitterkreis der Senderöhre geschaltet waren. Hiedurch wurde die Ausstrahlung des Senders unterbrochen, so oft der Taststift sich über einer nicht leitenden Stelle der Sendewalze befand. Der Vorgang ist also ähnlich wie bei der Telegraphie mit ungedämpften und unmodulierten Wellen. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß man — wollte man noch eine hörbare Kontrolle für den Bildempfang haben — entweder eine Rückkopplung oder aber eine Überlagerung verwenden mußte. Neuestens wurde dem in der Weise abgeholfen, daß die Trägerwelle des Senders durch einen konstanten niederfrequenten Ton moduliert wird und der Stromkreis des Modulators unterbrochen wird. Die Sendewalze und der Taststift werden hiebei entweder in den Mikrophonkreis selbst oder aber in den Kreis der Zwischenverstärkung des Senders geschaltet.

Die übermittelten Bilder zeigen eine befriedigende Wiedergabe der Tönung der Photographien. Die Kosten des Empfängers dürften auch nicht besonders hoch sein, da der Aufbau desselben überaus einfach ist.

E. Mittelmann.

Der Fernseher von Baird. Dr. P. Lertes berichtet über die Grundlagen des in Entwicklung begriffenen Fernsehers des schottischen Ingenieurs J. L. Baird. Wesentlich an ihm ist die Art der Bildzerlegung mit Hilfe der rotierenden Nipkowschen Scheibe (1889). Diese Scheibe hatte ursprünglich eine Reihe in einer Spirale angeordneter Löcher, jetzt zwei solche auf Kreisbogen symmetrisch zum Mittelpunkte angeordnete Reihen und gestattet, ein Bild bei Rotation während einer bezw. zwei Umdrehungen „abzutasten", das heißt punktweise einen der Helligkeit des Bildes entsprechenden Lichteindruck auf eine Selenzelle fallen zu lassen, die dann von einem Wellenstrom konstanter Periodenzahl entsprechend der in der Zeiteinheit vorübergehenden Löcher und Schwankungen entsprechend der Helligkeit der einzelnen Punkte durchflossen wird. An der Empfangsstelle rotiert eine Scheibe, die statt der Löcher in gleicher Anordnung Neonlampen trägt, die entsprechend der Stärke der Stromimpulse, die von den Schwankungen in der Selenzelle des Senders abhängen, verschieden stark aufleuchten. Die Übertragung von 100 000 Lichtimpulsen in der Sekunde, die zur Bildübertragung notwendig ist, ist zwar noch nicht erreicht, erscheint aber möglich. (Bei 200 Umdrehungen/sec wären hiefür noch 500 Löcher in der Scheibe nötig.) Bemerkenswert ist, daß der Aufnahmsgegenstand keiner Beleuchtung mit sichtbaren Lichtstrahlen bedarf, sondern daß infrarote Strahlen zur Beeinflussung der Selenzelle genügen, die Aufnahme also auch im Dunkeln stattfinden könnte. Gn.

(Radio-Umschau, 4. Jahrg., Heft 3, 1927.)

Strahlungsuntersuchungen an horizontalen Sendedrähten, die in einer höheren Harmonischen erregt sind, wurden von E. Grimsen im Telegraphen-Technischen Reichsamte durchgeführt. Der Zweck dieser Untersuchungen war eine Übersicht über die Ausbreitungsvorgänge der elektrischen Schwingungen und die Verwendbarkeit des Systems zur gerichteten drahtlosen Telegraphie zu gewinnen. Ausführliche Untersuchungen über sogenannte horizontale Antennen zeigten ausgesprochene Richtwirkungen derselben, wenn sie in einer höheren Harmonischen erregt werden. Schwingt nun ein Horizontalleiter dicht über der Erdoberfläche mit der halben Wellenlänge, so entstehen Verhältnisse, wie sie bei Schwingung zweier Vertikalleiter vorhanden sind, die 180° phasenverschoben erregt sind. Bei einem solchen Horizontalleiter stehen die Feldlinien im Wesentlichen senkrecht zur Erdoberfläche und die Strahlung erreicht ihren Maximalwert in der Achsenrichtung des Leiters. Bei einem freien, erregten Leiter findet am freien Ende bekanntlich eine Reflexion statt und es bilden sich stehende Wellen aus, wobei die Stromknoten an den beiden Enden auftreten. In dieser Weise lassen sich leicht alle ungeradzahligen Harmonischen der Eigenschwingung herstellen. Bei den Versuchen wurde ein Horizontaldraht von 2 × 189 m Länge mit einer Wellenlänge von 84 m erregt (dies entspricht der neunten Harmonischen). Die Feldverteilung eines derart erregten Leiters kann man sich so vorstellen,

Digitized by Google

daß man sie durch die Felder von Dipolpaaren ersetzt, die in einer Entfernung von je einer halben Wellenlänge aufeinanderfolgen und die mit gleicher Frequenz und Amplitude, jedoch mit abwechselnd entgegengesetzter Phase schwingen. Die Teilbeträge der Strahlung werden sich dann in der Richtung der Leiterachse addieren, wogegen in der Richtung senkrecht zur Achse die Strahlung verschwindet. Nach der Hertzschen Formel sind die magnetische und elektrische Feldstärke eines schwingenden Dipols in der Aquatorialebene (die in unserem Falle durch die Erdoberfläche dargestellt ist) dem Ausdrucke

$$\frac{-\omega l I}{r.c} \sin \omega \left(t - \frac{r}{c}\right)$$

proportional. Hierin bedeuten ω die Kreisfrequenz, I die Stromstärke, l die Leiterlänge, c die Lichtgeschwindigkeit und r die Entfernung des Aufpunktes. Unter Zugrundelegung dieser Gleichung läßt sich die Feldstärke in einem fernen Punkte P, in der Enfernung R vom Leitermittelpunkt M in der Form einer Gleichung von der Gestalt

$$\mathfrak{E}_p = 2A (\sin\beta - \sin 3\beta + \sin 5\beta - \sin 7\beta + \sin 9\beta)$$

festhalten, wobei $\beta = \frac{\pi}{2} \cos\alpha$, wenn mit α der Winkel bezeichnet wird, den der Strahl PM mit der Leiterachse einschließt. Durch die Gleichung wird die Überlagerung von neun Sinuskurven der gleichen Amplitude und abwechselnder Vorzeichen dargestellt, wobei die Frequenzen den ersten neun ungeraden Harmonischen entsprechen. Betrachtet man den Verlauf der Feldstärke $\mathfrak{E}_p$, **wenn sich der Winkel α von 0 bis 90° ändert, so ergeben sich 5 Nullstellen, und zwar für $\cos\alpha = 0$, $^1/_6$, $^3/_6$, $^5/_6$, $^6/_6$. Die ebenfalls 5 Richtungen der Strahlungsmaxima ergeben sich aus $\frac{d\mathfrak{E}_p}{d\beta} = 0$ nach einigen Umformungen und Auswertung der trigonometrischen Funktion zu $\alpha =$ 44° 39·5′; 59° 34·4′; 72° 20·7′; 84° 12′.**

Um die rechnerisch ermittelten Resultate durch Messungen zu prüfen, wurde ein auf Holzmasten in 6 m Höhe isoliert verlegter Leiter von 379 m Gesamtlänge durch einen Kurzwellensender (200 W Dauerleistung) in der Gegentaktschaltung nach Kiebitz mit einer Wellenlänge von 85 m entsprechend der neunten Harmonischen erregt. Für die Messungen wurde eine mit Thermoelement und Zeiß'schem Schleifengalvanometer ausgerüstete fahrbare Empfangsanordnung verwendet. Durch umfangreiche Messungen konnten die fünf Nullstellungen der Strahlung einwandfrei nachgewiesen werden; die Richtung der Hauptstrahlungszone kam in den Meßresultaten besonders deutlich zum Ausdruck. In neun Wellenlängenentfernungen ließ sich eine Abnahme der Empfangsintensität um 50 vH feststellen bei einer Abweichung von 10° aus der Richtung der Antennenachse, in 17 Wellenlängenentfernungen ruft bereits eine Abweichung von 5° eine Intensitätsabnahme von 25 vH hervor. Die Reproduzierbarkeit der Messungen war eine sehr gute. Zur Bestimmung des Feldverlaufes wurde auch die von Kiebitz angegebene Methode der inversen Morsezeichen verwendet. Diese Methode besteht darin, daß gleichzeitig zwei Sendedrähte getastet werden, an dem einen der Buchstabe A (Punkt Strich), am anderen der Buchstabe N (Strich Punkt). Das Tasten erfolgt automatisch so, daß in die Pausen des einen Buchstaben immer die Sendezeiten des anderen fallen. Ist nun an einer gewissen Empfangsstelle die Empfangsintensität, das heißt die Feldstärke der beiden Sender, dieselbe, so laufen die beiden Morsezeichen zusammen und im Kopfhörer hört man einen kontinuierlichen Ton. Bei den von Grimsen durchgeführten Versuchen wurde als zweiter Sendedraht ein vertikaler Luftleiter verwendet. Aus diesen Versuchen ging die außerordentlich starke Richtwirkung der Horizontalantenne besonders deutlich hervor. Die seitlichen Maxima sind (wie dies auch aus der Rechnung hervorgegangen ist) gegenüber dem Maximum der Hauptrichtung verschwindend klein. Bereits beim ersten seitlichen Maximum besteht zwischen den Senderströmen der beiden Leiter, die notwendig sind, um an der Empfangsstelle dieselbe Feldstärke hervorzurufen, ein Verhältnis von 1 : 19. Auch die Nullstellungen der Horizontalantenne ließen sich genau nachweisen. Während in 30 km Entfernung das A des Horizontaldrahtes gehört wurde, konnten in der senkrechten Richtung in bloß 500 m Entfernung nur die Zeichen des Vertikaldrahtes empfangen werden. Eine vergleichsweise durchgeführte Berechnung der Strahlungsleistungen ergibt, daß, während bei dem Vertikalleiter fast die ganze zugeführte Energie in Strahlung umgesetzt wird, dies bei der Horizontalantenne nur bis zu 50 vH der Fall ist.

Besondere Bedeutung von diesen Versuchsergebnissen kommt ihnen dadurch zu, daß es bisher noch nicht gelungen ist, einen so scharfen Richteffekt bei einem möglichst geringen Energieaufwand zu erreichen. Auch dürfte der Vorteil des überaus einfachen Aufbaues des Sendedrahtsystems gegenüber den kostspieligen und umfangreichen Einrichtungen anderer Richtsysteme schwer ins Gewicht fallen. E. M.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 3, Heft 10, 1926.)

Neues über die Ausbreitung von kurzen Wellen berichtet E. Quäck. Der amerikanische Kurzwellensender 2xt mit $\lambda = 16{\cdot}175$ m und 12 kW in der Antenne verkehrt betriebsmäßig mit der deutschen Transradio A.-G. Hiebei erschienen auf dem Rekorderstreifen oft störende Zeichen, von denen zu vermuten war, daß sie in der entgegengesetzten Richtung wie die Hauptzeichen um die Erde gegangen waren. Diese Doppelzeichen konnten auch mit einem Siemens-Oszillographen aufgenommen werden. Es zeigte sich ein Zeitunterschied von 0·096 sec entsprechend einem Wegunterschiede von 28 382 km. Das Auftreten dieser Zeichen ist von der Lage ihrer Polarisationsebene zur aufnehmenden Dipolantenne abhängig. Hiedurch wurden Versuche angeregt, mit dem Nauener Kurzwellensender von 8 kW Antennenleistung und einer Wellenlänge von 15 m Zeichen um die ganze Erde zu senden. Es gelang auch, diese Zeichen neben den Sendezeichen auf einem Oszillographenstreifen zu erhalten. Der Zeitunterschied betrug 0·135 sec und demnach der Weg um die Erde 41 499 km, wenn mit einer Laufgeschwindigkeit von 299 800 km/s gerechnet wird. Diese Weglänge entspricht einem in 182 km Höhe um die Erde gelegten Kreise. Genauere Messungen lieferten 41 200 km Weglänge. Bei längeren Wellen als 15 bis 22 m konnten solche Zeichen, vermutlich wegen zu kleiner Amplitude, noch nicht nachgewiesen werden. R. H.

(Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph., Bd. 28, H. 6, 1926.)

Drahtlose Einrichtungen für die Luftfahrzeuge der öffentlichen Linien in Frankreich. Die seit 19. August 1926 bestehenden gesetzlichen Vorschriften teilen die Luftfahrzeuge in zwei Kategorien: und zwar solche, die einschließlich Führer zehn oder mehr und in solche, die weniger als zehn Personen zu befördern geeignet sind. Erstere müssen Einrichtungen besitzen zum Empfang und Senden gedämpfter oder modulierter Wellen von 600 m, ferner zum Senden von ungedämpften Wellen von 850 bis 950 m und von 1500 bis 1550 m und für den Empfang ungedämpfter Wellen von 850 bis 1800 m. Die zweite Kategorie muß eingerichtet sein für die Zeichenübermittlung mit gedämpften oder modulierten Wellen von 600 m, für Senden und Empfang von 850 bis 950 m mit ungedämpften Wellen. Jeder Empfänger muß außerdem mit 900 m Welle dauernd aufnehmen können. Einrichtungen, die den gestellten Anforderungen entsprechen, werden unter anderen von der Société française radioélectrique hergestellt. Die Schwingungen werden mittels einer Senderöhre von 50 W Leistung erzeugt, die Schaltung ist die gewöhnliche Sendeschaltung, die Selbstinduktion im Antennenkreis wird durch schaltbare Anzapfungen verändert. Zum Senden für Telephonie dient eine zweite Röhre gleicher Leistung als Modulatorröhre in gleichfalls bekannter Schaltung, ein Mikrophon wirkt über einen Transformator auf das Gitter des Modulatorrohres. Auf die Senderöhre erfolgt die Übertragung durch die Verbindung der Anoden der beiden Röhren über eine

Digitized by Google

Selbstinduktion. Der Empfänger enthält eine Hochfrequenzstufe, eine Audionröhre mit Rückkopplung und zwei Niederfrequenzstufen. Der Wellenbereich erstreckt sich von 500 bis 1800 m. Der Zusammenbau von Sender und Empfänger zeigt als Eigentümlichkeit die Verwendung von Bowdenzügen für die Betätigung des Apparates und zwar deren zwei für Übergang von Senden auf Empfang und drei für die Regelung des Empfanges, das heißt Einstellung der Kondensatoren und der Heizung. Gn.

(Q S T Français et Radioélectricité réunis. 7. Jahrg., Heft 33, 1926.)

Kleine Nachrichten.

Neue Sendestationen. In Österreich steht die Aufstellung des Senders in Innsbruck bevor. In Ungarn soll eine neue Sendestelle in Csepel in der Nähe von Budapest errichtet werden. Eine Rundfunkstelle wird von einer Gesellschaft mit Genehmigung der bulgarischen Regierung in der Nähe von Sofia aufgestellt werden. In Finnland steht die Aufstellung einer Großstation mit langer Welle zwischen 1000 und 2000 m bevor.

Rundfunkstatistik. Die Zahl der Rundfunkteilnehmer betrug am Jahresanfang 1927 in: Großbritannien 2 130 000, Deutschland 1 337 122, Schweden 238 000, Tschechoslowakei 170 000, Dänemark 114 492, Ungarn 53 000, Schweiz 51 759, Österreich 245 673.

(Mitt. der Reichs-Rundfunk-Ges. m. b. H., Berlin.)

Patentbericht.

Spulen in der Radiotechnik.

(Schluß aus Heft 2, Seite 11.)

Eine Erfindung der Firma Siemens & Halske Akt.-Ges. (Erfinder Paul Kaspareck und Dipl.-Ing. Wolfgang Gebhardt) betrifft Spulen mit veränderlicher Gegeninduktion (Variometer). Jede Spule ist als geschlossene Ringspule ausgebildet, wobei die Windungen der einen Spule sich kammartig zwischen die Windungen der anderen hineinschieben lassen. Die auf die Kerne 5 gewickelten Ringspulen 6, 7 (Abb. 2) sind bis zur Mitte in Ringscheiben 8, 9 aus isolierendem Stoff eingelassen. Von Windung zu Windung ist der Draht in einer ringförmigen Nut 26 der Ringscheiben verlegt, damit die Mittellinien der Ringe zur Deckung gebracht werden können. Die Ringscheibe 9 ist mit dem Gehäuse 11 verbunden, während die Achse 12 der Scheibe 8 in Führungen 13, 14 des

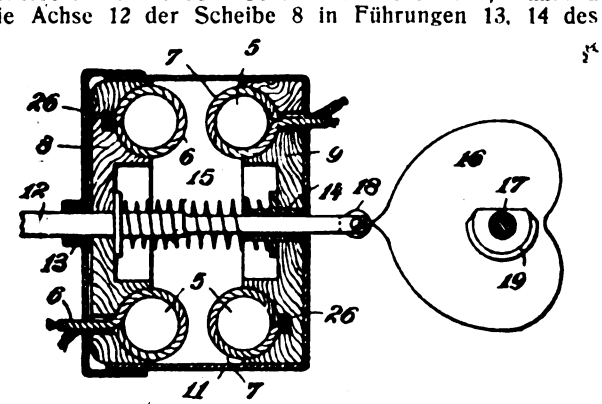


Abb. 2.

Gehäuses gleitet. Die am Ende der Achse 12 drehbar gelagerte Rolle 18 wird mit Hilfe einer Feder 15 gegen das Exzenter 16 gedrückt, das starr mit der Welle 17 verbunden ist. Liegt das herzförmige Exzenter mit dem seiner Drehachse zunächst gelegenen Punkt gegen die Rolle 18, so sind die Spulen ganz zusammengeschoben und gegeneinander geschaltet. Durch die Drehung des Exzenters werden die Spulen auseinandergeschoben und dadurch die Induktion erhöht. Sind die Spulen vollständig auseinandergeschoben, so beeinflussen sich die Felder fast gar nicht, so daß die jetzt erfolgende Umschaltung der Stromrichtung keinen merklichen Einfluß hat. Da die Spulen nunmehr im gleichen Sinne vom Strom durchflossen werden, steigt bei der infolge weiterer Drehung von 180° bis 360° stattfindenden Annäherung der Spulen die Induktion weiter an und erreicht bei völlig ineinandergeschobenen Spulen ihr Maximum. (D. R. P. Nr. 424985.)

Gegenstand einer Erfindung der Firma Regina Ulmer in Stuttgart ist eine Abstimmspule in Korbform, die durch besondere Ausbildung und Benutzung der Anzapfdrahtstrecken mit ganz besonders geringer Eigenkapazität ausgestattet ist und durch eine zweite ausschwingbare Spule zu einem Variometer ergänzt werden kann. Die feststehende Korbspule *a* (Abb. 3) ist dadurch befestigt, daß Drahtstrecken *b*, die sich ursprünglich über eine Seite des Korbpolygons erstreckten und entsprechend durchgeschnitten und an den Polygonkanten aufgebogen worden sind, zur Schaffung von Abzapfstellen an Klemmschrauben *c* be-

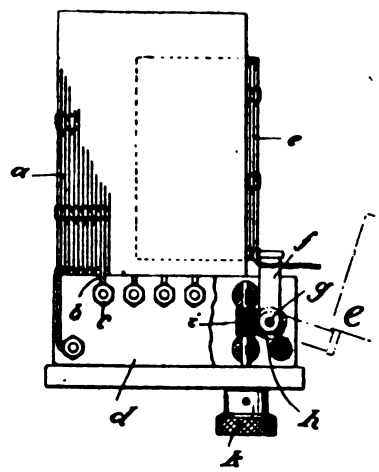


Abb. 3.

festigt sind und ihrerseits die Spule *a* gegen zwei Schienen *d* aus Isolationsmaterial heranziehen. Da somit die Spule körperlos ausgeführt ist und nur über ganz schmale Flächen an Isoliermaterial anliegt, besitzt die Spule geringste Eigenkapazität, und es sind die dielektrischen Verluste möglichst vermieden, also eine sehr steile Resonanzkurve erreicht. In die freitragende Spule *a* läßt sich die Spule *e* derart einschwingen, daß sie vollständig in die erste Spule eintaucht. Die Spule *e* sitzt auf einem Arm *f* aus Isoliermaterial, der um den Schwingzapfen *g* mittels Schneckenrad *h* und Schnecke *i* vom Drehknopf *k* aus in eine beliebige Lage ausgeschwungen werden kann. (D. R. P. Nr. 427864.)

Es sind Variometer der Flachspulen-D-Type bekannt, die in der Anordnung zweier um 180° drehbarer Flachspulen bestehen. Eine Erfindung von Hans Bruckner in Nürnberg gestattet, durch die Zu-

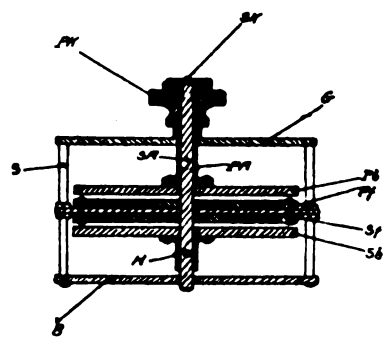


Abb. 4.

ordnung eines zweiten Spulenpaares neben der Veränderung der Induktivität des ersten Paares den Kopplungsgrad eines Sekundärsystemes zu diesem ersten Paare stetig zu ändern. Das Primärvariometer.

Digitized by Google

bestehend aus einer festen und einer beweglichen D-Flachspule *Pf* bezw. *Pb* (Abb. 4), bildet zum Beispiel die Verlängerung der Antenne, während die aus zwei Spulen *Sf* bezw. *Sb* der gleichen Art bestehende Sekundärwicklung zum Detektor und zum Telephon geführt ist. Primär- und Sekundärsystem sind somit bezüglich der magnetischen Feldstärke unabhängig stetig veränderlich, wobei dem primären Spulenpaar die Aufgabe zufällt, die Antenne entsprechend zu verlängern, während das sekundäre Paar mit einer durch den Drehwinkel seiner Spulen wirksamen Differenzwindungszahl und somit durch einen hiedurch bestimmten Kopplungskoeffizienten im Primärfelde liegt. Die Achse *PA* sitzt im Primärknopf *PK* und steht mit der um 180° drehbaren Primärspule *Pb* in Verbindung. Die Primärspule *Pf* und die Sekundärspule *Sf* sind miteinander fest verbunden und mit dem Ständer *S* verschraubt. Die Achse *SA*, am oberen Ende im Sekundärknopf *SK* sitzend, führt bis zur Sekundärspule *Sb*, die durch die Hülse *H* auf der Achse *SA* befestigt ist.

(D. R. P.Nr. 412016.)

Literaturberichte.

3466 **Physikalische Grundlagen der Wellentelegraphie und -Telephonie.** Von Prof. Dr. J. Tuma, Prag. 177 Seiten mit 140 Abb. Bücher der Umschau über die Fortschritte in Wissenschaft und Technik. H. Bechhold, Verlagsbuchhandlung, Frankfurt a. M. 1926. Kart. Mk. 3·90, geb. Mk. 4·80.

Der Verfasser ist bestrebt, dem Laien das Wesen der Elektrotechnik unter Zuhilfenahme der Äthervorstellung und zahlreicher Analogien aus der Hydrodynamik zu erklären. Dabei wird stellenweise in der Gemeinverständlichkeit der Darstellung reichlich weit gegangen. Nichtsdestoweniger erfolgt die Behandlung der Maßsysteme sehr ausführlich, aber es erscheint bei aller darauf verwendeten Sorgfalt fraglich, ob der technisch weniger vorgeschulte Leserkreis, an den sich das Buch wendet, an diesen abstrakten Darlegungen Interesse nehmen wird. Von diesem Abschnitt abgesehen erfolgt die Einführung in den Gegenstand an Hand der Beschreibung zahlreicher, teils altbekannter, teils vom Verfasser umgestalteter oder neu erdachter Versuche, die größtenteils mit den Einrichtungen einer Mittelschule unschwer wiederholt werden können. Die vorbereitenden Erläuterungen bis zum Eingehen auf die eigentliche Radioübertragung umfassen gegen 100 Seiten. Eine erschöpfende Besprechung der verschiedenen Empfangsschaltungen ist nicht beabsichtigt, sie erfolgt nur insoweit, als dies zur Erläuterung der praktischen Anwendung der im vorhergehenden entwickelten Grundlagen nötig ist, wohl aber werden grundlegende Vorgänge, wie zum Beispiel die Audionwirkung sehr eingehend erklärt. Am Schluß wird die Fortpflanzung der elektrischen Wellen erläutert. Dr. Grann.

860 **Radiotechnik II.**[1]**, Wellentelephonie** von Dr. Werner Bloch. Sammlung Göschen, Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1926. Preis geb. Mk. 1·50.

Das in seinem Umfange den bekannten Göschen-Bändchen entsprechende Buch behandelt I. die physikalisch-technischen Probleme; II. die freie Wellentelephonie, insbesondere des Rundfunks und III. die leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie. Der Abschnitt I. ist sehr kurz gehalten und erstreckt sich nur auf die Beziehung zwischen Träger- und Steuerwelle (Modulation) und die Wandlungen der Wellenformen von der akustischen Welle des Senders zu jener des Empfängers: die Raumakustik, sowie auf den erforderlichen Wellenbereich (Seitenbänder) der Verkehrseinheit. Im II. Abschnitt finden wir zunächst die Röhrensender und deren Modulationsschaltungen: die Kontrolleinrichtungen für die Trägerfrequenz (Quarzresonator); die verschiedenen gebräuchlichen Mikrophonsysteme: erprobte Anordnungen für die Übertragung aus Oper und Vortragssaal besprochen. Ferner werden die Ausbreitungsverhältnisse und deren Störungen; die Rundfunkübertragung auf Eisenbahnzüge: die gegenseitige Verständigung zwischen Schiff oder Luftschiff und landfesten Stellen und die Empfangsschaltungen mit ihren bekannten Einzelheiten erörtert. Auch die Organisation des Rundfunks und die geographische Verteilung der deutschen Rundfunksender finden Berücksichtigung. Im III. Abschnitte werden die Mehrfachtelephonie zur besseren Ausnützung interurbaner Linien, ferner die Telephonie längs der Hochspannungsleitungen von Überland-Elektrizitätswerken (Beispiel Bayernwerk) und die Zugtelephonie behandelt.

Die Darstellung beschränkt sich natürlich gemäß dem geringen Umfange von 122 Seiten auf das Wichtigste, das jedoch mit großer Umsicht ausgewählt erscheint; sie gibt ein klares Bild über die Betriebserfordernisse und die sonstigen maßgebenden Verhältnisse jedes der angeführten Verkehrssysteme. Das Buch kann daher nicht nur den mehr von ideellem Interesse geleiteten Amateurkreisen, sondern auch solchen technischen Berufskreisen unbedenklich empfohlen werden, die sich gelegentlich ernster mit einem der darin behandelten Systeme zu beschäftigen haben.

Dr. Rich. Hiecke.

3133 **Mitteleuropäischer Funk-Kalender 1927.** Unter Mitwirkung bewährter Fachleute herausgegeben von Ing. Gustav W. Meyer, beratender Ingenieur. Meyers techn. Verlag, Bodenbach a. Elbe (Tschechosl.) und Scöna (Sächs. Schweiz). Preis geb. S 4·—.

Der Kalender enthält geschichtliche Grundlagen, Angaben für den Bau von Antennen und einfachstem Empfangsgerät, Schaltungen und Erläuterung der Wirkungsweise verschiedener Röhrenapparate, einiges über Lautsprecher und deren Bewertung, gerichtete Wellen, Kurzwellensender, Fernsehen und Bildübertragung, die Loewe-Röhre, Wellenverteilung der europäischen Sender und das Wichtigste aus der gesetzlichen Regelung des Funkwesens in Deutschland, Italien, Jugoslavien, Österreich, Ungarn, der Schweiz und der tschechoslowakischen Republik, sowie eine Übersicht über die Bücher und Zeitschriftliteratur über Radiotelegraphie und -telephonie. Dr. Grann.

3493 **Bildtelegraphie, Bildrundfunk und Fernsehen** (mit 16 Bildertafeln). Von Prof. Dr. Leop. Richter a. Tagblattbibliothek, Nr. 443/445; Steyrermühlverlag, Wien 1927.

Ein kleines Heftchen von nur 117 Seiten, in dem aber eine umfassende allgemeine Orientierung über Ziele, Mittel und Erfolge in den auf dem Titelblatte bezeichneten Zweigen der Verkehrselektrotechnik geboten wird. Es werden behandelt: Die ersten bildtelegraphischen Versuche: der Gleichlauf zwischen Geber und Empfänger; moderne Formen des Bakewell-Apparates; Übertragung von Photographien; die Fernschreiber; das Fernsehen, seine Grundlagen, sowie ausgeführte Fernseher und schließlich Bedeutung und Aussichten des Fernbildes. Die Darstellung, die im allgemeinen dem historischen Entwicklungsgange folgt, ist — vielleicht eben deswegen — leicht faßlich und gemeinverständlich, sowie derart umfassend, daß das Buch nicht nur für den Laien, sondern auch für den Schwachstromtechniker als wertvoller Orientierungsbehelf anzusehen ist. Seine Lektüre, die ungemein viel des Interessanten bietet, kann daher jedermann bestens empfohlen werden. Dr. Rich. Hiecke.

Eingelaufene Bücher.

Die Erzeugung kurzer elektrischer Wellen. Von Dr. A. Scheibe. 32 Seiten mit 28 Abb. Leipzig 1926, Verlag Hachmeister & Thal. Preis Mk. 1·60.

Rundfunk-Experimentierbuch. Von Dr. O. Rothdurst. I. Teil: Detektor-Empfänger und Verstärker. 76 Seiten mit 64 Abb. Lehrmeister-Bücherei, Nr. 797—798. — II. Teil: Röhrenempfänger und Widerstandsverstärker. 58 Seiten mit 37 Abb. Lehrmeister-Bücherei Nr. 832—833. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig 1926. Preis geh. je Mk. 0·70.

[1]) J. Hermann, Radiotechnik I., allgemeine Einführung. Vgl. Die Radiotechnik 1924, S. 378.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 4 | **3. April 1927** | **4. Jahrgang**

INHALT: Studien an der Negadynschaltung. Von Prof. Dr. Leopold Richtera, Wien. S. 37. / Die Zwischenfrequenzverstärkung mit Hilfe von Doppelgitterröhren. Von Eugen Mittelmann, Wien. S. 39. Die Bedeutung der Elektroakustik für den Rundfunk. Von Prof. Dr. F. Aigner, Wien. (Schluß.) S. 41. / Über Netzanschlußgeräte für Gleichstrom. Von Dr. R. Ettenreich, Wien. S. 44. / RUNDSCHAU. S. 46. / LITERATURBERICHTE. S. 48.

Studien an der Negadynschaltung.

(Mitteilungen aus dem Radiolaboratorium der technisch-gewerblichen Lehranstalt Mödling.)
Von Prof. Dr. Leopold **Richtera**, Wien.

Gewiß gehört die sogenannte Negadynschaltung zu den ganz besonders interessanten. Ihr Prinzip ist so allgemein bekannt, daß es wohl genügt, in Abb. 1 das Schaltschema dieser Zweigitterröhrenschaltung wiederzugeben und kurz zu besprechen.

Wie aus der Abb. 1 hervorgeht, ist Anode und inneres Gitter auf Anodenspannung, während das äußere Gitter über einen hochohmigen Widerstand R_g mit dem Glühfaden F verbunden, durch den Blockkondensator C_g aber für Gleichstrom abgeriegelt ist. Der Effekt dieser Schaltung ist der, daß jeder an die Punkte A und B angeschlossene elektrisch schwin-

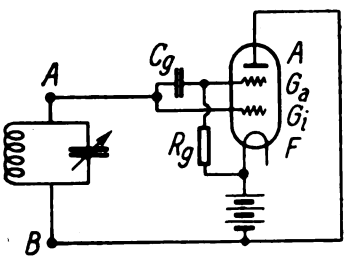


Abb. 1.

gungsfähige Kreis zum Schwingen angeregt wird, gleichgiltig ob man zum Beispiel ein Kopftelephon anschließt, das dann in hörbarer Frequenz (der Eigenschwingung der Telephonspulen) sich erregt oder einen Hochfrequenzkreis.

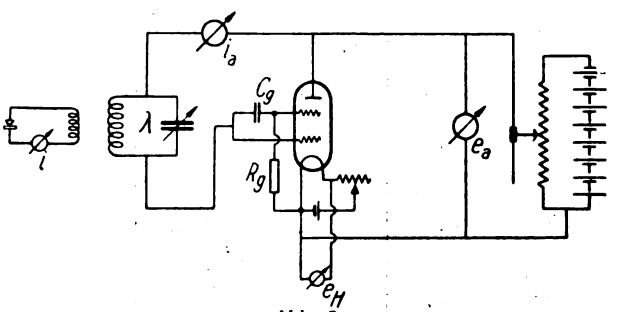


Abb. 2.

Der näheren Untersuchung derartiger hochfrequenter Schwingungen soll die folgende Studie dienen:

Die zur Messung verwendete Schaltung gibt Abb. 2.

Variiert wurde C_g, R_g, e_a, e_H, λ,
gemessen e_a, e_H, i_a und i,

also Anodenspannunng, Heizspannung, mittlerer Anodenstrom vom Glühfaden über inneres Gitter, Schwingkreisspule und Anode und endlich die Stromstärke des hochfrequenten Schwingstromes, beobachtet dadurch, daß an die Spule des Schwingungskreises eine Spule lose angekoppelt wurde, an welche Detektor und Gleichstrominstrument (10^{-5} A) angeschlossen waren. Der in diesem Sekundärkreis fließende Strom ist zwar kein direktes Maß für die absolute Stromstärke im Schwingungskreis, aber jedenfalls ist er diesem letzterem Strom proportional, erlaubt also Relativmessungen (Aufsuchen der Maxima usw.), auf welche es allein ankam.

Erste Meßreihe: Abhängigkeit von der Heizspannung.

Die konstant bleibenden Werte waren folgende: $C = 250$ cm, $R_g = 3\,M\Omega$, $\lambda = 500$ m, $e_a = 15$ V, Röhre Philips B 6.

Zunächst die Meßresultate, welche in der Weise gewonnen wurden, daß die Heizspannung ständig bis zu einem Maximalwert erhöht und dann wieder bis auf den Anfangswert verringert wurde.

e_H V	i_a mA	$i \cdot 10^{-5}$ A	Anmerkung	i_b mA	$i \cdot 10^{-5}$ A	Anmerkung
0·85	0·01	0		0·01	0	
0·9	0·018	0		0·018	0	
1	0·05	0		0·05	0	
1·1	0·108	0		0·108	0	
1·19	—	—		0·22	0	
1·2	0·22	0		0·47	10	Abreißen
1·25	0·30	0		0·62	10·8	
1·28	0·70	10·8	Ansprung	0·70	10·8	
1·3	0·74	11		0·74	11	
1·35	0·90	9·6		0·90	9·6	
1·4	1·07	7·5		1·07	7·5	
1·45	1·18	5	zunehmende Heizspannung ↓	1·18	5	abnehmende Heizspannung ↑
1·5	1·22	3·3		1·22	3·3	
1·55	1·25	2·2		1·25	2·2	
1·6	1·28	1·7		1·28	1·7	
1·65	1·34	1·3		1·34	1·3	
1·7	1·38	1		1·38	1	
1·74	1·41	0·7		—	—	

Abb. 3 gibt das Resultat graphisch wieder. Es zeigt sich, daß bei zunehmender Heizspannung die Schwingung (strichlierte Kurve) plötzlich auf hohe Werte anspringt, dann noch wenig ansteigt und

Digitized by Google

von da an fortwährend abnimmt, je weiter die Heizspannung erhöht wird. Kommt man umgekehrt von hohen Heizspannungswerten, so kommt es zu keinem Anspringen sondern zu einem sanften Anschwingen, und zwar auf der alten Kurve. Die

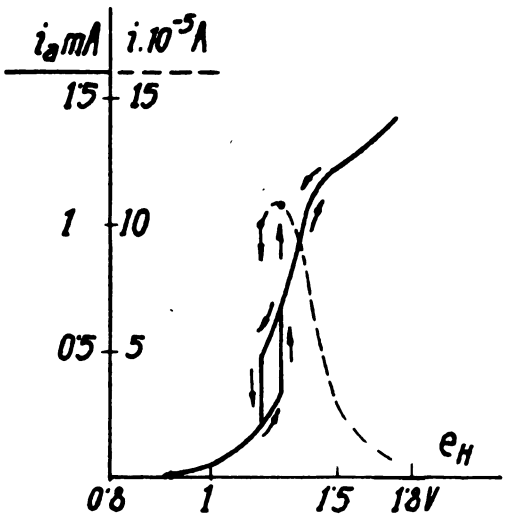


Abb. 3.

Schwingungen setzen sich über den früheren Ansprungswert fort und reißen erst bei kleineren Werten von e_H dann plötzlich ab.

Entsprechend dem Einsetzen respektive Abreißen der Schwingungen springt auch der Wert i_a mit.

Da bei der Negadynschaltung ja keine Möglichkeit einer veränderlichen Rückkopplung besteht, bleibt nur zur Beeinflussung der Schwingung die Änderung der Heizspannung und es zeigt sich, daß damit sogar ein sehr präzises Reguliermittel gegeben ist. Eine Feineinstellung der Rückkopplung ist unbedingt erforderlich, um zum Optimum zu kommen. Ganz falsch wäre es zu glauben, daß mit höherer Heizung

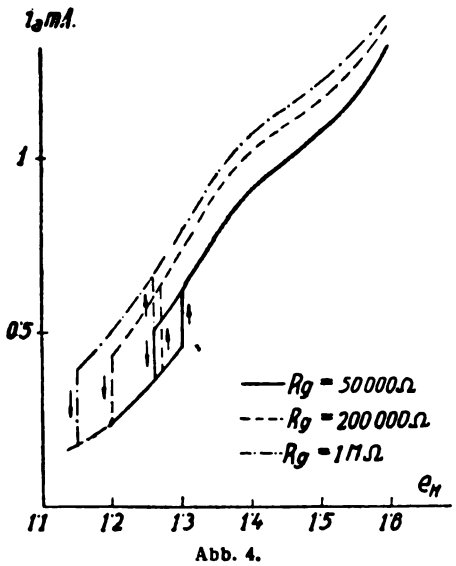


Abb. 4.

die Schwingintensität größer wird. Ganz im Gegenteil. Die günstigsten Heizwerte liegen bei verhältnismäßig recht niederen Werten der Heizspannung.

Am Wesen der Erscheinung ändert sich nichts, wenn man zu anderen Anodenspannungen cet par. übergeht, nur ändert sich damit die Lage der Ansprung- respektive Reißstellen, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht, die unter den früheren Umständen aufgenommen ist, nur mit einer Anodenspannung von 10 V statt wie früher 15 V.

e_H A	i_a mA	i . 10^{-5} A		i_a mA	i . 10^{-5} A	
0·8	0·005	0		0·005	0	
1	0·045	0		0·045	0	
1·05	0·024	0		0·074	0	
1·09	—	—		0·12	Abreißen	
1·1	—	—		0·205	3	
1·12	—	—		0·295	4·4	
1·14	0·15	0		0·3	4·4	
1·16	0·18	0		0·33	4 8	
1·19	0·40	5 (Anspr.)		—	—	
1·2	0·42	5		0·42	5	
1·25	0·5	4·3		0·5	4·3	
1·3	0·6	3		0·6	3	
1·4	0·68	0·3		0·68	0·3	
1·5	0·75	0·1		0·75	0·1	
1·6	0·81	0·01		—	—	

zunehmende Heizspannung ↓ — ↑ abnehmende Heizspannung

Ebenso ändert sich nichts Grundsätzliches an der durch Abb. 3 dargestellten Erscheinungsform. wenn man unter sonst gleichen Umständen die Wellenlänge ändert.

Zweite Meßreihe: Abhängigkeit von der Wellenlänge.

Mit den Werten der obigen Tabelle ($C_g = 250$ cm, $R_g = 3$ MΩ, $e_a = 10$ V) wurde die Meßreihe neuerlich durchgeführt, diesmal aber mit der Wellenlänge 1000 m (statt wie früher 500 m).

Um nicht wieder die ganze Tabelle wiederzugeben, seien nur die wesentlichen Punkte herausgegriffen.

Der Ansprung bei der Welle 1000 m erfolgt bei 1·224 V Heizspannung (bei 500 m schon bei 1·19 V), die Schwingungen nehmen dann ständig mit zunehmender Heizspannung bis fast Null ab. Setzt man dann die Heizspannung wieder allmählich herunter, so nehmen die Schwingungen wieder zu und bei $e_H = 1{\cdot}144$ V reißen sie ab (gegen 1·09 bei $\lambda = 500$ m).

Dritte Meßreihe: Abhängigkeit von der Größe des Blockkondensators C_g.

Um das Resultat gleich vorwegzunehmen: Der Einfluß ist nur gering, sofern die Kapazität nicht gar zu klein (etwa unter 100 cm), wie aus nachstehender

C_g cm	$i_a = 15$ V		$i_a = 10$ V	
	i_a mA	i . 10^{-5} A	i_a mA	i . 10^{-5} A
358	0·72	4·4	0·59	4·5
180	0·715	4·4	0·59	4
112	0·71	4·5	0·58	3·6
72	0·7	4·8	0·57	3
54	0·69	4·9	0·56	2·8
44	0·67	4·9	0·54	1·9
36	0·655	4·9	0·53	1·4
30	0 64	4·3	0·52	0·8
22	0·41	Abreißen. Beim Zurückgehen erfolgt Ansprung bei 64 cm	0·51	0·01 langsames Abklingen u. ebenso beim Zurückgehen langsames Ansteigen

Digitized by Google

Tabelle hervorgeht, die in der Weise gewonnen wurde, daß bei $\lambda = 500$ m, $R_g = 3$ M Ω und $e_H = 1{\cdot}28$ die Anordnung zum Schwingen gebracht und hierauf C_g verkleinert wurde. Unter C_g ist dabei nur die Größe des Kondensators selbst zu verstehen, so daß also die Zusatzkapazitäten der Röhre und der Drahtführung dazukommen.

Vierte Meßreihe: Abhängigkeit vom Arbeitswiderstand R_g.

Resultat: Je größer R_g, umso weiter auseinander liegen Ansprung- und Reißstelle bei Zunahme respektive Abnahme der Heizspannung.

Meßdaten: $\lambda = 500$ m, $C = 250$ cm, $e_a = 15$ V, $e_H = 1{\cdot}28$ V.

e_H	R_g — 50 000 Ω		R_g = 200 000 Ω		R_g = 1 M Ω	
	i_a mA	i 10^{-6} A	i_a mA	$i \cdot 10^{-6}$ A	i_a mA	$i \cdot 10^{-6}$ A
1·24	0·32	0	0·32	0	0·32	0
1·26	0·36	0	0·36	0	0·67	Ansprung
1·27	—	—	0·64	Ansprung	—	—
1·28	0·41	0	—	—	—	—
1·3	0·61	Ansprung	0·73	15	0·755	16
1·4	0·91	6	1·03	9	1·07	9
1·5	1·07	1	1·15	2	1·17	2
1·6	1·22	0·01	1·28	1	1·21	0·8
1·5	1·07	1	1·15	2	1·17	2
1·3	0·61	11	0·73	15	0·755	16
1·26	0·36	Abreißen	0·62	15	—	—
1·22	0·27	0	0·49	15	0·54	16
1·2	0·24	0	0·42	14	0·48	15
1·185	—	—	—	Abreißen	—	—
1·15	—	—	—	—	—	Abreißen

Abb. 4 gibt diese Versuchswerte in graphischer Form wieder.

Fünfte Meßreihe: Abhängigkeit von der Anodenspannung e_a.

Diese Untersuchung wurde für $\lambda = 500$ m, $C_g = 250$ cm, $R_g = 3$ M Ω für verschiedene Heizspannungen ausgeführt ($e_H = 1{\cdot}1$, $1{\cdot}2$, $1{\cdot}4$ V).

Von diesen Reihen sei im nachstehenden die charakteristische herausgegriffen, welche die Änderung der Schwingintensität mit Änderung der Anodenspannung für die Heizspannung 1·1 V zeigt.

e_a V	i_a mA	$i \cdot 10^{-6}$ A
0	0·025	0
1	0·09	0
3	0·16	0
4·5	—	0·75
5	0·20	2
6	0·205	3·25
8	0·21	6·5
10	0·21	8
11	0·205	7
11·55	—	Abreißen
11·25	0·12	0
10	0·12	0
8	0·21	6·5 Ansprung

Bei $e_H = 1{\cdot}2$ V kommt es zum Anschwingen bei $e_a = 6{\cdot}5$ V, bei $e_H = 1{\cdot}4$ V bei $e_a = 11$ V. Bis $e_a = 15$ V stieg die Schwingung in beiden Fällen noch immer an; die Reißstellen liegen also über 15 V, doch wurde dieser Bereich nicht näher untersucht.

Zusammenfassung: Die Negadynschaltung hat für jede Wertegruppe e_H, e_a, λ, in geringem Maße auch von C_g und R_g ein Optimum als Schwingungsgenerator, das für einzelne Spezialfälle aufgesucht wurde.

Die Zwischenfrequenzverstärkung mit Hilfe von Doppelgitterröhren.

Von Eugen **Mittelmann**, Wien.

Zusammenfassung: Es sollen im Nachstehenden an Hand einfacher mathematischer Überlegungen die Verhältnisse bei einer Zwischenfrequenzverstärkung im allgemeinen, beruhend auf dem Modulationsprinzip, sowie die Verhältnisse bei Verwendung von Doppelgitterröhren im besonderen dargestellt werden.

Die Problemstellung lautet: Unter welchen Bedingungen wird in einem elektrischen System bei Einwirkung von verschiedenen Frequenzen von der Periodenzahl F_1 (Empfangsfrequenz) und einer Periodenzahl F_2 (Lokalfrequenz) eine Frequenz F_3 (Zwischenfrequenz) so entstehen, daß

$$F_3 < \frac{F_1}{F_2}.$$

Wir müssen also die mathematischen Kennzeichen dafür suchen, wann in einem Ausdruck, enthaltend die Frequenzen $\omega_1 = 2\pi F_1$ und $\omega_2 = 2\pi F_2$, auch eine Frequenz mit einer niedrigeren Periodenzahl als die beiden Grundfrequenzen vorhanden ist.

Haben wir einen Ausdruck

$$y = \sin \omega_1 t + \sin \omega_2 t,$$

so stellt sich eine Funktion von dieser Gestalt als die Superposition zweier Schwingungen dar. Dabei merken wir uns, daß außer den zwei Grundfrequenzen keine dritte mit einer niedrigeren Periodenzahl vorkommt. Wir können den folgenden Satz formulieren:

Ist ein Schwingungsvorgang dargestellt durch die Summe von verschiedenen Einzelschwingungen mit rein linearen Gliedern, so sind in der Schwingung keine Schwingungen vorhanden, deren Periodenzahl kleiner ist, als die Periodenzahl einer der Grundschwingungen.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse, wenn man den Ausdruck

$$y = \sin \omega_1 t \sin \omega_2 t$$

betrachtet. Dieser Ausdruck läßt sich auch in der Form schreiben

$$\sin \omega_1 t \sin \omega_2 t = \tfrac{1}{2} [\cos (\omega_1 - \omega_2) t - \cos (\omega_1 + \omega_2) t].$$

Außer den Grundfreqenzen treten hier noch zwei Frequenzen, die eine mit der Summe, die andere mit der Differenz der beiden Grundfrequenzen, auf. Im ersten Glied haben wir die gewünschte längere Welle der Zwischenfrequenz.

Wir können nun den folgenden Satz festhalten: Ist in einem Ausdruck für einen

Digitized by Google

Schwingungsvorgang auch ein quadratisches Glied, bezw. ein Produktenglied aus zwei der Grundfrequenzen vorhanden, so ist dies das Zeichen dafür, daß in der Schwingungskombination auch eine Frequenz von einer niedrigeren Periodenzahl vorhanden ist, als die Periodenzahl der beiden Grundfrequenzen.

Es sollen nun die physikalischen Bedingungen gesucht werden, unter welchen die oben gesagten Erscheinungen eintreten. Zu diesem Zwecke lassen wir zunächst zwei Grundfrequenzen auf einen Kreis mit konstantem Ohmschen Widerstand einwirken.

Zwischen Strom und Spannung besteht eine lineare Beziehung und wir können schreiben

$$I = 1/R(E_1 \sin \omega_1 t + E_2 \sin \omega_2 t),$$

wenn dem Kreise die beiden Spannungen

$$e_1 = E_1 \sin \omega_1 t$$

und

$$e_2 = E_2 \sin \omega_2 t$$

aufgedrückt werden. Es treten mithin nur Schwingungen des Stromes mit der Periodenzahl der beiden einwirkenden Schwingungen auf. Daraus folgt aber eindeutig, daß wir für unseren Zweck einen Kreis mit konstantem Ohmschen Widerstand nicht brauchen können. Nehmen wir eine nicht lineare Beziehung zwischen Spannung und Strom an, das heißt in diesem Falle ist der Widerstand nicht mehr konstant, sondern mit der Spannung veränderlich, so können wir diese Beziehung durch eine Funktion von der Form

$$I = a_1 f(E)^n, \text{ wobei } E = E_1 + E_2,$$

ausdrücken. Wir brauchen die Reihenentwicklung nur bis zum quadratischen Gliede fortsetzen. In diesem Gliede erscheint das Quadrat aus der Summe

$$E_1 \sin \omega_1 t + E_2 \sin \omega_2 t.$$

Wird diese Summe zum Quadrat erhoben, so erhalten wir bekanntlich neben anderen Gliedern auch das Produktenglied

$$2 E_1 E_2 \sin \omega_1 t \,.\, \sin \omega_2 t.$$

Wir wissen aber von früher, daß in diesem Ausdruck die Schwingung mit der Differenzfrequenz $(\omega_1 - \omega_2)$ enthalten ist.

Es treten in diesem Falle sehr komplizierte Schwingungen des Stromes auf. Und zwar Schwingungen mit der doppelten Periodenzahl der beiden Grundfrequenzen, die Summenfrequenz aus ω_1 und ω_2, und schließlich, was für uns wichtig ist, eine Schwingung des Stromes mit der Differenz der Periodenzahlen der beiden Grundfrequenzen. Die Verhältnisse liegen hier ganz ähnlich, wie bei der Modulation eines Röhrensenders. Stellt in der eben gewonnenen Beziehung ω_1 die Hochfrequenz, ω_2 die Niederfrequenz dar, dann entsprechen die Glieder mit den beiden Schwingungszahlen $(\omega_1 + \omega_2)$ und $(\omega_1 - \omega_2)$ den beiden Seitenbändern der ausgestrahlten Welle. Wir haben also erreicht, daß die Erscheinungen auftreten, für welche wir eingangs die Bedingungen gesucht haben, die Transponierung der kurzen Empfangswellen in eine Welle der Zwischenfrequenz mit größerer Wellenlänge. Da alle auftretenden Frequenzen außer der Schwingung mit der Differenzfrequenz höhere Periodenzahlen haben als diese selbst, so muß das Eingangsfilter des Zwischenfrequenzkreises so konstruiert werden, daß alle Frequenzen, die höher sind als $(\omega_1 - \omega_2)$ abgedrosselt werden.

Als Bedingung für die Möglichkeit der Wellentransponierung von kürzeren in längeren Wellen überhaupt haben wir mithin das Vorhandensein eines variablen Widerstandes erkannt, und zwar in dem Kreise, auf den die beiden Grundfrequenzen einwirken. Einen Kreis mit variablem Widerstand stellt zunächst jede Elektronenröhre in der Audionschaltung dar, womit die Notwendigkeit des ersten Audions in einem Zwischenfrequenzverstärker erwiesen ist.

Wir wollen uns nun den Schaltungen mit Doppelgitterröhren zuwenden und untersuchen, welche physikalischen Tatsachen der Verwendungsmöglichkeit der Doppelgitterröhren als Frequenzwandler zugrundeliegen.

Die verwendete Schaltung (Abb. 1) ist allgemein bekannt. Eine ähnliche Schaltung wurde bereits im Jahre 1924 von J. Williams veröffentlicht[1]). Sie beruht auf den charakteristischen Eigenschaften der Doppelgitterröhren und stellt in der vorliegenden Schal-

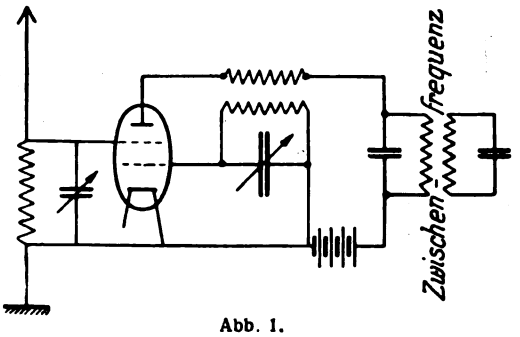


Abb. 1.

tung einen Röhrengenerator dar, bei welchem die Schwingungsamplituden lediglich von der Spannung des Außengitters abhängen. Folgen wir diesem Gedankengang bis zum Schluß, so können wir die Wirkungsweise der Schaltung Abb. 1 kurz wie folgt charakterisieren.

Die zu verstärkende Energie moduliert die Schwingungen des Lokalsenders[2]).

Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal gegenüber den üblichen Superheterodyneschaltungen liegt offenbar darin, daß — während dort die Hilfsfrequenz und Empfangsfrequenz dem Kreise einer besonderen Gleichrichterröhre aufgedrückt werden —, hier alle drei Funktionen von der Doppelgitterröhre, und zwar in einer einzigen vollzogen werden.

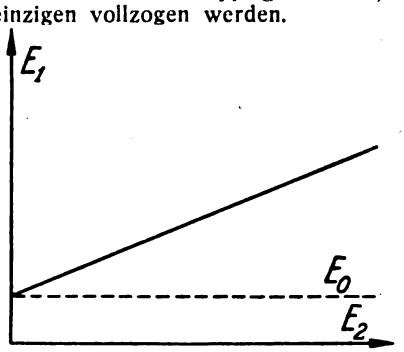


Abb. 2.

Bei der Analyse der auftretenden Schwingungskombination ergibt sich, daß ein Glied mit dem Produkt aus den beiden Grundfrequenzen vorhanden und somit die Möglichkeit einer Transponierung tatsächlich erwiesen ist[3]).

Bedeuten E_a die Spannung der Anodenbatterie, m_1 und m_2 den Verstärkungsfaktor des Innengitters bezw. des Außengitters, e_1 und e_2 die Spannung am

[1]) Experimental Wireless.

[2]) R. Barthelemy: L'onde electrique, April 1926.

[3]) P. Levy trachtete den mathematischen Beweis zu führen, daß der Zwischenfrequenzverstärker mit Doppelgitterröhre im Grunde genommen identisch ist mit dem bekannten Superheterodyn. Seine Schlußfolgerungen und die Art seiner Beweisführungen erscheinen mir jedoch als etwas Gezwungenes (loc. cit. [2]).

Digitized by Google

Innengitter bezw. am Außengitter, R den Widerstand des gesamten Anodenkreises und i den Anodenstrom, so gelten für den Anodenkreis einer Doppelgitterröhre die nachstehenden Beziehungen

$$E_a + m_1 . e_1 + m_2 . e_2 + R . i = 0.$$

Führt man für die Spannungen e_1 und e_2 die Werte für eine sinusförmige Schwingung ein, so ergibt sich mit $e_1 = E_1 \sin \omega_1 t$ und $e_2 = E_2 \sin \omega_2 t$ die Beziehung

$$i = 1/R (E_a + m_1 . E_1 \sin \omega_1 t + m_2 . E_2 \sin \omega_2 t).$$

Es wurde schon oben gesagt, daß wenn die Doppelgitterröhre in der angegebenen Schaltung zum Schwingen erregt wird, die Amplituden der Schwingung abhängig sind von der jeweiligen Spannung am Außengitter. Nach den Messungen von Bedeau und Barthelemy läßt sich diese Abhängigkeit in einer linearen Beziehung zwischen der Amplitude der wirksamen Steuerspannung am Innengitter und der Spannung am Außengitter aufstellen, wie in der Abb. 2 dargestellt[4]). (Als Steuergitterspannung bezeichnen wir stets die Spannung des Innengitters, da in der vorliegenden Schaltung die Rückkopplung derart geschaltet ist, daß die eigentliche Erregung der Röhre durch den Innengitterkreis erfolgt.)

$$E_1 = E_0 + k . e_2.$$

E_0 ist die Amplitude von e bei spannungslosem Außengitter. Die Bestimmung der Konstante k wurde von de Mare ausgeführt und ihr Wert beträgt zirka 1—2. Berücksichtigt man diese Beziehung, so kann man für den Wert E_1 der Innengitterspannung den Ausdruck

$$E_1 = E_0 + k . E_2 \sin \omega_2 t$$

setzen. Formt man schließlich den Ausdruck für den Anodenstrom durch Einsetzung des eben gewonnenen Ausdruckes um, so erhält man die endgültige Beziehung zwischen dem Anodenstrom und den beiden Grundfrequenzen in der Form

$$i = 1/R [E_a + m_1 . E_0 \sin \omega t + m_1 . k . E_2 \sin \omega_1 \sin \omega_0 t + m_2 E_a \sin \omega_2 t].$$

Dieser Ausdruck gibt bereits Aufschluß über das zu erwartende Resultat. Es ist darin ein Glied mit dem Produkt aus den beiden Grundschwingungen enthalten, folglich ist, nach dem eingangs Gesagten, eine Schwingung mit der Periodenzahl $\omega_1 - \omega_2$, das heißt die Transponierungswelle, vorhanden. Die Amplitude dieser Schwingungen ist dabei nur von dem Koeffizienten $m_1 . k . E_2$ abhängig und unabhängig von der Periodenzahl der beiden Grundfrequenzen. E_2 ist die Amplitude der Fernerregung, über welche wir nicht frei verfügen können, es sei denn durch eine etwaige vorherige Hochfrequenzverstärkung. m_1 ist aber der reziproke Durchgriff der Röhre in Bezug auf das Innengitter, das heißt je kleiner der Durchgriff der verwendeten Röhre umso kräftiger die Amplitude der Zwischenfrequenz.

(Eingelangt Mitte Juli 1926.)

[4]) loc. cit. Seite 163 ff.

Die Bedeutung der Elektroakustik für den Rundfunk.

Von Prof. Dr. F. **Aigner**, Wien.

(Schluß aus Heft 3, Seite 28.)

III.

Wird in einem geschlossenen Raum gesprochen oder musiziert, so treffen die von der akustischen Quelle ausgehenden Schallwellen auf ihrer Wanderschaft durch den Raum auf Hindernisse, wie sie im Raum stehende Gegenstände, ferner anwesende Zuhörer und schließlich die den Raum begrenzenden Wände darstellen. An solchen Stellen tritt Schallreflexion ein. Dabei wird ein Teil der Energie, da die Reflexionsstellen nicht absolut schallundurchlässig sind, durchgehen, ein weiterer Teil wird absorbiert. Der übrigbleibende Rest wird reflektiert. Dieser geschwächte, reflektierte Wellenzug setzt dann in seiner durch die Reflexion erhaltenen neuen Richtung seine Wanderung durch den Raum fort, bis er an einer zweiten Stelle neuerdings reflektiert wird; und so geht das Spiel weiter, bis sich die immer schwächer werdende Schallenergie tot gelaufen hat.

Die Schallstrahlen treffen nun, von allen möglichen Richtungen kommend, teils direkt, teils auf indirekten, durch Reflexionen abgelenkten Wegen das Ohr eines Zuhörers. Dadurch, daß nicht bloß direkter, sondern auch indirekter Schall den Gehörapparat in Tätigkeit setzt, wird im allgemeinen eine Schallverstärkung eintreten, die unter sonst gleichen Verhältnissen umso größer ist, je weniger Schallenergie bei den einzelnen Reflexionen verloren geht, je besser also die vorhandenen Schallhindernisse reflektieren. Es wäre aber verfehlt, zu glauben, daß man etwa dadurch einen akustisch guten Raum erhält, wenn man bloß diesem Gesichtspunkt durch Verwendung gut reflektierender Wandbekleidung Rechnung trägt. So einfach liegt das Problem eines gut akustischen Raumes durchaus nicht. Denn je kleiner die Schallschwächung bei den Reflexionen ausfällt, umso längere Zeit wird es dauern, bis sich die Schallwellen totgelaufen haben, da sie ja dann mehr Reflexionen vertragen als bei schlecht reflektierendem Material. Dadurch entsteht aber bald ein zulanges Nachklingen eines Tones. Man erhält einen zulangen „Nachhall" und die Silben laufen beim Sprechen ineinander.

Macht man hingegen die Wände schlecht reflektierend, dann nimmt die Nachhalldauer ab, da sich die Schallwellen in kürzerer Zeit verbrauchen; das lineinanderfließen der Silben verschwindet. Dafür wird aber wegen der schlechteren Reflexionsfähigkeit, also der stärkeren Schwächung der reflektierten Wellenzüge, die das Ohr treffende Gesamtenergie kleiner, Sprache und Musik also leiser.

Nachdem die beiden bisher besprochenen Erscheinungen bezüglich ihres Vorteiles für einen gut akustischen Raum gegeneinander arbeiten, muß es irgend ein Optimum für die Nachhalldauer geben.

Das ganze Problem wurde auf verschiedenen Wegen von verschiedenen Forschern theoretisch bearbeitet und lieferte immer die gleichen mathematischen Resultate, die dann schließlich durch Experimente geprüft und mit der Theorie übereinstimmend befunden wurden.

Die diesbezüglichen Resultate lassen sich kurz so zusammenfassen: Die optimale Nachhalldauer soll für einen Vortragsraum ½ bis 1 Sekunde und für einen Musikraum 1 bis 2 Sekunden betragen. Sie kann durch zweckmäßige Auswahl bestimmter Faktoren, deren Besprechung zu weit führen würde, für Räume nicht allzugroßer Dimensionen immer realisiert werden. Man kann daher einen solchen neu zu erbauenden Raum hinsichtlich seiner Akustik-Güte im voraus berechnen und schlecht akustische fertige Räume auf Grund der ermittelten Formeln akustisch verbessern. Ein moderner Architekt sollte heute keinen für Zuhörer gedachten Raum mehr ohne Beachtung der raumakustischen Formeln entwerfen. Natürlich sind Räume, die bereits so groß sind, daß sich ein Echo ausbilden kann, das immer schädlich ist, von dieser Betrachtung ausgeschlossen.

Früher wurde behauptet, daß im Falle der Empfängergrenzreichweite ein stärkeres Rückkoppeln für Sprachdarbietungen, wie dies das schmälere Sprachfrequenzband gegenüber Musikaufführungen scheinbar gestattet, ganz allgemein aus einem jetzt zu besprechenden Grunde unzulässig ist. Dieser

Digitized by Google

Grund ist nunmehr bereits klar. Durch Rückkoppeln wird der elektrische Nachhall im Empfänger erhöht, und von einer gewissen Größe der Rückkopplung ab schließlich so groß, daß die Silben im Kopfhörer, der auf diesen künstlichen, elektrisch durch Rückkopplung hergestellten Nachhall reagiert, ineinanderlaufen. Nun haben wir aber eben gesehen, daß für Sprache der optimale Nachhall rund die Hälfte von dem für Musik beträgt, daher darf durch ein stärkeres Rückkoppeln der elektrische Nachhall im Empfänger nicht für Sprache länger als für Musik gemacht werden, sondern es muß im Gegenteil der umgekehrte Weg eingeschlagen werden: dann ist aber ganz allgemein tatsächlich die Sprachreichweite eines Empfängers immer früher erreicht als die Reichweite, bei der Musik noch akustisch richtig wiedergegeben wird. Auf Grund der optimalen Nachhalldauer können wir noch folgende interessante Resultate erhalten:

Wir können in einem auf optimalen Nachhall gebrachten Raum einen Sender besprechen und werden mit eben diesen Raumnachhall (wenn im Empfangsapparat kein neuer hinzukommt), im Kopfhörer, der praktisch infolge seiner großen Dämpfung nachhallfrei ist, Sprache richtig verstehen und Musik gut hören.

Anders wird hingegen die Sache sofort, wenn wir nun einen Lautsprecher an die Empfangsapparatur anschließen. Er selbst ist zwar praktisch ebenfalls nachhallfrei, aber er steht nun in einem mit Nachhall behafteten Raum als Schallquelle. Zum Nachhall des Sendermodulationsraumes, den der Lautsprecher als selbst nachhallfrei richtig wiedergibt, addiert sich aber jetzt für den Zuhörer der seines Aufenthaltsraumes hinzu, in dem der Lautsprecher arbeitet. Der Nachhall wird somit zu lang, und zwar gerade doppelt solang als er sein dürfte, wenn der Raum des Lautsprechers auch gerade optimale Nachhalldauer aufweist.

Abhilfe schafft hier ein eigener Sprecherbesprechungsraum, auch Studio genannt. Machen wir diesen Raum praktisch völlig nachhallfrei, so arbeitet unter den früher gemachten Annahmen nun unser Lautsprecher richtig. Dafür ist aber nunmehr die Sache im Kopftelephon nicht mehr in Ordnung. Dort hört man jetzt alles vollkommen nachhallfrei; Musik und auch Sprache klingen schlecht und machen einen unangenehmen, abgehackten Eindruck. Man gibt daher in neuerer Zeit dem Studio soviel Nachhall, daß diese lästige Erscheinung im Kopfhörer gerade verschwindet.

Die Betrachtungen zeigen, daß ein Studio nicht umgangen werden kann, wenn man allen Bedingungen gerecht werden will, nur sind die Versuche über seine beste zu wählende Nachhalldauer noch nicht abgeschlossen. Solange es Detektorapparate gibt, wird man den Nachhall im Studio so regulieren müssen, daß Sprache und Musik im Kopftelephon nicht abgehackt erscheinen. Gäbe es hingegen nur Röhrenapparate, dann wäre es das richtige, das Studio völlig nachhallfrei zu bauen und den jeweils erforderlichen Nachhall durch entsprechendes Rückkoppeln im Röhrenempfangsapparat elektrisch herzustellen. Die Sender hätten dann auch ihre größte Reichweite, da bei nachhallfreiem Studio die akustisch zulässige Rückkopplung im Empfänger und somit seine Empfindlichkeit ein Maximum würde.

Ein viel schwierigeres Problem als das des Studio ist die Übertragung aus Räumen mit normalem Nachhall, der aber, da diese Räume gleichzeitig Studio und Zuhörerraum sind, nicht geändert werden darf. Dieser Fall liegt vor, wenn Vortragsräume, Konzertsäle oder Theater direkt an einen Sender angeschlossen werden sollen. Dieses Problem harrt bis heute noch einer einwandfreien und restlosen Lösung. Hier muß noch viel experimentelles Material gesammelt werden, bis man ohne Herumprobieren einen Raum wird direkt an einen Sender anschließen können.

Es ist ersichtlich, daß das Problem der Raumakustik im Radio sowohl sender- als auch empfängerseitig eine viel bedeutendere Rolle spielt, als man auf dem ersten Blick vermuten würde.

Eine noch weittragendere Rolle kommt in der Radiotechnik den sogenannten Kombinationsschwingungen zu, die zum Schluß noch kurz besprochen werden sollen.

In der Akustik gilt im allgemeinen das sogenannte Superpositionsgesetz, das besagt, daß kleine Amplituden einer beliebigen Anzahl von Einzelschwingungen sich einfach addieren. Anders wird hingegen die Sache, wenn die Amplituden eine gewisse Größe überschreiten. Dann gilt das einfache Gesetz der Amplitudenaddition nicht mehr. Es gilt aber auch dann schon nicht mehr, wenn zwei oder mehrere Schwingungen, auch wenn ihre Amplituden klein sind, auf ein schwingungsfähiges System mit sogenannter unsymmetrischer Elastizität, ein Begriff, den wir sofort verstehen werden, einwirken. Dann erzeugen die einwirkenden Schwingungen ganz neue, im ursprünglichen Klangbild gar nicht vorhandene Schwingungen. Diese neuen Schwingungen heißen nach Helmholtz, der ihren Gesamtinhalt zuerst voll erkannt hat, Helmholtz'sche Kombinationsschwingungen.

In jedem schwingungsfähigen System pendelt die von Außen in das System hineingesteckte Energie derart hin und her, daß sie von dem Energiezustand, der Arbeit leisten kann, also aus der potentiellen Energieform, in einen wirklich arbeitenden Energiezustand, dem kinetischen übergeht und umgekehrt. Die Energie schwankt also fortwährend zwischen diesen beiden Zuständen hin und her. Es muß daher jedes schwingungsfähige System, ganz gleich, ob es sich nun um elektrische oder akustische oder irgend welche andere Schwingungen handelt, notwendigerweise zwei Elemente besitzen, die es eben der schwingenden Energie gestatten, in potentieller und kinetischer Form aufzutreten. Bei den akustischen Schwingungen stellen Masse und Elastizität diese beiden Energiereservoire dar, und zwar erlaubt ersteres eine Energieaufspeicherung in kinetischer, letzteres in potentieller Form. Betrachten wir als Beispiel eine ebene Membrane, die am Rand eingespannt ist. Heben wir diese Membrane nach einer Seite aus ihrer Ruhelage heraus, so sucht die dadurch auftretende Spannung, die elastische Kraft, die Membrane zurückzutreiben. Zu „beiden" Seiten der Ruhelage wirkt die gleich große elastische Kraft, die die Membrane in die Ruhelage zurückzuziehen sucht, es herrscht also symmetrische Elastizität. Wenn aber die Membrane durch eine Federkraft zum Beispiel einseitig durchgebogen wird und wir heben sie in der Richtung des Federzuges aus ihrer Ruhelage, so wirkt die elastische Kraft der Membrane selbst wie früher rücktreibend in die Ruhelage, die Federkraft hingegen hemmend.

Beim Ausschlag der Membran nach der anderen Seite unterstützt aber die Feder die Rückkehr in die Ruhelage. Wir sprechen daher von einer „unsymmetrischen" Elastizität. Läßt man auf eine Membran mit unsymmetrischer Elastizität zwei Schwingungen von den sekundlichen Schwingungszahlen etwa p und q einwirken, so liefert die Membran nicht bloß ein Mitschwingen für diese beiden primären Schwingungszahlen p und q, sondern sie zeigt auch noch Schwingungen von $p-q$ und $p+q$, also Schwingungen, die erst durch die unsymmetrische Elastizität erzeugt werden. Man nennt die Schwingung $p-q$ die Differenzschwingung und $p+q$ die Summationschwingung erster Ordnung. Erster Ordnung deshalb, da noch viel mehr neue Schwingungen höherer Ordnung entstehen. So entstehen auch die Oktaven der ursprünglichen beiden Schwingungen und noch viele andere, die uns aber nicht weiter interessieren müssen. Die Helmholtzschen Kombinationsschwingungen, die in die beiden großen Gruppen der Differenzschwingungen und Summationsschwingungen zerfallen, treten also in einem akustisch schwingungsfähigen System immer dann sicher auf, wenn dieses System eine unsymmetrische Elastizität besitzt.

Digitized by Google

Ein akustischer Apparat, bei dem Kombinationsschwingungen auftreten, ist beispielsweise das menschliche Ohr, da das Trommelfell (als Aufnahmemembran) unsymmetrische Elastizität aufweist. Werden daher auf einem Instrument Doppeltöne gespielt, so hört das Ohr nicht bloß diese Doppeltöne, sondern auch noch eine ganze Anzahl von Kombinationsschwingungen, die erst im Ohr entstehen. Sind speziell die gespielten Doppeltöne um weniger als um eine Oktave verschieden, so entsteht im Ohr stets ein dritter tieferer Ton als die beiden Erzeugenden, nämlich der erste Differenzton. Natürlich kann auch noch der Fall eintreten, daß das gespielte Instrument selbst bereits so beschaffen ist, daß in ihm Kombinationsschwingungen entstehen; das Ohr erzeugt aber dann selbst immer noch neue hinzu. Von Musikern hört man oft sagen, dies oder jenes Instrument produziert Untertöne; dies ist eine ganz richtige Aussage eines feinen musikalischen Gehöres; es handelt sich in solchen Fällen um tiefe Differenztöne.

Aus den Fähigkeiten des menschlichen Ohres, Kombinationstöne zu erzeugen, ergeben sich interessante Erscheinungen und wichtige Konstruktionsvorschriften für den Bau einer modernen Radioanlage. Zunächst ist es klar, daß ein Musikstück eine ganz andere Klangfarbe zeigen müßte, wenn das Ohr mit symmetrischer Elastizität arbeiten würde, denn jede Melodie wäre dann um eine beträchtliche Anzahl von Kombinationstönen ärmer. Musikalisch wäre dies zu begrüßen, denn die Kombinationstöne bringen auch eine Anzahl vom Komponisten nicht gewünschte Dissonanzen in den Klang hinein.

Am Ohr können wir allerdings nichts ändern, wohl aber müssen wir sorgfältig bestrebt sein, unser Sendeohr, also das Senderbesprechungsmikrophon ja nicht mit unsymmetrischer Elastizität arbeiten zu lassen. Denn wäre dies der Fall, so würde das Musikstück bereits so in unser Empfangstelephon kommen, wie es das menschliche Ohr sonsterst umarbeitet, und das Ohr würde dann neuerdings, sicherlich nicht zum musikalischen Vorteil, die Klänge durch Hinzufügen von neuen Kombinationsschwingungen umstilisieren.

Etwas soll auch noch erwähnt werden. Beschneidet man das Musikfrequenzband in einem Empfangsapparat oder auch im Sender nach unten hin, indem man es etwa erst bei 50 Hertz beginnen läßt, so merkt man davon in der Regel überhaupt nichts. Die Erklärung dieser Erscheinung ist die, daß das Ohr in Form von Differenzschwingungen, die unter den Kombinationsschwingungen die stärkste Amplitude haben, sich den weggeschnittenen Bereich selbst wiederum schafft. Er wird zwar im allgemeinen musikalisch durchaus nicht richtig sein; das Gehör, das für sehr tiefe Töne sehr unmusikalisch ist, merkt dies jedoch im allgemeinen nicht.

Leicht zu erklären ist nun auch die Tatsache, die sicherlich schon oft beobachtet wurde, daß ein Großlautsprecher in nächster Nähe außerordentlich dumpf klingt, hingegen, wenn man sich von ihm weiter entfernt, den dumpfen Klangcharakter verliert. Dies ist ein selbstverständliches Resultat der Kombinationsschwingungen, die im menschlichen Ohr entstehen, und zwar dann selbstverständlich, wenn gesagt wird, daß die Differenzschwingungen, um die es sich hier handelt, dem Produkt der Amplituden der sie Erzeugenden proportional sind. Stehe ich nahe einem Lautsprecher, so sind seine Amplituden sehr groß. Ein Differenzton erscheint nun im Ohr im Produkt dieser Amplituden, also belästigend laut; gehe ich weiter weg, dann werden die Amplituden des Lautsprechers kleiner und viel rascher verkleinert sich das Produkt der Amplituden, die einen Differenzton liefern. Er wird demnach nicht mehr wie in unmittelbarer Nähe des Lautsprechers mit störender Wucht hervortreten und der Klang verliert den dumpfen Charakter.

Die wichtigste Rolle spielen die Kombinationsschwingungen beim Modulieren eines Senders und beim Demodulationsvorgang im Empfänger. Diese beiden Vorgänge stellen nämlich nichts anderes dar, als die Erzeugung von Helmholtzschen Kombinationsschwingungen. Gäbe es diese Schwingungen nicht, so hätten wir voraussichtlich heute auch keinen Rundfunk.

Was heißt das, einen Sender modulieren? Das bedeutet nichts anderes, als einem schwingungsfähigen elektrischen System, das eine einem akustisch schwingenden System analoge Unsymmetrie besitzt, wie daselbst in der elastischen Kraft, eine Hochfrequenzschwingung und ein niederfrequentes Band aufzudrücken. Betrachten wir den einfachsten Fall, daß der Sender eine Schwingungszahl H Hertz — die Trägerfrequenz — und einen hörbaren Ton N aufgedrückt erhält. Der Sender ist so geschaltet, daß er befähigt ist, Kombinationsschwingungen zu erzeugen, und zwar erlaubt die krummlinige Charakteristik der Elektronenröhre die Entstehungsmöglichkeit von Kombinationsschwingungen. Es entsteht also die Differenzschwingung erster Ordnung $H - N$ und auch die Summationsschwingung $H + N$. Außerdem sind die Erzeugenden H als Trägerfrequenz und die modulierende Schwingung N als Niederfrequenz vorhanden. Ist N nicht ein einziger Ton, sondern ein ganzes Frequenzband, dann bilden auch die Kombinationsschwingungen erster Ordnung $H - N$ und $H + N$ ein Band, die beiden Seitenbänder. Diese sowie die Trägerfrequenz werden im allgemeinen vom Sender abgestrahlt und treffen nun einen Empfänger. In diesem befindet sich ein Detektor oder eine geeignet geschaltete Röhre, die in der Lage sind, Kombinationsschwingungen zu erzeugen. Dieses mit der Eigenschaft, Kombinationsschwingungen erzeugen zu können, ausgerüstete Element des Empfängers besorgt nun die Demodulation, indem es aus den drei ankommenden hochfrequenten Schwingungen Kombinationsschwingungen bildet. Hier interessieren uns natürlich nur die, die hörbar werden können, das sind die Differenzschwingungen. Kombinieren wir jedes Seitenband mit der Trägerfrequenz zu einer Differenz, so erhalten wir auf diese Art als Differenzschwingungen erster Ordnung das gewünschte Niederfrequenzband. Demodulieren heißt also nichts anderes, als Helmholtzsche Differenzschwingungen aus den empfangenden Hochfrequenzschwingungen entstehen lassen.

Auch alle Arten von Transponierungsempfängern, wie Superheterodyn, Ultradyn, Tropadyn usw., denen das Merkmal gemeinsam ist, aus einer kurzen ankommenden modulierten Welle mit Hilfe einer zweiten lokal erzeugten Hochfrequenzschwingung eine längere Welle zu erhalten, stellen im Wesen nichts anderes dar, als die Modulation einer Lokalfrequenz durch eine bereits moduliert ankommende Hochfrequenz, sodaß die Grundeigenschaft aller dieser Empfänger in der Erzeugung Helmholtzscher Kombinationsschwingungen zu suchen ist.

Überblickt man das über die Kombinationsschwingungen Gesagte, so ersieht man, daß diese speziellen Schwingungen in vielen Belangen für die Sender- und Empfängereigenschaft von großer Wichtigkeit sind, ja noch mehr; sie bilden die Grundlagen der Modulation und Demodulation, stellen somit eines der Fundamente dar, auf denen gegenwärtig die Hochfrequenztelephonie aufgebaut ist.

Digitized by Google

Über Netzanschlußgeräte für Gleichstrom.

Von Dr. R. **Ettenreich**, Wien.

Es ist gar keine Frage, daß ein großer praktischer Bedarf nach Netzanschlußgeräten für Gleichstrom besteht. Ist doch ein großer Teil von Wien sowohl als von Berlin noch immer mit Gleichstrom installiert. Es liegen auch keineswegs große technische Schwierigkeiten vor, Gleichstrom durch Siebketten hinreichend so geräuschfrei zu machen, daß man sowohl den Heizstrom als den Anodenstrom aus ihm entnehmen kann. Der Schrei nach dem batterielosen Empfänger erschallt schon laut auf dem Radiomarkte und so muß es eigentlich Wunder nehmen, daß sich die maßgebenden Behörden andauernd ablehnend verhalten.

In der „Elektrotechnischen Zeitschrift", Berlin 1925, Heft 12, wurden die endgültigen Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- und Anodenstrom aus Starkstromnetzen dienen, mit Gültigkeitsbeginn am 1. Oktober 1925 für Deutschland veröffentlicht. Der Punkt *a*) dieser Vorschriften lautete:

„Netzanschlußgeräte für Gleichstrom sind wegen der unbestimmten Polarität gefährlich und daher im Sinne der Vorschriften n i c h t z u l ä s s i g".

In Anlehnung an diese Vorschriften hat der Elektrotechnische Verein in Wien im Heft 3 d. J. 1926 der Vereinszeitschrift einen Entwurf von „Vorschriften für das Rundfunkwesen" veröffentlicht; auch hier werden Netzanschlußgeräte für Gleichstrom als unzulässig bezeichnet.

Trotzdem erscheinen im Handel, dem Bedarfe des Publikums Rechnung tragend, fortwährend neue Typen von sogenannten Gleichstromnetzanoden, die zum großen Teil sehr schleuderhaft ausgeführt sind und dadurch das Gefahrenmoment noch wesentlich erhöhen. Wir wollen uns nun fragen, ob das starre Festhalten des VDE und des EVW an dem ablehnenden Standpunkte tatsächlich gerechtfertigt ist.

Bekanntlich sind die Gleichstromnetze in der Regel mit Nulleiter installiert, so zwar, daß ungefähr die Hälfte der Verbraucher auf der positiven, die Hälfte auf der negativen Seite der Speiseleitung angeschlossen sind. Es wird daher ungefähr gleich oft zutreffen, daß der Minuspol geerdet ist, oder daß der Pluspol geerdet ist. Nehmen wir zunächst den ersten Fall und setzen wir voraus, daß der Radio-Amateur einen Empfangsapparat ohne Ausgangstransformator besitzt und mit Kopftelephon horcht. Sein Kopftelephon ist einpolig an die Anode des letzten Rohres angeschlossen, mit dem anderen Pol an die Plusleitung des Netzes. Ein Kopftelephon ist keineswegs für hohe Spannungen isolierend. Für seinen Bau sind auch nicht die Starkstromvorschriften maßgebend. Es kann daher leicht vorkommen — und es kommt auch in der Praxis sehr oft vor —, daß der metallische Bügel, der die beiden Hörer verbindet, mit der Wicklung Kontakt hat. In diesem nicht nur möglichen, sondern sehr wahrscheinlichen Falle, liegt der Radio-Amateur direkt einpolig an dem Außenleiter des Netzes, wobei sein Kopf einen geradezu raffiniert guten Kontakt entlang einer größeren Oberfläche dem Stromübergang darbietet. Dies muß noch keinen Unglücksfall zur Folge haben, wenn der Fußboden hinreichend isoliert, aber die Möglichkeit für einen Unfall, ist eine ganz unverhältnismäßig hohe, denn der Radio-Amateur begnügt sich nicht damit, an seinem Apparat nur dann zu hantieren, während kein Konzert ist, sondern der richtige Bastler hantiert während des Empfanges, das heißt er nimmt den Schraubenzieher zur Hand, während er das Telephon am Kopf hat und kann nun sehr leicht mit der Minusleitung, die an die Heizung angeschlossen ist, in metallischen Kontakt kommen. Aber selbst wenn er keine Vivisektion des Empfängers vornimmt, kann er leicht dazu verleitet sein, die Erdleitungsklemme des Empfängers zu berühren und in diesem Falle wird er sich kräftig elektrisieren.

Nun ist allerdings zwischen dem Netz und der Telephonrückleitung in der Regel entweder ein Widerstand oder eine Drosselspule oder beides zugleich vorgeschaltet, so daß eine gewisse Strombegrenzung vorhanden ist. In dieser Art der Strombegrenzung kann jedoch keinerlei Sicherheitsfaktor erblickt werden, da für moderne Röhren-Apparate ein Anodenbetriebsstrom von 20 bis 30 mA als durchschnittlich anzunehmen ist, während bei Vielröhrenempfängern auch Anodenströme von 70 bis 80 mA vorkommen. Das Anschlußgerät muß daher so dimensioniert sein, daß es eine Entnahme von mindestens 50 mA ermöglicht und diese 50 mA sind beim Durchfließen eines menschlichen Körpers schon eine sehr unangenehme Angelegenheit. Ist doch bekannt, daß bereits bedeutend geringere Stromstärken unter ungünstigen Umständen tötlich gewirkt haben.

Wir wollen nun den zweiten Fall betrachten, daß der Außenleiter negativ ist, dann liegt die Telephonrückleitung an dem geerdeten Nulleiter, während die Heizbatterie an den Außenleiter angeschlossen ist. Dieser Fall, der vielleicht im ersten Augenblick als günstiger erscheint, ist es in Wirklichkeit keineswegs, denn es ist durchaus unsympathisch, wenn die Heizbatterie, die in der Regel schlecht isoliert ist, sich auf einem hohen Potential gegen die Erde befindet. Die unvermeidliche Folge davon sind Kriechströme. Außerdem kommt es nicht selten vor, daß bei metallabgeschirmten Empfängern die Heizleitung irgendwo einpolig an Masse angeschlossen ist. In diesem Falle bildet der ganze Empfänger — um ein Kriegswort zu gebrauchen — eine Art „Hochspannungshindernis". Man muß nur irgendwo ankommen, um einen Schlag zu erhalten. Legt man nun gar eine Erdleitung an die dafür bestimmte Klemme des Empfangssapparates, so erzielt man entweder einen massiven Kurzschluß, der die Sicherung durchschmilzt, oder, wenn eine Drosselspule in die negative Zuleitung eingeschaltet ist, bewirkt man, daß diese zu dampfen und zu brodeln beginnt.

Man könnte nun daran denken, durch gewisse Vorschriften die oben geschilderten Möglichkeiten zu beseitigen, ohne den Gleichstromnetzanschluß radikal zu verbieten. Zum Beispiel könnte man vorschreiben, daß in die Erdungsleitung des Empfangsapparates ein durchschlagsfester Kondensator eingebaut werden müsse, oder daß das Telephon nicht direkt in die Anodenleitung des letzten Rohres geschaltet werden dürfe, sondern nur über einen den Starkstromvorschriften entsprechenden Ausgangstransformator. Aber alle diese Maßnahmen sind nicht durchführbar, weil sie sich auf einen Apparat beziehen, der bereits im Besitze des Kunden ist, während an dem Netzanschlußgerät diese Schutzvorrichtungen nicht angebracht werden können.

Man muß sich nur die praktischen Auswirkungen solcher Vorschriften vor Augen halten. Gesetzt ein Fabrikant bringt ein Netzanschlußgerät auf den Markt, das einen Anhängzettel trägt mit der Aufschrift: „Erdung des Empfangsapparates nur über Kondensator, Telephonanschluß über Ausgangstransformator". Bereits den Händlern wird diese Einschränkung unerwünscht sein und der Konsument wird sie praktisch nicht beachten, weil er bald bemerkt, daß sich auch ohne Beachtung dieser Vorschriften ein guter Empfang erzielen läßt.

Von dieser Erwägung ausgehend wurde nun neuerdings vom VDE in Berlin und vom Elektrotechnischen Verein in Wien bei der Beschlußfassung der vorangeführten, ab 1. Mai d. J. in Geltung tretenden Vorschriften für Rundfunk das Verbot des Anschlusses an Gleichstrom aufrechterhalten, jedoch die Einschränkung gemacht, daß für zusammengebaute Geräte, das heißt für Empfangsapparate, die mit dem Netzanschluß zu einer einzigen Einheit zusammengefaßt sind, noch besondere Vorschriften erlassen werden sollen. Es besteht wohl kein Zweifel, daß diese besonderen Vorschriften in einer prinzipiellen Erlaubnis für solche zusammengebaute Empfänger bestehen werden, wobei die Erdung über einen Kondensator und der Empfang über Ausgangstransformator obligatorisch sein werden. Dies hat

Digitized by Google

einen guten Sinn, denn nun werden Apparate vorliegen, von denen man beurteilen kann, ob sie den Sicherheitsvorschriften entsprechen, oder nicht, während bei der allgemeinen Zulassung von Gleichstromnetzanschlußgeräten der groteske Zustand eintreten würde, daß man die Vorschriften für die Zulassung der Anschlußgeräte jemand anderem als dem Fabrikanten dieser Anschlußgeräte, nämlich den Herstellern der Empfangsapparate, aufbürden müßte.

Für das Publikum stellt der zusammengebaute Anschluß- und Empfangsapparat zweifellos das erstrebenswerte Ideal eines Radioempfängers dar. Nicht nur, daß die Batterien vollständig vermieden sind, entfallen auch alle lästigen Verbindungsschnüre. Man hat nur einerseits den gewöhnlichen zweipoligen Stecker für das Netz, andererseits die Antenne anzuschließen, denn der Lautsprecher wird in den meisten Fällen ebenfalls in den Apparat eingebaut sein.

Allerdings ist durch diese Lösung den Wünschen jener Händler nicht gedient, die die vorhandenen Empfangsapparate mit einem Batterieersatz ausrüsten wollen. Es bleibt schließlich auch nach dem Verbote jedermann unbenommen dies zu tun, jedoch haftet der betreffende Fabrikant, bezw. Händler für den Schaden, der durch Benutzung des unvorschriftsmäßigen Gerätes entsteht. Es ist zu hoffen, daß das Lehrgeld, das die Bevölkerung auf diesem Gebiete durch den Kauf vorschriftswidriger Konstruktionen zahlen wird, nicht allzu teuer ausfällt.

Im Nachstehenden sind die Vorschriften des Elektrotechnischen Vereines in Wien veröffentlicht.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

22. Anhang.

Vorschriften für das Rundfunkwesen.

Giltig ab 1. Mai 1927.

A) Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen.

a) Jedes Gerät muß ein Ursprungzeichen, die Angabe der zulässigen Spannung „bis 440 V" und die Aufschrift „von Nässe zu schützen" tragen.

b) Die netzseitigen Teile müssen den bezüglichen Bestimmungen der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" des Elektrotechnischen Vereines in Wien entsprechen; insbesondere müssen die Geräte so eingerichtet sein, daß bei einer Anschaltung an das Starkstromnetz und während des Betriebes eine Berührung starkstromführender Teile unmöglich ist.

Eine Einkapselung in Metall ist verboten.

Die Verbindung der Geräte mit der Starkstromleitung mittels Edisonlampensockel 27 (Normal-Edisonsockel) oder mittels Steckerstifte darf nur ohne Zwischenschaltung einer Leitung (Schnur) erfolgen.

c) Bei den im Gerät verwendeten Schutzkondensatoren muß das Dielektrikum aus Glimmer oder Glas bestehen; Drehkondensatoren sind nicht zulässig.

d) Zwischen den Anschlußstellen für das Netz und denen für das Empfangsgerät muß an der Außenseite des Verbindungsgerätes ein Abstand von mindestens 20 mm vorhanden sein.

e) Alle verwendeten Baustoffe dürfen, soferne sie sie als Schutz verwendet werden, bei 70° C und, sofern sie als Träger spannungführender Teile verwendet werden, bei 100° C keine den Gebrauch beeinträchtigende Veränderung erleiden.

f) Die Geräte müssen eine genügende mechanische Festigkeit aufweisen.

Als Schutz gegen Berührung und Feuchtigkeit wird Umpressen oder Vergießen mit Isoliermasse empfohlen.

g) Die Geräte müssen unmittelbar nach 24stündigem Lagern in einem bei 20° C mit Feuchtigkeit gesättigten Raum eine Spannung von 1500 V Wechselstrom zwischen den netzseitigen Anschlußteilen untereinander einerseits, zwischen den netzseitigen und den empfängerseitigen Anschlußstellen andererseits, sowie zwischen den netzseitigen Anschlußstellen und einer um das Gerät gelegten Staniolumwicklung 1 min lang aushalten.

Ein solcher feuchter Raum kann z. B. hergestellt werden, indem die Innenwände eines geschlossenen Kastens mit Löschpapier oder Tüchern bedeckt werden, die ständig in Wasser tauchen und dadurch vollständig feucht gehalten werden.

h) Die Geräte müssen, nachdem sie 1 min lang unter Wasser gelegen haben, unmittelbar nach dem Herausnehmen aus dem Wasser ihre volle Durchschlagfestigkeit aufweisen und dürfen keinen größeren Isolationsstrom als 0·5 mA bei 440 V Gleichstrom durchlassen.

i) Für Verbindungsgeräte, die in Empfangsgeräte eingebaut werden sollen, gelten die „Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte)".

B) Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte).

a) Netzanschlußgeräte für Gleichstrom, bei welchen Empfangs- und Anschlußgeräte nicht organisch zusammengebaut sind, sind wegen der unbestimmten Polarität der Netze gefährlich und daher im Sinne dieser Vorschriften nicht zulässig. Für organisch zusammengebaute Empfangs- und Anschlußgeräte für Gleichstrom mit eingebautem Ausgangstransformator werden Sondervorschriften herausgegeben.

b) Jedes Gerät muß ein Ursprungzeichen, die Angabe der zulässigen Netzspannung, die Aufschrift „vor Nässe zu schützen", die Klemmenbezeichnung „Netz" bezw. „Empfänger", sowie ein Leistungschild tragen.

c) Netzanschlußgeräte gelten als Starkstromgeräte und unterliegen den bezüglichen Bestimmungen der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" des Elektrotechnischen Vereines in Wien. Insbesondere müssen die Geräte so eingerichtet sein, daß bei der Anschaltung und während des Betriebes eine Berührung spannungführender Teile unmöglich ist, wenn nicht mit Sicherheit das Auftreten höherer Spannungen als 40 V gegeneinander und gegen Erde vermieden ist.

d) Die zum Anschluß an das Netz und an das Empfangsgerät dienenden Klemmen sind so anzuordnen und zu kennzeichnen, daß ein Übertritt der Netzspannung auf die Entnahmeseite sowie eine Verwechslung der Klemmen ausgeschlossen ist.

e) Alle verwendeten Baustoffe dürfen, soferne sie als Schutz verwendet werden, bei 70° C und, soferne sie als Träger spannungführender Teile verwendet werden, bei 100° C keine den Gebrauch beeinträchtigende Veränderung erleiden.

f) Die Geräte müssen eine genügende mechanische Festigkeit aufweisen.

g) Die Geräte müssen unmittelbar nach 24stündigem Lagern in einem bei 20° C mit Feuchtigkeit gesättigten Raum eine Spannung von 1500 V Wechselstrom zwischen netzseitigen Anschlußstellen einerseits, den netzseitigen gegen die empfängerseitigen Anschlußstellen andererseits, zwischen den netzseitigen Anstellen und einer um das Gerät gelegten Staniolumwicklung, sowie zwischen den empfängerseitigen Anschlußstellen untereinander, sofern nicht mit Sicherheit das Auftreten höherer Spannungen als 40 V gegeneinander und gegen Erde vermieden ist, 1 min lang aushalten.

Ein solcher feuchter Raum kann z. B. hergestellt werden, indem die Innenwände eines geschlossenen Kastens mit Löschpapier oder Tüchern bedeckt werden, die ständig in Wasser tauchen und dadurch vollständig feucht gehalten werden.

Digitized by Google

h) Die in Netzanschlußgeräte eingebauten Kleintransformatoren müssen entweder derart gebaut oder mit solchen Schutzvorrichtungen versehen sein, daß bei dauerndem Kurzschluß der Sekundärklemmen und bei Nenn-Primärspannung die Übertemperatur der Wicklungen folgende Werte nicht überschreitet:

Draht mit Isolierung durch Emaillelack . . .	120° C
Draht mit Isolierung durch Seide	100° C
Draht mit Ioslierung durch imprägnierte Baumwolle	90° C

Die Übertemperatur ist nach den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren (R. E. T. 1923 — 17. Anhang der Sicherheitsvorschriften)" aus der Widerstandszunahme zu ermitteln.

Wien, im März 1927.

Für das Regulativkomitee:

der Obmann: Ing. L. Kallir e. h.

der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

Rundschau.

Verschiedene Anwendungen der Hochfrequenztechnik. Die Anwendung der Hochfrequenztechnik in der Radiogoniometrie für drahtlose Zeitsignale und für die Telemechanik ist allgemein und seit langem bekannt. Aber erst in den letzten Jahren ist die Hochfrequenztechnik in eine Reihe neuer Arbeitsgebiete eingedrungen, über die zusammenfassend der bekannte französische Hochfrequenztechniker G. A. Ferrié in einer lesenswerten Abhandlung in „Bulletin de la Société d'Encouragement", Jahrg. 1926, Heft 6 bis 8, berichtet, die hier ihrem wesentlichen Inhalt nach wiedergegeben werden soll.

Unter diesen neuen Anwendungsgebieten der Hochfrequenztechnik ist zuerst die drahtlose Übermittlung von Schriften, Zeichnungen und selbst Photographien von Belin[1]) zu erwähnen. Schon im Jahre 1921 wurden handschriftliche Telegramme, die vom Großmast in Bordeaux gesendet wurden, in Annapolis, V. St. A., aufgenommen. Die Verwendung von Elektronenröhren und photoelektrischen Zellen ermöglichte nunmehr einen regelmäßigen praktischen Verkehrsdienst zwischen Paris und Toulouse zur Übertragung von Schriften und Strichzeichnungen mit einer Sendeleistung von 1 kW, der demnächst eröffnet werden wird. Auch die Anwendung eines Belinschen Apparates auf militärischen Flugzeugen ist geplant. Die Übertragung von Photographien geht der praktischen Verwendung entgegen.

Auf dem Gebiete der D'Arsonvalisation und Diathermie[2]) benützt Lakowski nunmehr sehr hohe Frequenzen mit Wellenlängen von 2 bis 3 m, von der Anschauung ausgehend, daß in den lebenden Zellen an und für sich elektromagnetische Schwingungen allerhöchster Frequenz dauernd vorhanden sind, die bei Erkrankungen der Zellen abnehmen und durch die Oberwellen der von außen zugeführten Wellen wieder angeregt werden. Durch Mikroben veranlaßte, bisher unheilbare Krebsentartungen an Pelargonien wurden auf diesem Wege bereits geheilt. Auch bei Menschen scheint eine gewisse Besserung von Krebsleiden erzielbar. Nach Chaulard müsse man mit der Ausbildung von stehenden Wellen im Körper rechnen, durch dessen hohe Dielektrizitätskonstante die eintretenden Wellen sehr stark verkürzt werden.

In kleinen elektrischen Öfen[3]), bestehend aus einem Graphittiegel, der mit einigen Hochfrequenzwindungen umgeben war, konnten Ribaud[4]) und Dufour Temperaturen bis nahe an 3000° erreichen. Ein solcher Ofen wurde in den Werkstätten von Saint-Gobain mit vorzüglichem Erfolge zur Erzeugung von geschmolzenem Quarz in Betrieb gesetzt.

Prof. Langevin hat zusammen mit Marine-Ing. Marti die durch Hochfrequenz erregten mechanischen Schwingungen des Quarzes zur Erzeugung unhörbarer Schallsignale[5]) verwendet, deren Absorption im Wasser nur den 2000sten Teil jener in Luft erreicht, und die weit weniger Beugung zeigen, als solche hörbarer Frequenz. Die Versuche wurden schon während des Krieges zur Entdeckung von Unterseebooten begonnen; nunmehr soll der Apparat zur Dauerlotung in geringen Wassertiefen dienen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Wasser beträgt 1500 m/s, es entsprechen also 0·001 sec 1·5 m Tiefenunterschied. Von der schwingenden Platte geht ein konzentrierter Strahl wie von einem Scheinwerfer aus, der bei einer Platte von 20 cm Durchmesser und einer Frequenz von 40 000 Hertz einen Öffnungswinkel von nur 10° besitzt. Zwischen zwei Stahlplatten werden Quarzplatten von 2 mm Dicke im Mosaik angeordnet und mit Resonanzfrequenz erregt. Eine der beiden Stahlplatten bildet die Außenwand eines Gehäuses, das die übrigen in ein Isoliermittel eingebetteten Bestandteile umschließt und in die Schiffswand eingefügt wird. An den Kondensatorklemmen liegt ein Verstärker, mit dessen Hilfe das abgehende sowohl als auch das ankommende Signal registriert werden. Bei sehr geringen Tiefen wird die Rückkehrzeit durch die, vom Anodenstrome einer Elektronenröhre gelieferte Elektrizitätsmenge gemessen. Zwei Röhren sind so verbunden, daß der Sendestrom die Emission der ersten unterbricht und die zweite, mit einem Galvanometer verbundene in Tätigkeit setzt, deren Emission wieder vom Echo unterbrochen wird.

Zur Lotung im Flugzeuge wird nach Mesny die Änderung der Kapazität und Selbstinduktion einer am Flugzeug angebrachten horizontalen Antenne benützt. Bei geringen Frequenzen und in geringen Höhen beruht die Wirkung auf den statischen Einflüssen, bei größeren Höhen und sehr kurzen Wellen kommt die Phase der zurückgeworfenen Wellen in wechselndem Sinne zur Wirkung und wird erst in ziemlich großer Höhe unmerklich.

Auch die Beschaffenheit des Erdbodens und der darunterliegenden Mineralien[1]) wurde mit Hilfe tief eindringender Wellen untersucht. Die bisherigen mittelmäßigen Ergebnisse dürften sich mit sehr kurzen Wellen bessern. Ein Empfangsmast wird in verschiedenen Entfernungen vom Sendemast aufgestellt und empfängt sowohl die direkten Strahlen als auch die damit interferierenden reflektierten. Aus der Abschwächung und Verstärkung des Empfanges in verschiedenen Abständen kann man auf die Tiefe der reflektierenden Schicht schließen. Ein Versuch über den Salzbergwerken in Hannover zeigte eine reflektierende Schicht in 350 m Tiefe . Auch das Verfahren der Flugzeuglotung nach Mesny ist anwendbar. In einem Karnallitstollen erhöhte sich die Wellenlänge einer Sendeantenne von 144 auf 190 m.

Die Elektronenröhren wurden im Multivibrateur und im Millivoltmeter von Abraham und Bloch zur Bestimmung von Kapazitäten und Induktivitäten verwendet. Die piezoelektrischen Eigenschaften des Quarzes[2]) wurden zu Frequenznormalen und Frequenzreglern benützt. Seit langem untersuchte man ferner die Auslösung elektrischer Wirkungen durch Lichtstrahlen[3]), wie zum Beispiel in den lichtempfindlichen elektrochemischen Elementen von Bec-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 53; 1927, S. 3.
[2]) Vgl. E. u. M. 1924, Seite 147 ff.
[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 560; 1925, S. 109, 972; 1927, S. 71.
[4]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 560.
[5]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 65, 487.

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1924, S. 666.
[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 55, 68; 1927, S. 1.
[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 324, 433; Die Radiotechnik 1926, S. 61.

Digitized by Google

querel, bei den Versuchen von Mercadier oder bei der Lichtwirkung auf Selen, dessen Anwendung leider durch Verzögerungserscheinungen beeinträchtigt wird. Der Stibinit (Schwefelzinn), Molybdänit (Schwefelmolybdän), Schwefelsilber und andere zeigen ähnliche Eigenschaften. Der Amerikaner Case entdeckte das besonders empfindlich Thalliumoxysulfid (Thallofid). Die Trägheit dieser Körper ist etwas geringer als die des Selens, aber bei den meisten immer noch ziemlich groß. Am Molybdänit kann man mit Verstärkern noch in einer Entfernung von 4 km die Wirkung einer Lampe von 20 Kerzen im Brennpunkt eines Scheinwerfes von 15 cm Durchmesser wahrnehmen.

Die von Elster und Geitel entdeckte photoelektrische Zelle wurde von Lindemann und von Rougier verbessert. Die Zelle des letzteren besteht aus einem Glasrohr von 3 cm Durchmesser, das innen bis auf ein Fenster versilbert ist; auf der Silberschicht befindet sich eine Schicht von Kaliumhydrür. Die Silberschicht und eine ringförmige Elektrode in der Rohrmitte sind mit herausgeführten Platindrähten verbunden, erstere bildet die Kathode, letztere die Anode. Das Rohr wird stark ausgepumpt und dann mit etwas Argon oder Helium beschickt. Eine Potentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden bewirkt einen elektrischen Strom, wenn Licht durch das Fenster ins Rohrinnere fällt. Man hat die Zelle im Bildpunkte eines Fernrohres angebracht und zur Bestimmung von Sterngrößen verwendet; ein Stern dritter Größe liefert einen Strom von 10^{-12} A. Mit Verstärkern erzielte Jouaust in einem Äquatorial von 28 cm 3 μ A für den Stern Capella und 0·3 μA für *O* im Ochsentreiber. Jouaust benützte die Rougiersche Zelle auch zum Vergleiche identischer Lampen in der gewerblichen Photometrie; der Amerikaner Ives auch bei seinen Versuchen über den schwarzen Körper bei der Schmelztemperatur des Platins als Lichturmaß. Der Franzose Toulon hat damit ein Luxmeter für Architekten zur Untersuchung der Lichtverteilung in Innenräumen konstruiert. Chalonge und Lambert bedienten sich der Zelle zur mikrophotometrischen Untersuchung ultravioletter Spektren. Auch bei den Fernsehversuchen von Belin und von Ives spielt sie eine Rolle. Sie dient ferner zum automatischen Registrieren des Vorüberganges eines Sternes erster Größe vor dem Fadennetz eines Fernrohrs. Hinter jedem Faden verschwindet der Stern einen Augenblick und der Strom in der Zelle setzt aus. Werden auf demselben Streifen auch Zeitmarken registriert, so wird man von der sogenannten „persönlichen Gleichung" des Beobachters unabhängig.

Die astronomischen Uhren von Leroy mit einem täglichen Gange von nur 0·01 sec müssen in Kellern von gleichmäßiger Temperatur und unter Glasglocken mit gleichmäßigem Luftdruck gehalten werden. Das Senden von drahtlosen Zeitzeichen dieser Uhren erforderte bisher die Anbringung eines Kontaktes, der den regelmäßigen Gang störte. Abraham hat hiezu den von einem am Pendel angebrachten Spiegel reflektierten Lichtstrahl auf eine photoelektrische Zelle wirken lassen. Man hat ferner auf diese Art auch das Räderwerk durch einen elektromagnetischen Pendelantrieb ersetzt, der gleichzeitig als Zählwerk eine mit Zeigern versehene Uhr synchronisiert. Ein solches Pendel soll nicht die genauen astronomischen Uhren ersetzen, sondern nur zur genauen Messung kleinerer Zeitunterschiede von mehreren Sekunden oder Minuten dienen. Es kann auch zur Messung der Schwerkraft verwendet werden: es genügen hiezu wenige Minuten, während das bisherige Koinzidenzverfahren mehrere Stunden erforderte.

Auch die Ausbreitung der elektrischen Wellen[1]) wurde untersucht: insbesondere nach der Methode von Mesny. Die überraschende Reichweite der kurzen Wellen von zirka 100 m, die bei einigen Zehnern von Watt die ganze Erde umfaßt, hat umwälzend gewirkt und die Annahme einer leitenden Schicht in der Atmosphäre befestigt. Appleton hat die Änderung der Interferenzen zwischen der direkten und reflektierten Welle im Wellenlängenintervall von 385 bis 395 m untersucht und daraus auf eine Höhe der reflektierenden Schicht von 100 km geschlossen. Arbeiten von Nichols und Schelleng scheinen auch einen Einfluß des magnetischen Erdfeldes auf die Wellenausbreitung zu bestätigen[1]). Die kreisförmige Bewegung eines Elektrons im Erdfelde entspricht einer Wellenlänge von 200 bis 250 m. Bei diesen Wellenlängen treten auch Fadingeffekte am ausgesprochensten auf. In der leitenden Schicht müssen nach Nichols und Schelleng auch Erscheinungen der magnetischen Drehung der Polarisationsebene und der Doppelbrechung auftreten und Störungen der Ausbreitung bewirken. Auf das magnetische Feld scheint auch der bessere Empfang in der West-Ostrichtung gegenüber der entgegengesetzten zurückzugehen.

Die atmosphärischen Störungen wurden vom meteorologischen Nationalbureau studiert[2]). Die wandernden Störungen erscheinen zu den verschiedensten Zeiten, meist, wenn eine Wetterlage gestört wird, also bei plötzlichem Kälteeinfall, begleitet von der Drehung der Windrichtung von West nach Nord, ferner bei Aufklärung, Platzregen, Böen usw. Nach den Beobachtungen verstärkt der Ersatz einer warmen durch eine kalte Luftmasse am Beobachtungsorte die Störungen, während sie der entgegengesetzte Vorgang schwächt. Bei geringem vertikalem Temperaturgefälle sind die Störungen schwach, bei großem Gefälle dagegen stark und häufig. Nach Lugeon ändert sich ihre Stärke auch deutlich mit der Meereshöhe. Die stagnierenden Störungen zeigen sich während gewisser Frühlings- und Sommertage zwischen 11 Uhr 30 min und 21 Uhr mit einem Maximum um 15 Uhr infolge des durch die Bodenerwärmung bedingten Temperaturgefälles. Die periodischen antizyklonalen Störungen machen sich in Stationen im Inneren eines Hochdruckgebietes von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang bemerkbar. Sie sind wahrscheinlich stets vorhanden, werden aber oft durch stärkere überdeckt. Mit Hilfe der Radiogoniometrie hat man den wandernden Charakter der durch Änderungen der Wetterlage verursachten, sowie die tägliche Rotation des Ortes der stagnierenden Störungen festgestellt. Nach Bureau stammen die atmosphärischen Störungen nur aus Entfernungen von 1 bis 200 km, während man ihnen in England und Amerika viel weiter entfernten Ursprung beimißt. Diese Frage dürfte indes bald entschieden werden. R. H.

Gegentaktverstärkung mit Doppelgitterröhren. J. C. Warner benützt zur Gegentaktschaltung (push-pull) an Stelle zweier Röhren eine Doppelgitterröhre. Es ist bei diesen bekannt, daß der Strom des Raumladegitters für gleiche Änderungen des Steuergitters sich entgegengesetzt dem Anodenstrom ändert, das heißt steigt der Anodenstrom, so sinkt der Raumladegitterstrom. Diese Tatsache kann man zu einer Art Gegentaktverstärkung verwenden. Schaltet man nämlich zwischen der Anode und dem positiven Pol der Anodenbatterie einerseits und dem Raumladegitter und dem positiven Pol der Anodenbatterie andererseits je einen Widerstand, so treten über die beiden Widerstände Spannungsabfälle ein, die einander entgegengesetzt gerichtet sind. Beispielsweise wenn das Steuergitter positiver wird, so steigt der Anodenstrom und damit der Spannungsabfall über den Widerstand des Anodenkreises, die Anode wird negativer; gleichzeitig sinkt der Raumladegitterstrom und damit der Spannungsabfall über den Widerstand des Raumladegitterkreises, das Raumladegitter wird positiver, das heißt die beiden Spannungsabfälle addieren sich. Die Widerstände sind derart zu bemessen, daß, wenn dem Steuergitter keine Spannungsschwankungen aufgedrückt werden, der Spannungsabfall über den beiden Wider-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 33, 126; 1927, S. 10, 34.

[1]) Vgl. a. Meißner, Die Radiotechnik 1926, S. 105.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1925, S. 30; 1926, S. 26.

Digitized by Google

ständen der gleiche ist, das heißt die Potentialdifferenz zwischen Anode und Raumladegitter verschwindet. Die Schaltung kann auch statt den Widerständen mit angezapften Drosselspulen ausgeführt werden. (Verwendet man Gegentakttransformatoren so ist darauf zu achten, daß Anode und Raumladegitter mit den Enden der entgegengesetzt gerichteten Wicklungen der Primärseite verbunden werden, ferner ist zwischen Anode und positivem Pol der Anodenbatterie ein Blockkondensator zu schalten. Anm. d. Ref.). E. M.

(Experimental Wireless, Bd. 3, Nr. 32, 1926.)

Der Bordfunkpeiler, der vom Bureau of Standards für die zahlreichen Küstenwachschiffe der amerikanischen Küste entwickelt wurde und der Anforderung einfachster Bedienung (bloßes Einstellen des Rahmens) zu entsprechen hatte, wird von F. W. Dunmore beschrieben. Die Wellenlänge ist 143 m und für Zwecke der Peilung ungewöhnlich kurz, dabei mußte die Einrichtung dem vorhandenen normalen Empfänger angepaßt werden, bei dem die Batterien einpolig geerdet sind. Der auf dem suchenden Schiff angebrachte drehbare Rahmen trägt vier Windungen 7 mm starken Kupferdrahtes von 50 cm Seitenlänge und in Abständen von 1·5, 5 und 1·5 cm. Der Rahmen ist zur Primärwicklung eines Kopplungstransformators geführt, dessen Sekundärseite an die Antennenspule des Empfangsapparates angeschlossen werden kann. Im Primärkreise liegt ein Drehkondensator, der bei Drehung des Rahmens durch Zahntrieb so verstellt wird, daß ein Ausgleich der bei verschiedenen Stellungen des Rahmens gegen den Schiffskörper auftretenden Kapazitätsänderungen selbsttätig erreicht wird: dadurch ist eine Korrektur der Rahmenverstellung überflüssig. Der Empfänger ist ein Achtröhren-Überlagerungsgerät mit 50 000 Hertz als Zwischenfrequenz, die Empfangsabstimmung für den Rahmen auf 143 m ist unveränderlich. Die Eichung erfolgt, indem ein Fahrzeug mit Sender in etwa 500 m Abstand um ein peilendes Schiff kreist, wobei man die Rahmenstellung des Tonminimums mit der Visierlinie dadurch in Verbindung zu bringen sucht, daß der Kompensator verstellt wird; diesen Verstellungen entsprechend wird dann eine Kurvenführung gestaltet. Bei später unter verschiedenen Bedingungen, anderer Lage der Schiffsachse und dergleichen vorgenommenen Peilungen betrug die Abweichung nie mehr als 5 Grad. Gn.

(QST Français et Radioélectricité réunis, 7. Jahrg., Heft 33, Dezember 1926.)

Die Lage der englischen Marconi Gesellschaft. Wie die „Frankfurter Zeitung" berichtet, steht die in England für den drahtlosen Verkehr mit dem größten Teil der Welt ein Monopol genießende und außerdem an der technischen und fabrikatorischen Entwicklung auf dem Radiogebiet stark beteiligte Marconis Wireleß Telegraph Co. Ltd. vor der Notwendigkeit einer Reorganisation. Die Verwaltung schlägt eine Zusammenlegung der Lst. 3·25 Mill. begebenen St.-A. 2 zu 1 vor, während die Lst. 250 000 V.-A. unberührt bleiben sollen. Auf diese Weise sollen entsprechend den Vorschlägen eines von der Verwaltung mit der Abfassung eines Reorganisations-Programms betrauten Accountant in den jetzt erst vorzulegenden Abschluß für 1925 Lst. 2·77 Mill. Abschreibungen ermöglicht werden auf den verschiedensten Anlagekonten. Gleichzeitig hat ein Teil der Verwaltung sein Mandat niedergelegt und die Gesamtverwaltung schlägt Persönlichkeiten des englischen Wirtschaftslebens zur Zuwahl vor. Marconi selbst, der seither Vorsitzender war, will sich innerhalb der Verwaltung auf einen im wesentlichen repräsentativen Posten einerseits und auf technisch-wissenschaftliche Arbeit andererseits zurückziehen.

Literaturberichte.

2539 **Grundriß der Funkentelegraphie** in gemeinverständlicher Darstellung. Von Dr. Franz Fuchs. 18. Auflage. 167 Seiten mit 270 Abb. München und Berlin 1926. Verlag von R. Oldenbourg. Preis geh. Mk. 3·60.

Es gelingt dem Verfasser, von den Anfangsgründen der Elektrotechnik ausgehend, in leicht verständlicher Darstellung eine Einführung und einen Überblick über das ausgebreitete Gebiet zu geben. Die grundlegenden Erscheinungen und Lehrsätze über Gleich- und Wechselstrom, elektrische Schwingungen und Wellen, und Resonanzerscheinungen gehen voran, es folgen die hauptsächlichen Einrichtungen der Radiotelegraphie, soweit sie bereits vor der Anwendung der Elektronenröhre im Gebrauch waren, Antenne, Funkensender, Lichtbogensender, Maschinensender, Detektorempfänger und sodann die Elektronenröhre und ihre hauptsächlichen Schaltungen. Die Wirkungsweise der Röhre wird ziemlich eingehend und, soweit dies ohne Zuhilfenahme mathematischer Hilfsmittel möglich ist, auch in ihrer Theorie behandelt. Schwierigkeiten aufzuzeigen oder zu erklären wird nicht versucht, es gilt vielmehr einem großen Leserkreise, der der Technik und Elektrotechnik zum Teil gänzlich fernsteht, das Gebiet zugänglich und soweit verständlich zu machen, als es die heutige Verbreitung und Bedeutung des Radioempfangs tatsächlich wünschenswert erscheinen läßt. Dies geschieht nicht ohne Geschick, indem der Verfasser sich begnügt zu sagen, was ist und wie es ist und schwierige Begründungen und Ableitungen meidet. Die Anordnung der Abbildungen am Rande der Seiten ist wohl zweckmäßig, weil der Zusammenhang mit dem Text gut gewahrt wird, wirkt aber durch die großen leeren Flächen nicht besonders günstig. Papier und Herstellung der übrigens recht klaren und gut entworfenen Abbildungen und Schaltbilder, durchwegs in Strichzeichnung, nähern sich der Grenze, die trotz erwünschter Sparsamkeit und eines niedrigen Verkaufspreises als zulässig angesehen werden kann.

Dr. Grann.

860 **Radiotechnik III.** Die Empfänger unter besonderer Berücksichtigung der Rundfunkschaltungen. Von Dipl. Ing. Hermann Saacke. 114 Seiten mit 82 Abb. Sammlung Göschen, Nr. 951. Verlag von Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1926. Preis Mk. 1·50.

Das Büchlein leistet für den technisch Vorgebildeten in vorzüglicher, gedrängter aber klarer Zusammenfassung dasselbe, was in größerem Umfang, zum Beispiel das Buch von Richtera-Pfeuffer für den der Technik vollkommen Fernstehenden tut. Es werden in systematischer Weise alle grundlegenden Schaltungen eingehend ihrer Wirkungsweise nach besprochen, erklärt und, was sehr wichtig ist und anderwärts so oft fehlt, die geeignete Größe der Schaltelemente angegeben und begründet und an Hand praktischer Beispiele die meisten Schaltungen rechnerisch verfolgt, so daß der mit den elektrischen Maßeinheiten Vertraute sofort eine greifbare Vorstellung der Anordnung gewinnt. Es dürfte kaum möglich sein, kürzer und wirksamer einen Überblick über ein in wenigen Jahren in sprunghafter Entwicklung erschlossenes Gebiet zu geben; Kenntnis der Grundlagen der Elektrotechnik und der Schwingungslehre (diese ist in den Teilen I und II derselben Sammlung, Nr. 888 und 946[1]) behandelt) ist dabei vorausgesetzt. Technische Einzelheiten des Aufbaues oder Winke für Selbstbau, werden in Beschränkung auf den Zweck nicht gegeben. Zu loben ist die präzise Ausdrucksweise, einzelne Druckfehler, hauptsächlich bei der Anführung zurückliegender Abbildungen, könnten bei einer Neuauflage beseitigt werden.

Dr. Grann.

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 378; 1927, Heft 3, S. 36.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 5 **1. Mai 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Ein Beitrag zum Entwurf elektrischer Drehzahlregelanlagen. Von R. Mayer und A. v. Engel, Berlin. S. 49. / RUNDSCHAU. S. 55.

Ein Beitrag zum Entwurf elektrischer Drehzahlregelanlagen.

Von R. **Mayer** (Telefunken) und A. v. **Engel** (Siemens & Halske), Berlin.

Inhaltsübersicht:

I. Einleitung.
II. Beispiel eines Leonardantriebes:
  a) Antriebsmaschinen,
  b) Indikator und Impulsgeber,
  c) Regelung bei Dauerlast,
  d) Regelung bei Telegraphierbetrieb.
III. Anlagen ohne Zwischenmaschinen:
  a) Drehstromantrieb,
  b) Maschinen mit kleinen Schwungmassen.
IV. Steuerapparate.

Die rechnerische und experimentelle[1]) Untersuchung von Antrieben automatisch regulierter Hochfrequenzgeneratoren gibt bemerkenswerte Aufschlüsse über die Natur der Ausgleichserscheinungen. Sie werden durch das Zusammenwirken einer mechanischen und elektrischen Zeitkonstante beeinflußt, sofern der exponentielle Charakter der Vorgänge genügend gewahrt ist. Die Ergebnisse dürften sich auch auf verwandte Probleme übertragen lassen.

I. Einleitung:

Drehzahlabweichung, Leistungsdiagramm, Regulierprinzip.

Die zulässigen Drehzahländerungen bei Hochfrequenzumformern drahtloser Stationen richten sich in erster Linie nach der Frequenzcharakteristik der Empfangskreise (Siebketten), sodann nach der Breite des stabilen Arbeitsgebietes des Senders.

Beim Überlagerungsempfang hat eine relative Änderung δ der Drehzahl bezw. Frequenz eine Tonschwankung von a Per/s zur Folge:

$$\delta = \frac{n - n_0}{n_0} = \frac{\nu - \nu_0}{\nu_0} = \frac{a}{\nu_0} \quad \ldots\ldots (1),$$

wobei der Index 0 die Sollwerte kennzeichnet. Erachtet man bei 14·7 km Wellenlänge ($\nu_0 = 20\,300$ Per/s) $a = 20$ Per/s als zulässig, so ergibt sich der Schwankungsbereich zu 1 vT.

Hinsichtlich der Senderstabilität haben wir die verfügbare und notwendige Leistung zu vergleichen. Zunächst ist die Antennenleistung N_ν mit der Drehzahl verknüpft durch die Beziehung

$$N_\nu = N_{\nu_0} \frac{1}{1 + \left(\frac{2\delta}{d}\right)^2} \quad \ldots\ldots (2),$$

$$d = \frac{R_A}{2\pi\nu_0 L_A} \quad \ldots\ldots (3),$$

wenn die Antennen-EMK innerhalb des betrachteten Drehzahlbereiches als konstant angenommen wird. Die Dämpfung d [Gleichung (3)] ist das Verhältnis von Wirk- zu Blindwiderstand im Antennenkreis.

Abb. 1 gibt die „Leistungs-Resonanzkurve“ $N_\nu = f(\delta)$ nach Gleichung (2) wieder, die prinzipielle Schaltung ist im gleichen Bilde dargestellt. Zahlenmäßig liegen die Verhältnisse der Großfunkstelle Eilvese zugrunde[2]). Die notwendige Leistung N_1 ist die Summe aus der frequenzabhängigen Antennenleistung N_ν und den konstanten Antriebsverlusten N_V. Die verfügbare Leistung N_2 (Charakteristik des Antriebsaggregates) ist bei konstantem Netz die (unmerklich) schwach geneigte Gerade I; der Schnittpunkt A zwischen N_1 und I ist der stabile Arbeitspunkt. Er liegt etwas unter der maximalen Antennenleistung C. Rechts von B wird die Maschine labil und die Drehzahl steigt an, weil die verfügbare Leistung die notwendige übersteigt.

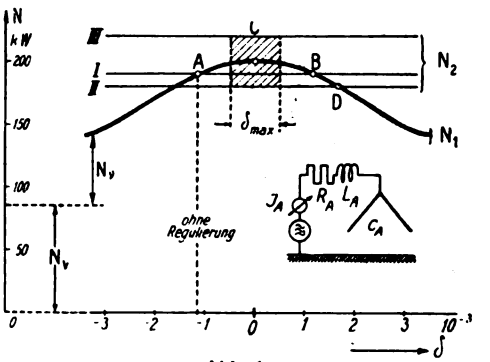


Abb. 1.

$R_A = 2\,\Omega$ $\quad d = 7{\cdot}15 \cdot 10^{-3}$
$C_A = 2{\cdot}5 \cdot 10^4$ cm ($2{\cdot}8 \cdot 10^{-9}$ F) $\quad \nu_0 = 2{\cdot}03 \cdot 10^4$ Per/s
$J_A = 240$ A

Das Stoßregulierprinzip gestattet die Verlegung des Arbeitspunktes nach C: Der Antriebsmotor wird bei Überschreiten der Solldrehzahl um einen bestimmten Betrag zur Abgabe einer kleineren Leistung gezwungen (Gerade II), bis die Drehzahl so weit gesunken ist, daß eine zweite Umschaltung auf große Leistung (Gerade III) erfolgt. Die erforderlichen Schaltmanöver bezw. Impulse werden durch den sogenannten Indikator (Abschnitt II *b*) ausgelöst. Bei dieser Regulierart ist der Punkt D die Grenze des stabilen Bereiches.

II. Beispiele eines Leonardantriebes.

a) Die Antriebsmaschinen.

Die Schaltung des untersuchten Maschinensatzes geht aus Abb. 2 hervor. Das Primäraggregat besteht aus einem Drehstrommotor D mit einem angekuppelten

[1]) Verf. danken der Transradio-A.-G. für das Entgegenkommen anläßlich der Versuche.

[2]) Sörensen, ETZ 1919, S. 233; einige Zahlenfehler sind hier berichtigt. Vgl. a. E. u. M. 1919, S. 373.

Digitized by Google

Gleichstromgenerator *G* für maximal 480 V[3]) und 1000 A und einem Hilfsgenerator *H* für 220 V. Der Gleichstrom-Generator *G* besitzt eine fremdgespeiste Erregerwicklung *F* und eine Gegenkompoundwicklung *C*; letztere ist an einen vom Ankerstrom durchflossenen Widerstand angeschlossen.

Der mit einer Fremderregung *E* versehene Antriebsmotor des Hochfrequenz-Generators *HF* besitzt auf seinen Hauptpolen eine vom Ankerstrom durchflossene Wicklung *K*, die eine Stärkung des Hauptfeldes bewirkt. Die Arbeitsweise dieser Maschinen ist kurz die folgende:

In jedem Augenblick herrscht Spannungsgleichgewicht zwischen der Leerlaufspannung E_g des Generators *G*, der Gegenspannung E_m des Motors *M* und einer Komponente, die den Ohmschen Verlusten und der Wirkung des Ankerstromes auf die Hauptfelder (Ankerrückwirkung, Kompoundwicklungen) entspricht. Sie kann innerhalb der hier in Betracht kommenden Grenzen proportional dem Strom angesehen werden. Sodann gilt für die drei Teilspannungen im stationären Zustand:

$$E_g - E_m = k J_L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4).$$

Die Konstante k ist ein ideeller Widerstand, der nur einen Spannungsabfall hervorruft, während die Verluste allein durch die Ohmschen Widerstände gegeben sind. Da Pendelungen nicht beobachtet wurden, sind auch in Gleichung (4) alle im Leonardkreise möglichen Stör-EMKe unberücksichtigt geblieben.

Bei Normallast (200 kW Motoraufnahme) gelten folgende Zahlenwerte: $E_g = 375$ V, $E_m = 240$ V, $kJ_L = 135$ V bei 800 A. Die tasächliche Klemmspannung des Motors ist 250 V. Der Spannungsabfall beträgt somit über 50 vH der Leerlaufspannung des Motors; seine ungewöhnliche Größe charakterisiert die Arbeitsweise dieses Maschinensatzes.

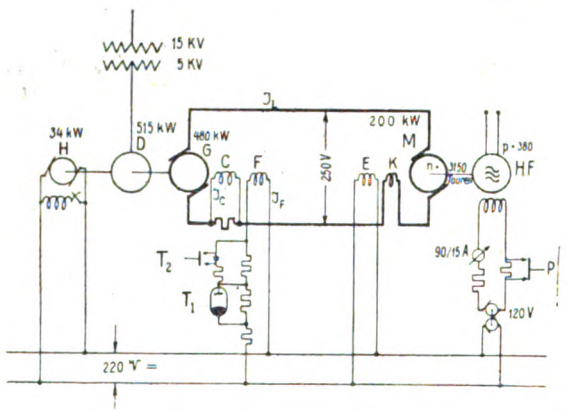


Abb. 2. Umformer Eilvese.

Die Regulierung beeinflußt die Stromstärke in der fremderregten Wicklung des Gleichstromgenerators und ändert damit die dem Antriebsmotor des *HF*-Generators zugeführte (verfügbare) Leistung.

Das Relais T_1 (Abb. 2) — ein Ionenschalter — arbeitet im Rhythmus der ausgesandten Morsezeichen (siehe Abschnitt IV). Es hat die Aufgabe, durch Überbrückung von Widerständen die Generatorspannung zu erhöhen (Leistungsstoß) und so den „Lastausgleich", der beim Telegraphieren wechselnden Antennenlast herbeizuführen.

Diese „Grobregulierung" genügt jedoch nicht, um die früher genannten Anforderungen an die Tourenkonstanz zu erfüllen. Denn einmal ändert sich die Kennlinie des Motors infolge der Netzschwankungen, andererseits besteht keine zeitliche Deckung zwischen zugeführter Motorleistung und Telegraphierlast. Zur Erzielung einer Tourenkonstanz im Bereich von 0·5 vT ist noch eine „Feinregulierung" notwendig: das Relais T_2, das durch den Indikator gesteuert wird, schließt bei sinkender Drehzahl und verstärkt das Feld *F*. Dadurch wird dem Motor eine größere Leistung zugeführt, als es seiner abgegebenen Last entspricht. Die Überschußleistung beschleunigt ihn, bis die Solldrehzahl soweit überschritten ist, daß durch einen umgekehrten Indikatorimpuls T_2 öffnet und die Motorleistung sinkt.

b) Der Indikator und Impulsgeber.

Der von Riegger[4]) angegebene Phasensprungindikator zeigt Tourenänderungen von etwa 0·1 vT an und liefert die zur Regelung nötigen Impulse. Seine Wirkungsweise sei an Hand der Abb. 3 erläutert. Der Maschinenkreis ist über eine Kopplungsspule an den

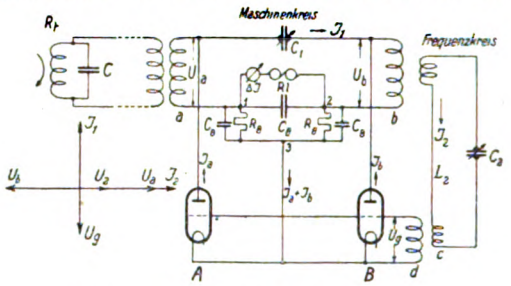


Abb. 3 Indikator und Vektordiagramm.

Rotor R_t der Goldschmidt-Maschine angeschlossen (*C* die Abstimmkondensatoren des Rotorkreises). Mit ihm lose gekoppelt ist der schwach gedämpfte Frequenzkreis, der genau auf die Sollfrequenz abgestimmt ist und das Standard dieser Apparatur bildet. Die Konstanz von C_2 und L_2 ist daher eine grundsätzliche Bedingung.

Die Spulen *a* und *b* des stark gedämpften, abgestimmten Maschinenkreises liefern die Anodenspannungen U_a und U_b für die Elektronenrohre *A* und *B*, welche die Gleichrichtung des HF-Stromes besorgen. Die Spannungsvektoren U_a und U_b besitzen gleiche Größe, aber entgegengesetzte Richtung. Die Spannung U_g, welche den beiden parallel geschalteten Gittern der Rohre *A* und *B* über die Spulen *c* und *d* zugeführt wird, ist dem Frequenzkreis-Strom J_2 proportional.

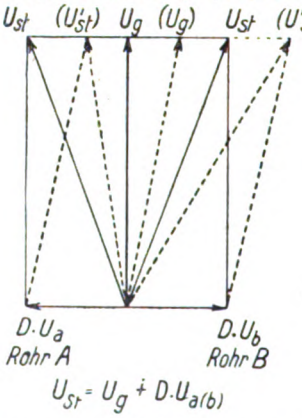


Abb. 4. Steuerspannungen bei richtiger (ausgezogen) und abweichender Drehzahl (Strichliert).

Bei Sollfrequenz (Abb. 3 links) sind die Ströme des Maschinen- und Frequenzkreises J_1 und J_2 und damit die Spannungen U_a und U_b gegen U_g um 90° phasenverschoben (U_2 ist die Wattspannung im Frequenzkreis). Aus dem Diagramm (Abb. 4) geht ergänzend hervor, daß bei der Solldrehzahl die Steuerspannungen U_{st} bezw. die Anodengleichströme J_a, J_b der beiden Rohre *A*, *B* einander gleich sind. Der Strom

[3]) 480 V werden benötigt, wenn 2 HF-Maschinen gleichzeitig auf die Antenne arbeiten, wobei dann deren Antriebsmotoren in Serie geschaltet sind.

[4]) Siehe H. Riegger, DRP 354877, ferner Wiss. Veröffentl. d. Siemens-Konz., Bd. 1, Heft 1, S. 126: „Über Frequenzrelais". Graf von Arco, „Schnellempfang und Schnellsenden", Jahrb. f. drahtl. Telegr. 1922, Bd. 19, S. 338; vgl. a. E. u. M. 1923, S. 159.

Digitized by Google

ΔJ durch den Brückenzweig, in dem das hochempfindliche Relais *Rl* (Abb. 3) eingeschaltet ist, wird dann zu Null.

Eine Abweichung von der Sollfrequenz hat eine Änderung des Phasenwinkels zwischen den Anodenspannungen U_a, U_b und der Gitterspannung U_g zur Folge. Zugleich werden die beiden Steuerspannungen (U'_{st}) (U''_{st}) und die Anodenströme J_a, J_b voneinander verschieden (Abb. 4, gestrichelt) und ein Differenzstrom ΔJ tritt wegen der Gleichspannung zwischen 1 und 2 durch das Brückenrelais. Die Punkte 1, 2, 3 sind die Eckpunkte einer Wheatstoneschen Brücke, deren Kondensatoren C_B sind für den Hochfrequenzstrom, die hochohmigen Widerstände R_B für die Anodengleichströme bemessen. Mit dem Durchgang durch die normale Tourenzahl ändert der Brückenstrom ΔJ seine Richtung. Entsprechend liefert das Relais *Rl* die für die Feinregelung notwendigen, gegensätzlichen Impulse.

Die Empfindlichkeit ε des Tourenindikators, das ist das Verhältnis des Brückenstromes ΔJ zur relativen Tourenabweichung δ ergibt sich in der Nähe der Solldrehzahl nach Durchrechnung der Schaltung (Abb. 3) zu:

$$\varepsilon = \frac{\Delta J}{\delta} = \frac{4 J_0}{d_2 [\beta^2 + 1]} \text{ .. Amp./Einheit der Abweichung (5).}$$

J_0 ist der Anodengleichstrom J_a bezw. J_b bei der Sollfrequenz, $\beta = \frac{U_a \cdot D}{U_g}$ (D . . . Durchgriff) das Verhältnis Anodensteuer- zu Gitterspannung und $d_2 = \frac{R_2}{2 \pi \nu_0 L_2}$ die Dämpfung des Frequenzkreises (eventuell unter Berücksichtigung der Gitterleistung).

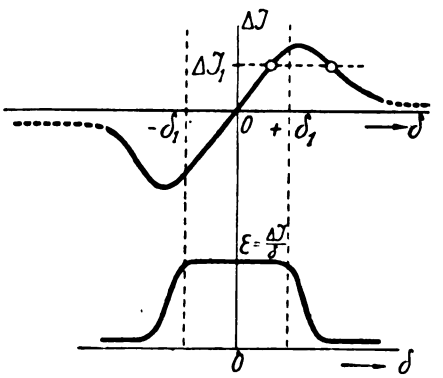


Abb. 5. Brückenstrom und Empfindlichkeit in weiterer Umgebung der Solldrehzahl.

Die Empfindlichkeit derartiger Indikatoren liegt im allgemeinen zwischen $\varepsilon = 2 \div 8$ A. Die nach Gleichung (5) ermittelte Empfindlichkeit ist die maximale. Da sie dem Anodenstrom proportional ist, so wächst sie mit der für den Indikator zur Verfügung gestellten Leistung. In der Schaltung (Abb. 3) ist die Indikatorleistung durch den Sättigungsstrom der Röhren begrenzt. Eine Erhöhung der Empfindlichkeit bedingt die Wahl einer größeren Röhrentype bezw. eine Verringerung der Frequenzkreisverluste.

Untersuchen wir den weiteren Tourenbereich, dann finden wir den Brückenstrom ΔJ von einem gewissen Werte der Drehzahlabweichung δ an abfallend (Abb. 5, oben). Es ist dann die Verstimmung des Frequenzkreises so weit fortgeschritten, daß sich im Gegensatz zu dem vorhergehenden ($J_1 =$ konst.) fast nur die Amplitude des Stromes J_2 (kaum die Phase J_1 gegen J_2) ändert. Ferner ist in Abb. 5 unten die Empfindlichkeit ε in einem weiteren Drehzahlbereich nach der Definition Gleichung (5) angegeben.

Mit einer Erhöhung der Empfindlichkeit des Indikators fällt sein Regulierbereich, das ist das Gebiet zwischen $+\delta_1$ und $-\delta_1$. Folglich ist die Güte eines Indikators zweckmäßig dem Produkte aus ε und $2\delta_1$ proportional zu setzen.

Bei der Justierung des Indikators hat man die Doppelwertigkeit von ΔJ zu beachten. Abb. 5 (oben) zeigt, daß einem bestimmten Werte des Differenzstromes ΔJ_1 zwei Tourenlagen entsprechen, die aber leicht voneinander zu unterscheiden sind.

In Abb. 1 ist durch δ_{max} jener Bereich eingezeichnet, innerhalb welchen die zulässigen Drehzahlschwankungen fallen müssen (Gleichung (1), Zahlenbeispiel).

Wir geben nun einige für die Indikatoren der Station Eilvese geltende Zahlen (abgerundet) an:

Anodengleichstrom der Rohre (10 Watt-Senderohre):

$$J_0 = 15 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

Dämpfung des Frequenzkreises:

$$d_2 = \frac{R_2}{2 \pi \nu_0 L_2} = 1 \cdot 10^{-2}$$

Anodensteuerspannung:

$$D \cdot U_a = D \cdot U_b = 0{\cdot}06 \cdot 600 = 36 \text{ Volt}$$

Gitterspannung $U_g = 120$ Volt, $\beta = \frac{D \cdot U_a}{U_b} = 0{\cdot}30$.

Demnach ist nach Gleichung (5) die Empfindlichkeit $\varepsilon = 6$ A ein Wert, der mit dem gemessenen gut übereinstimmt. Die für den Indikator aufgewandte Leistung beträgt etwa 100 W.

Der Rieggerschen Tourenindikator besitzt die Eigenschaft, die Tourenlage in einem großen Spannungsbereich unabhängig von der Größe der speisenden Spannung anzuzeigen. So war es möglich, den Indikator direkt an den Rotor der Goldschmidt-Maschine anzuschließen, dessen Spannung zwischen Voll- und Leerlast sich im Verhältnis 1 : 4 (150/600 V) ändert. Bei den neueren Regulieranlagen werden kleine Mittelfrequenzmaschinen zur Speisung des Indikators vorgesehen, die mit dem HF-Umformer starr gekuppelt sind.

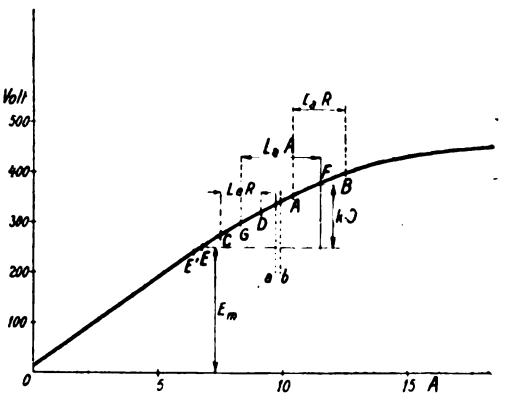


Abb. 6. Generatorkennlinie.

c) Regelung bei Dauerlast.

Abb. 6 zeigt die Leerlaufcharakteristik des Leonardgenerators *G* der Schaltung Abb. 2.

Der Punkt *E* gibt die Gegenspannung des Motors bei Solldrehzahl und Normalstrom, *E'* beim Strom Null an.

Um bei 200 kW Motorleistung dieselbe Drehzahl zu halten, muß man die Erregung des Generators *G* bis zum Punkt *F*, siehe Gleichung (4), steigern (Lastausgleich *La A*).

Durch das Indikatorrelais wird nun der Erregerstrom abwechselnd nach dem Punkt *A* oder *B* gelegt, so daß die Motorleistung zwischen 160 und 240 kW schwankt (Lastregulierung *La R*).

Bei Leerlauf wird entsprechend den Leerlaufverlusten der Erregerstrom durch das Indikatorrelais zwischen den Werten *C* und *D* geändert (Leerlaufregulierung *Le R*).

Da die verfügbare Motorleistung mit der notwendigen Leistung in keinem Augenblick übereinstimmt, wird der Umformer je nach dem Sinne der Differenzleistung beschleunigt oder verzögert.

Digitized by Google

Die eintretende Bewegung wird durch die Differentialgleichung beschrieben:

$$\Theta \cdot \frac{d\omega}{dt} = \Delta M \quad \ldots\ldots\ldots (6).$$

Es bedeuten:

Θ das Trägheitsmoment des Hochfrequenzumformers in mkg/sec²,
ω der Sollwert der Winkelgeschwindigkeit in 1/sec,
ΔM das Differenzmoment in mkg, das ist der Unterschied gegenüber dem notwendigen Moment.
N die Grundleistung in kW,
ΔN die dem Differenzmoment entsprechende Leistungsdifferenz in kW.

Das Integral der Gleichung (6) ergibt sich für konstantes ΔM zu:

$$\omega_t - \omega = \frac{\Delta M}{\Theta} t \quad \ldots\ldots\ldots (6a).$$

Die Zeit, die zum Durchlaufen einer Tourenänderung $\omega' = \frac{\Delta\omega}{\omega}$ bei einer Differenzleistung $N' = \frac{\Delta N}{N}$ notwendig ist (Regelzeit), erhält man aus dem Ausdruck

$$\Delta T = 0{\cdot}981 \cdot 10^{-2} \left(\frac{\omega'}{N'}\right) \frac{\Theta\,\omega^2}{N} \text{ sek.} \quad \ldots\ldots (7).$$

Es gelten für Eilvese folgende Zahlenwerte

$$\Theta = \frac{G D^2}{4g} = 53{\cdot}8 \text{ mkg sek.}^2$$

$$\omega = 323 \frac{1}{\text{sek.}}$$

$$N = 200 \text{ kW.}$$

Stellt man die Forderung auf, daß die Regelgenauigkeit $\pm 0{\cdot}1$ vT, das heißt $\omega' = 2 \cdot 0{\cdot}1 \cdot 10^{-3}$ sein

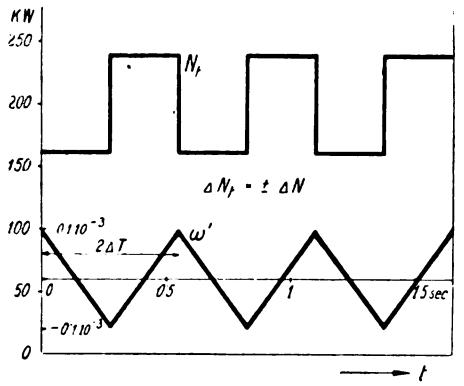


Abb. 7. Zeitlicher Verlauf der Drehzahl durch unverzögerte Regulierimpulse.

soll, dann erhält man bei Anwendung einer Stoßleistung von 20 vH, das heißt $N' = 0{\cdot}2$, eine Regelzeit von:

$$\Delta T = 0{\cdot}275 \text{ sek.}$$

Nimmt man vorerst an, daß das Indikatorrelais momentan auf die größere bezw. kleinere Leistung umschaltet, so erhält man für die Tourenabweichung ω' und die Motorleistung N_t in Abhängigkeit von der laufenden Zeit den in Abb. 7 dargestellten periodischen Verlauf. Die Dauer einer (in Wirklichkeit unharmonischen) Eigenschwingung beträgt laut Zeichnung 0·55 sec. Bemerkenswert ist die Phasenverschiebung von 90° zwischen Motorleistung und Drehzahl (Ursache und Wirkung).

Die idealisierten Verhältnisse der Abb. 7 gelten (abgesehen von den geringen Relaisverzögerungen) ausschließlich, wenn die Motorleistung sich sprungweise beim Kurzschließen von Widerständen ändert. Indessen trifft dies wegen der endlichen Aufbauzeit der magnetischen Felder nicht zu.

Der Anstieg der Leistung sei näherungsweise:

$$\Delta N_t = \pm \Delta N \left(1 - \varepsilon^{-\frac{t}{T_s}}\right) \quad \ldots\ldots (8),$$

wobei T_s die „Leistungszeitkonstante" des Ankerkreises ist.

Führt man Gleichung (8) in (6) ein, so erhält man für den Fall, daß bei Erreichen der Drehzahl $\omega + \Delta\omega$ auf kleinere Leistung geschaltet wird, den Augenblickswert der Drehzahl aus:

$$\omega_t = [\omega + \Delta\omega] - \Delta\omega \frac{t}{\Delta T} + 2\,\Delta\omega \frac{T_s}{\Delta T}\left(1 - \varepsilon^{-\frac{t}{T_s}}\right). \quad (9)$$

ΔT ist aus Gleichung (7) zu entnehmen. Ein Näherungsausdruck für die ΔT analoge Regelzeit ergibt sich durch die Überlegung, daß der Wert $\omega + \Delta\omega$ kurze Zeit nach der Umschaltung ($t = 0$ in Abb. 8) wieder durchlaufen wird. Das zweite und dritte Glied der Gleichung (9) verschwindet für $\frac{t}{T_s} \cong 1{\cdot}6$, woraus die Regelzeit bei verzögerter Leistungsänderung folgt:

$$\Delta T_1 = \Delta T + 1{\cdot}6\,T_s \quad \ldots\ldots\ldots (9a).$$

Die maximale Drehzahl ist

$$\omega_{max} = [\omega + \Delta\omega] + 0{\cdot}3 \frac{\Delta\omega}{\Delta T} T_s \quad \ldots (9b).$$

Die Gleichungen (8) und (9) sind in Abb. 8 unter Annahme einer Stoßleistung von ± 20 vH ($N' = 0{\cdot}2$) und einer Zeitkonstante von $T_s = 0{\cdot}15$ sec dargestellt. Vorausgesetzt ist auch hier plötzliche Umschaltung bei $\delta = 0{\cdot}1 \cdot 10^{-3}$. Die Zeitdauer einer Eigenschwingung unseres Systems hat sich nach Gleichung (9 a) gegenüber Abb. 7 auf 1·15 sec erhöht; denn sie ist jetzt nicht mehr allein durch die Empfindlichkeit des Indikators sondern durch die elektromagnetische Zeitkonstante des Feld- und Ankerkreises mitbestimmt. Die höhere Eigen-

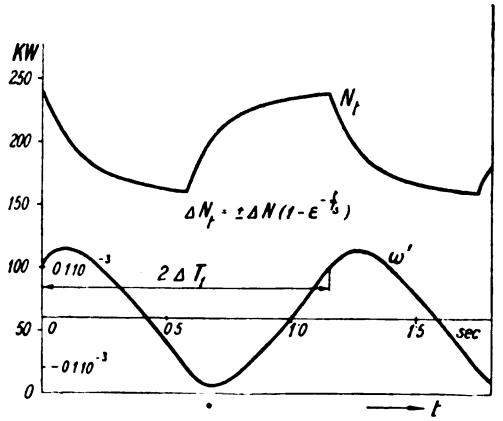


Abb. 8. Zeitlicher Verlauf der Drehzahl bei verzögerten Regelimpulsen.

schwingungsdauer ist ferner von einer Vergrößerung der Tourenschwankung (zweites Glied der Gleichung 9 b) um etwa 0·04 vT begleitet (Überschwingen).

Der symmetrische Verlauf der in den Abb. 7 und 8 wiedergegebenen Pendelungen ist an die Voraussetzung geknüpft, daß die notwendige Leistung in der Mitte zwischen dem Maximal- und Minimalwert der Motorleistung liegt. Andernfalls verlaufen die Pendelkurven nicht mehr symmetrisch.

Die Eigenschwingung des Reguliervorganges wurde experimentell zu 1·1 sec bei Vollast und 1·5 sec bei Leerlast ermittelt. Infolge der im Nebenschluß liegenden Gegenkompoundwicklung und der Wirbelstrombildung im Eisen der Maschinen weicht der Verlauf der Ströme im Feld des Generators und im Leonardkreis von der einfachen Exponentialfunktion ab.

Bemerkenswert ist, daß durch die geshuntete Gegenkompoundwicklung die Änderung des Leonardstromes beschleunigt wird.

Wird zum Beispiel das Feld des Generators und damit der Leonardstrom plötzlich verstärkt, so kommt zu Beginn des Schaltvorganges der schwächende Einfluß der Gegenkompoundwicklung infolge ihrer Induktivität noch gar nicht zur Wirkung; mithin ist der Spannungsabfall im Leonardkreis bei Stromvergrößerung kleiner als dem stationären Zustand zukommt. (Der stationäre Strom in der Kompoundwicklung ist hier $^1/_{10}$ des Leonardstromes).

Digitized by Google

Tatsächlich wurde auch die Zeitkonstante des Hauptfeldes bei Leerlauf und abgeschalteter Kompoundwicklung oszillographisch zu etwa 0·35 sec ermittelt, während bei Laständerungen der Leonardstrom wegen der geshunteten Kompoundwicklung bedeutend schneller (ungefähr nach einer Zeitkonstante von 0·25 sec) ansteigt.

Aus welchem Grunde der Leonardkreis mit einem so unverhältnismäßig großen Spannungsabfall ausgeführt ist, sei nunmehr erläutert.

Wir setzen die treibende Spannung im Leonardkreise [vgl. Gleichung (4)] durch einen Faktor c in Beziehung zu der Leerlaufspannung des Generators

$$E_g - E_m = J_L K = c E_g \quad \ldots\ldots (10).$$

Jede Leistungsänderung ist verursacht durch eine Änderung der treibenden Spannung $c E_g$.

Soll die durch den Indikator ausgelöste Stoßleistung einen Bruchteil $\pm b$ der gesamten Leistung betragen, so ist dazu eine Spannungsänderung um $\pm b . c . E_g$ notwendig. Bei unreguliertem Betrieb treten Tourenabweichungen durch Spannungs- und Periodenschwankungen des primären Netzes, durch Schwankungen der Erregerströme sowie durch Leistungsänderungen auf. Alle diese Störungen lassen sich auf eine Änderung der Leerlaufspannung des Leonardgenerators $\pm n E_g$ umrechnen, wobei die „Störungsziffer n" die äquivalente Spannungsschwankung angibt.

Als Kriterium dafür, daß der „Indikatorstoß" alle Störungen sicher beherrscht, gilt die Ungleichung:

$$bc > n \quad \ldots\ldots\ldots (11).$$

Da die Störungszahl n durch unbeeinflußbare Schwankungen des gesamten Netzbetriebes gegeben ist und der Indikatorstoß b mit Rücksicht auf die Maschine nicht zu groß gemacht werden kann, kann man die Ungleichung (11) nur dadurch erfüllen, daß man den Spannungsabfall c durch Kompoundierung des Leonardkreises groß wählt.

Die Störungen entsprechen erfahrungsgemäß in dem angegebenen Beispiel einer Spannungsänderung am Generator von maximal $n = 0{\cdot}04$.

Das Produkt bc, das dem Indikatorstoß proportional ist, hat den Wert $0{\cdot}5 . 0{\cdot}2 = 0{\cdot}10$. Damit ist nach Ungleichung (11) die Grundbedingung für das gute Funktionieren der Tourenregelung erfüllt.

In der Tat hat der Betrieb aus Registrierungen auf der Hochspannungsseite festgestellt, daß Schwankungen der Netzspannung um ± 12 vH verbunden mit Frequenzänderungen von ± 4 vH ohne Einfluß auf die Regulierung blieben. Selbst das Schadhaftwerden einer Phase (Leitungsbruch) zog keine Betriebsunterbrechung oder Drehzahlschwankungen nach sich!

d) Regelung bei Telegraphierbetrieb.

Die Belastung des HF-Umformers erfolgt durch Tastung seines Erregerstromes. Das in Abb. 2 angegebene Preßluftrelais P (gleichzeitig auch das Relais T_1) wird durch den Steuerstrom der Telegraphenleitung beeinflußt. Während des Telegraphierens schwankt mithin die notwendige Motorleistung im Takt der Morsezeichen zwischen Leerlauf und Vollast. Entsprechend schaltet das Relais T_1 — der Lastausgleich —, wodurch die Gleichstromgeneratorerregung nach Abb. 6 zwischen F und G spielt.

Bei einer Wortgeschwindigkeit von 200 Buchstaben je Minute muß die Zeitkonstante der Antennenlast in der Größe von einigen Millisekunden liegen. Da die Zeitkonstante für den Leonardstrom J_L etwa 0·15 sec beträgt, so kann der letztere den Telegraphierzeichen nicht folgen. Der Mittelwert von J_L wird sowohl durch die elektromagnetische Zeitkonstante als auch durch die Telegraphiergeschwindigkeit bestimmt sein. Versuche ergaben, daß bei höherer Zeitkonstante (Zehntelsekunden, Leistung im Motorkreis) Unterschiede der Telegraphiergeschwindigkeit sich im Mittelwert praktisch nicht bemerkbar machen, während umgekehrt bei kleineren Zeitkonstanten (Antennenleistung) mit steigender Telegraphiergeschwindigkeit der Mittelwert asymptotisch fällt. Diese Unterschiede der mittleren Leistungen sind in Abb. 6 durch die Geraden a und b dargestellt. Sie werden durch den Indikatorstoß weitaus beherrscht.

Abb. 9 zeigt zwei in der Schaltung Abb. 2 aufgenommene Oszillogramme bei langsamen und schnellem Telegraphiertempo. Die einzelnen Telegraphierzeichen sind im Leonardstrom J_L des unteren Bildes wegen des höheren Tempos verwaschen.

III. Anlagen ohne Zwischenmaschinen.

a) Drehstromantrieb.

Bei den von Telefunken gebauten Großmaschinensendern ist der HF-Generator direkt mit einem vom Netz gespeisten Asynchronmotor gekuppelt.

Die Beeinflussung der Motorleistung zur Drehzahlregelung erfolgt durch Änderung des Läuferwiderstandes mittels elektropneumatischer Relais[5]) (S. & H.). Die

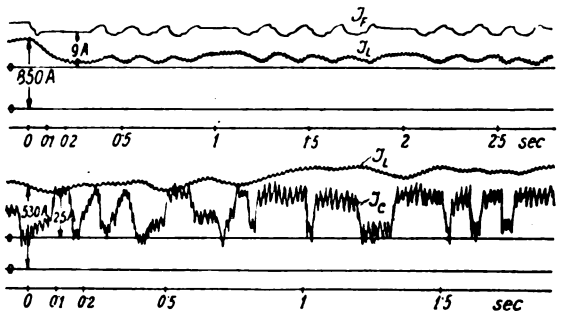


Abb. 9. Stromverlauf im Feld, Anker und in der Kompoundwicklung des Generators bei verschiedener Telegraphiergeschwindigkeit.

Regulierung arbeitet nach denselben Prinzipien wie bei Gleichstromantrieb; lediglich quantitative Unterschiede sind beachtenswert.

Für jeden durch die Läuferregulierung ausgelösten Schaltvorgang gelten (wegen der in Wechselstromkreisen unverzögerten Leistungsänderung) die in Abb. 7 dargestellten Verhältnisse.

Daher hat bei Telegraphierbetrieb die Differenz zwischen der verfügbaren mittleren Motorleistung (deren Zeitkonstante ist Null) und der Antennenleistung das umgekehrte Vorzeichen, wie bei Gleichstromantrieb. Die mittlere Antennenlast wird mithin etwas kleiner sein, als die mittlere Motorleistung, weil jetzt die Zeitkonstante des Antennenkreises groß gegenüber derjenigen der Motorleistung ist.

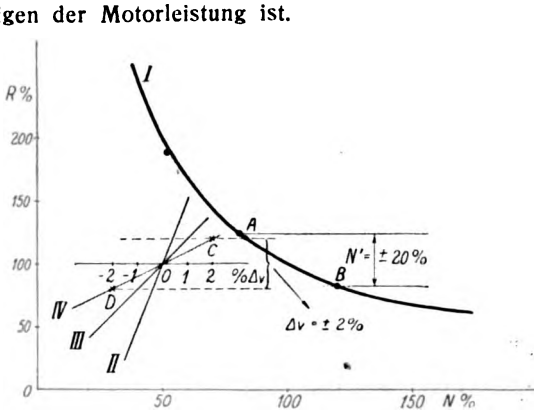


Abb. 10. Regelimpulse und Schwankungen der Netzfrequenz bei Drehstromantrieb.

Das Kriterium für die Wirksamkeit des Indikatorstoßes war bei Gleichstromreglung durch die Ungleichung (11) gegeben.

Um die analoge Bedingung für den im Läufer geregelten Drehstrommotor darzustellen, ist in Abb. 10

[5]) Schuchmann, Konstanthaltung der Wellenlänge von Maschinensendern, Telefunken-Zeitg. 1925, Heft 40, Seite 29. Im Gegensatz zur reinen Läuferregelung vgl. die kombinierte Regulierung mit Gleichstrom-vormagnetisierter Ständerdrossel und Läuferwiderständen (Alexanderson).

Digitized by Google

Kurve I der notwendige Rotorwiderstand in Abhängigkeit von der Leistung (beides in Prozenten) bei konstanter Drehzahl und idealem Netz aufgezeichnet.

In der Abb. 10 bedeuten die Punkte *A* und *B* die notwendigen Läuferwiderstände bei einem Indikatorstoß von $N' = \pm 20$ vH.

Der prozentuelle Widerstand im Läuferkreis, der bei veränderlicher Primärfrequenz jedoch bei konstanter Leistung und Drehzahl eingestellt werden muß, folgt aus der Gleichung

$$R = 100\left(1 + \frac{\Delta\nu}{s}\right) \quad \ldots\ldots\ldots (12),$$

in welcher $\Delta\nu$ die Abweichung von der Netzfrequenz und s den Schlupf (alles in vH der Normalfrequenz) bedeuten.

Einen weit geringeren Einfluß auf die Drehzahl eines Asynchronmotors haben Schwankungen der Netzspannung. Ist e die auf die Netzspannung bezogene Spannungsänderung dann ist der Rotorwiderstand in vH

$$R = 100\,[1 + 2e] \quad \ldots\ldots\ldots (13),$$

wobei der Einfluß der Sättigung und Streuung vernachlässigt ist. Aus den letzten beiden Gleichungen ist zu entnehmen, daß zum Beispiel bei einem Schlupf von 5 vH eine um nur 2 vH schwankende Netzfrequenz die gleiche Widerstandsänderung notwendig macht wie eine Spannungsänderung von 20 vH.

Der Läuferwiderstand nach Ausdruck (12) ist in Abb. 10 durch die Geraden II ($s = 2$ vH), III ($s = 5$ vH) und IV ($s = 10$ vH) dargestellt. Beispielsweise sind die Widerstandsstufen, welche zur Kompensierung der Drehzahländerung bei einer Frequenzschwankung von ± 2 vH und $s = 10$ vH eingestellt werden müssen, durch die Punkte *C* und *D* gegeben.

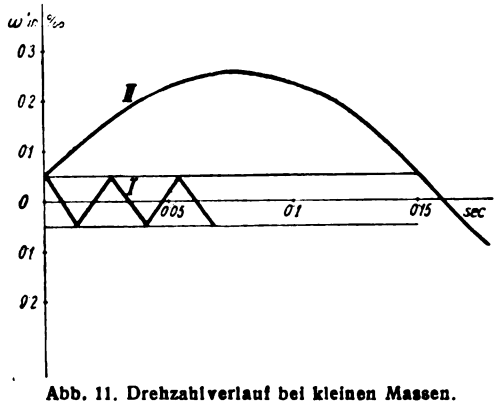


Abb. 11. Drehzahlverlauf bei kleinen Massen.

Die Wirkung einer primären Frequenzschwankung ist bei gleichem Leistungsstoß N' um so leichter aufzuheben, je größer nach (12) der Schlupf gewählt wird. Der Schlupf spielt demnach hier dieselbe Rolle, wie der Spannungsabfall bei Gleichstromantrieb. Der Drehstromantrieb ist aber insofern im Nachteil, als dem Schlupf Verluste entsprechen, während der Spannungsabfall bei Gleichstromantrieb durch verlustfreie Kompoundierung des Leonardkreises erzielt werden kann.

Die in Abb. 10 eingetragenen Zahlenwerte zeigen außerdem, daß eine Frequenzschwankung $\Delta\nu = \pm 2$ vH selbst bei einem Schlupf von 10 vH durch den Indikatorstoß von $N' = +20$ vH nicht mehr sicher beherrscht wird.

Da man in der Praxis so hohe Schlüpfe nicht wählt, ist man gezwungen, außer der Indikatorregelung noch einen Zusatzregler zu verwenden, durch den die Beherrschung größerer Störungen möglich wird. Im Läuferkreis ist dazu ein weiterer motorisch geregelter Widerstand eingeschaltet, der dann im entsprechenden Sinne geändert wird, wenn das Verhältnis der Öffnungs- und Schließungszeit des Indikatorrelais zu groß oder zu klein wird. Dieser träge Hilfsregler ist darum von Nutzen, weil die meist rasch verlaufenden Spannungsänderungen einen geringen Einfluß auf die Drehzahl haben, während Änderungen der Netzfrequenz wegen der großen Massen der Zentralenmaschinen nur schleichend verlaufen können und so leicht zu kompensieren sind. Der ursprüngliche enge Regulierbereich erfährt auf diese Weise eine wesentliche Ausdehnung.

b) Maschinen mit kleinen Schwungmassen.

Bei dem Versuche, daß im Vorstehenden beschriebene Leistungsstoßprinzip auf die Regulierung von Maschinen kleiner Leistung (etwa 10 kW) für Stationen mit Wellenlängen von einigen 100 m zu übertragen, ergab sich, daß diese Methode wegen der auftretenden großen Tourenänderungen nicht brauchbar war.

Eine Aufklärung liefert die Auswertung der Gleichungen (6), (7), (8) und (9).

Das Verhältnis von Schwungenergie zu Leistung, das unter sonst gleichen Verhältnissen der halben Pendelzeit ΔT (siehe Gleichung (7) proportional ist, beträgt für kleine Maschinen etwa ein Zehntel der für Großmaschinen gültigen Wert.

In Abb. 11 ist durch Kurve I der periodische Verlauf der Tourenzahl für den Fall gezeichnet, daß der Indikator bei einer Tourenänderung von $\pm 0{\cdot}05$ vT verzögerungsfrei die Motorleistung im entsprechenden Sinne ändert. Der zulässige Tourenbereich muß nach Gleichung (1) hier deshalb enger angenommen werden, weil der Indikator wegen der kürzeren Wellen empfindlicher sein muß.

Der tatsächliche Drehzahlverlauf ist unter Berücksichtigung der Zeitkonstante der Motorleistung ($T_s = 0{\cdot}1$ sec) durch Kurve II gegeben. Die Tourenzahl schießt über die Empfindlichkeitsgrenze des Indikators hinaus und ist häufig wegen der Entlastung der Maschine (Abb. 1) nicht mehr zurückzuführen.

Das Prinzip der Regulierung mit Leistungsstößen ist eben in erster Linie dann am Platze, wenn die mechanische Trägheit (die Zeitkonstante der Drehzahl) groß gegenüber der elektromagnetischen (Zeitkonstante der Motorleistung) ist[6]). Bei Maschinen kleiner Leistung wird dieses Verhältnis bereits so ungünstig, daß diese Regelmethode verlassen werden muß.

Die Regulieraufgabe ist dann nunmehr unter Anwendung des Tirrillprinzipes zu lösen.

IV. Steuerapparate.

Die bei Maschinenregulierungen notwendigen Schaltapparate müssen neben einer genügenden Empfindlichkeit auch eine bestimmte Arbeitsgeschwindigkeit aufweisen. Derartige Relais sind aber nur für kleine Schaltleistungen bekannt, so daß in der Regel die Staffelung mehrerer Einzelrelais mit steigender Schaltleistung notwendig wird.

Wir wollen im folgenden einige Ausführungsformen angeben. Das in Abb. 12 dargestellte Brückenrelais (Impulsgeber) nach Riegger (in Abb. 3 *Rl*) gehört zur Klasse der Drehspulrelais. Zur Erzielung einer hohen Empfindlichkeit besitzt es eine Gleichstromvormagnetisierung von rund 4000 AW (zum Beispiel durch den Röhren-Heizstrom). Seine Ansprechgrenze liegt unter 0·1 mA; an den Ankerkontakten wird bei 1 mA eine Druckkraft von 20 bis 30 g entwickelt. In dem zwischen dem Rundstab und dem koaxialen Zylinder befindlichen Luftfeld beträgt die Induktion etwa 8000 Li/cm²; die darin bewegte, vom Brückenstrom durchflossene Drehspule besitzt 5000 Windungen und schwingt in einem Spalt von 4 mm. Der Ankerhebel übersetzt im Verhältnis 1 : 1·6 auf großen Weg. Wegen der geringen Regulierfrequenz (siehe II *c*) reicht die Arbeitsgeschwindigkeit dieses Relais im Betrage von von maximal 25 Per/s weit aus. Der relativ hohe Kontaktdruck ist für den Betrieb aus dem Grunde notwendig, damit mechanische Erschütterungen insbesondere bei geringem Brückenstrom auf die Arbeitslage der Relaiszunge ohne Einfluß bleiben. Der stromführende Anker besitzt Zuführungen ohne Richtungs-

[6]) Siehe R. Mayer, Zeitschr. f. techn. Physik 1925, Heft 11, S. 573.

Digitized by Google

kraft. Steuerleistung und Schaltleistung betragen der Größenordnung nach etwa 1.10^{-3} bezw. 1 W bei 50 bis 100 V.

Dieses empfindliche Relais arbeitet zunächst auf ein normales Telegraphenrelais (Trls 20) von S. & H. Seine Kennzahlen sind: etwa 1 W Steuerleistung, normale Schaltleistung etwa 100 W (ein Vielfaches davon durch Anwendung besonderer Löschschaltungen und Kontakte), Arbeitsgeschwindigkeit über 75 Per/s. Bei normalem Pol- und Kontaktabstand beträgt die Umschlagszeit 1 bis 3 Millisekunden und der Kontaktdruck etwa 50 g.

Die beschriebenen Vorrelais betätigen das eigentliche Arbeitsrelais, welches die Erregerleistung des Hauptgenerators stoßweise beeinflußt. Hier kam erstmalig ein Lichtbogenrelais (Ionenschalter) zur Verwendung. Das Entladungsgefäß (Glaskörper) besitzt eine Graphit- oder Wolframanode und reines Quecksilber als Kathodenmetall. In Abb. 13 ist die Schaltung (T_1 in

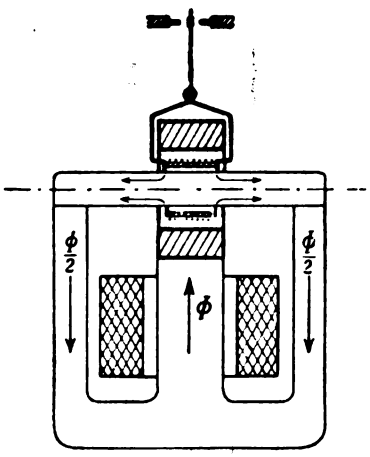


Abb. 12. Drehspulrelais.

Abb. 2) schematisch wiedergegeben. Der Lichtbogen zündet, wenn der über R_Z auf Netzspannung aufgeladene Kondensator C_Z über die Primärwicklung eines kleinen Induktors T_Z und den Zündkontakt 2 eines Telegraphenrelais entladen wird. Die Hochspannungswicklung des Induktors ist mit dem Außenbelag (Zündring Z) und der Kathode verbunden. Die am Rande des Quecksilberspiegels entstehenden Fünkchen leiten den Bogen ein, der Verbraucher (R, L) steht dann unter Strom.

Der Unterbrechungsvorgang geht so vor sich, daß der über R_L auf Netzspannung aufgeladene Kondensator C_Z im umgekehrten Sinne wie der Bogengleichstrom über den Löschkontakt 1 und die Entladestrecke ausschwingt. Der Lichtbogen wird so auf kurze Zeit (10^{-4} bis 10^{-7} sec) unterdrückt und erlischt[7]).

[7]) W. Burstyn, Jahr. f. drahtl. Telegr., Bd. 23, 1924, Heft 1, S. 8. A. v. Engel, Zeitschr. f. Techn. Phys. 1925, Heft 11, S. 604.

Der überaus geringen Steuerleistung steht im vorliegenden Falle eine Schaltleistung von nicht ganz 1 kW gegenüber. Eine besondere Kühlung ist nicht vorgesehen.

Der in der Abb. 2 mit T_2 bezeichnete Schnellschalter gehört zur Gruppe der Pendelankerrelais. Die Bewegung des Ankers erfolgt durch zwei Spulenpaare, welche wahlweise durch den Strom eines Telegraphenrelais erregt werden. Um die Lebensdauer der Kontakte zu erhöhen, ist eine doppelpolige Stromunterbrechung vorgesehen. Zu den Kontakten parallel liegen Kondensatoren von etwa 10 μF, welche die Löschung des Unterbrechungslichtbogens begünstigen und den Abbrand der Kontakte verringern. (Die Schwierigkeiten, welche durch Verschweißen und kraterartiges Ausbrennen von Kontakten aus Kupfer infolge des starken Gehaltes von Hochfrequenz in den Gleichstromleitungen auftraten, konnten durch Verwendung von Silber an dieser Stelle überwunden werden. Dagegen haben sich Molybdän und gewisse Wolframsorten als Kontaktmaterial zur

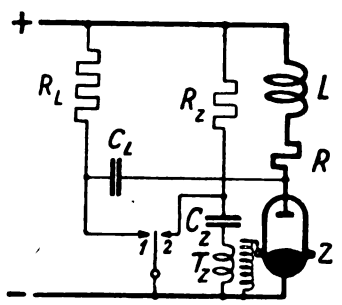


Abb. 13. Lichtbogenschalter.

Steuerung starker Kondensatorentladungen, wie zum Beispiel Kontakt 1, Abb. 13, als geeignet erwiesen, da sie keinerlei Schweißneigung zeigen). Das beschriebene Relais benötigt etwa 10 V zur Steuerung, seine Schaltleistung beträgt in der Anordnung Abb. 13 rund 800 W, die größte Arbeitsgeschwindigkeit entspricht 20 Per/s bei 600 g Kontaktdruck.

An Stelle dieses Relais tritt heute ein Modell, welches mit Schnellerregung durch Kondensatoren arbeitet[8]).

Aus den angegebenen Daten läßt sich die Summe der Umschlagszeiten für eine Relaisreihe zu rund 10 Millisekunden bestimmen. Diese Zeit ist aber im Vergleich zur halben Pendeldauer von einer Drittel- bis einer Viertelsekunde (siehe Abb. 7) zu vernachlässigen, so daß durch Relaisverzögerung ein praktisch merkbares Überregulieren nicht auftritt.

[8]) Telefunken-Zeitung, 4. Jahrg., Heft 22, S. 17.

Rundschau.

Gleichzeitige Aussendung einer Grundwelle und einer harmonischen Oberwelle durch einen Röhrengenerator. Die Entwicklung der Broadcasting Bewegung hat es mit sich gebracht, daß in größeren Zentren das gleiche Programm auf zwei verschiedenen Wellenlängen gegeben wird, zum Teil schon aus dem Grunde, weil die kürzere Wellenlänge mit Hochfrequenzleitungen zu Sekundärsendern hinausgeführt wird. Dieses Problem wurde bisher meist in der Weise gelöst, daß zwei völlig unabhängig voneinander arbeitende Röhrengeneratoren aufgestellt wurden, die von der gleichen Besprechungsstelle aus ihre Modulation erhielten. Der Versuch, die beiden Frequenzen durch ein einziges Schwingungsrohr zu erzeugen, führte zu instabilen Anordnungen. Nur ein Ausnahmsfall ist von Wichtigkeit, wenn die Schwingungszahl der kürzeren Welle ein ganzzahliges Vielfaches der Schwingungszahl der Grundwelle ist. In diesem Falle arbeitet der Sender vollkommen verläßlich und stabil. Es handelt sich also darum, eine bestimmte Oberwelle der Sendeschwingung herauszugreifen und mit besonderer Energie gleichzeitig mit der Grundwelle auszustrahlen. Dies gelang H. J. Walls vom Bureau of Standards durch eine neue Schaltung (Abb. 1) in sehr vollkommener Weise. Diese Schaltung ist sehr ähnlich dem bekannten Hartley-Kreise, jedoch enthält sie einen zweiten abgestimmten Schwingungskreis $L_2 - C_2$ in Serie mit dem Hauptabstimmungskreis $L_1 - C_1$. Die Antennenanordnung ist ähnlich. Auch hier ist ein Kurzwellenhilfskreis $L_3 - C_3$ angeordnet. Die relative Intensität der herausgegriffenen Harmonischen (auf die der Kreis L_2, C_2 und L_3, C_3 abgestimmt sind) kann leicht durch Veränderung der Kopplung zwischen L_1 und L_2 reguliert werden. Schöne Resultate wurden mit einer Grundschwingung von 600 Kilocycles bei gleichzeitiger

Digitized by Google

Ausstrahlung der dritten Harmonischen 1800 Kilocycles erhalten, jedoch können die Harmonischen bis zur zehnten ohne weiteres herausgegriffen werden. Noch höhere Oberschwingungen machen Schwierigkeiten, weil die Abmessungen der Hilfskreise schon allzu klein werden. Die Wirksamkeit der Anordnung beruht auf dem Rückkopplungsprinzip, Durch die Hinzufügung des Kreises $L_2 - C_2$ wird eine wenn auch geringe Intensitätssteigerung der betreffenden Oberwelle durch die Abstimmung erzielt. Die auf diese Weise etwas gestärkte

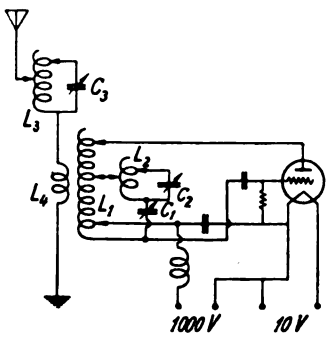


Abb. 1.

harmonische Schwingung wird dann auf das Gitter rückgekoppelt, neuerlich verstärkt usw. Dabei ist der relative Betrag der Rückkopplung von der Einstellung der Brücke zwischen L_1 und L_2 abhängig. Die Anwendung dieser Schaltung liegt nicht nur auf dem Gebiete des Broadcasting, wo bei Simultansendungen sehr viel Kosten gespart werden können, sondern auch auf rein meßtechnischem Gebiete, insbesondere bei der Eichung von Wellenmessern. Die Wellenmessereichungen werden heutzutage stets durch Anwendung der harmonischen Oberschwingungen von einer Standard-Grundfrequenz ausgehend, vorgenommen. Durch die oben beschriebene Methode ist es nunmehr möglich, schwache Oberwellen, die sonst nicht mehr zur Anzeige gelangen, so zu verstärken, daß sie bequem zur Feststellung von Eichpunkten ausreichen. Ett.

(Proceedings of Radio Eng., Bd. 15, Jänner 1927.)

Resonanzverstärkung mit Doppelgitterröhren. R. Barthélemy weist darauf hin, daß die bekannten, bei Eingitterröhren verwendeten Brückenmethoden der Röhrenneutralisation unvollständig sind, da durch das Vorhandensein des inneren Röhrenwiderstandes zwischen Anode und Heizfaden, eine wirkliche Abgleichung nicht erfolgen kann. Im Gegensatz zu den Eingitterröhren läßt sich bei den Röhren mit Raumladegitter ein tatsächliches Gleichgewicht in der Brücke herstellen. Liegt der abgestimmte Ausgangskreis zwischen dem Steuergitter (Außengitter) und Heizfaden und der zu neutralisierende Ausgangskreis zwischen Anode und Raumladegitter (wobei die Anodenspannung zwischen Glühfaden und einer Anzapfung des Ausgangskreises geschaltet wird), so kann man tatsächlich das System der Doppelgitterröhre als eine korrekte Wheatstone-Brücke betrachten. Die einzelnen Zweige dieser Brücke werden durch die Kapazitäten C_1, C_2 und durch die Selbstinduktionen L_1, L_2 gebildet, zu denen die Widerstände R_1, R_2 parallel geschaltet sind, wenn mit C_1 die Steuergitter-Anodenkapazität mit C_2 die Steuergitter Raumladegitter-Kapazität mit L_1 und L_2 die Selbstinduktionen zwischen Anode und positivem Anodenbatteriepol bzw. Raumladegitter und positivem Anodenbatteriepol und schließlich mit R_1, R_2 die inneren Röhrenwiderstände zwischen Anode und Heizfaden bzw. zwischen Raumladegitter und Heizfaden bezeichnet werden. Der Eingangsabstimmkreis liegt in der einen Diagonalen und bleibt bei abgeglichener Brücke von den Spannungsschwankungen des Ausgangskreises vollkommen unbeeinflußt. Die Bedingungen für das Gleichgewicht des Röhrensystems sind in der nachstehenden, komplexen Gleichung enthalten

$$\frac{C_2 R_2 L_2}{R_2 + j\omega L_2} = \frac{C_1 R_1 L_1}{R_1 + j\omega L_1} \quad \ldots\ldots (1).$$

Hieraus ergibt sich, daß

$$L_1 : L_2 = C_2 : C_1 = R_1 : R_2 \quad \ldots\ldots (2).$$

Bemerkenswert ist es, daß die Abgleichung der Brücke von der Frequenz vollkommen unabhängig bleibt. $L_1 : L_2 = C_2 : C_1$ ist durch rein konstruktive Maßnahmen zu erreichen, das entsprechende Verhältnis $R_1 : R_2$ ist nur von der Heizung abhängig und läßt sich mit dem Heizwiderstand leicht einstellen. Der Aufbau von mehrstufigen Hochfrequenzverstärkern begegnet also mit den Doppelgitterröhren gar keinen Schwierigkeiten. E. M.

(Q. S. T. Français et Radioelectricet réunis, Nr. 35, Febr. 1927.)

Ein Sendeverfahren für kurze Wellen. Nicolai v. Korshenewsky findet als Ursache für ungenügende Empfangsstärke die Reflexion und Brechung der Wellen in verschiedenen aufeinanderfolgenden Schichten der Atmosphäre, die teils als Isolatoren mit verschiedener Dielektrizitätskonstante, teils als Leiter verschiedener Leitfähigkeit aufzufassen sind. Von der Frequenz der Wellen hängt es ab, ob die eine oder andere Eigenschaft bei der Fortpflanzung in den Vordergrund tritt. Die Intensität sowohl der gebrochenen wie der reflektierten Wellen hängt dabei von der Lage der Polarisationsebene zur Einfallsebene ab. Es wird gezeigt, daß im Falle einer Antenne, die lineare polarisierte Wellen aussendet, deren elektrische Schwingungen an der reflektierenden Fläche in der Einfallsebene orientiert sind, eine Reflexion überhaupt nicht stattfindet und demgemäß auch an einer Empfangstelle, die nur von reflektierten Strahlen erreicht werden kann, kein Empfang möglich ist. Die richtige Lage der für günstigen Empfang zu wählenden Polarisationsebene läßt sich nun wegen der Unbestimmtheit der atmosphärischen Verhältnisse nicht voraussehen; bei Wahl einer bestimmten Lage ist überhaupt die Wahrscheinlichkeit für günstige Verhältnisse im Sinne des Vorgesagten gering. Es wird nun, wie von A. Artom bereits 1903, vorgeschlagen, kurze Wellen zirkular (oder elliptisch) polarisiert auszusenden, wodurch die Wahrscheinlichkeit für günstige Reflexionsverhältnisse im Durchschnitt auf dem ganzen Wege eine wesentlich bessere wird. Gleichzeitig wird dadurch der Fall, daß die Polarisationsebene der einfallenden Wellen zur Lage der Empfangsantenne eine ungünstige wird und den Empfang beeinträchtigt, vermieden. Die Erzeugung der polarisierten Wellen erfolgt in einfacher Weise mittels zweier aufeinander senkrechter Linearantennen, deren eine vom Sender direkt, deren andere dagegen unter induktiver Zwischenschaltung eines abgestimmten Schwingungskreises zur Erzielung einer Phasenverschiebung von 90 Grad gespeist wird. Eine weitere wesentliche Ursache verringerter Empfangsintensität ist die Interferenz von Wellen, die auf verschiedenen Wegen vom Sender zum Empfänger gelangen. Auch hiefür liegen die Verhältnisse bei zirkular polarisierten Wellen günstiger. Ganz beseitigen läßt sich die Interferenz mit einer Einrichtung zur Aussendung zweier linear polarisierter Wellen, deren Polarisationsebene sich ständig rasch ändert. Man sendet zwei zirkular polarisierte Wellen, im entgegengesetzten Sinne rotierend, aus. Sie addieren sich zu einem Wechselfelde, dessen Lage im Raume von der Lage der Anfangsphasen der beiden Drehfelder abhängt. Unterbricht man die Wirkung des einen Feldes und läßt dasselbe sodann wieder einsetzen, jedoch nicht gerade nach der Zeit einer vollen, bzw. eines Vielfachen einer vollen Umdrehung des anderen, aufrecht gebliebenen Drehfeldes, so hat das resultierende Wechselfeld seine Lage im Raum geändert. Hiezu genügen zwei Antennenpaare, wie das bei der ersten Anordnung und die regelmäßige kurzzeitige Unterbrechung der Wirkung des einen derselben. Da die vorgeschlagenen Mittel auf eine Vermeidung einer bestimmten Polarisationsrichtung an der Empfangsstelle hinauslaufen, empfiehlt sich auch die Anwendung einer Empfangsantenne, der keine bevorzugte Aufnahmsrichtung zukommt. Gn.

(Zeitschrift für technische Physik, Bd. 7, Heft 12, Dezember 1926.)

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 6 **8. Mai 1927** **4. Jahrgang**

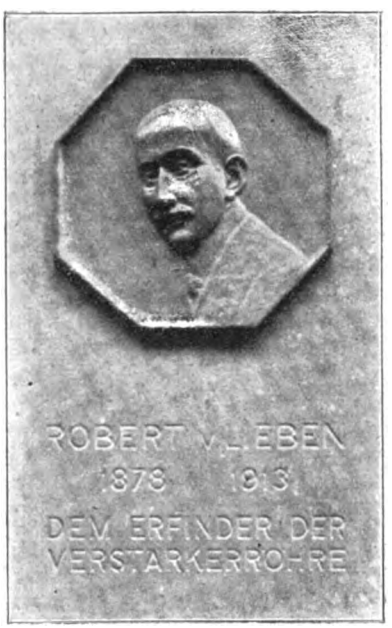
INHALT: Robert von Lieben. Von Hofrat Prof. Dr. Max Reithoffer, Wien. S. 57. / Die Frequenzcharakteristik von Telephonsystemen und Tonfrequenzapparaten sowie ihre Messung. S. 60. RUNDSCHAU. S. 64.

Robert von Lieben.

Von Hofrat Prof. Dr. Max **Reithoffer**, Wien[1]).

Als gegen Ende des vorigen Jahrhunderts Marconi zum ersten Male mit Erfolg drahtlose Telegraphie über größere Entfernungen durchführte, da hatte wohl Jeder, der Verständnis für den naturwissenschaftlichen und technischen Geist unserer Zeit hatte, das Gefühl, das sich etwas Großes zu entwickeln beginnt. Aber selbst der stärkste Optimist hätte damals nicht vorausahnen können, welche gewaltige Entwicklung und Bedeutung die Radiotechnik in verhältnismäßig kurzer Zeit gewinnen sollte. Diesen Aufschwung verdankt die Radiotechnik vor Allem der Erfindung der Verstärkerröhre mit ihren wunderbaren Eigenschaften und ihrer vielseitigen Anwendungsmöglichkeit.

Die drahtlose Telegraphie und Telephonie beruht bekanntlich darauf, daß zwischen zwei Orten eine unsichtbare Brücke aus den von Hertz entdeckten elektrischen Wellen geschlagen wird. Auf dem Rücken dieser Wellen, dieses Energiebandes, werden die telegraphischen und telephonischen Zeichen übertragen. Sie herauszufangen bedarf es eines besonderen Apparates, des Detektors, und um sie, wenn sie in zu großer Entfernung nur mehr schwach flackern, zu neuem Leben zu wecken, zu stärken, ist wieder ein besonderer Apparat erforderlich, der Verstärker. Bei den ganz verschiedenen Aufgaben wird die Elektronenröhre mit drei Elektroden gerecht. Diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß diese Elektronenröhre zweimal erfunden wurde, je nach Einstellung des betreffenden Forschers. Der Amerikaner De Forest hatte sich die Aufgabe gestellt, den bekannten Gasdetektor von Fleming zu verbessern, und ist darauf gekommen, die bisherige Ausführung, bestehend aus einem Glasballon mit zwei Elektroden, einer Anode und einer Glühkathode, durch Einführung einer dritten Elektrode wesentlich empfindlicher zu machen. Seine Erfindung stellt die Urform des allen Radioamateuren bekannten Audions dar. Die Erfindung der Verstärkerröhre aber ist einem Österreicher zu danken, Robert von Lieben. Beide Apparate weisen eine gewisse äußere Ähnlichkeit auf, sind aber doch verschieden. Sie sind verschieden in ihrem Zweck und ihrer Wirkungsweise, verschieden in ihrer Schaltung und ihrer Betriebseinstellung.



Lieben ist als Sohn des Wiener Bankiers und Präsidenten der Börsekammer Leopold von Lieben am 8. September 1878 geboren. Er genoß eine sorgfältige Erziehung und wuchs in geistvoller Umgebung auf. Der bekannte Chemiker und Wiener Universitätsprofessor Lieben gehörte der Familie an und der Wiener Philosoph Franz Brentano war mit dem Hause verschwägert. Von lebhafter Phantasie beseelt, beherrschte Robert von Lieben schon in jungen Jahren ein großer Forschungstrieb und besondere Vorliebe für Naturwissenschaft und Technik. Aber dem Zwange eines geordneten Schulbetriebes wollte sich der strebende Geist nicht fügen, und so sehen wir den jungen Mann der forschenden und praktischen Betätigung ohne abgeschlossene Mittelschule zustreben. Seine Vermögensverhältnisse gestatteten ihm Unabhängigkeit und boten ihm die Möglichkeit, seinen Neigungen zu leben. Aber die reichen Mittel, die ihm zu Gebote standen, verführten ihn nicht, sich dem untätigen Genusse des Lebens hinzugeben, sondern er suchte die praktische und theoretische Weiterbildung. Zunächst lockten ihn die Erfolge und die Bedeutung der Elektrotechnik, sich mit diesem Zweige der Technik eingehend zu beschäftigen, und so trat er nach Ablegung seines Militärdienstes bei der Firma Siemens-Schuckert in Nürnberg ein. Dort machte er sich mit regem Geiste und offenem Sinne mit den Apparaten und Schaltungen der Elektrotechnik vertraut und erwarb jene Kenntnisse und jene Richtung, die wir in seinen späteren Arbeiten wiederfinden. Doch muß ihn das Gefühl der mangelnden Theorie und die Sehnsucht nach wissenschaftlicher Ausbildung erfaßt haben, denn im Jahre 1899 ging er nach Göttingen, um dort chemische und physikalische Studien zu treiben. Durch seinen Fleiß und seinen Ideenreichtum ist er seinem Lehrer, Prof. Nernst, bald aufgefallen, und dieser trat mit dem jungen Mann in nähere Verbindung. In einem Nachruf nennt ihn Nernst nicht bloß seinen lieben Schüler, sondern auch seinen treuen Freund. Bald läßt sich die Befruchtung, die Liebens Geist in Nürnberg und Göttingen erfahren hatte, erkennen. Er erfand einen elektrochemischen Phonographen, an dessen Vervollkommnung auch Nernst mitgearbeitet hat, und der bei der Vorführung in der Wiener physikalischen Gesellschaft den Beifall der Fachleute fand. Dann beschäftigte er sich mit Flugschiff und Automobil. Er verbesserte den Wright'schen Aeroplan und konstruierte einen elektromagnetischen Geschwindigkeitswechsel für Automobile. Im Jahre 1904 erwarb er eine Telephonfabrik und wandte nunmehr seine Arbeitskraft dem neuen Gebiete

[1]) Vortrag, gehalten am 26. April 1927 im Aufnahmeraum der Radio-Verkehrs A.-G. bei der anläßlich der Enthüllung einer Gedenktafel am Ravag-Gebäude abgehaltenen Feier.

Digitized by Google

zu, auf dem es eine Reihe von wichtigen Fragen zu lösen gab.

Die Wichtigkeit und Verbreitung des telephonischen Verkehres rückte die Ausdehnung desselben auf immer größere Entfernungen in den Vordergrund. Zwei Erscheinungen setzten jedoch diesem Bestreben bei langen Leitungen eine allzu enge Grenze, die Erscheinung der Verzerrung der Sprache und die der Schwächung der übertragenen Telephonströme. Während es durch geistreiche, auf rein theoretischem Wege gefundene Anordnungen gelungen war, die Fehlerquelle der Sprachverzerrung zu bekämpfen, harrte die zweite Frage noch ihrer Lösung. Die Telephonietechnik bedurfte eines Relais, wie es in der Telegraphentechnik

LIEBEN-RÖHRE

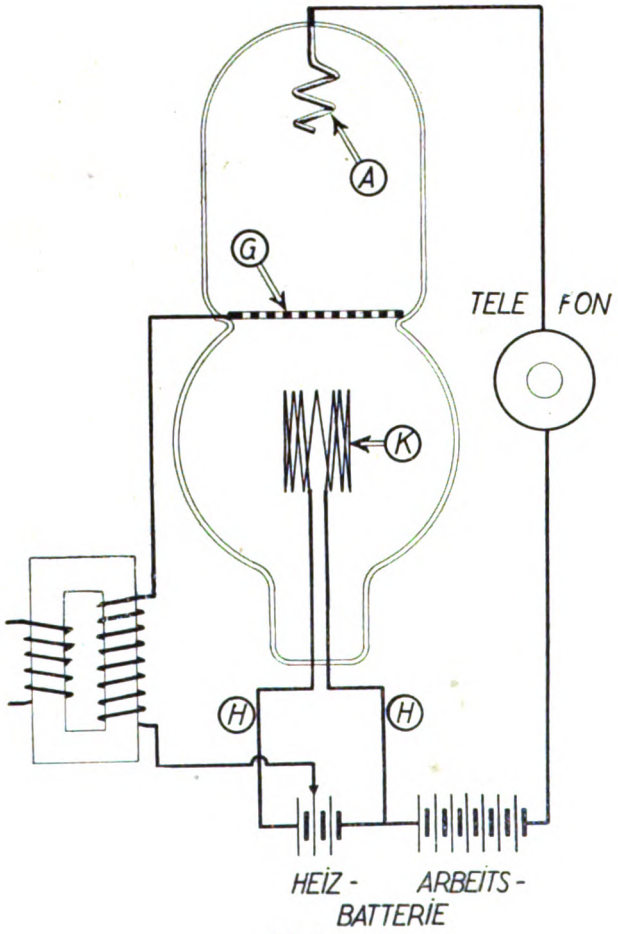


Abb. 1.

längst in Anwendung stand, das heißt eines Apparates, der ankommende schwache Ströme durch Mitwirkung einer besonderen elektrischen Energiequelle verstärkt weitergibt. Da die Telephonieströme im Gegensatz zu den Telegraphierströmen äußerst verwickelt zusammengesetzte Wechselströme sind, in denen sich die verschiedensten Frequenzen finden, und da die Reinheit der Sprachübertragung die Aufrechterhaltung dieses Frequenzbildes verlangt, so treten beim Bau eines Telephonrelais ungleich größere Schwierigkeiten auf, als sie das Telegraphenrelais bietet. Eine Reihe von Lösungen wurde in mehr oder weniger geistreicher Weise versucht, aber keine konnte befriedigen. Der Hauptfehler aller Konstruktionen lag in der Trägheit der bewegten Massen, die, so zart sie auch ausgebildet sein mochten, den raschen Schwingungen der Sprache nicht formgetreu folgen konnten. Die große Bedeutung dieser Aufgabe nahm Lieben sofort gefangen und er erkannte, daß mechanische Konstruktionen nicht zum Ziele führen können. Die damalige Einstellung der physikalischen Forschung sollte ihm den richtigen Weg weisen. Im Vordergrund des Studiums standen die Gesetze und Erscheinungen der elektrischen Entladungen durch verdünnte Gase, welche unsere Anschauungen über das Wesen des elektrischen Stromes und des Aufbaues der Materie umgestalten sollten. Nach den neuen Anschauungen besteht der elektrische Strom in einer Bewegung kleinster negativer Elektrizitätsteilchen, der Elektronen, welche eine winzige Masse besitzen und gleichzeitig Bausteine der Atome bilden. Auch Lieben beschäftigte sich mit diesen Fragen und veröffentlichte eine Reihe wissenschaftlicher Abhandlungen.

MODERNE VERSTÄRKERRÖHRE

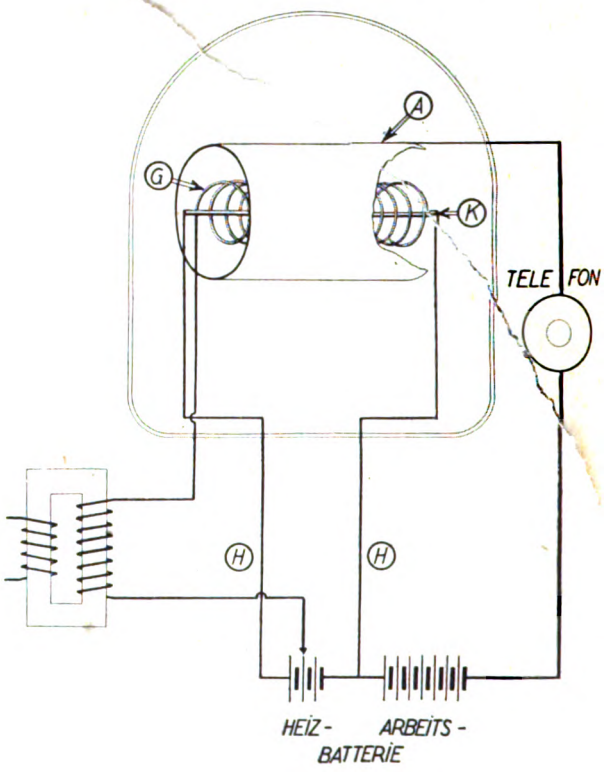


Abb. 2.

Aber als wertvollste Frucht seiner Untersuchungen muß die Erfindung des Elektronenrelais bezeichnet werden. Will man elektrische Gasentladungen hervorrufen, so muß man verdünntes Gas in ein Glasgefäß einschließen, in welches zwei Elektroden eingeschmolzen sind, und man muß an diese eine elektrische Spannung anlegen. Ist die Spannung entsprechend hoch, so fließt ein elektrischer Strom durch die Gasstrecke. Man sagt, die elektrische Kraft, ausgehend von der Anode, reißt Elektronen aus der Kathode, die dann der Kraft folgen und zur Anode fließen. Bei nicht zu großem Vakuum sind diese elektrischen Entladungen von reizvollen Leuchterscheinungen, wie sie aus den sogenannten Geißlerröhren bekannt sind, begleitet. Die erforderlichen Spannungen sind außerordentlich hoch und betragen viele Tausende Volt. Es gibt aber gewisse Mittel, um den Austritt der Elektronen aus der Kathode wesentlich zu erleichtern, so daß eine geringe Spannung von vielleicht 100 V genügt, um Strom durch das verdünnte Gas zu treiben. Das einfachste Mittel besteht darin, daß man die Kathode glühend macht und mehr noch, daß man sie mit Metalloxyden überzieht. Die Elektronen verhalten sich auf ihrem Wege, wie elektrische Ströme und elektrische Ladungen, so daß sie durch äußere elek-

Digitized by Google

trische oder magnetische Kräfte beeinflußt werden können. Bei Niederspannung bewegen sich die Elektronen langsamer und ihre Beeinflussung macht sich stärker geltend. Aus dieser Summe von Erkenntnissen holte sich Lieben die Elemente für den Bau seines Elektronenrelais und wir können seinen Gedankengang vermuten. Da die Elektronen eine winzige Masse besitzen, so erscheinen sie in hohem Grade trägheitslos, so daß sie den schnellsten Änderungen einer Beeinflussung verzögerungsfrei und formgetreu folgen können. Sie scheinen Lieben am geeignetsten als gesteuertes Organ eines Telephonrelais. Da nur Niederspannung in Frage kommen konnte, war die Anordnung einer Glühkathode von selbst gegeben. Lieben wandte eine mit Metalloxyd bedeckte Glühkathode an. Es kam nur

Abb. 3.

mehr darauf an, den Elektronenstrom durch die zu verstärkenden Ströme so zu beeinflussen, zu steuern, wie man sagt, daß in dem Anodenkreis verstärkte Stromschwankungen hervorgerufen werden.

Lieben hat beide möglichen Arten der Steuerung, sowohl magnetische als auch elektrische Steuerung angewendet. Das erste von ihm konstruierte Relais, im Jahre 1906 gebaut und zum Patente angemeldet, besitzt eine magnetische Steuerung[2]). Aber es muß zur Wahrung der Priorität der Liebenschen Erfindungen besonders hervorgehoben werden, daß sich der Anspruch dieses Patentes vom Jahre 1906 nicht etwa auf die magnetische Steuerung beschränkt, sondern der Anspruch lautet ganz allgemein auf: Ein Kathodenstrahlenrelais, bei welchem langsame Kathodenstrahlen von einer mit glühendem Metalloxyd bedeckten Hohlspiegelkathode ausgehend, durch die zu verstärkenden Stromwellen derart beeinflußt werden, daß sie in ihrem Stromkreise Wellen gleicher Frequenz, aber höherer Amplitude hervorrufen. In dem Anspruche ist klar und zum ersten Male die Verwendung langsamer Kathodenstrahlen als gesteuertes Organ eines Relais ausgesprochen. Die Art der Steuerung selbst ist offen gelassen. Obgleich die magnetische Steuerung eine geistreiche und glückliche Lösung der Aufgabe darstellt, hat Lieben sie später verlassen, als er die elektrische Steuerung als einfacher und wirksamer erkannte. Im Jahre 1910 hat er die endgültige Form seines Kathodenstrahlenrelais mit elektrischer Steuerung zum Patente angemeldet[3]) (Abb. 1). Sie besteht aus einem 25 cm hohen Glasgefäß, das deutlich in zwei Hälften zerfällt. Die obere Hälfte hat die Form eines Glassturzes und enthält die Anode, die untere Hälfte ist kugelförmig und in ihr befindet sich die Glühkathode. Diese besteht aus einem zickzackförmig geführten Band aus Wolfram, welches mit Oxyden belegt ist. Als Gasfüllung hat Lieben Quecksilberdampf offenbar seiner besseren Ionisierbarkeit oder Leitfähigkeit gewählt. Wird das Wolframband *K* glühend gemacht, so sendet es Elektronen aus, die von der Anodenbatterie zur Anode *A* geführt werden. Es fließt elektrischer Strom durch die Röhre. Zur elektrischen Steuerung hat Lieben die beiden Glashälften durch eine perforierte, gitterähnliche Metallplatte *G* getrennt. Durch die Löcher dieses Gitters können die Elektronen noch immer ihren Weg zur Anode finden. Wird aber das Gitter elektrisch geladen, so wird die Elektronenbewegung gefördert oder gehemmt, das heißt der elektrische Strom größer oder kleiner, je nachdem die Gitterladung positiv oder negativ ist. Damit ist die elektrische Steuerung geschaffen. Man braucht nur aus den zu verstärkenden Strömen, etwa aus ankommenden Telephonieströmen, Spannung auf das Gitter zu bringen, so wird der Strom im Kreise der Ortsbatterie Stromschwankungen aufweisen, welche genau den Fluktuationen des ankommenden Stromes entsprechen, nur vielfach größer sind. Die Membrane eines in den Anodenkreis eingeschalteten Telephones wird kräftigere Schwingungen vollführen, als die Schwingungen wären, die die ankommenden Telephonieströme direkt im Telephon hätten hervorrufen können. Somit ist der Apparat ein elektrisch gesteuertes Elektronenrelais. Wegen der Trägheitslosigkeit der Elektronen werden die verstärkten Stromschwankungen ein genaues Bild der zu verstärkenden Ströme geben. Obwohl Lieben bei der Konstruktion seiner Röhre ein Relais für die Drahttelephonie be-

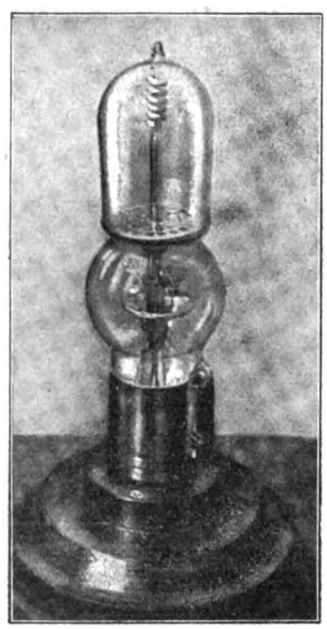


Abb. 4.

absichtigt hat, war ihm doch klar, daß es auch den Zwecken der Radiotechnik dienen kann und in seinem Patentanspruch erklärt er sein Relais auch geeignet für Wechselströme bis zu den höchsten Frequenzen. Wie jeder Erfinder hatte auch Lieben heiße Patentkämpfe durchzuführen. Die Gerichte hatten zu urteilen, und die Entscheidung ist in den meisten Kulturstaaten zugunsten Liebens ausgefallen.

Solche Erfindungen werden natürlich nicht mit einem Schlage gemacht, sondern es bedurfte einer Reihe von Jahren unermüdlicher Arbeit, um diese Schöpfung zu vollenden. Lieben unterzog sich dieser Arbeit mit seltener Ausdauer und Willenskraft und oft fand ihn das Morgengrauen in seinem Laboratorium in voller Tätigkeit. Eine tückische, schleichende Krankheit aber be-

[2]) D. R. P. Nr. 179807 vom 4. März 1906.

[3]) Ö. P. Nr. 48172 vom 30. März 1910 und Nr. 54011 vom 7. Dezember 1910.

Digitized by Google

gann seine Kraft in den letzten Jahren seiner Arbeit zu lähmen. Zum Glück fand er in Dr. Eugen Reiß und Ing. Sigmund Strauß zwei Mitarbeiter, welche mit ihm und unter seiner Leitung mit gleicher Begeisterung und vollster Sachkenntnis das Werk zu Ende führten. Allzufrüh, am 20. Februar 1913, erlag Lieben vor vollendetem 35. Lebensjahr seiner schweren Krankheit. Wäre ihm ein längeres, ungeschwächtes Leben gegönnt gewesen, er hätte gewiß noch viel Wertvolles geschaffen. So grausam war das Geschick, daß es ihm nicht gegönnt hat, den Siegeszug seiner Erfindung zu erleben. Denn die Verstärkerröhre findet seitdem in Millionen und Millionen von Stücken in der ganzen Welt Anwendung, sowohl in der Drahttelephonie, als auch in der Radiotechnik.

Die Fortschritte der Wissenschaft haben auch das Liebenrelais verbessert. Aber immer noch finden wir alle Merkmale, welche das Wesen der Liebenschen Erfindung ausmachen, so daß auch die neuen Röhren in jenen Staaten, in denen das Liebenpatent siegreich geblieben ist, den Besitzern des Patentes abgabepflichtig sind. Die modernen Verstärkerröhren besitzen, wie das Liebenrohr drei Elektroden, eine Anode, eine Glühkathode und zwischen Beiden ein Gitter. Anode und Gitter sind meist als Zylinder ausgebildet und umschließen die Glühkathode, die aus einem kurzen, manchmal mit einem Oxyd bedeckten Wolframdraht besteht, ziemlich enge. Das Gitter besteht häufig aus einer Drahtspirale (Abb. 2). Bei älteren Typen findet man auch scheibenförmige Anode und ebensolche Gitterspirale. Die Steuerung geschieht durchaus elektrisch. Durch die neue Formgebung ließ sich die ganze Konstruktion zusammendrängen, so daß die neuen Verstärkerröhren wesentlich kleiner sind, als das alte Liebenrohr. Die Abb. 3 zeigt die Original-Liebenröhre aus dem Jahre 1911, die Abb. 4 eine Konstruktion der AEG mit Schutzring aus dem Jahre 1914. Von der Verwendung des Quecksilberdampfes als Gasfüllung ist man abgekommen, man hat gefunden, daß man ein verläßlicheres Arbeiten erzielt, wenn man das Rohr so stark als möglich evakuiert. Dank der Vervollkommnung der Vakuumtechnik kann man jetzt Glasgefäße bis auf ein Milliardstel des normalen Luftdruckes auspumpen. Durch eine sinnreiche Schaltung ist es Ing. Strauß in Wien[4]) und Dr. Meißner von der Berliner Telefunkengesellschaft gelungen, das Verstärkerrohr zu einem Generator hochfrequenter elektrischer Schwingungen zu machen, indem er die Liebensche Relaiswirkung benützte, um Schwingungen im Anodenkreis auf das eigene Gitter rückwirken zu lassen, so daß sie in ihrer Stärke hinaufgetrieben werden und selbständiges Leben erhalten. Die meisten Sendestationen arbeiten heute mit solchen Senderöhren. Da die Elektronen bei ihrem Anprall an die Anode diese erhitzen, müssen die Anodenbleche großer Senderöhren mit Wasser gekühlt werden, was natürlich außerordentliche konstruktive Schwierigkeiten mit sich brachte und eine vollständige Änderung des Aufbaues erforderte.

Die Elektronenverstärkerröhre stellt eine der wertvollsten und erfolgreichsten Erfindungen dar. Der Handelsverkehr hat auf einfachem Wege durch sie eine wesentliche Ausdehnung erfahren, die Reichweiten unserer Sendestationen sind wesentlich vergrößert worden: die drahtlose Telephonie und der Rundfunk hätten ohne die Verstärkung kaum die heutige Entwicklung gefunden, und die Kabeltelephonie auf weite Entfernungen wäre ungelöst geblieben. Millionen von Menschen lauschen heute täglich in den Ätherozean und holen sich aus ihm die gewünschten, akustisch gefärbten Wellen heraus, um Kunstgenuß, Unterhaltung oder Belehrung zu finden.

Der Name Robert von Lieben ist längst in das goldene Ehrenbuch der Wissenschaft geschrieben. Die große Welt aber, obgleich Nutznießerin seiner Erfindung, kennt ihn kaum. Wir Österreicher haben alle Ursache den Namen auch der Allgemeinheit in Erinnerung zu erhalten und huldigen heute dem Andenken des Erfinders der Verstärkerröhre, dem Andenken Robert von Liebens.

[4]) Ö. P. Nr. 71340 vom 11. Dezember 1912.

Die Frequenzcharakteristik von Telephonsystemen und Tonfrequenzapparaten sowie ihre Messung.

Diese auch für die Radiotechnik so wichtigen Fragen behandeln B. S. Cohen, A. J. Aldridge und W. West in einer grundlegenden Arbeit, über welche hier auszugsweise berichtet werden soll[1]).

Die Güte eines Telephonsystems wird durch das Amplitudenverhältnis und die mehr minder getreue Wiedergabe der Wellenform des übertragenen Schalles bestimmt. In letzterer Beziehung stellt der gewöhnliche Fernsprechverkehr geringere Ansprüche als die Wiedergabe von Musik und Deklamation. Die Verfasser behandeln folgende Punkte.

1. Frequenz- und Amplitudenbereich von Sprache und Musik. Der Frequenzbereich der Sprache reicht von 100 bis 6000 Hertz; Verständlichkeit besteht jedoch schon zwischen 500 und 2000 Hertz (Mittelfrequenz 1500 Hertz). Vollkommene Musikübertragung erfordert 50 bis etwa 8000 Hertz, für minder vollkommene reichen 5000 Hertz. Die Sprechenergie ist frequenzabhängig:

Frequenz	200	400	800	1200	5000 Hertz
Energieverhältnis	6	3	2	1	0·5

Die an ein Mikrophon abgegebene Sprechenergie ist 10 μW; ein starkes Violoncell liefert 100 μW bei 128 Hertz und 1 μW bei 650 Hertz; eine gute Geige von 192 bis 1300 Hertz gleichmäßig 60 μW. Im gewöhnlichen Zwiegespräch bildet eine männliche Stimme von 129 Hertz einen Vokal mit 5·6 μW, eine weibliche von 258 Hertz mit 4 μW: für eine kleine Zuhörerschaft steigt die Leistung auf 14·5 μW und bei sehr lautem Sprechen auf 51 μW (1 μW = 10 Erg/s). Die Hörschwelle des Ohres, ausgedrückt in der Luftdruckamplitude des Schalles ist:

Frequenz	64	128	256	512	1024	2048	4096 Hertz
Hörschwelle	0·12	0·021	0·0039	0·001	0·00052	0·00041	0·00042 Dyn/cm² [2])

2. Herstellung einer konstanten Schallleistung. Als Schallerzeuger wurden meist Telephone mit möglichst gleichmäßiger Frequenzcharakteristik verwendet; ihre Schalleistung wurde mittels ebensolcher geeichter Mikrophone kontrolliert. Als solche dienten entweder ein kleines Kondensatormikrophon im Gitterschwingungskreise eines von einer Schwingröhre angeregten Verstärkers, oder das Hewlettsche Wirbelstrominstrument[3]), das ebenfalls mit einem Verstärker verbunden war und sowohl als Telephon als auch als Mikrophon verwendet werden konnte. Es bestand aus einem starken ringförmigen Klemmrahmen mit einem Fenster von etwa 10 cm Durchmesser, in welchem eine dünne, schwach angespannte Aluminiumfolie zwischen zwei parallelen, das Fenster ausfüllenden und 1·25 mm voneinander abstehenden Flachspulen angebracht war. Die Flachspulen bestanden aus sieben einzelnen Ringen mit ringförmigen Luftzwischenräumen

[1]) Journ. of the I. E. E., Bd. 64, H. 358, 1926.

[2]) Nach Beobachtungen von Wien (1903), Fletcher und Wegel (1922) und Kranz (1923) an insgesamt 89 Personen.

[3]) Phys. Review, Bd. 19 (1922), S. 52.

Digitized by Google

und wurden in entgegengesetztem Sinne von Gleichstrom durchflossen, so daß zwischen ihnen ein radiales Feld entstand. Bei Schallschwingungen der Membran entstehen in ihr konzentrische Wirbelströme, die in den Flachspulen oder einer außerdem angebrachten Wicklung einen Wechselstrom induzieren, der dem Verstärker zugeführt wird.

3. Eichung der Schallempfänger. Das Wirbelstrominstrument wurde mit der bekannten Rayleighscheibe geeicht. Diese bestand aus einem dünnen Glimmerscheibchen von 7·5 mm Durchmesser, das an einem äußerst feinen Drahte hing, in der Mitte einen kleinen Spiegel trug und unter 45° gegen die Richtung der Luftbewegung gestellt wurde[4]). Ein Luftstrom von der Geschwindigkeit v übte auf die Scheibe ein v^2 proportionales Drehmoment aus. Die Eichung der Scheibe wurde mit Hilfe eines konstanten Luftstromes, oder nach der Methode von E. J. Barnes durch Beobachtung in einem samt der eingeschlossenen Luft mechanisch in Sinusschwingungen versetzten Rohre vorgenommen. Es war im allgemeinen $v = 0{\cdot}153\sqrt{\delta}$ (δ = Ablenkung in Skalenteilen) und der Effektivwert der Geschwindigkeit bei Kugelwellen

$$v = (A/4\pi\sqrt{2})\sqrt{\omega^2/r_1^2 c^2 + 1/r_1^4},$$

worin A eine Konstante, r_1 den Abstand zwischen Scheibe und Schallquelle, c die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalles und ω die Kreisfrequenz bezeichnet. Ist r_2 der Abstand der Schallquelle vom Wirbelstrominstrument, und p der Effektivwert der der Druckschwankung an letzterem, so ist nach Mallet und Dutton[5])

$$p \cdot r_2 = A\,\varrho\,\omega/4\pi\sqrt{2},$$

worin wieder A dieselbe Konstante, wie oben und ϱ die Dichte der Luft bezeichnet. Eliminiert man A, so erhält man

$$p\,r_2 = r_1\,v\,\varrho\,\omega/\sqrt{\omega^2/c^2 + 1/r_1^2}.$$

Die Rayleighsche Scheibe war in einem würfelförmigen Kasten von 1·2 m Seite aufgehängt, der zur Verhinderung von Reflexionen 10 cm stark mit Watte ausgepolstert war. 17 bis 18 cm hinter der Scheibe stand das Wirbelstrominstrument; in seiner Achse, jedoch vor der Scheibe lag in einem die Kastenwand durchsetzenden Rohre verschiebbar das die Schallquelle bildende, mit konstanter Wechselspannung angeregte Telephon. Auch das Rohr war in der Kastenwand verschiebbar und wurde zur Unterdrückung der Obertöne so eingestellt, daß sein Innenraum vor der Membran des Telephons als Helmholtzscher Resonator wirkte, sein Ende also den, vom Wirbelstrominstrument etwa 25 cm entfernten Ort der Schallquelle darstellte.

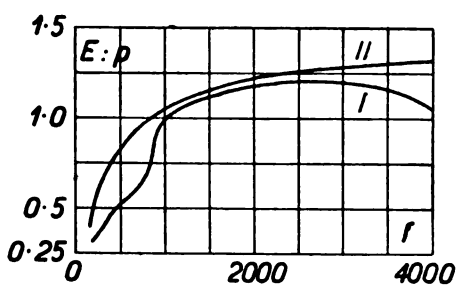


Abb. 1.

Die Kugelform der Schallwellen wurde durch Messung in verschiedenen Abständen bestätigt. Abb. 1 zeigt die erhaltene Eichkurve des Wirbelstrominstrumentes, und zwar I. Rückseite offen, II. Rückseite geschlossen.

4. Apparat zur Erzeugung von Wechselströmen konstanter Spannung und veränderlicher Frequenz. Dieser, Heterodyneoszillator benannt, bestand aus zwei Röhrenoszillatoren in Eisenkästen mit je einer Schwing- und einer Verstärkerröhre, von denen einer eine konstante Frequenz von 25 000 Hertz besaß, während der andere durch einen kleinen Drehkondensator C_2 von 25 000 bis 30 000 Hertz abgestimmt werden konnte. Beide Oszillatoren waren nach Art der Widerstandsverstärkerschaltung mit demselben Gitter eines Audions gekoppelt, in dessen Anodenkreis sich ein für mehr als 20 000 Hertz undurchlässiges dreistufiges Filter befand. Hierauf folgte ein zweistufiger Widerstandsverstärker, in dessen zweiter Stufe der Widerstand im Anodenkreise zum Teile durch eine Induktanz ersetzt war. Das letzte Glied bildete ein Ab-Transformator, dessen Sekundärwicklung durch ein induktionsfreies Potentiometer geschlossen war, von dem eine beliebige Wechselspannung abgenommen werden konnte. Der Transformator hatte einen Eisenquerschnitt von 6·45 cm² aus Stalloyblech; die Wicklungen bestanden aus abwechselnden, wellig bewickelten Primär- und Sekundärflachspulen, von je 3·2 mm Dicke, von denen erstere je 2000, letztere je 500 Windungen hatten. Insgesamt wurden 6000 bis 10 000 Primärwindungen verwendet. Die Zahl der Sekundärwindungen richtete sich nach der Belastung. Der Kondensator C_2 befand sich in einer photographischen Kammer mit spaltförmiger Öffnung, fest verbunden mit einer Trommel, auf der lichtempfindliches Papier aufgespannt wurde. Durch den Spalt fiel der vom Spiegel eines Gleichstromgalvanometers reflektierte Lichtstrahl einer Lampe. Wurde der vom Heterodyneapparat selbst oder von einer durch ihn gespeisten Versuchsanordnung gelieferte Wechselstrom durch eine Röhre gleichgerichtet und durch das Galvanometer gesendet, so erhielt man durch einfaches Drehen des Kondensators C_2 mit seiner Trommel eine photographische Aufnahme der vollständigen Frequenz-

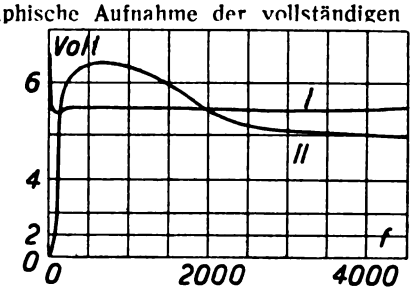


Abb. 2.

Amplitudenkurve von 0 bis 5000 Hertz. Abb. 2, Kurve I, zeigt diese Kurve für den Heterodyneoszillator selbst; sie zeichnet sich durch überraschende Gleichmäßigkeit aus. Die Spannungswelle des Oszillators war sinusförmig mit einer geringen Beimischung der Oktave im Betrage von 5 vH der Grundwelle.

5. Die Frequenzcharakteristik von Verkehrsmikrophonen. Mit diesem oder einem etwas einfacheren tragbaren Heterodyneoszillator (Eichkurve Abb. 2, II) wurden zunächst Mikrophone geprüft. Die hiezu geeignetste Schallquelle war eine

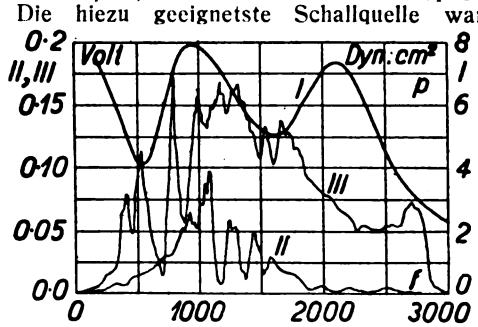


Abb. 3.

Schalldose mit beweglicher Spule in einem ringförmigen Magnetfelde. Die Schalleistung wurde indirekt mit dem Kondensatormikrophon, das mit der Rayleighscheibe verglichen war, bei Frequenzen über 1500 Hertz auch direkt mit der Rayleighscheibe bestimmt. Abb. 3 zeigt in Kurve I die Schallstärke an der Mikrophonmembran in Dyn/cm²; in Kurve II und III die Spannung an den Klemmen eines gewöhnlichen Lokalbatterie-Mikrophons mit Mundstück und eines Spezial-

[4]) Vgl. Die Radiotechnik, 1927, Heft 1, S. 7.
[5]) Journ. I. E. E., Bd. 63 (1925), S. 502.

Digitized by Google

mikrophons. Die Beseitigung des Mundstückes engt den Frequenzbereich des Mikrophons ein, da die Verstärkung eines schwachen Bereiches um 1500 Hertz durch die Resonanz der Luftkammer wegfällt. Das Spezialmikrophon war ein Körnermikrophon mit einer 1 mm starken Kohlenmembran in 0·18 mm Abstand von einer festen Rückenplatte. Die Körner befanden sich in einer kleinen zentralen Kammer, die aus einem Filzringe bestand, der sich leicht gegen die Mitte der Membran stützte. Das Mikrophon besaß kein Mundstück.

6. Die Frequenzcharakteristik der Telephone. Diese wurden vom Heterodyneoszillator mit Wechselstrom konstanter Spannung gespeist und die Schalleistung mit dem Wirbelstrominstrument bestimmt. Auch bei den Telephonen ist die Ohrkappe zur Verbreiterung des Frequenzbereiches wesentlich. Abb. 4

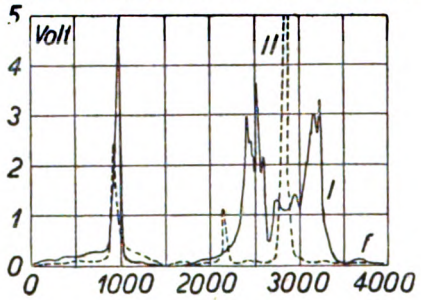


Abb. 4.

zeigt in Kurve I und II die Frequenzcharakteristik für ein Belltelephon mit und ohne normaler Ohrkappe. Durch die Zunahme der akustischen Impedanz wird eine weitere Verbesserung der Charakteristik erzielt, wenn man das Telephon ans Ohr legt; außerdem wirkt der Umstand ausgleichend, daß die Gehörsempfindung weniger rasch sinkt als die Schallenergie. Abb. 5 zeigt die mit Hilfe des Ohres selbst mit einem Schalle von konstanter Stärke und Frequenz verglichene Schallenergie in logarithmischen Koordinaten, die der Empfindungsstärke besser entsprechen. Die hohen Spitzen

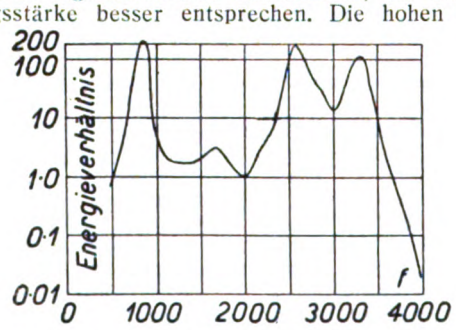


Abb. 5.

in Abb. 4, II, entsprechen der Grundschwingung der Membran, der Oberschwingung mit vier Quadranten und der Oberschwingung mit einem Knotenkreis. Die mikroskopisch gemessenen Membranamplituden bei konstanter Frequenz aber veränderlicher Erregerspannung waren dieser letzteren proportional.

7. Frequenzcharakteristik von Lautsprechern. Nach dem gleichen Verfahren wurde die Frequenzcharakteristik von Lautsprechern aufgenommen. Abb. 6 zeigt in Kurve I die eines besonders guten Hornlautsprechers und in Kurve II die eines guten hornlosen Apparates. Ersterer besaß ein Exponentialhorn mit geradliniger Achse und Endquerschnitten von 1·3 und 929 cm²; die Hornlänge betrug 915 cm. Die in der Mitte mit einem elektromagnetischen System verbundene Membran des hornlosen Lautsprechers war regenschirmförmig und sehr leicht.

8. Frequenzcharakteristik von Telephonleitungen. Diese wurde meist aus den Leitungskonstanten berechnet. Ist a der Abschwächungskoeffizient einer gleichförmigen Leitung, so ist die Spannung El im Abstande l vom Sendeende, wenn die Sendespannung Es ist, $El = Es \cdot e^{-al}$. Hierin ist

$$a = \sqrt{\tfrac{1}{2}\sqrt{(R^2 + L^2\omega^2)\cdot(G^2 + C^2\omega^2)} + \tfrac{1}{2}(R \cdot G - L \cdot C\omega^2)},$$

worin R den Ohmschen Widerstand, L die Induktanz, C die Kapazität und G die Ableitung pro Längeneinheit bedeutet. Abb. 7 zeigt die Frequenzabhängigkeit von a

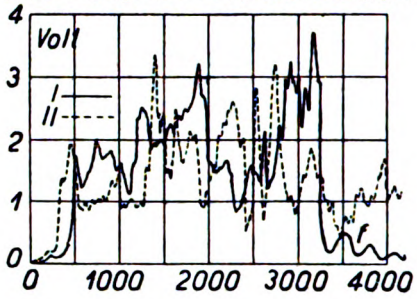


Abb. 6.

und zwar in I für eine Freileitung von 400 lb/mile und in II für ein Kabel von 200 lb/mile. Man erkennt, warum Telephongespräche über Kabel meist dumpf klingen. Die Leitungskonstanten waren:

400 *l b*-Freileitung; $R = 4{\cdot}5$ Ohm, $L = 3{\cdot}44$ mH, $C = 0{\cdot}0092\,\mu$F, $G = 10^{-6}$ Mho.

20 *l b*-Kabel; $R = 88$ Ohm, $L = 0$, $C = 0{\cdot}06\,\mu$F, $G = 0$; alles je engl. Meile.

Pupinisierte Kabel werden in England meist mit 20 lb oder 40 lb Leitern hergestellt und in folgenden Stufen pupinisiert.

Bezeichnung	Spulen-Induktanz Henry	Spulen-Abstand Meilen
Extraleicht, Schwer	0·044	1·125
Leicht, Leicht . . .	0·136	2·6
½-Mittel, Schwer .	0·089	1·125
Mittel, Mittel	0·177	1·6
Mittel, Schwer . . .	0·177	1·125
Schwer, Schwer . .	0·250	1·125

Abb. 8 zeigt die Abschwächungskonstanten und Grenzfrequenzen eines nach den obigen Normen verschieden

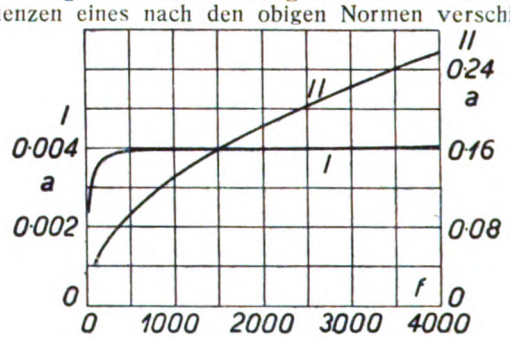


Abb. 7.

pupinisierten 20 lb-Kabels mit den Konstanten $R = 88$ Ohm, $C = 0{\cdot}062\ \mu$F, $L = 1{\cdot}5$ H, $G = 10^{-6}$ Mho je engl. Meile. Solche Kabel wirken wie Filter, die nur die Frenquenzen unter einer durch

$$\tfrac{1}{2}\,\omega\, d\sqrt{L \cdot C} = 1$$

(d = Spulenabstand, L = Spuleninduktanz pro Längeneinheit, C = Kapazität pro Längeneinheit)

bestimmten Frequenz durchlassen.

9. Röhrenrelais in Telephonlinien. Es sind Zweileiter- und Vierleiterrelais in Verwendung. Bei den ersteren dient eine Doppelleitung zwischen zwei Stationen für den Verkehr nach beiden Seiten, während das Relais doppelt vorhanden ist. Im Vierleitersystem dient jeder Verkehrsrichtung eine besondere Doppelleitung. Da in der Zweileiterschaltung, wo ein durch einen Hilfsstromkreis von der Linienimpedanz kompensierter Transformator verwendet wird, ohne obere Frequenzgrenze Schwingungserregung eintritt, erhalten die beiden Relais zwischen Transformator und Gitterkreis je ein Filter für die Unterdrückung von Frequenzen über 2000 Hertz. Abb. 9 zeigt die Frequenzcharakteristik eines solchen Relais mit und

Digitized by Google

ohne Filter. Die Vierleiterrelais benötigen kein Filter; die obere Frequenzgrenze wird durch die Pupinisierung der Leitung bestimmt; die abschwächende Wirkung der Leitungen ist etwas größer.

10. Messung von Impedanzen und Leistungen mit dem Oszillator. Schaltet man einen Ohmschen Widerstand in Reihe mit dem zu prüfenden Apparat und mißt die Spannung an den

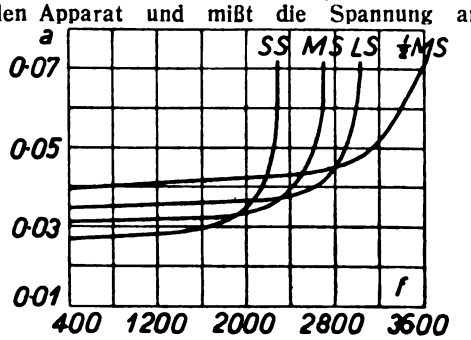


Abb. 8.

Klemmen des Oszillators, des Apparates und des Widerstandes R, so ist die im Apparate verbrauchte Leistung in Watt

$$A = (E_1^2 - E_2^2 - E_3^2)/2R,$$

wie sich aus dem Vektordreieck leicht ableiten läßt. Die

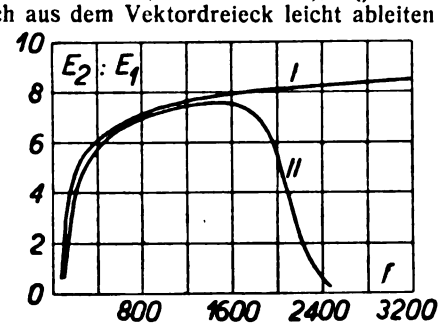


Abb. 9.

Lokalisation von Fehlern in langen Leitungen erfordert die Messung der Sendespannung und des Sendestromes. Ist die Leitung sehr lang, so daß Reflexionen nicht bemerkbar sind, oder ist sie durch eine nicht reflektierende Impe-

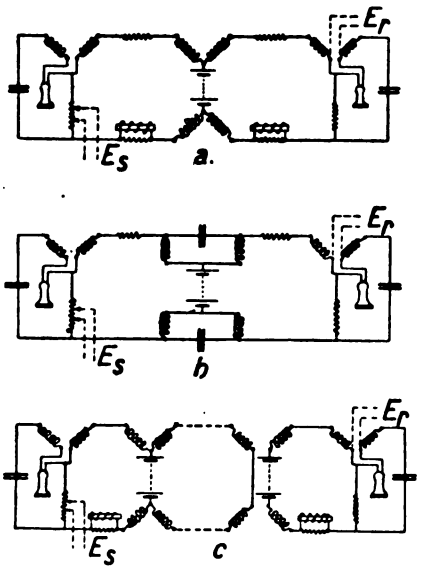


Abb. 10.

danz geschlossen, so zeigt eine wellige Strom-Frequenzkurve eine reflektierende Fehlerstelle an. Sind f_1, f_2; λ_1, λ_2; v_1, v_2 die Frequenzen, Wellenlängen und Laufgeschwindigkeiten, die zwei benachbarten Wellenscheiteln der Strom-Frequenzkurve entsprechen; ferner d die Entfernung des Fehlers und N die Zahl der Wellenlängen der reflektierten Welle auf dem Hin- und Rückwege, so ist

$$N = 2d/\lambda_1, \quad N+1 = 2d/\lambda_2; \quad \lambda_1 = v_1/f_1; \quad \lambda_2 = v_2/f_2$$

und

$$d = v_1 \cdot v_2/2(f_2 v_1 - f_1 v_2).$$

11. Telephon-Verkehrsschaltungen. Es werden zwei Zentralbatterie-Schaltungen nach Abb. 10 *a* und 10 *b* und eine Verbindung zwischen zwei Schaltungen 10 *a* durch ein 8 Meilen langes Kabel (Abb. 10 *c*) untersucht, worin das Sendemikrophon durch einen Widerstand von 50 Ohm ersetzt wurde, von dem ein Teil an den Klemmen des Heterodyneoszillators lag. Sende- und Empfangsspannung wurden an den in der Abbildung bezeichneten Punkten photographisch registriert. Bei konstanter Sendespannung steigt die Empfangsspannung von etwa 250 Hertz erst rasch dann langsamer mit der Frequenz an; nur bei der Schaltung nach Abb. 10 *c* besitzt sie zwischen 1200 und 2400 Hertz je nach der höheren oder geringeren Reaktivität des Verbindungskabels ein Maximum und nimmt bei höheren Frequenzen wieder ab. Bis 250 Hertz wirken die Schaltungen als Filter, das alle niedrigeren Frequenzen unterdrückt.

12. Frequenzcharakteristik von Zwischentransformatoren in Niederfrequenzverstärkern. Abb. 11 zeigt in Kurve I die Spannung am Gitter der Vorröhre von $R_i = 20\,000$ Ohm, Kurve II die Spannung zwischen Anode und Kathode der Nachröhre (bei $i_g = 0$); Kurve III die letztere mit einer Vorröhre von $R_i = 6000$ Ohm. Eine zulässige Vereinfachung

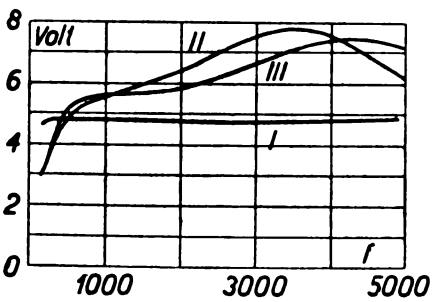


Abb. 11.

der Messung tritt ein, wenn man die Vorröhre durch einen einfachen Widerstand von der Größe von R_i in Reihe mit der Primärwicklung und die Nachröhre durch ein am unteren Ende der Charakteristik gleichrichtendes Röhrenvoltmeter ersetzt; das Ergebnis ist mit der Verstärkungszahl der Vorröhre zu multiplizieren.

13. Anhang: Theorie des Zwischentransformators. Für Frequenzen unter und über dem Resonanzpunkt der Gesamtinduktivität des Transformators mit der sekundären Kapazität werden zwei verschiedene Ersatzschaltungen verwendet. Bei der ersteren wird die Streuimpedanz neben der Hauptimpedanz vernachlässigt; bei der letzteren die Hauptimpedanz, die einen Nebenschluß zum Kreise Streuimpedanz-Sekundärkapazität bildet, als unendlich groß betrachtet und daher weggelassen. Die Verfasser gelangen zu analogen Schlüssen, wie P. W. Williams[6]), indem sie ebenfalls zwei Resonanzfrequenzen ω_1 und ω_2 feststellen, von denen die erste der Hauptinduktivität in Verbindung mit der Sekundärkapazität; die zweite der Verbindung dieser letzteren mit der Streuinduktivität zukommt. Zum Schlusse wird noch die Erweiterung des Frequenzbereiches mit ungefähr gleichmäßiger Verstärkung durch eine, die Primärwicklung überbrückende, mäßige Kapazität, sowie die Abflachung der Frequenz-Amplitudenkurve unter entsprechendem Opfer an Verstärkung durch die Anwendung eines die Sekundärwicklung überbrückenden Ohmschen Widerstandes erörtert. R. H.

[6]) Journ. I. E. E., Bd. 64 (1926), S. 1065; vgl. Radiotechnik 1926, S. 112.

Digitized by Google

Rundschau.

Radiophotographie und Television. E. F. Alexandersson hat Methoden ausgearbeitet, die eine Modulation der Trägerwelle vornehmen, wie auch solche, die mit Unterbrechung der ausgestrahlten Wellen arbeiten. Bei der letzteren wurde ein Verfahren geübt, bei welchem die Empfangsresultate von der Intensität der einfallenden Zeichen unabhängig sind und somit die Wirkung des Fadingeffektes und anderer atmosphärischer Störungen ausgeschaltet werden kann. Beim Halbtonverfahren, wo das zu übermittelnde Bild in Halbtöne verschiedener Stärke, wie weiß, hellgrau, grau, dunkelgrau und schwarz eingeteilt wird, enstpricht jedem Halbton ein Telegraphierzeichen der vom Sender automatisch getastet wird und im Empfänger die entsprechenden Lichteindrücke auslöst. Auf der Empfangsseite geschieht die Abstufung in einzelne Halbtöne in der Weise, daß die Empfangstrommel, je nach dem einfallenden Zeichen während einer oder mehrerer Umdrehungen belichtet wird. Durch Verwendung kurzer Wellen will Alexandersson die Telegraphiergeschwindigkeit so weit steigern, daß ein Bild in $^1/_{10}$ Sekunde übertragen wird. — Für Fernsehversuche wurde ein Modellapparat konstruiert, der im Wesen aus einer rotierenden Trommel besteht, an deren Umfang 24 Spiegel untergebracht sind. Wird die Trommel in Umdrehungen versetzt, so beschreibt ein auf den Trommelumfang geworfener Lichtstrahl auf einer Projektionsfläche eine Linie. Um die Lichtstärke zu erhöhen und die Geschwindigkeit der Trommel in mechanisch zulässigen Grenzen halten zu können, arbeitet Alexandersson mit sieben Lichtstrahlen, die die Projektionsfläche gleichzeitig abtasten. Beim Sender sind dementsprechend sieben Photozellen in Verwendung, die als Modulation auf eine mehrfach modulierte Trägerwelle arbeiten. Bei Verwendung entsprechend kurzer Wellen hofft man der Lösung des Fernsehproblems näherkommen zu können. E. M.

(General Electric Review, Bd. 30, Nr. 2, Febr. 1927.)

Über die Ausbreitung kurzer elektrischer Wellen. M. L. Preseott (General Electric Co.). Die Versuche sollten darüber Aufklärung geben, welche Wellenlängen hauptsächlich für einen stabilen Dauerverkehr zwischen zwei Stationen von bestimmter gegenseitiger Entfernung in Betracht kommen. Bei den Versuchen wurden die Wellenlängen 32·79, 65·16, 109 und 140 m verwendet. Der Sender war bei allen Versuchen durch einen Quarzkristall gesteuert, so daß keine Frequenzschwankungen der Senderwelle auftreten konnten. Durch Variieren der Anodenspannung und der Gittervorspannung der Senderöhren konnte die Sendeenergie in weiten Grenzen geändert werden. Die Empfangsintensität wurde gleichzeitig an vier Beobachtungsstellen, die in einer Entfernung von je 80 km voneinander aufgestellt waren, mit Hilfe von Zwischenfrequenzempfängern beobachtet. Die Versuchsdauer umfaßte bei jeder Wellenlänge volle zwei Wochen, und zwar wurden die Beobachtungen in der einen Woche von 24 Uhr bis 12 Uhr, in der anderen von 12 Uhr bis 24 Uhr durchgeführt, um über den Einfluß der Tageszeit einen Überblick zu erhalten. Die Versuche mit der 32·79 m Welle bestätigten die bekannte Erscheinung der sogenannten toten Zone, in 80, 160 und 240 km Entfernung war der Empfang überhaupt unverständlich.[1]) Erst in 320 km Entfernung konnte mit einigen Prozent der Verständlichkeit empfangen werden; das Maximum wurde um Mitternacht erreicht. Interessant ist es, daß diese Sendungen in Australien mit sehr guter Verständlichkeit empfangen wurden (die Sendestation war in South-Schenectady im Staate New Jersey). Bei der 65·16 m Welle wurde die maximale Verständlichkeit in 80 km Entfernung zu 85 vH erhalten. Zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang nahm die Verständlichkeit merklich ab. Bei den 109 und 140 m Wellen wurde zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang, in den Entfernungen von 80 und 160 km ein starkes Abnehmen der Verständlichkeit beobachtet, während gleichzeitig die Beobachter in 240 und 320 km Entfernung maximalen Empfang registrierten. Das Maximum in der Entfernung von 80 und 160 km tritt um 12 Uhr auf, während in den Entfernungen von 240 und 320 km der Empfang zur selben Zeit fast verschwindet. Die mit verschiedenen Sendeenergien durchgeführten Versuche ergaben als Endresultat, daß beim Tagesverkehr in Entfernungen über 160 km die kürzeren Wellen eine entschieden geringere Sendeenergie erfordern, um dasselbe Mindestmaß der Verständlichkeit von 70 vH zu erreichen. E. M.

(General Electric Review, Bd. 30, Nr. 2, Febr. 1927.)

[1]) Vgl. Radiotechnik, 1926, S. 105.

Rundfunkstörungen durch Elektrofilteranlagen und ihre Verhütung. Dipl. Ing. Fritz Müller bespricht die Störungen, welche Elektrofilteranlagen zur Reinigung von industriellen Nutz- und Abfallgasen und zur Gewinnung von Kohlen- oder Metallstaub aus solchen beim Rundfunkempfang bisweilen bis auf einen Umkreis von 20 km hervorrufen. Die teils aus Drahtgittern, teils aus großflächigen Platten bestehenden Elektroden der Niederschlagskammern werden mit einem mechanischen rotierenden Gleichrichter mit Gleichspannung gespeist, die Energie wird diesem aus einem 50 kV Hochspannungstransformator zugeführt. Das Platten und Gittersystem eines Filters stellt eine ziemlich beträchtliche Kapazität von etwa 0·0125 μF dar, zehn solche Filter in Parallelschaltung, wie sie häufig in einer Anlage vorkommen, entsprechen 0·125 μF. Der Gleichrichter gibt pulsierenden Gleichstrom von 100 Schwebungen bei 50 Per/s Netzfrequenz. Jeder einzelne Ladestoß hat eine gedämpfte Hochfrequenzschwingung zur Folge, deren Wellenlänge meist zwischen 200 und 300 m, also im Rundfunkbereich liegt und von allen Detektorapparaten, aber auch von Röhrenapparaten geringerer Selektivität als Störung aufgenommen wird. Die Aussendung der Wellen erfolgt meist durch die Zuleitung von der Hochspannungsanlage zum Filter, bisweilen auch durch den geerdeten positiven Pol der Anlage. Die Beseitigung dieser Störungen ist möglich durch Verkleinern der Selbstinduktion, Vergrößern der Kapazität, Vergrößern des Ohmschen Widerstandes, metallisches Abschirmen der ganzen Anlage und Verwendung von Glühkathoden-Gleichrichtern an Stelle der mechanischen Gleichrichter. Die erste Maßnahme kommt, weil der Großteil der Selbstinduktion im Transformator liegt, praktisch nicht in Betracht, Vergrößerung der Kapazität mit zugeschalteten Hochspannungskondensatoren ist günstig; am besten wirkt Vergrößerung des Widerstandes, die nicht mit einem Leistungsverlust verbunden zu sein braucht, weil an Stelle der eingebauten Hochspannungswiderstände Widerstände aus der niederspannungsseitigen Regulierung des Transformators entfernt werden können. Auch Kohlenkontakte am Gleichrichter haben sich bewährt. Abschirmung der Anlage ist im allgemeinen zu kostspielig. Unter Umständen kann Abschirmung der als Antenne wirkenden Leitung durch ein geerdetes parallel verlegtes Seil bewirkt werden. Der Ersatz der mechanischen Gleichrichter durch Glühkathodenröhren ist mit Rücksicht auf die hohen Kosten, die aus der begrenzten Lebensdauer der letzteren sich ergeben, derzeit noch ausgeschlossen. Ein Betrieb der Elektrofilteranlage ist mit ihnen natürlich ebenso gut möglich. Es gelingt in allen Fällen, eine vollkommene Beseitigung der Empfangstörungen mit einem der angeführten Mittel zu erreichen. Gn.

(Siemens Zeitschrift, Bd. 7, Heft 1, Jänner 1927.)

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 7 **29. Mai 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: *Transatlantische drahtlose Telephonie. Von Dipl. Ing. E. Wollner. s'Gravenhage. S. 65. Zwischenfrequenztransformatoren in Superheterodyne-Empfängern. S. 69. / RUNDSCHAU. S. 71. LITERATURBERICHT. S. 72.*

Transatlantische drahtlose Telephonie.

Von Dipl. Ing. E. **Wollner**, s'Gravenhage.

Das Bestreben, zwischen Europa und Amerika eine telephonische Verbindung auf drahtlosem Wege zu ermöglichen, reicht bis auf das Jahr 1912 zurück. Erst 1915 tauchten in den Zeitungen Berichte über ein erfolgreiches radio-telephonisches Gespräch auf, welches von der American Telephone and Telegraph Company, von der amerikanischen Marinestation zu Arlington aus mit der Station im Eiffelturm zu Paris, geführt wurde. Allerdings hat dieses Gespräch unter besonders günstigen Verhältnissen stattgefunden.

Es mußten dann wieder 8 Jahre vorübergehen bis 1923 eine Einrichtung geschaffen wurde, welche längere Gespräche zwischen der American Telephone and Telegraph Company und der Standard Telephones and Cables zu London ermöglichte. Die hierbei erreichten Resultate berechtigten zur Hoffnung, daß es früher oder später dennoch gelingen würde, einen ständigen drahtlosen Verkehr zwischen London und New York zu schaffen. Man hat demnach auch die weiteren Untersuchungen eifrig in zwei Richtungen fortgesetzt. Einerseits wollte man eine Aufklärung finden über die Frage, ob die über den Ozean gesandten drahtlosen Signale und Gespräche, was die verzerrungsfreie Übertragung derselben angeht, irgend einer Gesetzmäßigkeit unterworfen sind. Diesbezüglich hat man ungefähr 40 000 Beobachtungen gemacht, deren Ergebnisse einen klaren Einblick in die schädlichen Einflüsse gewähren, welchen die drahtlosen Signale, während ihrer Beförderung durch den Äther, unterworfen sind. Andererseits machte man einen Anfang mit der Konstruktion einer Telephoneinrichtung, welche zum Zweck hatte, einen regelmäßigen telephonischen Verkehr zwischen den genannten Metropolen der beiden Kontinente aufrecht zu erhalten.

Wir wollen uns hier nur mit diesem letztgenannten Problem beschäftigen und kurz die Methoden besprechen, welche die drahtlose Aussendung der Sprachströme ermöglichten und die technische Einrichtung erläutern, welche dabei in Anwendung kam.

Was nun die Methode der Aussendung der Sprachschwingungen anbelangt, so weicht diese bei der transatlantischen Radiotelephonie in vieler Hinsicht von der Methode ab, welcher bei der Aussendung von Gesprächen im Rundfunk-Dienst gefolgt wird. Vor allem darin, daß die Trägerwelle in dem erstgenannten Fall nicht ausgesandt wird; auch werden bei der transatlantischen Telephonie die Gespräche nur mit einem Seitenband befördert (anstatt mit zwei Seitenbändern, oberes und unteres Sprachband).

Diese Abweichungen gegenüber der beim Rundfunk üblichen Methode waren aus mehreren Gründen notwendig, wovon wir hier nur die allerwichtigsten aufzählen:

1. Die Erfahrung hat gezeigt, daß man bei der Radiotelephonie allein die Frequenzen zwischen 30 und 60 Kilohertz für das Senden der Gespräche gebrauchen kann; man hat also nur ein Band von der Breite von ungefähr 30 000 Perioden zur Verfügung. Nehmen wir nun an, daß die Breite des Frequenzbandes 4 Kilohertz ist, wenn man nur mit einem der Seitenbänder telephoniert, und 7 Kilohertz beim Gebrauch von beiden Seitenbändern, so kann man nur vier gleichzeitige Gespräche bei Verwendung beider Seitenbänder, hingegen sieben Gespräche bei nur einem Seitenband führen.

2. Man erreicht eine nicht zu unterschätzende Ersparnis an Kraft, die man durch den Sender zu erzeugen hat, wenn man die Trägerwelle nicht ausstrahlen läßt, denn $^2/_3$ von der total benötigten Kraft sind erforderlich, um diese Welle auf die hier in Betracht kommenden Abstände auszusenden.

3. Wählt man ein System, bei welchem die Trägerwelle wohl unterdrückt ist, bei dem aber die beiden Seitenbänder in Anwendung kommen, so muß die Trägerwelle in der Empfangsstation den Seitenbändern mit genau derselben Frequenz beigemengt werden, mit der sie im Sender erzeugt wurde. Gebraucht man aber nur eines der Seitenbänder, so kann die erzeugte Trägerwelle kleine Änderungen in der Frequenz zeigen, ohne daß hierdurch die Qualität der Gespräche beeinflußt wird.

4. Durch das Unterdrücken eines der Seitenbänder hat man nur mit der Hälfte der statischen Störungen zu tun, als bei Anwendung beider Seitenbänder.

Es sei vorerst kurz die Methode der Trägerwelle-Unterdrückung besprochen. Abb. 1 zeigt die Schaltung der sogenannten Balanz-Modulatoren, welche die

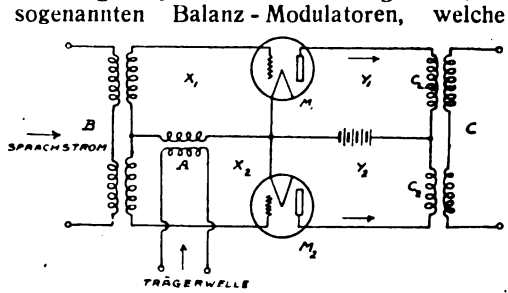


Abb. 1.

Elimination der Trägerwelle ermöglichen. Die Schaltung besteht lediglich aus drei Translatoren *A*, *B* und *C*, weiter aus zwei Modulationsröhren M_1 und M_2. Translator *B* dient zur Zufuhr der Sprachströme. Führt man über Translator *A* die Trägerwelle zu und wird angenommen, daß vorläufig bei *B* kein Sprachstrom auftritt, so werden bei den Gittern der beiden Modulatoren M_1 und M_2 Spannungen mit derselben Phase entstehen. Dasselbe wird auch der Fall sein in den primären Wicklungen C_1 und C_2 des Translators *C*. Da aber letztgenannter Translator differential gewickelt ist, wird die sekundäre Seite des Translators gar keine Spannung aufweisen. Die Trägerwelle wird also auf diese Weise unterdrückt. Nicht so die bei *B* eintretenden Seitenbänder, welche verursachen, daß im Stromkreis X_1 die

Digitized by Google

Spannung erhöht, während zur selben Zeit im Stromkreis X_2 die Spannung reduziert wird, oder umgekehrt. Demzufolge werden jetzt die Spannungen in den Wicklungen C_1 und C_2 nicht mehr aufgehoben und werden die Seitenbänder ungehindert durch C weiterbefördert.

Jedes Telephonsystem, welches mehrere Verbindungen über dieselben Drähte oder über dasselbe Medium ermöglicht, muß die Gelegenheit bieten, mehrere Gruppen von Schwingungen weiter zu befördern, ohne daß sich diese auf der Empfangsstelle gegenseitig schädlich beeinflussen.

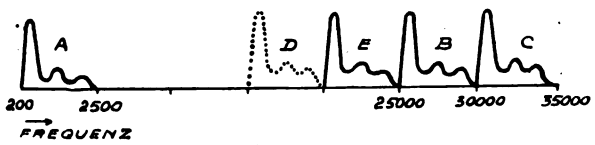


Abb. 2.

An Hand der Abb. 2 erkennt man folgendes: Das eine Gespräch, welches in das Gebiet *A* fällt, könnten wir nach der Stelle *B* auf der Frequenzachse verschieben und ein zweites Gespräch, das ebenfalls in das Gebiet *A* fällt, nach der Stelle *C*. Hierdurch kommt dem ersten Gespräch das Frequenz-Intervall 25 000 bis 30 000 zu, während das zweite Gespräch zwischen den Frequenzen 30 000 bis 35 000 fallen wird. Weitere Gespräche könnten nach den Stellen *E*, *D* usw. verschoben werden. Durch dieses Verschieben der Frequenzen nach höheren Werten erhält jedes Gespräch sein eigenes

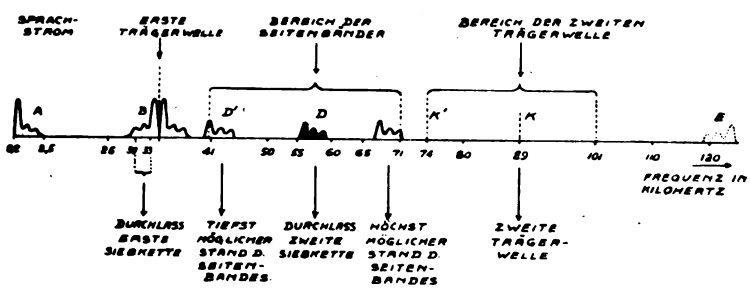


Abb. 3.

Frequenzgebiet. In der Empfangsstation könnte zum Beispiel die Frequenz, die zu Gesprach *B* gehört, duren eine Siebkette von den Gesprächen *E*, *C* usw. getrennt werden und wenn man weiter dafür sorgt, daß in dieser Station die verschobene Frequenz *B* wieder nach ihrer ursprünglichen Stelle im Frequenzspektrum zurück-

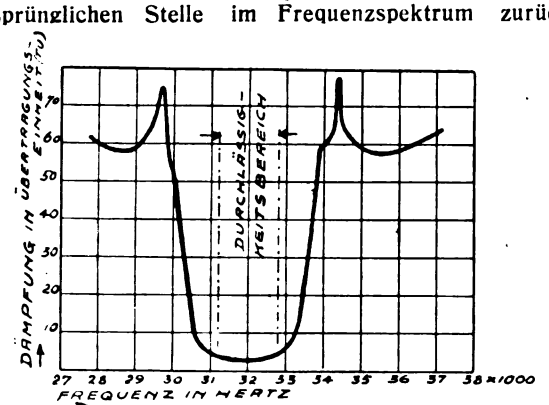


Abb. 4.

geführt wird, und wenn man schließlich dieselbe Methode für die Gespräche *E*, *C* usw. anwendet, so ist das Problem der gleichzeitigen Übertragung mehrerer Gespräche als gelöst zu betrachten.

Eine Schwierigkeit bietet jedoch der Bau von zweckmäßigen Siebketten für die hier in Betracht kommenden hohen Frequenzen von zum Beispiel 60 Kilohertz. Sie lassen sich aber durch die Anwendung der Methode der doppelten Modulation umgehen. Nach dieser Methode werden die Seitenbänder bei einer möglichst niedrigen Frequenz erzeugt, bei der es verhältnismäßig einfach ist, das eine Seitenband vom anderen zu isolieren; das übriggebliebene Seitenband wird dann durch die Anwendung einer zweiten Modu-

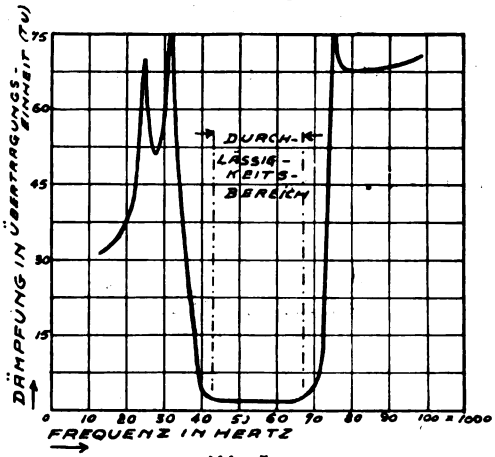


Abb. 5.

lation nach einem geeigneten Punkt auf der Frequenzachse verschoben. Die Methode ist in Abb. 3 angedeutet.

Die Frequenz, welche dadurch entsteht, daß vor dem Mikrophon gesprochen wird, ist mit *A* bezeichnet. Läßt man diese Frequenz durch eine Trägerwelle von zum Beispiel 33·7 Kilohertz modulieren, so entstehen zwei Seitenbänder, von denen wir leicht das untere Seitenband behalten können, indem wir eine Siebkette anwenden, welche allein das Frequenzband *B*, also 30·5 bis 33·2 Kilohertz durchläßt. Die Dämpfungskurve dieser Siebkette zeigt Abb. 4. Das übriggebliebene Seitenband *B* führen wir nun zu einem zweiten Modulator, welcher eine Trägerwelle von ungefähr 89·2 Kilohertz benützt; das ergibt die mit *D* und *E* bezeichneten Seitenbänder. Eins von diesen entspricht einem Frequenzband von 56 bis 58·7 Kilohertz und das andere einem Band zwischen 119·7 bis 122·4 Kilohertz. Durch eine zweite Siebkette mit einer Dämpfungskurve nach Abb. 5 werden wir wieder dem unteren Seitenband Durchgang gewähren, und dieses dann entsprechend verstärkt nach dem Antennensystem führen.

Wir sehen deutlich, daß nach der zweiten Modulation die zwei Seitenbänder auf der Frequenzachse ziemlich weit voneinander entfernt sind, sich also leicht durch Siebketten voneinander scheiden lassen. Wir erkennen nun die großen Vorteile der doppelten Modulation, die Grenzen der auszusendenden Seitenbandfrequenzen werden beträchtlich ausgedehnt, was sehr erwünscht ist, wenn man mehrere voneinander unabhängige Gespräche führen will. In der Abb. 3 sind die Grenzen, welche man für die Frequenz der zweiten Trägerwelle wählen kann, angedeutet und auch die entsprechenden Grenzen für die Seitenbandfrequenz. Hätten wir also zum Beispiel für die zweite Trägerwelle die Frequenz von 74 Kilohertz gewählt (*K* 1), dann hätten wir das Seitenband D_1 erhalten mit der Frequenz 41 bis 44 Kilohertz. Die Energie, mit welcher das ausgeschiedene einzelne Seitenband die letzte Siebkette verläßt, ist ungefähr 500 Mikrowatt. Diese Energie reicht natürlich nicht dazu aus, die später zu beschreibenden Senderöhren mit hoher Leistung zu steuern; man muß daher die genannte Energie stufenweise bis auf jenen Wert erhöhen (ungefähr 100 kW), welcher aus der Antenne der Sendestation ausgestrahlt wird. Bei der Verstärkung kommt vorerst ein Zwischenverstärker mit einer Energieabgabe von ungefähr 50 W zur Anwendung; darauf folgt der eigentliche Kraftverstärker, der wieder in drei Stufen unterteilt ist.

Digitized by Google

wovon die erste aus einer, die zweite aus drei und die letzte aus 30 wassergekühlten Röhren besteht.

Nachdem wir nun das Schaltungsprinzip des transatlantischen drahtlosen Telephonsystems kurz auseinander gesetzt haben, wollen wir uns der Besprechung der technischen Einrichtung des Senders zuwenden.

Aus Abb. 6 ist zu ersehen, daß sowohl in Amerika als auch in England die Sende- und Empfangsstationen voneinander getrennt aufgestellt sind[1]). Weiter sehen wir, daß sowohl der Sender als auch der Empfänger auf beiden Seiten des Ozeans durch Telephonleitungen mit den betreffenden interurbanen Telephon-

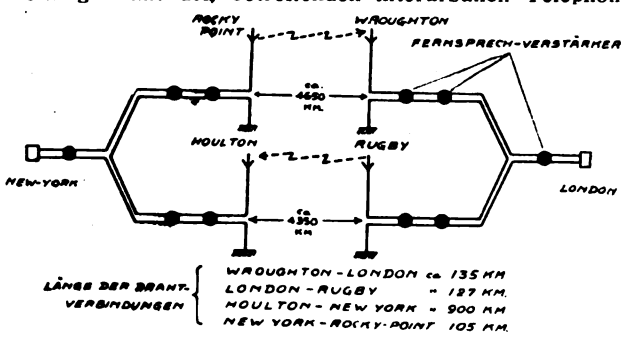


Abb. 6.

zentralen verbunden sind. In diesen Leitungen sind Telephonverstärker eingeschaltet, die die Sprachströme mit der erforderlichen Energie in die Sender bezw. in die interurbanen Telephonzentralen abgeben. Um diese Sprachströme womöglich verzerrungsfrei zu halten, wurden auch Echounterdrücker angewandt.

Die Einrichtung in der englischen Sendestation Rugby, deren Prinzipschaltung in sehr vereinfachter Form in Abb. 7 veranschaulicht ist, besteht aus den folgenden Hauptbestandteilen:

1. Oszillatoren, Modulatoren und Siebketten, welche zum Erzeugen des einen Seitenbandes erforderlich sind.
2. Zwischenkraftverstärker mit Röhren von niedriger Leistung.
3. Kraftverstärker mit Röhren von hoher Leistung.
4. Maschinenanlage für die Erzeugung des Heizstromes und der Anodenspannung.
5. Antennensystem.

Die unter 1. genannten Teile der Einrichtung sind auf vier eisernen Gestellen angebracht. Das erste Gestell enthält alle Apparate für die Stromzufuhr zu den Röhren, ferner die Meßinstrumente für die Heizdrahtströme und Anodenspannungen sämtlicher auf den folgenden drei Gestellen angebrachten Röhren. Am zweiten Gestell endigen die von der interurbanen Telephonzentrale in London kommenden Telephonverbindungen, wobei ein Meßinstrument (Volume-Indikator) zur Bestimmung der Stärke des in den Sender eintretenden Sprachstromes oben angebracht ist. Dazu kommen noch die Apparate zur Kontrolle und Regulierung des Sprachstromes. Das nächste Gestell enthält die schon beschriebenen Balanz-Modulatoren mit den zugehörigen Siebketten. Endlich ist auf dem letzten Gestell oben der Zwischenkraft-Verstärker angebracht und unten eine Untersuchungseinrichtung für den Kraftverstärker zur Untersuchung desselben, ganz unabhängig von dem restlichen Teil des Stromlaufes, bei jeder beliebigen Frequenz montiert.

Anschließend an den soeben erwähnten Zwischenkraft-Verstärker folgen die eigentlichen Kraftverstärker, ausgerüstet mit wassergekühlten 10 kW Röhren. Eine dieser Röhren zeigt Abb. 8.

Um eine gute Abkühlung der Anode der Röhre zu erzielen, ist der untere Teil derselben als Kupferhülse ausgebildet, welche mit der Anode in Verbindung steht, wovon man im Bild nur einen kleinen Teil sieht. Der restliche Teil der Hülse ist von einem Metallzylinder eingeschlossen, oben und unten mit je einem Röhrenansatz für den Kühlwasser-Ab- und -Zufluß. Durch ein spezielles Verfahren ist die Kupferhülse an einer Glasröhre gekittet. Am obersten Ende der Glasröhre sind zwei Messerkontakte für die Heizdrahtstromzufuhr angebracht. Der aus der Mitte der Röhre hinausragende Teil dient zum Anschluß des Gitters. Die erforderliche Elektronen-Ausstrahlung wird erreicht durch einen Heizdrahtstrom von ungefähr 41 A, bei einer Spannung von 21 bis 24 V. Der Anodenstrom beträgt 1·4 A bei 10 000 V Betriebsspannung, der Gitterstrom kann bis zu 0·3 A erhöht werden; die Anode ist für eine Leistung von 10 kW bestimmt, während das Gitter eine solche von 250 W abgeben kann.

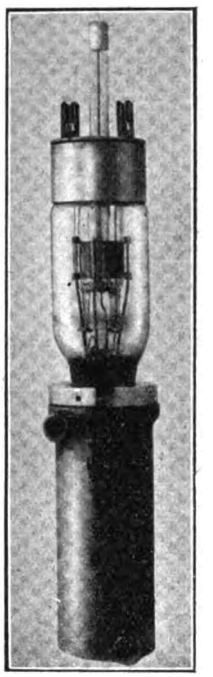


Abb. 8.

Aus Abb. 9 sind die drei Einheiten des Kraftverstärkers zu ersehen. Ganz rechts beim Fenster ist hinter einem Gitterwerk die erste Stufe, bestehend aus einer Röhre, aufgestellt. Ebenfalls rechts im Vordergrund steht ein runder Kasten mit drei weiteren Röhren, welche die zweite Stufe des Kraftverstärkers bilden. Die Röhren der dritten Stufe sind in zwei gleichen Gruppen, jede mit 15 Röhren, verteilt, wie dies ebenfalls aus dem Bilde ersichtlich ist. Diese Gruppenunterteilung bietet mehrere Vorteile, denn erstens kann bei einer Störung in einer der Gruppen die andere im Betrieb bleiben, und zweitens ist es viel umständlicher, die beim Senden auftretenden störenden Frequenzen zu unterdrücken, wenn zu viele Röhren aneinander gereiht sind.

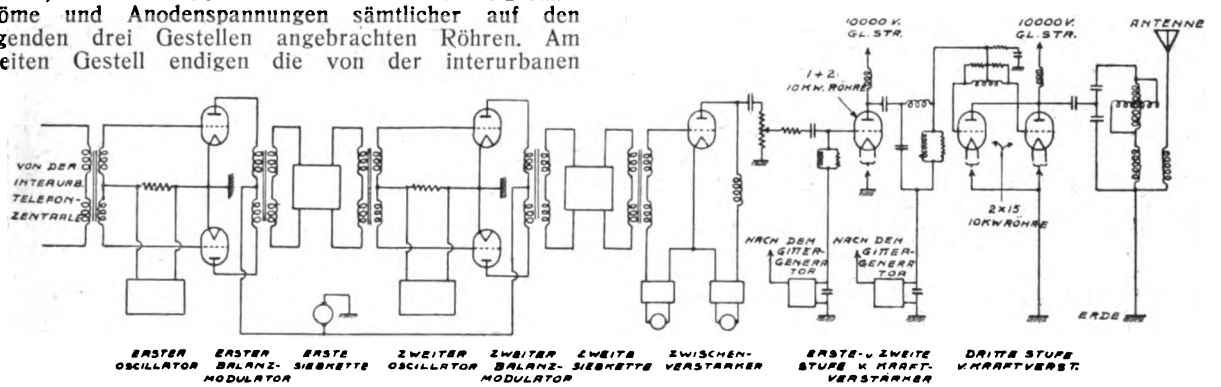


Abb. 7.

Was nun die Schaltung dieser Röhren mit hoher Leistung anbetrifft, so weicht auch diese von der in Rundfunkstationen üblichen Schaltungsmethode ab. Abb. 10 zeigt schematisch die Schaltungsweise der einen Gruppe mit 15 Röhren. Eine symmetrische Verteilung der Zufuhrleitungen wird durch die Schaltung der Heizdrähte zum Heizstrom-Transformator, als auch durch die Anordnung der Anodenstromkreise erzielt. Im

Digitized by Google

letztgenannten sind die Induktions- und Widerstandsspulen zur Unterdrückung der Störfrequenzen ebenfalls symmetrisch angeordnet. Die Kopplungen zwischen den einzelnen Stufen kann man sich als einen Transformator vorstellen, welcher zur Anode eine gleiche Impedanz wie bei der vorhergehenden Stufe und eine genügend

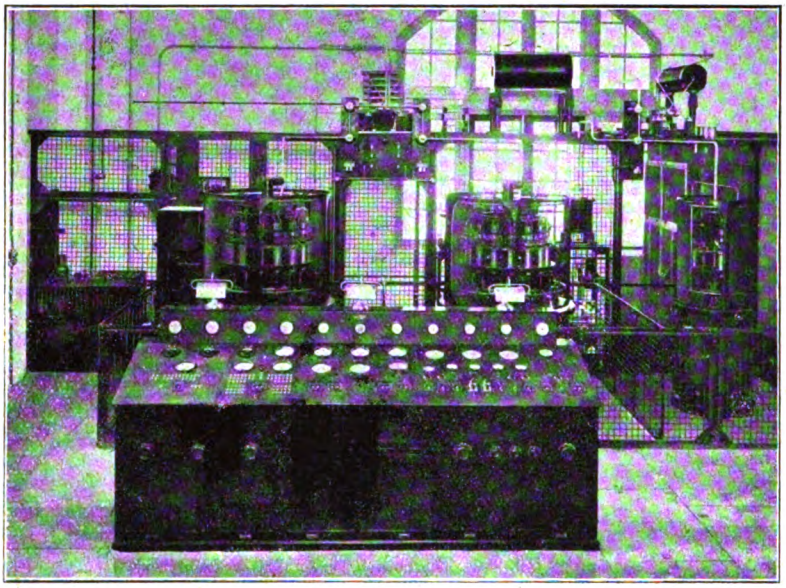


Abb. 9.

niedrige Impedanz gegenüber dem Gitter der nachfolgenden Stufe besitzt. Zur Kopplung dienen je eine Kondensatoreinheit, eine Abstimmspule und der Gitterwiderstand.

Der letzte Hauptbestandteil des Senders ist die Antenne. Diese ist ungefähr 2 km lang und besteht aus einem Käfig, geformt durch acht dicke im Kreis angeordnete Drähte. Die Maste haben eine dreieckige Querschnittform, mit einer Seitenlänge von ungefähr 3 m und einer Höhe von ungefähr 25 m; sie können einem horizontalen Zug von 10 000 kg widerstehen. Die Erdung ist durch ein ausgebreitetes Netz von Kupferdrähten ausgeführt, welches ungefähr 10 cm tief in der Erde ausgelegt ist.

Der transatlantische drahtlose Sender wurde durch die englische Fabrik der International Standard Electric Corporation, das ist die Standard Telephones and Cables Ltd., in London, unter Mitwirkung der Ingenieure der englischen Post-Administration entworfen und ausgeführt.

Zum Schluß soll noch die Stromlieferungsanlage für den Kraftverstärker besprochen werden.

Die Heizdrähte werden aus einem Drehstromnetz von 416 V, 100 Per/s gespeist, und zwar jede Röhre durch einen separaten Transformator. Die drei Röhren der zweiten Stufe des Kraftverstärkers werden an die drei Phasen des 416 V-Netzes angeschaltet. Die 15 Röhren-Einheit der letzten Stufe ist in drei Gruppen zu je 5 Röhren verteilt und jede dieser Gruppen wird aus einer separaten Phase gespeist.

Der Heizdraht der Röhre der ersten Stufe ist an einen Gleichstromgenerator geschaltet. Der Wechselstrom für die Heizdrähte der zweiten und dritten Stufe des Kraftverstärkers wird durch zwei 200 kVA Umformereinheiten erzeugt. Zur Erzeugung der Gleichstromenergie für die Anoden des Kraftverstärkers wurden spezielle Hochspannungs-Motorgeneratoren durch die British Thomson Houston Company entworfen, und zwar nach den Vorschriften der englischen Post-Administration. Normal werden hierfür zwei Einheiten in Serie geschaltet. Jede Einheit besteht aus einem Drehstrommotor für 2000 V, gekuppelt mit Gleichstromgeneratoren in Serie. Jeder Generator kann 250 kW abgeben, bei einer Spannung von 3000 V. Die Anlage muß die Bedingung erfüllen, daß die Impedanz der Maschineneinheiten für die Niederfrequenzströme des Verstärkers niedrig ist, um eine Remodulation bei der Änderung der Anodenspannung zu vermeiden. Um dieser Anforderung zu genügen, wurde parallel zu den Maschinen ein Kondensator geschaltet, welcher für volle Anodenspannung bemessen ist und welcher die Impedanz der Maschinen auf den erforderlichen Wert herunterdrückt.

In Abb. 9 ist noch ein Kontrolltisch zu ersehen, welcher zur Bedienung und Kontrolle der Anlage dient. Aus Abb. 10 ist ferner ersichtlich, daß die Heizdraht- und Anodenstromkreise mit Klinken verbunden sind; wird eine dieser Klinken gestöpselt, so kann man den Strom oder die Spannung des betreffenden Stromkreises auf einem Instrument ablesen. Diese Klinken und Meßinstrumente sind auf der schiefen Ebene des Kontrolltisches untergebracht. Außerdem sind auf dem Meßtisch Instrumente für die Messung des Antennenstromes, ferner solche für die Bestimmung des in den Sender eintretenden Sprachstromes aufgestellt; eine Reihe von Instrumenten dient zur Messung des Wasserdruckes. Thermometer auf der vertikalen Seite des Tisches dienen zur Kontrolle der Temperatur des Kühlwassers und schließlich sind elektrische Uhrwerke vorhanden, welche hörbare Alarmsignale ertönen lassen, wenn einer der Heizdrähte bricht. Im unteren Teil des Kontrolltisches endlich sind alle Schalter zur Betätigung der einzelnen Maschinen montiert, mit allen Sicherungen, Relais usw., zwecks Aufrechterhaltung eines störungsfreien Betriebes. Alle Unregelmäßigkeiten in der Anlage werden durch Licht-

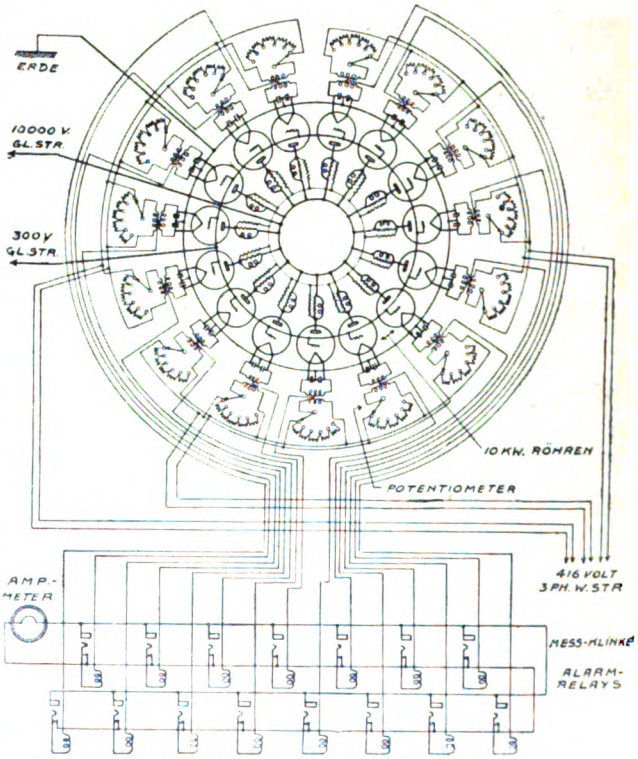


Abb. 10.

Alarmsignale sofort angekündigt, welche letzteren so verteilt sind, daß man sich über die Ursache der Störung rasch orientieren kann.

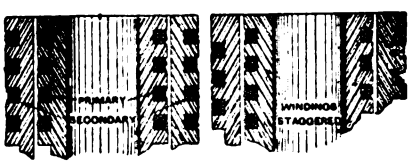
Digitized by Google

Die transatlantische drahtlose Telephonverbindung wurde am 7. März 1926 durch die Presse der Vereinigten Staaten einerseits, und die Presse Englands andererseits, eingeweiht. In einem Gebäude in der Walker Street in New York waren zirka 40 Vertreter der amerikanischen Presse versammelt. Diese haben sich von ungefähr ½9 bis zirka 11 Uhr vormittags mit ihren Kollegen in London radiotelephonisch unterhalten. Einige Minuten vor 11 Uhr hörte man aus London den folgenden Ruf: „Hallo! New York! Bevor der Nächste an die Reihe kommt um mit Euch zu sprechen, wollen wir die Fenster unseres Saales öffnen, um zu versuchen, ob Ihr das Glockenspiel von St. Paul hören könnt!"

Die Fenster wurden geöffnet und in einigen Augenblicken hörte man in New York die elf deutlichen Glockenschläge der Kirche St. Paul in London, auf einen Abstand von ungefähr 5000 km. Der Eindruck, den dieser historische Moment gemacht hat, war natürlich gewaltig, und zeigte die enormen Fortschritte der Verkehrstechnik in den letzten fünf Jahrzehnten. Hat doch am gleichen Tage vor 50 Jahren, am 7. März 1876, Alexander Graham Bell sein erstes Patent bezüglich Telephonie angemeldet!

Zwischenfrequenztransformatoren in Superheterodyne-Empfängern.

In England war die Entwicklung dieser Transformatoren durch den Mangel passenden Kerneisens behindert; es gelang erst N. W. Mc. Lachlan[1]), als ihm Eisenblech von 1·5 mil (0·038 mm) Dicke zur Verfügung stand. Dabei ergab sich, daß nur die differentielle Permeabilität des Eisens dB/dH in Betracht kommt, die bei geringen Sättigungsgraden mit der Anfangspermeabilität zusammenfällt. Sie vermindert sich jedoch beträchtlich, wenn eine Magnetisierung zu höheren Sättigungsgraden vorangegangen ist; geht aber fast ganz auf den ursprünglichen Wert hinauf, wenn man das Eisen durch ausschleichenden Wechselstrom von 300 Hertz entmagnetisiert. Der Verfasser hat geeignete Transformatoren mit Kernen aus gewöhnlichem Eisen von 0·038 mm Blechstärke (mit der Lackisolation 0·05 mm) nach der Manteltype gebaut; die äußere Kontur war quadratisch 6 × 6 cm mit zwei rechteckigen Fenstern je 1·25 × 4 cm; die Breite der Joche betrug 1 cm, die des Mittelschenkels 1·5 cm; die Dicke des Blechpaketes war etwa 1 cm; der reine Eisenquerschnitt betrug 1 cm², die Länge des Kraftlinienweges im Eisen 12·5 cm. Die Wicklung befand sich nur auf dem mittleren



a *b*

Abb. 1.

Schenkel und war nach Abb. 1 hergestellt. Die Ausführung nach *b* zeigte etwas geringere Kapazität als die nach *a*), was aber praktisch wenig in Betracht kam. Die anscheinend nur schematisch dargestellten Wicklungsträger bestanden aus genuteten Hartgummirohren. Es wurden folgende drei Typen hergestellt und geprüft:

Transformator Nr.	Wicklungen Primär	Wicklungen Sekundär	Umsetzgs.-verhältnis n_2/n_1
1	6 Nuten je 50 Windungen, 0·1 mm Seide doppelt	6 Nuten je 150 Windungen, 0·1 mm Seide doppelt	3 : 1
2	wie oben	6 Nuten je 200 Windungen, 0·1 mm Seide doppelt	4 : 1
3	6 Nuten je 150 Windungen, 0·06 mm Seide doppelt	6 Nuten je 660 Windungen, 0·06 mm Seide doppelt	4·4 : 1

Höhere Umsetzungsverhältnisse als 1 : 4 empfehlen sich wegen der größeren Schwingneigung in mehrstufigen Verstärkern nicht. Die Transformatoren wurden im ersten, der Primärinduktivität und der wirksamen Kapazität entsprechenden Resonanzpunkte verwendet, so daß sie für die Rechnung durch eine Art Sperrkreis bestehend aus der Primärinduktivität L_1 mit dem resultierenden Widerstande r_e und aus der wirksamen Kapazität C_s — die letzten beiden Größen auf die Primärseite bezogen — ersetzt werden konnten. Dieser Sperrkreis erscheint in Reihe mit dem inneren Widerstande ϱ der Vorröhre in einen äußeren Kreis eingeschaltet, in dem die Wechselspannung e_1 wirkt. Die Spannung an C_s sei e_2. Geht man von den entsprechenden Gleichungen

$$e_1 = J\varrho + i'(r_e + j\omega L_1) = J\varrho + i''/j\omega C_s\,; \quad i' + i'' = J;$$
$$e_2 = i''/j\omega C_s$$

aus, bildet e_2/e_1, erweitert auf reellen Nenner und setzt dann die imaginären Glieder im Zähler gleich Null (Resonanzfall), so erhält man:

$$e_2/e_1 = 1/(1 + \varrho C_s \cdot r_e/L_1).$$

Berücksichtigt man ferner, daß $e_2 = e_{g_2}/S$ und $e_1 = m \cdot e_{g_1}$ ist (e_{g_1} und e_{g_2} = Gitterspannungen der Vor- und Nachröhre; $S = n_2/n_1$ = Umsetzungsverhältnis des Transformators; m = die mit dem Transformator gemessene Verstärkungszahl der Vorröhre), so erhält man als Höchstverstärkungszahl $M = e_{g_2}/e_{g_1}$ im Resonanzscheitel:

$$M = S \cdot m/(1 + \varrho C_s \cdot r_e/L_1).$$

Der Resonanzscheitel entspricht annähernd der Wellenlänge $\lambda = 1885\sqrt{L_1 \cdot C_s}$ (L_1 in μH; C_s in μF). Ermittelt man L_1 aus der Gleichung $L_1 = n_1 \Phi/J_1$ (n_1 = primäre Windungszahl; Φ = Scheitelwert des Eisenflusses; J_1 = = Scheitelwert des Primärstromes), so kann man aus der beobachteten Wellenlänge λ des Resonanzscheitels die Kapazität C_s berechnen.

Der Höchstwert von M im Resonanzscheitel kommt dadurch zustande, daß bei niedrigeren Frequenzen der Transformator als Kapazität, bei höheren als Induktivität; jedoch bei Resonanz nur als Ohmscher Widerstand wirkt. Der schwächende Einfluß der Ohmschen und Verlustwiderstände wird somit durch den Faktor $1/(1 + \varrho C_s r_e/L_1)$ dargestellt. Man muß also $C_s r_e/L_1$ möglichst niedrig halten. Durch die neueren Legierungen mit hoher Anfangspermeabilität könnte man L_1 wesentlich erhöhen. Das gewöhnliche Eisen hat sich jedoch als ausreichend erwiesen. Ferner ist darauf zu achten, daß eine gewisse Abflachung der Resonanzkurve wegen der für die Musikübertragung nötigen Breite des durchzulassenden Frequenzbandes geboten ist. Je kleiner $\varrho C_s/L_1$ wird, desto flacher ist die Resonanzkurve. Bei gegebenen C_s/L_1 kann daher weitere Abflachung durch eine Vorröhre mit niedrigerem inneren Widerstande erzielt werden.

Die Messungen an den Transformatoren wurden mittels der Schaltung nach Abb. 2 vorgenommen. V_1 ist die Vorröhre, V_2 die Nachröhre: letztere ist mit der Gleichrichterröhre V_3 durch Widerstand gekoppelt. Die Vorspannung aller Gitter ist so gewählt, daß kein Gitterstrom auftritt. B ist ein Potentiometer, dessen Punkt C man nach Abschaltung des Transformators vom Gitter V_2 unmittelbar mit diesem Gitter verbinden kann. Aus den beiden Ablesungen des Milliampere-

[1]) Wireless World, Bd. 19, Hefte 19, 20, 21, 23, 1926; Bd. 20, Heft 1, 1927.

Digitized by Google

meters A und der Einstellung des Punktes A am Potentiometer ergibt sich die Gesamtverstärkung. Den inneren Widerstand von V_1 kann man durch Parallelschaltung verschiedener Ohmscher Widerstände R zur Primärwicklung des Transformators bei der Resonanzfrequenz ermitteln. Trägt man als Abszisse $1/R$ und als

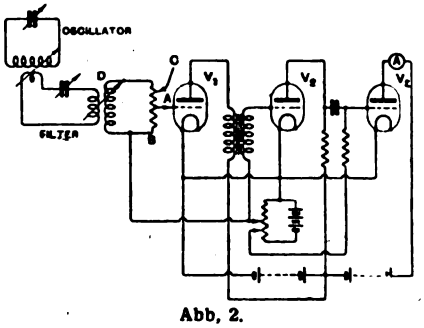


Abb. 2.

Ordinate $1/M$ auf, so erhält man eine Gerade mit dem Neigungswinkel α, wobei $\operatorname{tg}\alpha = \varrho/S\,m$ ist. Hieraus kann man ϱ berechnen. Es wurde erhalten:

Röhre	Anodenspannung in V	Gittervorspannung in V	m	ϱ (Ohm)
L. S. 5 A	60	— 1·5	2·2	2 600
D. E. 5	60	— 1·5	6·1	7 600
D. E. 3	60	— 1·5	5·3	10 000
D. E. 8 HF	60	— 1·5	11·5	32 000
D. E. 5 B	60	— 1·5	13·5	32 000

Die Messungen des Höchstwertes der Gesamtverstärkung ergaben:

Anodenspannung:	60 V	60 V	60 V	80 V	80 V	Umsetzgs.-verhältnis S
Röhre:	L. S. 5 A	D. E. 5	D. E. 3	D. E. 8 HF	D. E. 5 B	
Transformator Nr.	Gesamtverstärkung M					
1	6·3	16·0	13·3	18·4	21·4	3·0
2	8·2	20·8	17·0	23·3	27·0	4·0
3	9·7	27·0	23·3	47·0	54·0	4·4
4	9·3	16·4	13·2	13·3	16·0	4·0

Nr. 4 war ein amerikanischer Transformator, dessen Wicklung aus drei aneinanderliegenden Sektionen von 1·5 Zoll äußerem Durchmesser und 5/16 Zoll axialer Länge bestand; die erste war die Primärspule, die zweite und dritte waren die beiden Sekundärspulen. Der Eisenkern war nach der Kerntype geformt und bestand aus drei Blechen von je 8·5 mil Dicke und 17/32 Zoll Schenkelbreite mit einem Luftspalt von 50 mil. Über das Verhältnis des amerikanischen Transformators zu Nr. 1 und Nr. 2 gibt folgende Zusammenstellung Aufschluß:

Transformator Nr.	L_1 μH	r_e $\mu\Omega$	L_1/r_e	λ in m bei Resonanz	C_s in $\mu\mu$F
1	$2{\cdot}4 \times 10^6$	$0{\cdot}850 \times 10^9$	$2{\cdot}8 \times 10^{-5}$	7000	560
2	$2{\cdot}3 \times 10^6$	$0{\cdot}580 \times 10^9$	$4{\cdot}0 \times 10^{-5}$	9000	1000
4	$5{\cdot}0 \times 10^6$	$7{\cdot}000 \times 10^9$	$7{\cdot}0 \times 10^{-5}$	9200*)	460

*) Ändert sich mit der Röhre.

Bei Nr. 4 war auch die Resonanzkurve wesentlich flacher als bei Nr. 1 bis 3; ihre Höhe wurde auch weniger durch den Widerstand der Vorröhre beeinflußt. Die Verstärkungskurven des Transformators Nr. 2 sind in Abb. 3 wiedergegeben. Nr. 1 zeigte ähnliche, nur etwas flachere Kurven als Nr. 2, und zwar mit dem Scheitel bei 42 000 Hertz; Nr. 3 dagegen viel steilere Kurven als Nr. 2 mit dem Scheitel bei 10 500 Hertz. Da $C_s = S^2 C_2$; $L_1 =$ konst. und r_e proportional dem Quadrate der Frequenz f^2; der Ausdruck $\varrho\, C_s \cdot r_e / L_1$ daher proportional $(S.f)^2$ ist; andererseits aber f proportional $1/\sqrt{L_1 S^2 C_2}$, also $S.f =$ konst. ist, so ist $1 + \varrho\, C_s\, r_e / L_1$ von der jeweiligen Resonanzfrequenz unabhängig. Die maximalen Gesamtverstärkungen M verhalten sich also bei ein und derselben Vorröhre und unveränderter Primärwicklung wie die Umsetzungsverhältnisse. Zeigt also der Transformator Nr. 1 mit D. E. 3 ein $M = 13{\cdot}3$, so sollte Nr. 2 ein $M = \frac{4}{3} \cdot 13{\cdot}3 = 17{\cdot}7$ zeigen, was nahezu mit dem beobachteten Werte 17·0 übereinstimmt. Die nach dem eingangs angeführten Ersatzschema mit dem aus M abgeleiteten r_e unter Berücksichtigung seiner Frequenzabhängigkeit berechneten Verstärkungskurven stimmen mit den beobachteten recht gut überein. Die wirksame Kapazität wird gemessen, indem man der Primärwicklung verschiedene bekannte Kapazitäten parallel schaltet und die Wellenlänge des jeweiligen Resonanzscheitels bestimmt. Trägt man die Kapazitäten als Abszissen und die zugehörigen λ^2 als Ordinaten auf, so erhält man eine Gerade, die die Abszissenachse im Abstande $-C_s$ vom Nullpunkte schneidet. Zugleich erhält man aus C_s und λ auch L_1. Die gefundenen Werte sind in der letzten Zusammstellung angeführt. Teilt man C_s durch S^2, so erhält man bei den Transformatoren Nr. 1 und 2 beide Male $C_2 = 62$ $\mu\mu$F. Man sieht hiebei, daß ein niedrigeres Übersetzungsverhältnis bei unverändertem L_1 ein kleineres C_s mit sich bringt, also eine Abflachung des Resonanzscheitels bei gleichzeitiger Erhöhung der Resonanzfrequenz bewirkt. Die Teilkapazitäten des Transformators Nr. 3 wurden durch Substitution der Kapazität in einem mit Kristalldetektor und Telephon verbundenen Schwingungskreise mit einer Resonanzwellenlänge von 100 m bestimmt. Der Schwingungskreis wurde durch einen Wellenmesser mit Summer angeregt. Die Induktanzen des Transformators sind für diese Wellenlänge undurchlässig. Nachstehend die Ergebnisse in $\mu\mu$F:

Gemessen zwischen den Klemmen:

IS — OS	*IP — OP*	*IP — IS*	*OP — IS*	*IP — OS*	*OP — OS*
		Schaltung *A*:			
7	7	10	20	22	10
		Schaltung *B*:			
7	7	40	18	14	35

IP und *IS* sind die inneren, *OP* und *OS* die äußeren Primär- und Sekundärklemmen. Gewöhnlich wird *IP* mit der Anodenbatterie und *IS* mit der Gittervorspannungs-Batterie verbunden. In Schaltung *A* befinden sich *IP* und *IS* am entgegengesetzten, in Schaltung *B* am

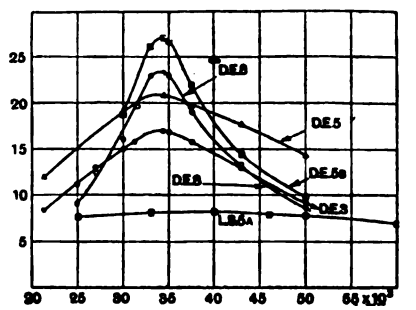


Abb. 3.

gleichen Wicklungsende. Die beiden Wicklungen waren bei der Messung nicht miteinander verbunden. Die Unterschiede zwischen *A* und *B* können bei Schwingneigung eines mehrstufigen Verstärkers dazu dienen, diese Neigung durch Umschaltung eines Transformators zu beseitigen. Hiezu kann auch der eingangs erwähnte Einfluß einer absichtlichen Vormagnetisierung verwendet werden, der imstande ist, die Resonanzwellenlänge um 20 vH zu erniedrigen. Die differentielle Permeabilität μ_d kann, wenn L_1 bekannt ist, aus der Formel

$$L_1 = 4\pi n_1^2 A \,.\, \mu_d / l \,.\, 10^9\ \mu\text{H}$$

berechnet werden. A ist der eine Eisenquerschnitt und l die Länge des Kraftlinienweges. Bei Transformator Nr. 1 und 2 ergab sich $\mu_d = 260$ bis 270. Hiemit kann man auch r_e annähernd aus der Formel für den Energieverlust W im Eisen je Zyklus und cm³, $W \sim 7 \,.\, 10^{-7} \,.\, B^2_{max}$ berechnen. Für Nr. 2 liefert diese Rechnung 550 Ohm; die direkte Messung dagegen 580 Ohm; der Unterschied wird dem Widerstande der Wicklung zugeschrieben. Durch die Hysterese kann die dritte Harmonische auftreten, was aber bei Zwischenfrequenztransformatoren kaum, eher bei Niederfrequenz-

Digitized by Google

transformatoren in Betracht kommt. Der Verfasser hat einen Superheterodyne-Verstärker mit sieben Röhren, davon zwei Transformatorstufen und eine Niederfrequenzstufe gebaut, der 4 bis 7 millionenfache Gesamtverstärkung liefert. Besondere Aufmerksamkeit ist der wirksamen Gitterkapazität der Nachröhre zu widmen. Sie rechnet sich aus der Formel

$$C_g = (1 + \eta) \cdot C_{ga} + C_{gk}^{2}).$$

$\eta < m$ ist die wirksame Verstärkung der mit dem Transformator belasteten Röhre. Bei der in der Meßschaltung Abb. 2 verwendeten Röhre V_2 war $C_{ga} = 5{\cdot}0$ $\mu\mu$F; $C_{gk} = 12{\cdot}5$ $\mu\mu$F; $\eta = 3{\cdot}9$, also $C_g = 37$ $\mu\mu$F. Zieht man diesen Betrag von $C_2 = 62$ $\mu\mu$F ab, so bleiben für die Eigenkapazität von Nr. 1 oder 2 nur 25 $\mu\mu$F übrig. Die Transformatoren waren nach Abb. 1 *a* gewickelt; nach 1 *b* hätte die Eigenkapazität nur 15 $\mu\mu$F betragen. Bei mehreren Transformatorstufen muß man ferner den Beitrag des zweiten Transformators zur Eingangsimpedanz der ersten Nachröhre berücksichtigen. Im allgemeinen kann man diese Röhre durch eine Eingangsimpedanz aus einem Kondensator und einem damit in Reihe geschalteten Ohmschen Widerstand ersetzen. In der Regel ist dieser Widerstand positiv; kann aber bei induktivem Verhalten des auf diese Röhre folgenden Transformators auch negativ werden, was die häufige Schwingneigung erklärt, die sich oft schon äußert, wenn man die Anodenspannung von 50 auf 100 V erhöht. Wegen der verschiedenen Impedanzbelastung sind die Verstärkungskurven der einzelnen Stufen auch nicht identisch. Die wirksame Gitterkapazität C_g beeinflußt auch die Wirkung von Widerstandsverstärkern für Niederfrequenz, so daß auch bei vernachlässigbarer Impedanz des Kopplungskondensators die Verstärkung bei Frequenzen über 1000 Hertz wieder abnimmt[3]).

R. H.

[2]) Siehe a. R. Hiecke, Radiotechnik 1926, S. 92.

[3]) Siehe l. c. S. 91.

Rundschau.

Parallelschaltung von Hochfrequenzgeneratoren. P. Bouvier und R. Villem. Sind zwei gleiche Synchrongeneratoren vorhanden und besteht zwischen den beiden eine Phasenverschiebung φ, so liefert die voreilende Maschine der nacheilenden bekanntlich eine Ausgleichsleistung

$$N_e = E^2 \varphi \cdot \left[\frac{s}{\varrho^2 + s^2} - \frac{s + 2Z}{(\varrho + 2R)^2 + (s + 2Z)^2} \right] \quad . \quad (1).$$

Hierin bedeuten E die EMK, und s den Ohmschen Widerstand, ϱ die Reaktanz der beiden Maschinen, R und Z die entsprechenden Größen der Belastung. Soll ein stabiler Zustand eintreten, so muß für die voreilende Maschine $N_e > o$ werden. Das erste Glied in der Klammer nennen wir N_s (synchronisierende Kraft) entgegen dem zweiten Gliede N_{ds} (entsynchronisierende Kraft). Die Schwierigkeit bei dem Zusammenarbeiten von H. F.-Generatoren besteht darin, daß sich die Belastung

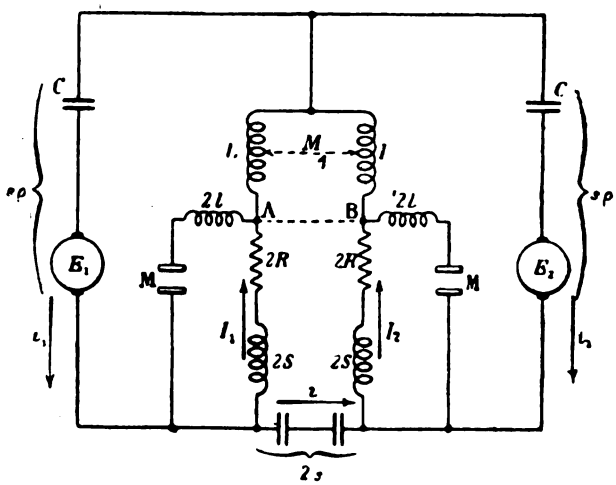


Abb. 1.

mehrmals in der Sekunde von Null bis zu einem Maximalwert ändert. Hiemit ist eine starke Schwankung des zweiten Gliedes N_{ds} verbunden, die beiden Maschinen werden leicht aus dem Sychronismus geworfen. Für N_s wird ein Maximum eintreten, wenn $\varrho = s$ (sogenannte Hopkinsonsche Bedingung). Diese Bedingung kann erfüllt werden, wenn man, nach der Angabe von Belfils, mit jeder der beiden Maschinen noch einen entsprechend dimensionierten Kondensator in Serie schaltet. Ferner kann der Einfluß der Schwankung der Belastungsreaktanz während des Tastens dadurch erheblich verringert werden, daß in Serie mit dem Primärkreise der Antennenkopplung noch eine entsprechend bemessene Selbstinduktion geschaltet wird. Das Schaltbild einer auf diesem Grundgedanken aufgebauten Anlage zeigt die Abb. 1. In der Abbildung bedeuten: M die beiden Tastrelais, $2l$ die Selbstinduktion derselben, s die resultierende Reaktanz des H. F.-Generators und der Kapazität C, ϱ den Ohmschen Widerstand dieses Kreises, $2s'$ die Reaktanz der zwischengeschalteten Kapazitäten, durch die ein Nebenschlußweg zu $L\,L$ geschaffen wird, $2R$ und $2S$ den Widerstand und Reaktanz der Primärseite des Antennenkreises, L die oben erwähnten Selbstinduktionen und M_1 den Koeffizienten ihrer gegenseitigen Induktion. Werden die erwähnten Elemente ebenfalls berücksichtigt, so errechnet sich die Ausgleichsleistung N_e zu

$$N_e = N_\varrho - N_{\varrho_1} = E^2 \varphi (A - B) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

wobei

$$B = \frac{s + 2S + L\omega - M\dot{\omega}}{(2R + \varrho)^2 + (s + 2S + L\omega - M\omega)^2}.$$

Das Glied B entspricht wieder der Komponente N_{ds}. Ein stabiler Zustand erfordert nun, daß der Wert der Differenz auf der rechten Seite der Gleichung positiv und so groß als möglich sein soll, ferner darf sie während des Tastens auch nur in schwachen Grenzen schwanken. Da in dem Augenblick, wo die Maschine auf die Antenne arbeitet, der Generator im Resonanzzustande ist, so wird die scheinbare Reaktanz beim offenen Taster in jedem Parallelzweige gleich Null

$$s + 2S + L\omega - M\omega = o \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

das heißt das Glied N_{ds} verschwindet. Dieses Glied verschwindet auch für den Fall des Leerlaufes der Anlage, dann wird bei offenen Klemmen

$$2S + L\omega - M\omega = \infty \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Bezeichnen wir mit R_1 und Z_1 den Ohmschen Widerstand und die Reaktanz der Primärseite der Antennenkopplung, so können wir das erste Glied auf der rechten Seite der Gleichung (2) durch eine einfachere ersetzen

$$N_\varrho = E^2 \varphi \frac{s + Z_1}{(\varrho + R_1)^2 + (s + Z_1)^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Die Hopkinsonsche Bedingung wird erfüllt und damit N_s ein Maximum, wenn $(\varrho + R_1) = (s + Z_1)$. Dies kann dadurch erreicht werden, daß zu jedem R ein anderes Z_1 zugeordnet wird. In der Überseestation Sainte-Assise sind zwei 500 kW Generatoren nach der angegebenen Schaltung gekoppelt. E. M.

(Revue générale de l'Electricité, Bd. 19, Nr. 26, 1926.)

Digitized by Google

Neuregelung der gesetzlichen Bestimmungen über den Rundfunk in Frankreich. Mit dem 1. Jänner 1927 ist die neue Verordnung zur Regelung des Rundfunkbetriebes in Kraft getreten. Die Rundfunkempfänger werden in drei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe ist von der Zahlung jedweder Gebühr enthoben; hierher gehören Rundfunkempfänger, die von verschiedenen Gesellschaften zwecks unentgeltlicher, öffentlicher Vorführungen betrieben werden. Von Privaten betriebene Rundfunkempfänger für öffentliche Vorführungen unterliegen einer Jahresgebühr von 50 bis 200 Frs. je nach der Bedeutung des Ortes. Die Gebühren für die dritte Gruppe — hieher gehören jene Empfänger, die nicht zur öffentlichen unentgeltlichen Vorführung bestimmt sind — sind noch nicht festgelegt. Von allen Empfängern wird verlangt, daß eine Störung der benachbarten Empfangsstationen vermieden wird.

Es sind drei Landessendestellen (des Post- und Telegraphenamtes (P. T. T.), Radio-Paris und Eiffelturm) und 18 Gausender vorgesehen (hievon sind bereits 12 in Betrieb). Eigentümer der Betriebseinrichtungen sämtlicher Sendestationen ist der Staat, auch die Überwachung der technischen Betriebe sowie der Finanzgebarung der Sendegesellschaften unterliegt staatlichen Organen. Die Sendeprogramme werden von einer Kommission kontrolliert, in der alle Interessengruppen vertreten sind. Sämtliche Radiostationen unterliegen außerdem einer Kommission, die aus Delegierten des Staatsrates sowie der einzelnen Ministerien gebildet wird.

E. M.

(Le Génie Civil, Bd. 90, Nr. 7, 1927.)

Einfuhr von Radioapparaten und Radiobestandteilen in die Tschechoslowakei. Die Einfuhr von Radiobestandteilen ist, wie wir dem 40. Wochenbericht der Tschechoslowakischen Handelkammer in Wien entnehmen, unbedingt an eine Einfuhrbewilligung gebunden. Die Bewilligung wird nur jenen Personen erteilt, die in der Tschechoslowakei ihren ständigen Wohnsitz haben. Privatpersonen erhalten die Einfuhrbewilligung auf Grund der Bestätigung der Postbehörde, daß sie Radioabonnenten sind, unter Beischluß der diesbezüglichen Rechnung über das zur Einfuhr gelangende Radiomaterial. Händler erhalten diese Bewilligung gegen Vorlage der Faktura, der Bestätigung der Post, daß sie Radioabonnenten sind und gegen Vorlage der Konzession als Radiohändler. Die Post und Telegraphendirektion gibt regelmäßig bekannt, welche Modelle von Radioapparaten zur Einfuhr zugelassen werden. Geschäftsreisende aus Österreich, welche sich mit der Handlungsreisenden-Legitimation ausweisen, können Muster von Radioapparaten und Radiobestandteilen ohne Einfuhrbewilligung in die Tschechoslowakei einführen. Als Radiomaterial werden von den Zollämtern sämtliche zum Bau von Radioapparaten notwendigen Bestandteile behandelt. Das Handelsministerium betrachtet in bezug auf das Bewilligungsverfahren als Radiomaterial: Antennen aller Art, Drehkondensatoren, Schwachstromvariometer, Kristall- und Lampendetektoren, Elektronenlampen, Hoch- und Niederfrequenzverstärker, Heterodyne, Hoch- und Niederfrequenz-Schwachstrom-Transformatoren, Wellenmesser, vollständige Sende- und Empfangsapparate, hingegen als Elektromaterial — selbst wenn sie zum Bau von Radioapparaten dienen — Transformatoren, Blockkondensatoren, Sockel, Kristalle, Schieber, Schrauben, Lautsprecher, Hörer. Für die Bewilligung der Einfuhr von Radiomaterial wird eine Einfuhrgebühr von 5 vH des Fakturenwertes eingehoben, während für das übrige Material die Einfuhrgebühr 0·5 vH beträgt.

Transradio A.-G. für drahtlosen Übersee-Verkehr, Berlin. Dem im „Helios" wiedergegebenen Geschäftsbericht für 1926 ist zu entnehmen, daß die Betriebsanlagen zufriedenstellend gearbeitet haben. Die Nachrichtenübermittlung auf sehr große Entfernungen vermittels kurzer Wellen ist im Berichtsjahr erheblich fortgeschritten. Nach systematischer Prüfung der Ausbreitung von Kurzwellen bei verschiedenen Tageszeiten und Wellenlängen wurde auf dem Gelände der Großfunkstelle Nauen ein besonders für den Kurzwellendienst geeignetes Stationshaus für einen dort installierten Sender größerer Leistung errichtet. Ferner wurden zwei kleinere, von der Telefunken-Gesellschaft zur Verfügung gestellte Anlagen mietweise in Betrieb genommen und ein Kurzwellenverkehr mit Südamerika eingerichtet, der die Möglichkeit eines wechselseitigen Tag- und Nachtverkehrs erwiesen hat. Auch mit Nordamerika sowie mit Niederländisch-Indien und Ägypten wurde zeitweilig unter Benutzung kurzer Wellen gearbeitet. Im Südamerikaverkehr ist zu der unmittelbaren Verbindung mit Argentinien im Mai 1926 auch eine Verbindung mit Brasilien getreten. Die bestehenden Verbindungen mit Nordamerika, Niederländisch-Indien, Ägypten und Ostasien wurden weiter ausgebaut. Die Funkverbindung mit Japan, die bisher nur für die Aufnahme des von Nauen ausgesandten Pressedienstes benutzt wurde, ist seit dem 1. November 1926 für die Telegrammbeförderung dorthin nutzbar gemacht worden. Auf den Funkverbindungen mit Niederländisch-Indien und Ägypten ist im Berichtsjahr der europäische Durchgangsverkehr zugelassen worden. Der gesamte Telegrammverkehr mit Übersee hat gegenüber dem Vorjahr wiederum eine Steigerung zu verzeichnen. Für die Aufnahme des brasilianischen Verkehrs wurde in Westerland eine Doppelgoniometer-Apparatur neu eingerichtet.

Bei 5·2 Mill. Mk. Einnahmen (4·35 Mill. i. Vj.) ergibt sich ein Reingewinn von 1·37 Mill. Mk. (1·32 Mill.), aus dem auf das A.-K. von 16·5 Mill. Mk. 8 vH Dividende (wie 1925) verteilt werden. In der Bilanz erscheinen die Betriebsanlagen mit 20·57 Mill. Mk. bewertet. —k.

Literaturbericht.

3509 **Les Alternateurs à haute fréquence.** Von J. Bethenod. Mit einem Vorwort von A. Blondel. 130 Seiten mit 51 Abb. Verlag von E. Chiron, Paris 1926. Preis Frs. 20·—.

Bethenod zählt wegen seiner Verdienste um die drahtlose Telegraphie und im besonderen um die Entwicklung der Hochfrequenzgeneratoren zu den Berufensten, diese Lücke in der elektrotechnischen Literatur zu füllen. Mit viel Geschick entledigt sich der Verfasser der Aufgabe, eine trotz aller Kürze umfassende und leicht faßliche Darstellung von Wesen, Entwicklung und Betrieb der Wechselstromerzeuger hoher Frequenz zu geben. Nach einem Abriß aus der Geschichte, in welchem der Verfasser alle bedeutenderen Lösungsversuche der letzten 40 Jahre zur Erzeugung hochfrequenter Schwingungen in Maschinen bespricht, folgt eine eingehende Beschreibung von Theorie und Konstruktion der heute hauptsächlich ausgeführten Typen, der Maschine von Alexanderson und von Bethenod-Latour, wobei besonders die ausführlich wiedergegebenen baulichen Einzelheiten der Maschinen letzterer Art für den größten Maschinensender der Welt, die Station der Société Française Radio-électrique (SFR) in St. Assise, nennenswert sind. In weiterer Folge bespricht der Verfasser die Arbeitsweise der Generatoren an Hand des Vektordiagrammes. Die zur Kopplung mit der Antenne erforderliche Apparatur, die Größe der Verluste und des Wirkungsgrades der Maschinen, die verschiedenen Lösungsarten der Drehzahlregelung und deren theoretische Bedingungen, sowie die Anordnungsformen zur Zeichengebung finden gebührende Würdigung. Desgleichen wird schließlich das Problem des Parallelarbeitens und die Frage des wirtschaftlichsten Antriebes gestreift. Dieses den Radiotechniker so sehr, wie den Erbauer elektrischer Maschinen interessierende Gebiet ist hiebei mit solch vorbildlich präziser Ausdrucksweise erläutert, daß dem deutschen Leser niemals die Schwierigkeiten der fremden Sprache zum Bewußtsein kommen dürften. St. Schwarz.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 8 | 19. Juni 1927 | 4. Jahrgang

INHALT: *Rundfunkstörungen durch die Straßenbahn. Von W. G. H. Vogt, Karlsruhe. S. 73. / Gittertransformator und Niederfrequenzverstärkung. S. 75. / RUNDSCHAU. S. 76. / PATENTBERICHT. S. 79. / LITERATURBERICHTE. S. 80.*

Rundfunkstörungen durch die Straßenbahn.

Von W. G. H. **Vogt**, Karlsruhe.

Übersicht: Es werden praktische Versuche geschildert, die in Karlsruhe vorgenommen wurden zur Untersuchung der Befreiung von Straßenbahnstörungen durch Anwendung verschiedener Stromabnehmer.

Wie wohl in jeder größeren Stadt, so hatten auch die Rundfunkteilnehmer in Karlsruhe Klage zu führen über die Störungen durch die Straßenbahn. Gerade in dieser Stadt traten dieselben mit einer solchen Häufigkeit und Intensität auf, daß ein Rundfunkempfang fast zur Unmöglichkeit wurde. Wohl zum größten Teil ist darauf die bis heute verhältnismäßig geringe Zahl der Funkhörer zurückzuführen.

Systematische Beobachtungen zeigten bald Ergebnisse, die völlig mit denen in anderen Städten übereinstimmten. Mit Verringerung der Empfängerentfernung von den Straßenbahnlinien nahm die Lautstärke der Störung zu und sah ihr Maximum bei den Haltestellen der Bahnen. Versuche über die Tageszeit klärten die Lage insofern, als eine Einschränkung der Störzeiten auf die Abendstunden gefunden wurde, das heißt auf die Stunden, während welcher die Straßenbahn dem Netz außer dem Fahr- auch noch den Lichtstrom entnahm. Eine Ausnahme machte lediglich ein Paketwagen, der auch, wie sich herausstellte, bei Tag mit Licht fuhr. Gerade dieser Wagen ließ sich schon aus mehreren 100 m Entfernung verfolgen; von Haltestelle zu Haltestelle nahm die Störlautstärke stetig zu, um nach dem Vorüberfahren ebenso wieder abzuflauen. Ein dauerndes Brodeln und sehr lautes Krachen im Rhythmus des Bremsens und Anfahrens der Wagen übertönte den Empfang vollständig. Wie anderweitig in Laboratorien und Betrieben wurde als störende Ursache der Lichtstrom festgestellt und es galt nun diesen seines störenden Einflusses zu berauben. Ein eifriges Studium des elektrischen Schaltplanes der Triebwagen und der Betriebsschaltvorgänge führte zu der Feststellung, daß die Störgeräusche verursacht werden durch Unterbrechung des Lichtstromes am Schleifbügel. Auch dieses war eine Bestätigung der Burstynschen Ansicht, wonach die elektrische Anlage: Oberleitung, Erdrückleitung und Wagen durch den Unterbrecherfunken am Stromabnehmer zu gedämpften elektrischen Schwingungen angeregt wird, die hauptsächlich der Oberleitung entlang ihre Ausbreitung finden[1]).

Schon vor rund zwei Jahren wurden die ersten Versuche gemacht zur Beseitigung dieser äußerst unangenehmen Erscheinungen. Der erste Gedanke, war, die Lichtstromstärke zu erhöhen, weil Laboratoriumsberichte erklärten, daß eine Strahlung gedämpfter Schwingungen nur bei Unterbrechung eines Stromes zustande käme, der kleiner als 2 A ist. Der Einbau von Parallelwiderständen zur Wagenbeleuchtung, die als Lichtreklame hätten ausgenutzt werden können, zeitigte ein völlig negatives Ergebnis. Um nun das Maximum der Störlautstärke aus dem Rundfunkbereich zu entfernen, wurden zwischen Oberleitung und Erde Kondensatoren geschaltet, die die Frequenz des Schwingkreises über diesen Bereich erhöhen sollten; doch auch dieses hatte keine merkliche Besserung zur Folge.

Sofort bei Bekanntwerden der neuen Kohlebügel wurde eine Serie dieser in eine Bahnlinie eingebaut und Versuche bestätigten, daß eine erhebliche Besserung des Funkempfanges eintrat. Als Nachteil machte sich jedoch bemerkbar, daß neben den neu ausgestatteten Wagen auch solche mit Aluminiumbügel fuhren, die natürlich ihre Störbeeinflussung ungehindert fortsetzten. Eine Einführung der Kohlebügel konnte nicht im Interesse des Bahnamtes sein, da sich herausstellte, daß Preis und Lebensdauer beträchtlich dem Aluminiumschleifer nachstanden und auch, wie in anderen Städten bewiesen, die Beschmutzung der Wagen durch Kohlestaub eine große war. Es muß jedoch zugegeben werden, daß die schnelle Abnutzung zum großen Teil auch ihre Ursache fand in der Unzulänglichkeit der Versuchsbedingungen. Durch zu leichte Federung des Schleifbügels wird bei Erschütterungen des Wagen und bei starken Geschwindigkeitsänderungen durch Trägheit des Bügels ein Abspringen desselben vom Fahrdraht verursacht, welche Stromunterbrechung einen Lichtbogen nach sich zieht, der der Ausgangspunkt der Störschwingungen ist. Die auftretenden Lichtbogen formen an der Oberleitung Schmorperlen, wodurch sie stark aufgerauht wird. Während das Aluminium wegen seiner Festigkeit und der Schmierung aus der mit Fett gefüllten Nut einer Abnutzung durch den rauhen Fahrdraht nicht so ausgesetzt ist, wird der Kohlebügel, dessen Schleifer fast ausschließlich gepreßten und gebackenen Kohlenstoff enthält, in kurzer Zeit sozusagen fast zersägt und ist somit an schlechter Oberleitung nicht verwendbar. Um diesem Umstand zu begegnen, erneuerten einige Bahnämter das gesamte Leitungsnetz — eine zwar etwas kostspielige Angelegenheit — und Beschwerden über geringe Haltbarkeit wurden dortseits nicht laut. Bei einer mittleren Fahrgeschwindigkeit des Wagens von 15 km/h ist die sekundliche Geschwindigkeit 4 : 16 m und genügt dieselbe vollkommen, um Bügel und Oberleitung so einzuschleifen, daß beide hochglanz poliert sind, wodurch für sie die Abnutzung auf ein erträgliches Maß herabgesetzt und eine Verschmutzung der Wagen weitgehendst vermieden wird.

Eine Frage von größter Wichtigkeit war nun die nach der Ursache der geringeren Funkenbildung bei Stromabnehmern der Kohlebügelart.

Einerseits trat eine Konstruktionsänderung dadurch ein, daß das dreiseitige Kohleprisma drehbar gelagert wurde, wodurch eine jeweilige Berührungslänge von etwa 60 mm zwischen Leitung und Schleifstück geschaffen wurde gegenüber einer solchen von knapp 20 mm bei den Aluminiumschleifern, die fest auf dem Bügel montiert waren. Weiterhin ist aber, wie in der Funktechnik schon lange bekannt, die Art des Funkens

[1]) Vgl. a. Die Radiotechnik 1925, S. 1.

Digitized by Google

und Lichtbogens — somit auch die der elektrischen Störschwingungen — abhängig vom Elektrodenmaterial: hier also Kupfer-Aluminium und Kupfer-Kohle.

Nach eingehenden Laboratoriumsversuchen über die Störschwingungen anderer Schleifstückmaterialien wurde in Lübeck der Radiosparbügel System Mollenkopf herausgebracht, dessen Herstellung und Vertrieb die AEG übernahm. Der neue Schleifer mit seiner Wandstärke von 2 mm starkem Messingblech verspricht eine Lebensdauer, die der des Kohleschleifstückes gleich kommen dürfte. Die äußere Form gleicht stark derjenigen des Kohlestromabnehmers, und stellt also wieder ein dreiseitiges Prisma dar, was jetzt scheinbar als Standardtyp der modernen Schleifstücke angesehen werden kann. Im Gegensatz zum Kohlestück, dessen zentrische drehbare Lagerung eine Benutzung sämtlicher drei Seiten als Schleifflächen zuläßt, ist der Radiosparbügel exzentrisch gelagert (Abb. 1, 2). Die Exzentrizität der Aufhängung des Schleifstückes war dem AEG-Bügel insofern nachteilig gegenüber dem Kohleschleifer, als nur die Benutzung einer der drei

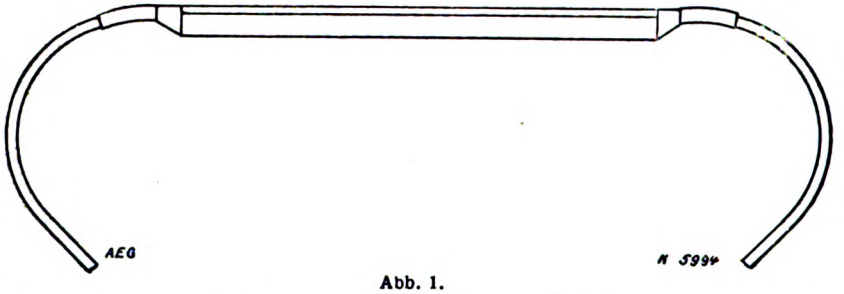


Abb. 1.

Prismenseiten möglich war. Eine Abänderung des Messingbügels beseitigte diesen Fehler dadurch, daß der Exzenter verstellbar angeordnet wurde, wodurch sämtliche Flächen zur Kontaktgabe benutzbar sind.

Allenthalben wurde der AEG-Bügel gelobt und als wesentlich besser sogar als der Kohlebügel gepriesen, so daß man auch in Karlsruhe Versuche mit diesem anstellte. Vorweg sei bemerkt, daß die Versuche so günstig ausfielen, daß auf Grund dieser das Bahnamt sich entschloß, die störenden Aluminiumbügel durch AEG-Bügel zu ersetzen.

In der Nacht vom 14. zum 15. Oktober 1926 von 1 bis 3 Uhr, wo der ganze Straßenbahnbetrieb still lag, wurde auf Grund vorhergegangener Vereinbarung der Stuttgarter Sender mit seiner vollen Leistung betrieben und auch besprochen, wodurch mit der Feststellung der Störlautstärke überhaupt auch gleich ihr Verhältnis zu der Empfangsintensität ermittelt werden konnte. Die Beobachtungen wurden von Vertretern der deutschen Reichspost, der „Bad. Gesellschaft für Radiotechnik", der Technischen Hochschule Karlsruhe und der AEG gemeinsam vorgenommen.

Drei Triebwagen, die vom Straßenbahnamt zur Verfügung gestellt wurden, waren mit je einem Aluminium-, Kohle- und Messingbügel ausgerüstet und konnten damit vergleichende Versuche angestellt werden über die Güte der einzelnen Stromabnehmer. Etwa 20 m von der Bahnlinie entfernt war annähernd parallel zu ihr eine gute Hochantenne gespannt und an diese ein Dreirohrempfänger angeschlossen, wobei der Empfang durch Kopfhörer und Lautsprecher kontrolliert wurde. Auf der Fahrstrecke von rund 360 m fuhren nach ausgemachtem Schema und in festgelegter Zeitfolge die Wagen am Empfangsort vorbei und wegen der geringen Entfernung des Start- und Zielortes konnten auf das genaueste die Störungen längs der gesamten Strecke eindeutig ausgemacht werden.

Es ist vielleicht vorteilhaft hier das Programm der Wagenfahrten einzufügen mit Schaubildern, die zwar nur nach dem Gehör aufgenommen sind und somit nur relative Lautstärken ergeben, aber für die hier erforderlichen Festellungen als genügend anzusehen sind.

Eine Beschreibung der Störungen, die während der Fahrzeiten der einzelnen Wagen hervorgerufen wurden, soll die Art dieser veranschaulichen und beweisen, daß für die vorliegenden Verhältnisse nur der AEG-Bügel in Betracht kommen kann. Die Fahrstrecke war 360 m lang, ungefähr in zwei Drittel (220 m) Abstand von einer Endstation befand sich der Empfänger.

Der leichteren Verständlichkeit und Übersicht wegen seien die Triebwagen, die die Strecke abliefen, numeriert nach der Art der bei ihnen angewandten Stromabnehmer.

Wagen 1 mit Aluminiumbügel,
Wagen 2 mit Kohlebügel,
Wagen 3 mit AEG-Radiosparbügel.

Zuerst fuhr jeder Motorwagen die Versuchstrecke dreimal mit normaler Geschwindigkeit ab und wurde, am Ziel angelangt, das eine Mal von Hand und das andere Mal elektrisch gebremst. Hier zeigte sich kraß der Unterschied der einzelnen Bügel in der Störlautstärke und in der Art der Störung. Während der Aluminium-Stromabnehmer sowohl bei Anfahrt als auch bei Bremsung Störgeräusche hervorrief, die einige Sekunden anhielten und fast durchweg die Empfangslautstärken von Stuttgart erreichten, ja zum Teil sogar überschritten, war schon eine wesentliche Besserung zu konstatieren bei Anwendung des Kohlebügels. Einerseits ging die Heftigkeit der Störungen stark zurück, so daß der Rundfunkempfang erträglich wurde, doch war auf der anderen Seite fast während der ganzen Fahrzeit des Wagens 2 ein Rauschen zu hören, dessen Ursache im Kohleschleifstück liegen muß. Immerhin war das einem Maschinengewehrfeuer ähnelnde Knattern zu Beginn und Ende der Fahrt auf ein Mindestmaß beschränkt und ist dieses schon als großer Vorteil anzuerkennen.

Überraschend war der Erfolg mit dem AEG-Bügel, der, um es gleich vorweg zu nehmen, völlig unhörbar der Oberleitung entlang glitt. Da dieses Ergebnis eigentlich in Widerspruch stand mit den Erfahrungen in anderen Städten, wurden die Versuche mit dem Wagen 3 wiederholt, doch ohne daß dieses auf das Resultat auch nur den geringsten ändernden Einfluß gehabt hätte.

Zur weiteren Prüfung wurde der Lichtstrom, der über den AEG-Bügel floß, dadurch vergrößert, daß der Wagen 3 den mit Kohleschleifer ausgestatteten Wagen 2 als Anhänger mitnahm. Doch auch hier waren Störgeräusche nicht aufnehmbar außer einem kurzen Knacken vor Beginn der eigentlichen Versuchsfahrt, welches hervorgerufen wurde von der Lichtunterbrechung bei Abziehen des Kohlebügels. Des weiteren fuhr der Wagen am Empfänger mit größter Geschwindigkeit vorbei bei abgeschaltetem Motor; um Bremsgeräusche zu mindern, lief der Wagen aus ohne gebremst zu werden. Hier, wie auch bei dem folgenden Versuch, bei dem im Fahren mit Lichtstrom (abgeschalteter Motor) der Bügel von Hand mehrmals abgezogen wurde, konnten Geräusche nur festgestellt werden, wenn der Stuttgarter Sender eine Besprechungspause machte und auch dann nur in geringem Maße. Es scheinen diese jedoch nicht völlig auf den Stromabnehmer zurückzuführen zu sein, sondern wohl zum Teil auch auf den Zustand der Oberleitung, da nämlich

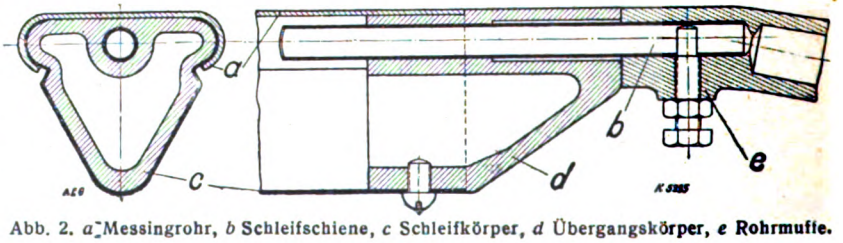


Abb. 2. *a* Messingrohr, *b* Schleifschiene, *c* Schleifkörper, *d* Übergangskörper, *e* Rohrmuffe.

Digitized by Google

an der Empfangsstelle sich eine Bahnhaltestelle befand, die während der Versuche aber überfahren wurde. So wäre auch eine Erklärung dafür möglich, daß gerade hier, also in nächster Nähe des Empfängers, bei allen Bügeln gelegentlich ein völlig unbegründetes — dem Anscheine nach — Knacken zu hören war. Man kann also wohl mit Recht schließen, daß an dieser Stelle die Störungen weit mehr vom Fahrdraht herrühren als von der Art des Schleifermaterials. Für die Karlsruher Verhältnisse wären durch die genannten Untersuchungen die Verhältnisse dahingehend geklärt, daß für diese von den heutigen Stromabnehmern der AEG-Bügel der beste ist.

Es will mir jedoch scheinen, als ob gerade bei Straßenbahnen örtliche Betriebserfahrungen nicht verallgemeinert werden können, da die Betriebsverhältnisse sich jeweils dem Ort anpassen müssen und so sehr erhebliche Unterschiede auftreten können. Hängt doch eng mit der Störungsfrage die gesamte elektrische Anlage zusammen: Stromerzeugung, Gleichrichtung, Zustand des Fahrdrahtes, Isolationsverhältnisse der Erdrückleitung und der elektrischen Wagenausrüstung, System und Schaltschema der Triebwagen und nicht zum wenigsten die Polung der Anlage. Gerade letztere dürfte für manche Stadt von Wichtigkeit sein, denn die Intensität der Störungen ist stark abhängig von der Polarität der Elektroden. Die günstigsten Verhältnisse werden dort erhalten, wo die Fahrleitung am positiven Pol des Generators liegt und damit der Stromabnehmer die negative Elektrode der Funkenstrecke ist.

Ein Teil der auf Grund der geschilderten Versuche bestellten Radiosparbügel ist bereits eingebaut und hat schon zu einer erheblichen Minderung der Empfangsstörungen beigetragen.

Es steht zu wünschen, daß bald die letzte Störung durch Straßenbahn verklungen ist und diese Stadt in die Reihen derer aufrückt, die als erste tatkräftig mitarbeiteten an der Beseitigung der Störungen.

Gittertransformator und Niederfrequenzverstärkung.[1])

Jedes Sendersystem, Audion, Detektor, Mikrophon, Fernleitung, Kabel usw. kann durch eine Wechselstromquelle von der EMK $\mathfrak{E}_u$ und einer inneren, oft komplexen Impedanz

$$\mathfrak{Z}_u = A_u + jB_u = Z_u e^{j\varphi_u}$$

dargestellt werden $(Z_u = \sqrt{A_u^2 + B_u^2})$.

1. Anpassung. Auf den Gittertransformator wird die Maximalleistung übertragen, wenn seine Eingangsimpedanz $\mathfrak{U}_1$ der inneren Impedanz der Stromquelle angepaßt ist. Die Anpassung ist am vollkommensten bei $\mathfrak{U}_1 = \overline{\mathfrak{Z}_u}$, worin $\overline{\mathfrak{Z}_u} = A_u - jB_u$ die zu $\mathfrak{Z}_u$ konjugierte Impedanz bezeichnet (Resonanzfall). Da aber positive B durch Induktivitäten und negative durch Kapazitäten, beide von entgegengesetzter Frequenzveränderlichkeit entstehen, würde diese Anpassung streng genommen nur für eine einzige Frequenz bestehen. Bei Zwischenverstärkern kommt daher nur die

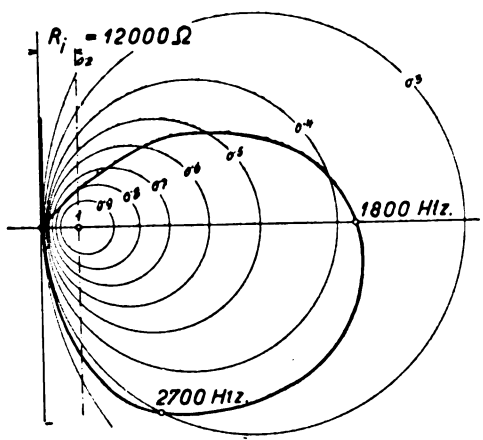


Abb. 1.

Anpassung $\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{Z}_u$ in Betracht. Beim nicht angepaßten Transformator ist die aufgenommene Leistung

$$N = \mathfrak{J}_1^2 A_1 = |\mathfrak{E}_u|^2 A_1/[(A_u + A_1)^2 + (B_u + B_1)^2] \quad . (3).$$

Bei strenger Anpassung ist $A_1 = A_u$ und $B_1 = -B_u$, also $N_{max} = |\mathfrak{E}_u|^2/4A_u$; es ist also allgemein

$$N/N_{max} = 4A_1 \cdot A_u/[(A_u + A_1)^2 + (B_u + B_1)^2] \quad . (4).$$

Trägt man die Werte $A_1 + jB_1$ in die komplexe Zahlenebene ein, so liegen alle zu einem bestimmten N/N_{max} gehörigen Werte auf Kreisen, deren Mittelpunkte auf einer im Abstande $-jB_u$ parallel zur reellen Achse gezogenen Geraden liegen. Für $N/N_{max} = p$ ist der Kreisradius $2\,(A_u/p)\sqrt{1-p}$ und die Mittelpunktabszisse $(A_u/p)\,(2-p)$. Nach Barkhausen werden vom Ohre Leistungsänderungen von 50 vH eben erst bemerkt; bleibt also die Eingangsimpedanz eines Transformators bei allen in Betracht kommenden Frequenzen innerhalb des Kreises mit $p = 0{\cdot}5$, so kann er als genügend verzerrungsfrei angesehen werden. Abb. 1 zeigt die Kurve der Eingangsimpedanz für einen bestimmten mit einer Vorröhre von $R_i = 12000\,\Omega$ verbundenen Zwischentransformator. In diesem Falle ist natürlich $-B_u = +B_u = 0$ zu setzen.

2. Güte und Wirkungsgrad des Transformators. Abb. 2 zeigt das Ersatzschema einer Verstärkerschaltung. $\mathfrak{E}_1$ und $\mathfrak{E}_2$ sind die primäre und sekundäre Klemmenspannung des Transformators. Nach den Kirchhoffschen Regeln ist

$$\mathfrak{E}_1 = \mathfrak{U}_{10}\mathfrak{J}_1 - \mathfrak{T}\mathfrak{J}_2;\ \mathfrak{E}_2 = \mathfrak{Z}_2\mathfrak{J}_2 = \mathfrak{T}\mathfrak{J}_1 - \mathfrak{U}_{20}\mathfrak{J}_2 \quad . (5).$$

Sind $\mathfrak{U}_{10}$ und $\mathfrak{U}_{20}$ der primäre und sekundäre Leerlaufwiderstand; $\mathfrak{U}_{1k}$ und $\mathfrak{U}_{2k}$ der primäre und sekundäre Kurzschlußwiderstand, ferner $\ddot{u}$ das Windungsverhältnis, so ist

$$\mathfrak{T} = \ddot{u}\,\mathfrak{U}_{10} \quad . . . . . (6),$$

$$\mathfrak{U}_{20} = \mathfrak{U}_{10} \cdot \mathfrak{U}_{2k}/\mathfrak{U}_{1k} \quad . . . . . (7),$$

$$\ddot{u} = \mathfrak{E}_{20}/\mathfrak{E}_{10} = \sqrt{\mathfrak{U}_{2k}(1/\mathfrak{U}_{1k} - 1/\mathfrak{U}_{10})} \sim \sqrt{\mathfrak{U}_{2k}/\mathfrak{U}_{1k}} \quad . (8).$$

Wird der Transformator zur „Spannungsverstärkung" verwendet, so soll die zur Erzeugung der Spannung $\mathfrak{E}_2$ aufzuwendende Leistung möglichst klein sein; man nennt das aus den obigen Gleichungen nach einigen Umformungen abgeleitete Verhältnis

$$\mathfrak{E}_2^2/\mathfrak{E}_1\mathfrak{J}_1 = G = \mathfrak{U}_{10}\ddot{u}^2\mathfrak{Z}_2^2/[\mathfrak{Z}_2^2 + (\mathfrak{U}_{20} + \mathfrak{U}_{2k})\mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{U}_{20}\mathfrak{U}_{2k}]$$

die „Güte" des Transformators. Für $\mathfrak{Z}_2 = \infty$ erhält man

$$G_0 = \mathfrak{U}_{10} \cdot \ddot{u}^2 = \eta_g\,\mathfrak{U}_{20};\ \eta_g = 1 - \mathfrak{U}_{1k}/\mathfrak{U}_{10} = 1 - \mathfrak{U}_{2k}/\mathfrak{U}_{20} \quad (12).$$

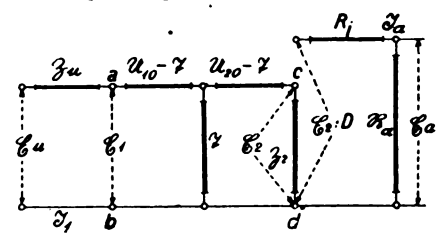


Abb. 2.

$\eta_g = \mathfrak{E}_{20}\mathfrak{J}_{20}/\mathfrak{E}_{10}\mathfrak{J}_{10}$ für $\mathfrak{E}_{20}$ = konst. nennt man den „Wirkungsgrad" des Transformators. Die Gleichung für den allgemeinen Fall kann man vereinfachen, wenn man berücksichtigt, daß $\mathfrak{U}_{2k}$ gegenüber $\mathfrak{U}_{20}$ und $\mathfrak{Z}_2$ praktisch vernachlässigt werden kann. Man erhält dann

$$G \sim \ddot{u}^2\mathfrak{U}_{10}\mathfrak{Z}_2/(\mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{U}_{20}) = \eta_g\,\mathfrak{U}_{20}\mathfrak{Z}_2/(\mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{U}_{20}) \quad . (16).$$

(Der Verfasser setzt in Gl. (12) dagegen $G_0 = \eta_g\,\ddot{u}_2\mathfrak{U}_{10}$ und in Gl. (16) statt η_g die Größe $\eta'_g = 1 - 2\,\mathfrak{U}_{2k}/\mathfrak{U}_{20}$, was aber nur auf eine unzweckmäßige Anwendung der vereinfachten Gl. (8) d. i. $\ddot{u} = \sqrt{\mathfrak{U}_{2k}/\mathfrak{U}_{1k}}$ zurückzuführen ist. D. Ber.) Der Ausdruck $\mathfrak{U}_{20}\mathfrak{Z}_2/(\mathfrak{U}_{20} + \mathfrak{Z}_2)$ stellt eine Parallelschaltung von $\mathfrak{U}_{20}$ und der meist kapazitiven Endimpedanz $\mathfrak{Z}_2$ dar. η_g beträgt bei älteren Typen 85 vH, bei

[1]) Nach einem Aufsatz von Ludwig Müller in Z. S. f. Schwachstrom- und Hochfrequenztechnik, Bd. I, H. 2 und 3, 1926/27.

Digitized by Google

neueren fast bis 99 vH. G_0 ist ein Widerstandswert zwischen 1 und 10 MΩ; es ist daher auf gute Isolation des Gitters der Nachröhre zu achten. (Diese Bedingung verliert wohl wegen der verhältnismäßig hohen scheinbaren Gitterkapazität einigermaßen an Schärfe. D. Ber.)

3. Verstärkung und Verzerrung. Da das Gitter der Nachröhre die Sekundärseite des Transformators kapazitiv belastet, kann man den Transformator auch durch folgende Schaltung ersetzen: Zwischen die Primärklemme a und die Sekundärklemme c wird eine Reihenschaltung aus den Widerständen R_1; $R_2/\ddot{u}^2$; $2\sigma R_2'/\ddot{u}^2$ und der Induktanz $2\sigma L_2/\ddot{u}^2$; zwischen den Sekundärklemmen c und d ein Zweig aus $L_2(1-2\sigma)/\ddot{u}^2$ mit $(R_2+R_2')/\ddot{u}^2$ in Reihe und ein Parallelzweig mit der Kapazität $K_2\ddot{u}^2$ eingeschaltet; die Primärklemme b wird mit der Sekundärklemme d kurzgeschlossen. Im Vorstehenden bezeichnen: R_1 und R_2 den primären und sekundären Kupferwiderstand; $R_2' = (\delta + \omega\vartheta)\omega L_2$ den von der Frequenz und Sekundärinduktivität abhängigen Eisenverlustwiderstand; L_2 die sekundäre Induktivität; $\sigma = 1 - M^2/L_1 L_2$ den Streufaktor; $2\sigma L_2$ die sekundäre Streuinduktivität; K_2 die auf die Sekundärseite bezogene Kapazität. Es folgen aus der Theorie des Resonanztransformators[1]) zwei Resonanzfrequenzen, bei welchen der zwischen a und b gemessene Widerstand rein reell wird, und zwar

$$\omega_1 = 1/\sqrt{L_2 K_2};\ \omega_2 = 1/\sqrt{2\sigma L_2 K_2} \quad . \ . \ . \ . \ (15).$$

Ferner folgt für das Verhältnis der Klemmenspannungen u die angenäherte Gleichung:

$$u = \ddot{u} \,.\, (1-\sigma)/\sqrt{(1-2\sigma\omega^2 L_2{}^1K_2)^2 + \omega^2 K_2{}^2 R^2} \quad . \ (18),$$

worin

$$R = R_2 + 2\sigma R_2' + \ddot{u}_2 R_1 (1 - \omega_1{}^2/\omega^2) \quad . \ . \ . \ (19)$$

ist. Das Umsetzungsverhältnis bleibt also durch die Resonanzfrequenz $\omega = \omega_1$ noch unbeeinflußt nahezu $u = \ddot{u}$; es tritt in diesem Punkte wie bekannt keine Resonanzspitze auf. Die Verstärkung ist durch die Verteilung der Anoden-EMK der Vorröhre auf R_l und $\mathfrak{U}_1$ gegeben; es ist also

$$V_e = \mathfrak{E}_{g_2}/\mathfrak{E}_{g_1} = (\ddot{u}/D) \,.\, \mathfrak{U}_1/(\mathfrak{U}_1 + R_l) \quad . \ . \ . \ (20);$$

ist $R_l \ll \mathfrak{U}_1$, so ist $V_e \sim \ddot{u}/D = \text{konst.}$ (Der genaue Wert für die Verstärkung ist

$$V_e = (\ddot{u}/D) \,.\, \mathfrak{Z}_2/[(1 + R_l/\mathfrak{U}_{10}) \,.\, (\mathfrak{U}_{20} + \mathfrak{Z}_2) - \eta_g \mathfrak{U}_{20}],$$

und nur, wenn man $\mathfrak{Z}_2 = \infty$ setzt, erhält man die Gl. (20); des Verfassers. Der Ber.) Die Bedingung für konstante Verstärkung ist also möglichste Nichtanpassung, das heißt die Verwendung von Vorröhren mit einem gegenüber $\mathfrak{U}_1$ geringem inneren Widerstande R_l. Abb. 3 zeigt den Verlauf der Größe $D \,.\, V_e$ nach Gl. (20) für einen bestimmten Transformator, dessen $\ddot{u}$ und $\mathfrak{U}_{10}$ angegeben wird, mit einer Vorröhre von $R_l = 1000\,\Omega$ oder $R_l = 10\,000\,\Omega$. Ein kleines Verhältnis $R_l/\mathfrak{U}_1$ ist sowohl für die Verzerrungsfreiheit als auch für die Höhe der Verstärkung günstig. Eine Änderung des Windungsverhältnisses $\ddot{u}$ wirkt jedoch auf den ersten der beiden Faktoren im entgegengesetzten Sinne wie auf den zweiten. Differenziert man V_e nach $\ddot{u}$, so verschwindet der Differenzialquotient im Maximum von V_e für $\ddot{u}_{opt} = \sqrt{\mathfrak{U}_{20}/R_l}$. (Auch diese Beziehung gilt nur für $\mathfrak{Z}_2 = \infty$; allgemeiner ist $\ddot{u}_{opt} = \sqrt{G/R_l}$. Der Ber.) Die Nichtanpassung erfolgt stets durch wesentliche Erniedrigung von $\ddot{u}$ unter $\ddot{u}_{opt}$.

4. Die Leistungsverstärkung. Die Verstärker können nach zwei verschiedenen Gesichtspunkten gebaut werden. a) Verzerrungsfreier Verstärker. Das Verhältnis der an einen gegebenen Verbrauchswiderstand $\mathfrak{R}_a$ (Abb. 2) abgegebenen Leistung N_a zur Leistung N_1 an den Eingangsklemmen $a - b$ soll im gesamten Tonbereich unabhängig von der Frequenz sein. b) Entzerrender Verstärker. Das Verhältnis der verstärkten Leistung N_a zur gesamten Leistung N_u der unverstärkten EMK $\mathfrak{E}_u$, die als getreues elektrisches Abbild der Schalleistung betrachtet wird, soll unabhängig von der Frequenz sein. Ein solcher Verstärker soll Verzerrungen der EMK, die infolge der Frequenzabhängigkeit von $\mathfrak{Z}_u$ (zum Beispiel einer Fernleitung) auftreten, ausgleichen. Es ist

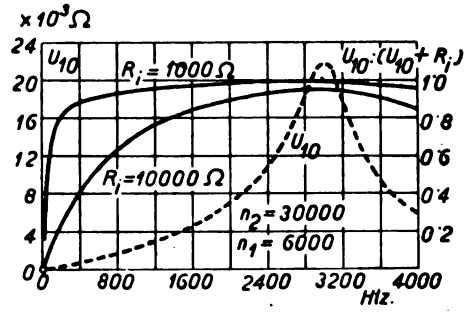


Abb. 3.

a) $N_1 = \mathfrak{E}_1 \mathfrak{J}_1 = |\mathfrak{J}_1|^2 A_1 = |\mathfrak{E}_1|^2 A_1/|\mathfrak{U}_1|^2 \quad . \ . \ . \ (26),$

$$N_a = |\mathfrak{E}_a|^2 A_a/|\mathfrak{R}_a|^2 \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ (27).$$

Als Verstärkung wird $a = \sqrt{N_a/N_1}$ bezeichnet; sie kann in dieser Form als negative Dämpfung gelten. Mit $\mathfrak{E}_a/\mathfrak{E}_1 = \ddot{u} \,.\, \mathfrak{R}_a/D\,(\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_l)$ erhält man

$$a = \ddot{u} \,.\, |\mathfrak{U}_1| \,.\, \sqrt{A_a/A_1}/D\,(|\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_l|) \quad . \ . \ . \ (29).$$

(Genauer wäre $\mathfrak{E}_a/\mathfrak{E}_1 = \ddot{u} \,.\, \mathfrak{R}_a \mathfrak{Z}_2/D\,(R_a + R_l) \,.\, (\mathfrak{Z}_2 + (1-\eta_g)\,\mathfrak{U}_{20})$. Der Ber.)

Die Verzerrungsfreiheit wäre dann durch die Konstanz von $|\mathfrak{U}_1|\sqrt{A_a/A_1}/(R_a + R_l)$ bedingt. Diese Bedingung ist nicht streng erfüllbar; man wird sich begnügen müssen, Abweichungen, welche die Grenzen der Ohrempfindlichkeit, das ist ± 25 vH überschreiten, zu vermeiden. b) Analog ergibt sich für entzerrende Verstärker die Bedingung $|\mathfrak{U}_1| \,.\, \sqrt{A_a/(A_1 + A_a)}/(|\mathfrak{R}_a + R_l|) = \text{konst.}$, die für $A_a \ll A_1$ in die Bedingung für Verzerrungsfreiheit unter a) übergeht. Es empfiehlt sich also, einen Verstärker, der unter verschiedenen Sendeverhältnissen arbeiten soll, mit möglichst großem Eingangswiderstand auszustatten und verzerrungsfrei auszubilden. R. H.

[1]) Benischke, Wissensch. Grundlagen der Elektrotechnik.

Rundschau.

Arcolette, der Ortsempfänger der Firma Telefunken, ist ein Dreiröhren-Empfänger mit Widerstandsverstärkung. Durch eine zweckmäßige Bemessung der Kopplungselemente wird eine einwandfreie Wiedergabe in allen Tonlagen erzielt.

Für die ersten zwei Stufen werden Röhren der Type RE 052 bezw. RE 054, in der letzten Stufe eine Lautsprecherröhre der Type RE 052 bezw. RE 154, je nach der Verwendung einer 2 bezw. einer 4 V Batterie verwendet.

Die Schaltung des Empfängers ist in der Abb. 1 dargestellt. Nach dieser kann die Arcolette zunächst als reiner Niederfrequenzverstärker mit Widerstandskopplung verwendet werden, oder als Ortsempfänger, wenn an die erste Röhre ein Abstimmzusatz angeschlossen wird (vgl. Abb. 2). Dieser besteht aus einer Variometerspule und zwei Blockkondensatoren,

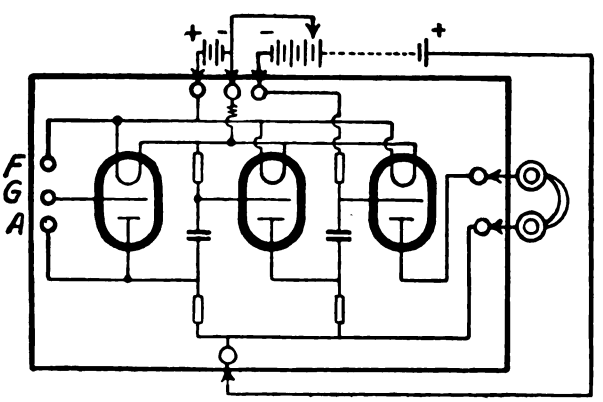


Abb. 1.

Digitized by Google

die eine Grobabstimmung des Wellenbereiches und die wahlweise Anwendung der Kurz-Lang-Schaltung ermöglichen, je nach Anschluß an zwei der drei vor-

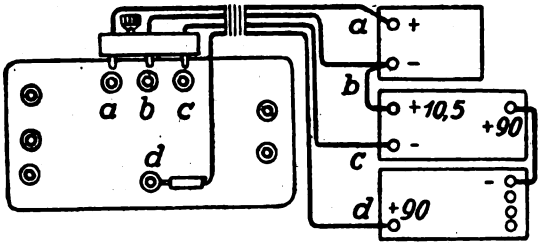


Abb. 2.

handenen Klemmen (vgl. Abb. 3). In dem Abstimmzusatz sind auch ein Blockkondensator und ein Ableitwiderstand eingebaut, hiedurch wird die erste Röhre als Audion geschaltet.

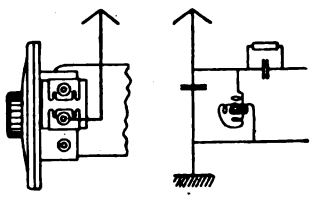


Abb. 3.

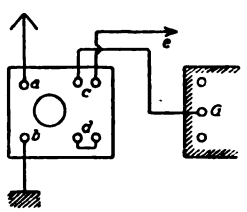


Abb. 4.

An Stelle des Abstimmzusatzes kann auch jeder beliebige Abstimmkreis verwendet werden, wie dies zum Beispiel in der Abb. 4 für einen Detektorempfänger gezeigt ist. Die Schaltung des Empfängers ermöglicht auch die Anwendung einer Rückkopplung, wie dies in

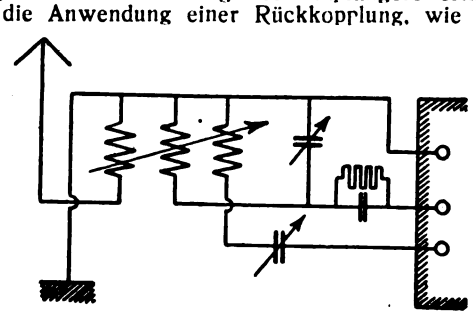


Abb. 5.

der Abb. 5 angedeutet ist. Der konstruktive Aufbau des Apparates ist sehr gedrungen, so daß er sich auch als kompletter Verstärker in verschiedene Mehrröhrengeräte einbauen läßt. Der einfache mechanische Aufbau des Gerätes gestattet eine serienmäßige Fabrikation von großer Tagesleistung. F. M.

Resonanzerscheinungen in Telephonie-Transformatoren untersucht J. Greiner. Die Verzerrung durch Resonanz macht sich besonders bei höheren Umsetzungsverhältnissen, z. B. von der Ordnung 4 oder 5 bemerklich. Für diese Fälle kann das Transformationssystem ersetzt werden durch: 1. einen streuungslosen Transformator mit der primären Induktanz L_1 und der sekundären L_2; 2. einen Widerstand R_1 auf der Primärseite und R_2 auf der Sekundärseite; 3. die primäre und sekundäre Streuinduktanz l_1 und l_2 und 4. eine die Sekundärklemmen überbrückende Sekundärkapazität C_2. Sind I_1 und I_2 die Ströme in beiden Wicklungen, U_1 und U_2 die entsprechenden Klemmenspannungen, E die induzierte Primär-EMK im streuungslosen Transformator und n dessen Windungsverhältnis, so ist

$$U_1 = E + R_1 I_1 + j l_1 \omega I_1 \quad \ldots\ldots (1),$$
$$nE = U_2 + R_2 I_2 + j l_2 \omega I_2 \quad \ldots\ldots (2),$$
$$I_2 = j U_2 C_2 \omega \quad \ldots\ldots (3).$$

Minimum des Primärstromes. Soll $I_1 \equiv 0$ sein, so ist E lediglich auf die Änderung des Stromes I_2 zurückzuführen; es ist also $nE = -j L_2 \omega I_2$, und in Verbindung mit (2) und (3), wenn $R_2 \equiv 0$ gesetzt wird

$$(L_2 + l_2) C_2 \omega^2 = 1 \quad \ldots\ldots (4).$$

Der Transformator wirkt in diesem Falle als Sperrkreis; auf der Sekundärseite besteht keine Überspannung und das Spannungsverhältnis ist n, wie im vollkommenen Transformator. Ist $R_2 > 0$, so wird im Sekundärkreis vom Primärkreise zu liefernde Energie verbraucht; I_1 ist nicht Null, erreicht aber ein Minimum; Primärstreuung und -widerstand kommen zur Wirkung und setzen das Spannungsverhältnis etwas herab.

Maximum des Primärstromes. Bei belastetem Transformator ist $I_1 = n I_2$. Eliminiert man hieraus I_1 und I_2 mittels (1) und (2), so erhält man

$$nU_1 = U_2 [1 - C_2 \omega^2 (l_2 + n^2 l_1) + j C_2 \omega (R_2 + n^2 R_1)] \ldots (5).$$

Es besteht Resonanz für $C_2 (l_2 + n^2 l_1) \omega^2 = 1$ und durch die Gleichung $U_2/n\, U_1 = 1/C_2 \omega (R_2 + n^2 R_1)$ wird eine Überspannung auf der Sekundärseite angezeigt, wenn $R_2 + n^2 R_1$ nicht zu groß ist. Zur Prüfung dieser Ergebnisse genügt die Feststellung des Spannungsverhältnisses mittels eines Röhrenvoltmeters, das man nacheinander an die Primär- und Sekundärklemmen des Transformators anlegt und dessen gleichgerichteten Anodenstrom man mißt. Der Apparat wird mit niedriger Frequenz und bekannter Spannung geeicht. Als Stromquelle dient ein gewöhnlicher Röhrenoszillator mit stufenweise veränderlicher Kapazität im Anodenschwingungskreise, als Frequenzmesser eine Wheatstonesche Brückenschaltung, in deren Diagonale 1,3 statt der Batterie eine Kopplungsspule eingeschaltet war, während die Diagonale 2,4 ein Telephon enthielt. Die Zweige 1,2 und 1,4 enthielten Ohmsche Widerstände; der Zweig 2,3 einen Kondensator C in Reihe mit einem Widerstand R und der Zweig 3,4 einen Kondensator C' parallel zu einem Widerstande R'. Bei passender Einstellung der reinen Widerstandszweige schweigt das Telephon, wenn in 2,3 und 3,4 dieselbe Phasenverschiebung besteht, in welchem Falle $1/CR\,\omega = C'R'\,\omega$ oder $\omega = 1/\sqrt{CC'RR'}$ ist. Hinsichtlich der Empfindlichkeit sollen C und C' annähernd gleich und $CR\,\omega$ wie $C'R'\,\omega$ nahe gleich eins sein. Bei niedrigen Frequenzen passen Widerstandskästen für 1000 Ohm und Kapazitätskästen für 1 μF; bei höheren Frequenzen solche von 200 Ohm bzw. 0·1 μF. Als Röhrenvoltmeter diente eine Doppelgitterröhre, deren Außengitter mit negativer Vorspannung an das zu messende Potential; deren Innengitter und Anode dagegen, durch ein Milliamperemeter mit einander verbunden, an dieselbe, sehr geringe positive Anodenspannung angelegt wurden.

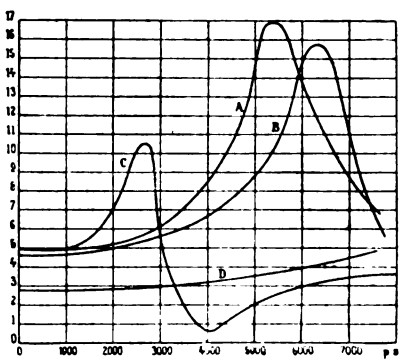


Abb. 6.

Ein zweites Milliamperemeter vor dem Außengitter darf keinen Strom anzeigen. Durch passende Wahl beider Vorspannungen kann man leicht auf den zur Gleichrichtung geeigneten Punkt der Charakteristik einstellen. Die Kathode wird an Erde gelegt und das Ganze mit Rücksicht auf geringe Erdkapazität aufgestellt. Der Primärkreis des zu prüfenden Transformators wird über einen, den inneren Widerstand der Vorröhre ersetzenden Widerstand R_1' an eine Kopplungsspule gelegt, die vom Oszillator induziert wird. Bei der Messung der Primärspannung ist der Sekundärkreis offen; bei der Messung der Sekundärspannung ist die Gitterkapazität der Nachröhre durch die Gitterkapazität des Röhrenvoltmeters ersetzt (Also nicht ganz dieselben Bedingungen, wie bei der praktischen Verwendung. D. Ber.). Abb. 6 zeigt als Ordinaten die Spannungsverhältnisse bei $R_1' = 0$ für vier Transformatoren

Digitized by Google

A, B, C und D mit den Frequenzen in Hertz als Abszissen. Die meisten praktisch verwendeten Transformatoren entsprechen den Mustern A und B mit $n = 5$ und dem 2. Resonanzpunkt bei etwa 6000 Hertz, sowie D mit $n = 3$ und dem zweiten Resonanzpunkt bei noch höheren Frequenzen; C ist ein Ausnahmsfall mit fraktionierten Wicklungen. Schaltet man stufenweise immer höhere Widerstände R_1' ein, so wird daß Spannungsverhältnis sowohl bei den niedrigsten Frequenzen, als auch im 2. Resonanzpunkte immer mehr erniedrigt; bei einem bestimmten Widerstande, z. B. für den Transformator A bei $R_1' = 5000$ Ohm erhält man ein, mit Ausnahme der niedrigsten Frequenzen über einen großen Frequenzbereich ziemlich konstantes Spannungsverhältnis; dieser Betrag von R_1' entspricht offenbar dem inneren Widerstande der zum Transformator passenden Vorröhre. Sekundärbelastung durch eine Kapazität von 0·1 bis 5 mμF erniedrigt die 2. Resonanzfrequenz; solche durch einen Ohmschen Widerstand von 100 000 bis 300 000 Ohm erniedrigt ziemlich gleichmäßig das Spannungsverhältnis. Das Spannungsverhältnis im 1. Resonanzpunkte liefert den Verlustwiderstand des Transformators bei dieser Frequenz. Ist dieses Verhältnis v_1, so ist der Verlustwiderstand, bezogen auf die Primärseite $R'' = R_1' \cdot v_1/(n - v_1)$, was für Transformator A bei $R_1 = 20\,000$, $n = 4{\cdot}95$ und $v_1 = 4{\cdot}20$ einen Verlustwiderstand von 115 000 Ohm, also eine gegenüber den sonst vorkommenden Widerständen nicht ganz zu vernachlässigende Größe ergibt. Im 2. Resonanzpunkte erhält man aus den Umsetzungsverhältnissen bei verschiedenen Widerständen R_1' die Größe $R_2 + n^2 R_1$; Gleichung (6) liefert C_2, und führt man diesen Wert schließlich in (5) und (4) ein, so erhält man $l_2 + n^2 l_1$ und $L_2 + l_2$; jedoch wegen der verteilten Spulenkapazität nur näherungsweise. Trägt man nämlich nU_1/U_2 als Ordinaten zu R_1' als Abszissen auf, so erhält man aus den Messungen in Übereinstimmung mit der Theorie eine gerade Linie, die beim Transformator A die Abszisse bei $R_1' = -1800$ Ohm schneidet. Der Eigenwiderstand des Transformators müßte also $R_2 + n_2 R_1 = 1800$ Ohm sein, während die Gleichstrommessung $R_1 = 650$ Ohm; $R_2 = 5200$ Ohm bei $n = 5$ liefert. Es kann also im Resonanzfalle nicht in allen Punkten der Wicklungen dieselbe Stromstärke herrschen.

R. H.

(Revue gen. de l'Electricité, Bd. 20, Nr. 22, 1926.)

Beiträge zu Schallfeldmessungen liefert Ferdinand Trendelenburg. Da man jeden Klang in einfache Sinusschwingungen zerlegen kann, genügt es, die Beziehung zwischen Druck- und Geschwindigkeitsamplitude für eine solche einfache Schwingung aufzustellen. Wird die die Elongation a eines Luftteilchens in einer ebenen Welle durch $a = a' \sin \omega t$ dargestellt, so ist die Geschwindigkeitsamplitude $u' = \omega a'$ und die Druckamplitude $p' = a' \omega \varrho v$ (ϱ = Dichte der Luft, v = Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles); somit ist $p'/u' = \varrho \cdot v$. Bei Kugelwellen kommt die Entfernung r von der punktförmigen Schallquelle in einem Korrektionsgliede zur Wirkung, das bei großen r verschwindet; es ist

$$p'/u' = \varrho \cdot v/\sqrt{1 + (\lambda/2\pi r)^2}.$$

Die Schallintensität wird durch die der Geschwindigkeitsamplitude u' entsprechende kinetische Energie je Volumeinheit, also $\varrho u'^2/2$, multipliziert mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit v, somit durch die in der Zeiteinheit die Flächeneinheit passierende Energie

$$J = \varrho v u'^2/2$$

definiert. Das auf die Rayleighsche Scheibe[1]), das ist ein leichtes, an einem feinen Faden aufgehängtes Scheibchen, welches unter 45° zur Schallrichtung eingestellt wird, wirkende, durch eine Spiegelablesung meßbare Drehmoment M ist durch die Formel $M = k \cdot u'^2$ bestimmt, worin k eine vom Radius und der Dicke der Scheibe abhängige Apparatkonstante bezeichnet. Es ist dann

$$p' = \sqrt{M/k} \cdot \varrho v/\sqrt{1 + (\lambda/2\pi r)^2}; \quad J = \varrho v \cdot M/2k.$$

Die Bestimmung der mechanischen Schallintensität ist also nicht auf einfache Sinuswellen beschränkt, wohl aber die Bestimmung der Druckamplitude; man hat sich daher bei letzterer oft des Hilfsmittels der Resonatoren bedient, die jedoch besonders bei Untersuchungen in einem großen Frequenzbereiche durch ihre verschiedene Kopplung und Dämpfung Schwierigkeiten bereiten. Außer der Rayleighschen Scheibe kommt noch das Kompensationsverfahren von E. Gerlach[1]) mit Hilfe eines dem zu messenden Schalle ausgesetzten Bändchenmikrophons[2]) in Betracht, dessen Schwingungen durch einen Hilfsstrom von der Frequenz des Schalles nach Amplituden und Phase vollständig kompensiert werden. Die Kompensation kann mittels eines Hörschlauches oder einer elektrischen Brückenschaltung mit einem Verstärker beobachtet werden; im letzteren Falle kann man die Messung auf eine beliebige herausgesiebte Frequenz beschränken. Das Verfahren ist zeitraubender als das mit der Rayleighscheibe, aber auch genauer. Die Methoden zur Aufzeichnung von Schallvorgängen bedienen sich meist elektrischer Schallempfänger, zum Beispiel des Kondensatormikrophons; sie wurden in einer früheren Arbeit[3]) beschrieben. Bei den nachstehend beschriebenen Versuchen wurde ebenfalls ein Kondensatormikrophon verwendet, das durch Verringerung des Luftpolstervolums auf eine möglichst hoch über dem zu untersuchenden Frequenzbereich liegende Eigenschwingung abgestimmt war. Zuerst wurde die Eichung des Mikrophons bei verschiedenen Volumen des Luftpolsters mittels eines in das letztere eingebauten Thermophons[4]) versucht. Die vom Thermophon im Luftpolster erzeugten Druckschwankungen folgen bei $\omega = 2500$ und darüber der Formel

$$p' = k_{Th} \cdot R \cdot i^2_{\text{eff}}/\omega^{3/2}.$$

(k_{Th} = Thermophonkonstante, R = Widerstand der Thermophonfolie, i = Erregerstrom). Nach der Theorie des Kondensatormikrophons ist die Direktionskraft D des Luftpolsters durch $D = \varkappa F^2 \cdot p_0/v_0$ (F = Membranfläche, v_0 = Luftvolumen hinter der Membran, p_0 = Atmosphärendruck und $\varkappa = c_p/c_v = 1{\cdot}4$) gegeben. Hiemit und mit dem Gewichte des schwingenden Systems kann man die Eigenfrequenzen rechnen, die mit den bei der

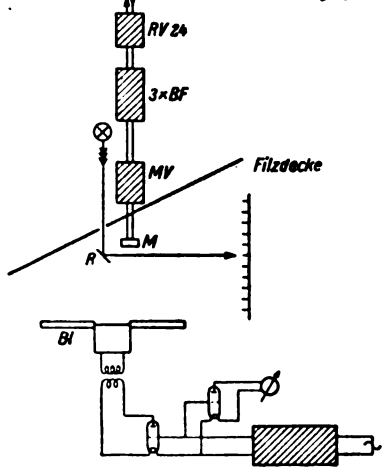


Abb. 7.

Eichung erhaltenen Resonanzspitzen übereinstimmen. Eine weitere Eichung des Mikrophons wurde nach der in Abb. 7 dargestellten Methode vorgenommen. Als Schallquelle diente ein durch einen Röhrenoszillator erregter Blatthaller[5]) Bl; als Empfänger eine aus einem kleinen Glasspiegelchen von 3 × 3 cm bestehende, an einem feinen Quarzfaden hängende Rayleighscheibe R und daneben das Kondensatormikrophon M, dessen

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Heft 1, S. 7.

[1]) Wiss. Veröff. a. d. Siemes-Konzern, Bd. 3, Heft 1, S. 139, 1923.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1924, S. 343.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 169.

[4]) Phys. Review, Bd. 10, S. 39, 1917.

[5]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Heft 2, S. 20.

Digitized by Google

Abmessungen waren: Außendurchmesser = 7 cm, Durchmesser der Öffnung vor der Membran = 2·5 cm, Membrandurchmesser = 3 cm, Volumen des Luftpolsters = 0·81 cm³. Das Mikrophon arbeitete über eine Verstärkeranordnung auf eine Röhre RV 24, in deren Anodenkreis eine hochabgestimmte Oszillographenschleife lag. Die Frequenz-Amplitudenkurve der Oszillographenschleife bezogen auf gleiche Eingangsenergie war für sich festgestellt worden; sie verlief über logarithmischen Abszissen von niedrigen Frequenzen zu höheren anfänglich schwach, erst von 2500 Hertz an rascher zu einem mäßigen Maximum zwischen 4000 und 5000 Hertz ansteigend und dann ziemlich rasch wieder abfallend. Die Amplituden des Kondensatormikrophons zeigten sich bei konstanter Frequenz sehr genau dem Schalldruck p' proportional. Seine Frequenz-Amplitudenkurve zeigte über logarithmischen Abszissen bei 200 Hertz ein flaches Maximum, dann langsamen Abfall bis 3000 Hertz sodann Wiederanstieg bis 4000 Hertz und schließlich einen mit steigender Frequenz beschleunigten Abfall bis an die Beobachtungsgrenze von 8000 Hertz. Das flache Maximum bei 200 Hertz wird darauf zurückgeführt, daß bei niedrigen Frequenzen die Abkühlung des dünnen Luftpolsters das Zustandekommen von adiabatischer Druckänderung verhindert, daher $\varkappa$ nicht = 1·4, sondern = 1 zu setzen ist. Der Abfall unter 150 Hertz wird dem unberücksichtigt gebliebenen Korrektionsgliede $\sqrt{1 + (\lambda/2\pi r)^2}$ zugeschrieben. Mit dem geeichten Kondensatormikrophon wurde nun die Frequenz-Schalldruckkurve von zwei Blatthallern; der erste mit 53 × 53 cm Pertinaxmembran und der zweite mit 18 × 24 cm Duraluminmembran aufgenommen. Die beiden Kurven zeigen über logarithmischen Abszissen im allgemeinen sehr ähnlichen welligen Verlauf, und zwar von niedrigen Frequenzen bis etwa 800 Hertz langsam ansteigend, von da an wieder sehr schwach abfallend bis 3000 Hertz; erst von da an zeigt sich ein charakteristischer Unterschied: während sich nämlich beim zweiten der schwache Abfall bis 8000 Herz fortsetzt, läßt der erste bei etwa 5000 Hertz eine sehr hohe Resonanzspitze erkennen. Aus den mit demselben Kondensatormikrophon aufgenommenen Kurven über die räumliche Intensitätsverteilung der beiden Blatthaller ergibt sich unter anderem, daß der Schallstrahl umso schmäler wird, je höher die Frequenz steigt. R. H.

(Wissensch. Veröff. a. d. Siemenskonzern, Bd. 5, Heft 2, Aug. 1926.)

Patentbericht.

Elektronenröhren.

Eine Erfindung der Philips' Gloeilampenfabriecken in Eindhoven ermöglicht es, unedle Metalle als Träger der Oxydschichte an der Kathode zu verwenden. Es wird hiezu ein Metallkörper an der Oberfläche oxydiert und dann Erdalkalimetalle mit ihm derart in Berührung gebracht, daß an der Oberfläche des Körpers Erdalkalioxyde entstehen. Zweckmäßig wird als Kern ein unedles Metall verwendet, das einen nicht zu niedrigen Schmelzpunkt hat, zum Beispiel Wolfram, Molybdän, Nickel oder dergleichen. Die Erdalkalimetalle können auf verschiedene Weise mit dem oxydierten Körper in Verbindung gebracht werden. Es kann zum Beispiel eine leicht zersetzbare Verbindung, wie Bariumazid ($Ba N_6$) auf den Kern aufgebracht werden; dieses zerfällt beim Erhitzen in Bariumnitrid, Barium und Stickstoff. Das in dieser Weise frei werdende Barium wird wahrscheinlich von der Oxydschicht des Kernes oxydiert und festgehalten. Man kann aber auch den oxydierten Körper mit einem Erdalkalimetalldampf umgeben, aus dem sich dann das Erdalkali auf dem Kern als Oxyd absetzt. (Ö. P. Nr. 105874.)

Eine andere Glühkathode dieser Firma enthält an der Oberfläche Titannitrid, Zirkonnitrid oder Hafniumnitrid. Zu ihrer Herstellung wird in einer Atmosphäre, die einen reduzierenden Stoff, Stickstoff und eine oder mehrere dissoziierbare Titan-Zirkon- oder Hafniumverbindungen in dampfförmigem Zustand enthält, ein Körper auf solche Temperatur erhitzt, daß sich auf dessen Oberfläche ein Niederschlag der genannten Stoffe als Nitrid bildet. Als dissoziierbare Verbindungen kommen vor allem die Chloride, als reduzierender Stoff Alkalidampf oder Wasserstoff in Betracht. (Ö. P. Nr. 102528.)

Bei Energieröhren mit Kathoden aus Oxyden alkalischer Erden treten erhebliche Schwierigkeiten aus dem Grunde ein, weil die Oxyde vom Glühfaden verdampfen und sich auf dem Gitter absetzen; das Vorhandensein von Oxyden alkalischer Erden auf dem Gitter bewirkt nämlich, daß letzteres unter Elektronenbombardement zu einer sekundären Quelle von Elektronen wird und unter gewissen Umständen wird die Aussendung von Sekundärelektronen so groß, daß die normale Arbeit der Röhre verhindert wird. Zur Vermeidung dieses Übelstandes wird nach einer Erfindung der International Western Electr. Co. in Delaware (V. St. A.) ein aus oxydiertem Metall bestehendes Gitter vorgesehen, das als einen seiner Bestandteile ein Metall enthält, dessen Oxyd mit Oxyden alkalischer Erden stabile Verbindungen bildet. So kann zum Beispiel eine Nickel-Chromlegierung als Gittermaterial verwendet werden, wobei sich dann das Chromoxyd mit den darauf abgesetzten Oxyden der alkalischen Erden zu Chromit verbindet, das keine so starke Elektronenmission ergibt. (Ö. P. Nr. 103618.)

Eine Erfindung der Firma Philips' Gloeilampenfabriecken in Eindhoven bezieht sich auf ein Verfahren zur Auslösung einer sekundären Elektronenemission in Entladungsröhren und bezweckt die Emission sekundärer Elektronen zu erleichtern. Dabei wird ein Strom primärer Elektronen gegen eine Fläche geleitet, die einen Stoff enthält, dessen Richardsonsche Konstante kleiner ist als 3 V; solche Stoffe sind zum Beispiel Alkalimetalle, die Erdalkalimetalle, Magnesium, Beryllium, Titanium, Scandium, ferner viele Metallverbindungen, wie zum Beispiel Kupferoxyd und die Oxyde der Erdalkalimetalle. (D. R. P. Nr. 437793.)

Elektronenröhren, in welche eine verdampfbare, elektropositive Substanz eingeführt wird, sind bekannt. Nach einer Erfindung der International General Electric Comp. in New York besteht diese verdampfbare Substanz aus Cäsium, das in die Entladungsröhre nach weitgehender Entlüftung eingeführt wird. Das Cäsium erhöht die Elektronenemission der Glühkathode bedeutend und ruft, wenn sein Dampfdruck genügend hoch ist, eine merkliche Ionisation hervor, welche die Raumladung in der Röhre herabsetzt. (D. R. P. Nr. 437549.)

Nach einem bekannten Verfahren wird eine Glühkathode dadurch hergestellt, daß man die Elektronen emittierenden Stoffe mit einem hochmolekularem Kohlenwasserstoff, beispielsweise Paraffin oder Kolophonium mischt und diese Mischung auf einem Substanzträger wie Platin- oder Platiniridiumfaden aufträgt. Um die nötige Gleichmäßigkeit der Fadenbelegung zu erlangen wird nach einer Erfindung der Firma Süddeutsche Telefon-Apparate, Kabel- und Drahtwerke A.-G. in Nürnberg das Bindemittel (Harz) wie auch die Elektronen emittierende Substanz fein gesiebt und dann mit einander innig gemischt; sodann wird das Gemisch erwärmt und zusammengeschmolzen und mit der so entstandenen Masse der Trägerfaden bestrichen. (D. R. P. Nr. 434670.)

Nach einer Erfindung der gleichen Firma wird als Trägermaterial für Oxydkathoden ein aus zwei oder mehreren miteinander verdrillten Drähten bestehender Leiter verwendet, wodurch nicht nur eine Vergrößerung der Oberfläche, sondern auch ein besseres Haften des Oxydes erzielt werden soll. (D. R. P. Nr. 431623.)

Von C. Reisinger in Wien wurde eine Elektronenröhre angegeben, bei der die Kathode durch ein Röhrchen aus schwer schmelzbarem Metall gebildet ist, das den Glasballon der Röhre durchquert, und in diesem beiderseits luftdicht befestigt ist. Die Heizung erfolgt durch einen in das Röhrchen gesteckten Heizwiderstand oder dgl. (Ö. P. Nr. 105581.)

Digitized by Google

Um die Charakteristik einer Magnetronröhre etwas zu verflachen wird nach einer Erfindung der Siemens & Halske A.-G. der Anode in ihren einzelnen Teilen ein verschiedener Abstand von der Kathode gegeben, etwa durch eine elliptische Form der Anode. (Ö. P. Nr. 105873.)

Gemäß einer Erfindung der Philips Gloeilampenfabriecken in Eindhoven werden in einer Röhre aus Magnesium bestehende Körper angebracht und während oder nach der Entlüftung der Röhre derart erhitzt, daß das Magnesium verdampft oder zerstäubt und diese Zerstäubung wird so eingerichtet, daß sich das Magnesium in der Nähe der zur Stromdurchführung durch die Wand dienenden Leiter absetzt und einen mit diesen Leitern in Kontakt stehenden Belag bildet; dieser Belag stellt dann eine Magnesiumelektrode dar. (Ö. P. Nr. 104983.)

Bei den gebräuchlichen Elektronenröhren werden die Elektrodenträger und Stromzuführungen auf Drähten gehalten und es ist schwierig diese Drahtgerüste genau so herzustellen, daß sie einander bei allen zu erzeugenden Röhren genau gleich sind, abgesehen davon daß die Formgebung dieser Gerüste überhaupt sehr umständlich ist. Gemäß einer Erfindung von Ing. Rich. Martinek und Ing. V. H. Wohl in Wien werden die Elektrodenträger gegebenenfalls samt der Anode aus einem Stück Blech aus Nickel oder einem anderen geeigneten Metall ausgestanzt, nach dem dieses Blech mit einer Anzahl von Zacken, die mindestens

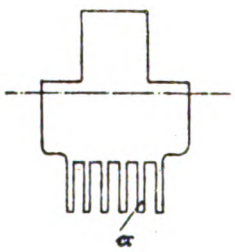


Abb. 1.

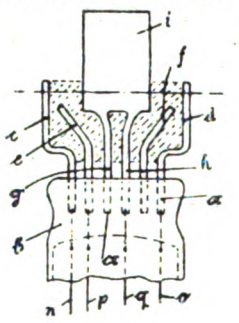


Abb. 2.

der der erforderlichen Stromanschlüsse entspricht, in das Glasfüßchen eingeschmolzen worden ist. Abb. 1 zeigt das Blech mit den ausgestanzten Zacken *a*, die in den Glasfuß *b* (Abb. 2) eingeschmolzen werden. Beim Ausschneiden der gestrichelten Blechteile bleiben die Streifen *c* bis *h* als Fortsetzung der Zacken *a* und die Platte *i*. Die Streifen *c*, *d* halten die Kathode, *e*, *f* das Gitter, *g*, *h* die Anode, durch Einrollen von Platte *i* gebildet. (Ö. P. Nr. 103182.)

(Schluß folgt.)

Literaturberichte.

3460 **Sicherheitsvorschriften für Radioanlagen in den Vereinigten Staaten von Amerika.** Handbuch Nr. 9 des Bureau of Standards, V. St. A. Goverment Printing Office, Washington 1926.

Das vorliegende Vorschriftenheft erscheint als fünfter Teil des amerikanischen „National Electrical Safety Code" und umfaßt die Abschnitte 50 bis 59 mit den Vorschriften Nr. 500 bis 592. Die Abschnitte betreffen: 50. Geltungsbereich; 51. Einteilung der Radioanlagen; 52. Antennen- und Gegengewichtsanlagen; 53. Antennenzuleitungen; 54. Konstruktion der Gebäudeeinführungen; 55. Schutz- und Betriebserdleitungen; 56. Erdanschlüsse; 57. Schutzvorkehrungen gegen atmosphärische Entladungen; 58. Anschluß an Starkstromnetze; 59. Batterien.

Die Radioanlagen werden in Empfangsstationen, ferner in Sendestationen von niedriger, mittlerer und hoher Leistung eingeteilt. Die niedrige Leistung ist auf Leistungen unter 100 W und Spannungen unter 400 V beschränkt; die hohe Leistung beginnt bei Leistungen über 1 kW oder Spannungen über 2000 V; alle dazwischen liegenden Anlagen werden zur mittleren Leistung gerechnet. Die Antennen für Empfänger und für Sender niedriger Leistung fallen im allgemeinen unter die Schwachstromvorschriften, jene für Sender mittlerer und hoher Leistung unter die Vorschriften für Starkstromanlagen. Es werden bestimmte Drahtstärken, Spannweiten und Höhen über dem Boden sowie Abstände von anderen Leitungen und brennbaren Stoffen vorgeschrieben. Kreuzungen über Bahnstrecken, mit Stark- oder Schwachstromleitungen sowie Parallelführungen über solchen Leitungen sollen tunlichst vermieden werden; in unvermeidlichen Fällen sind besondere Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Bei den Antennenzuleitungen dürfen gewisse Drahtstärken nicht unterschritten werden; für die Gebäudeeinführungen wird die Beschaffenheit der Isolation bestimmt. Ebenso wird die Beschaffenheit der Erdleitungen sowie der Erdschalter und Blitzschutzeinrichtungen eingehend geregelt. Dagegen wird hinsichtlich der Verbindung von Starkstromnetzen mit Radioanlagen nur bestimmt, daß letztere den Starkstromvorschriften für ortsfeste oder tragbare Zubehörteile, Hilfsmittel und Vorrichtungen (N. E. S. Code, sect. 37) entsprechen müssen.

Dr. Richard Hiecke.

3516 **Aussendung und Empfang elektrischer Wellen.** Von Prof. Dr. Ing. Reinhold Rüdenberg. VIII, 65 Seiten mit 46 Abb. Verlag Jul. Springer, Berlin 1926. Preis Mk. 3·90.

Der Verfasser beschäftigt sich hier nicht mit den verschiedenen Sende- und Empfangsschaltungen, sondern beschränkt sich auf die Besprechung der Wechselwirkungen der Ströme und Spannungen in den Stationen mit den zwischen ihnen verlaufenden elektromagnetischen Wellen. An Hand einfacher mathematischer Überlegungen werden die Zusammenhänge in überaus klarer und anschaulicher Weise erläutert. Trotz der kurzen Fassung verliert die Darstellung nie ihre Klarheit. Besonders lehrreich ist der dritte Abschnitt über den Empfang elektrischer Wellen. Die Verhältnisse bei einem Rückkopplungsempfänger werden hier sehr deutlich vor Augen geführt. Im letzten Abschnitt werden die Ausbreitung der elektrischen Wellen und der Einfluß der Atmosphäre ausführlich behandelt. Ein ziemlich umfangreiches Literaturverzeichnis ermöglicht das Nachschlagen in der einschlägigen Literatur. Für die nächste Auflage des ausgezeichneten Büchleins wäre nur zu wünschen, daß auch die in letzter Zeit besonders zahlreich veröffentlichten Arbeiten über die kurzen Wellen eine gebührende Berücksichtigung finden.

Das Buch kann jedem, der sich über die Grundlagen der elektrischen Wellenausbreitung informieren will, nur auf das wärmste empfohlen werden.

Mittelmann.

Eingegangene Druckschriften.

Athol Engineering Co., Manchester.

Athol-Röhrensockel. Ausnehmungen in dem aus Porzellan bestehenden Sockel setzen die Gefahr von Kriechwegen auf ein Mindestmaß herab. Die Röhre selbst sitzt in Messingtüllen, die von seitlich eingesetzten Schräubchen im Porzellan verankert werden. Anschlüsse werden mittels Kabelschuhen an letztere befestigt. — Athol-Blockkondensatoren. Der mit Mica isolierte Kondensator sitzt in einer rechteckigen Porzellan-Hülle. — Athol-Antennen-Erdungsstecker. Der zweipolige Steckkontakt, der einerseits mit der Antenne, andererseits mit Erde in Verbindung steht wird bei Entfernung des Steckers, an dem die Apparatur angeschlossen ist, automatisch kurzgeschlossen. Atmosphärische Entladungen, während des Betriebes werden durch einen parallel geschalteten Funkenableiter unschädlich gemacht. Der Steckkontakt kann auch besonders für den Anschluß einer beliebigen Anzahl in Serie geschalteter Lautsprecher im Freien Verwendung finden. — Spulenträger und Spulensockeln (aus Porzellan).

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 9 **24. Juli 1927** **4. Jahrgang**

INHALT:
Die Anlagen der Radio-Austria A.-G. Von Fregattenkapitän d. R. Ing. Franz Leist, Wien. S. 81.
RUNDSCHAU. S. 88.

Die Anlagen der Radio-Austria A.-G.

Von Fregattenkapitän d. R. Ing. Franz **Leist**, Direktor der Radio-Austria A.-G., Wien.

Bereits vor dem Kriege und insbesondere aber während desselben hat die drahtlose Telegraphie für die Vermittlung von Telegrammen des transozeanischen Verkehres immer mehr an Boden gewonnen. Nun zeigt sich aber in den letzten Jahren die Tendenz, sie auch für den europäischen Kontinentalverkehr heranzuziehen. Die Ursache dieser Erscheinung wird wohl zum großen Teil in dem außerordentlichen Fortschritt, den die Radiotechnik zu verzeichnen hat, gefunden werden können. Er allein bietet jedoch keine restlose Erklärung für diese Entwicklung, eine solche kann vielmehr erst gefunden werden, wenn man verkehrstechnische und insbesondere volkswirtschaftliche Momente ins Treffen führen kann. Dies ist denn auch in hohem Maße möglich. Der Leitungstelegraphie wohnen trotz der hohen technischen Entwicklung dieses Zweiges gewisse Beschränkungen inne, welche bei der drahtlosen Telegraphie nicht bestehen. Der Drahttelegraph ist an die Leitungstrassen gebunden. Entwickelt sich der Verkehr in einer gewissen Relation besonders günstig, so muß in dieser Relation mit Apparaten höherer Leistungsfähigkeit gearbeitet werden, um die teuere Leitung so gut wie möglich auszunützen. Nun ist es eine Eigentümlichkeit des Telegraphenverkehres, daß die Belastung im Laufe des Tages ganz außerordentlich und häufig wechselt; da aber das telegraphierende Publikum füglich verlangen kann, daß seine Depeschen so rasch wie möglich befördert werden, muß die Anlage so entworfen sein, daß sie auch bei Spitzenbelastung das auflaufende Material bewältigen kann; sie ist dann einen großen Teil des Tages über nicht voll ausgenützt.

In einer wesentlich günstigeren Position befindet sich hier die drahtlose Telegraphie. Es können mit einem Sender mehrere Verbindungen aufrecht erhalten werden; die Verhältnisse liegen meist so oder lassen sich doch bei Vorhandsein mehrerer Sender durch richtige Disponierung so einrichten, daß alle Sender im Laufe des größten Teiles des Tages ziemlich gleichmäßig belastet sind. Liegen für eine Relation besonders viel Telegramme vor, so daß die Gefahr von Verspätungen besteht, so kann ohne wesentliche Schwierigkeit innerhalb der allerkürzesten Zeit für diese Relation eine zweite, wenn notwendig auch noch mehrere Radioverbindungen hergestellt werden, so daß eine halbwegs genügend reichlich projektierte und ausgeführte Radioanlage, praktisch gesprochen, jedem Telegrammansturm gewachsen ist, ohne überdimensioniert zu sein.

Direkte Verbindungen mit weiter entfernten Ländern können wegen der großen Leitungskosten nur dann hergestellt werden, wenn der Telegraphenverkehr zwischen den beiden verbundenen Punkten ein so reger ist, daß die daraus zu erwartenden Einnahmen in einem kommerziell halbwegs vertretbaren Verhältnis zu den teueren Leitungskosten stehen. Vielfach wird dies aber nicht der Fall sein. Die drahtlose Telegraphie ist bei Herstellung von direkten Verbindungen bei weitem nicht so abhängig von der Zahl der voraussichtlich vorliegenden Telegramme. Solche Verbindungen können neben der Hauptverbindung und sozusagen zwischendurch bedient werden. Die drahtlose Telegraphie kann also auch direkte Verbindungen schaffen und aufrecht halten, wo sie am Draht ganz unrentabel wären, und kann sie mit den modernsten Mitteln der Schnelltelegraphie betreiben.

Zu all dem gesellt sich in letzterer Zeit noch ein weiteres Moment, das ist die Tendenz, aus Gründen der Rentabilität die Zahl der pro Zeiteinheit übermittelbaren Telegramme ganz wesentlich zu steigern. Der Leitungsdraht läßt aber eine beliebige Steigerung der Leistung nicht zu. Bis zu einem gewissen Maße trifft dies nun auch für die Radioübermittlung zu, nur ist dort die Grenze eine so weit gezogene, daß sie selbst bei den aufs Höchste gespannten Forderungen, wie sie zum Beispiel die Bildtelegraphie stellt, noch nicht ernstlich als Beschränkung in Erscheinung tritt.

Eine Erklärung für das Überhandnehmen der drahtlosen Telegraphie im europäischen Kontinentalverkehr kann aber auch aus währungspolitischen Erwägungen heraus gefunden werden.

Bekanntlich müssen laut internationalen Verträgen die Telegrammtaxen bei der drahtlosen Übermittlung dieselben sein, wie bei der Übermittlung über den Draht. Nun muß bei der Erstellung der Worttaxe für Drahttelegramme dem Umstand Rechnung getragen werden, daß ein Telegramm, welches nach einem über das Nachbarland hinaus liegenden Lande bestimmt ist, die Leitungen dieses Nachbarlandes, und wenn es sich um ein noch weiter gelegenes Land handelt, auch die Leitungen anderer Länder passieren muß. Die Verwaltungen dieser Länder müssen dafür entschädigt werden. Die Worttaxen im Telegrammverkehr setzen sich daher zusammen aus jenem Anteil, den die Verwaltung des Aufgabelandes und des Bestimmungslandes für ihre Mühewaltungen fordern und jenem Teile, welcher den Verwaltungen der Transitländer zukommt. Es ist nun klar, daß von der im Inlande aus inländischem Vermögen gezahlten Telegrammgebühr ein großer Teil ins Ausland weiter gezahlt werden muß, daher auswandert. Die drahtlose Telegraphie jedoch berührt bei der Übermittlung der Telegramme im direkten Verkehr kein Transitland und hat daher an dieses nichts zu zahlen. Der entsprechende Teil der Telegrammtaxe — die sogenannte Taxe radioélectrique — verbleibt daher dem Ursprungs- und Bestimmungslande, meist zu gleichen Teilen, und kommt der inländischen Volkswirtschaft zugute.

Aus alldem ist nun zu ersehen, daß es außer der technischen Vervollkommnung gewichtige andere Gründe sind, welche das immer stärker werdende Hervortreten der Radiotelegraphie im internationalen kontinentalen Telegrammverkehr verursachen.

In Österreich wurde, wie bekannt, im Jahre 1922 der Marconi's Wireless Telegraph Co. eine Konzession für den Bau und Betrieb radiotelegraphischer Anlagen für den Auslandstelegraphenverkehr von der österreichischen Regierung erteilt, die nach Gründung der Radio-Austria A.-G. an diese übergegangen ist. Auf Grund dieser Konzession hat die Gesellschaft die be-

Digitized by Google

stehenden Anlagen Deutsch-Altenburg und Laaerberg von der Telegraphenverwaltung in ihren Besitz übernommen und vollkommen umgebaut. Die Anlagen der Radio-Austria A.-G. umfassen die Betriebszentrale im Hause Wien, I., Renngasse 14, die Sendestation Deutsch-Altenburg und die Empfangsstation am Laaerberg bei Wien. Diese Dezentralisation der Anlagen war notwendig, um mit den Gegenstationen einen Duplexverkehr aufrecht erhalten zu können, das heißt einen Verkehr, bei welchem die Möglichkeit besteht, an eine auswärtige Station zu senden und gleichzeitig von ihr zu empfangen. Zur Aufrechterhaltung einer solchen Betriebsart ist es nämlich notwendig, zumindest die Sende- und Empfangsstation in gewisser räumlicher Trennung unterzubringen, weil sonst die für die Registrierung der feinsten elektrischen Felder konstruierten Empfangsapparate durch die gewaltigen elektrischen Energiemengen der nahe gelegenen Sendestation gestört werden würden.

Um nun trotz der räumlichen Teilung der Anlagen einen einheitlichen straff organisierten Dienst zu ermöglichen, wurde der gesamte telegraphische Manipulationsdienst in der Betriebszentrale konzentriert, so daß die Sende- und die Empfangsstation mit dem Telegrammdienst nichts zu tun hat. Diese ist, wie aus den späteren Ausführungen zu entnehmen sein wird, durch eine entsprechende Anzahl von Telegraphen- und Telephonleitungen mit den beiden Stationen verbunden.

Abb. 1. Betriebszentrale. Links Apparatetisch. Am ersten Pfeiler rechts vorne Rohrpost, dahinter Seilpost.

A) Die Betriebszentrale.

Die Betriebszentrale ist im Hause Wien, I., Renngasse 14, untergebracht, wo sich auch die Direktion der Gesellschaft, sowie alle übrigen Geschäftsräume befinden. Organisch mit der Betriebszentrale verbunden ist die Telephonvermittlungsstelle, jene Stelle, bei welcher Telegramme vom Publikum im Wege des Telephons aufgegeben und die angekommenen Telegramme auf telephonischem Wege an die Adressaten zugestellt werden können, und ferner die Annahmestelle. Die gesamten Geschäftsräume der Radio-Austria A.-G. umfassen Teile des Souterrains, zu ebener Erde, im Mezzanin und im ersten Stock des genannten Gebäudes. Die Betriebszentrale befindet sich im Mezzanin.

Ein Apparatetisch nimmt die Hauptlänge des Betriebssaales ein (Abb. 1). In der Mitte der Breitseite dieses Tisches sind die vier Sendeplätze angeordnet. Die gegenüberliegende Tischseite, sowie die rechts und links von den Sendeplätzen befindlichen Plätze sind für den Empfang vorgesehen. Durch die Zentralisierung der Sendeplätze ist es möglich, ohne Unordnung in den Dienst zu bringen, die Sender nach Maßgabe der Belastung zu verwenden. Durch die geschilderte Anordnung sind aber auch die vier Sendeplätze in genügender Nähe sämtlicher Empfangsplätze gebracht, so daß eine gegenseitige Verständigung möglich ist. Hiedurch ist erreicht, daß, praktisch gesprochen, jeder beliebige Empfangsplatz mit jedem beliebigen Sendeplatz zur Zusammenarbeit gebracht werden kann. In der Längsachse des Tisches ist ein Förderband vorgesehen, welches die an den Empfangsplätzen eingelangten Telegramme zu der an der einen Schmalseite des Tisches situierten zentralen Kontrollstelle bringt.

Es sind neun Schnellempfangsplätze und vier Plätze für Gehörempfang vorhanden. Jeder Schnellempfangsplatz ist ausgerüstet mit einem Undulator mit elektrischem Antrieb als dem eigentlichen Aufnahmeapparat (Abb. 2). Dieser Undulator registriert die hereinkommenden Morsezeichen in Form einer Schlangenlinie auf einem vorbeilaufenden Papierstreifen. Von dem Streifen werden nun die Telegramme mittels Schreibmaschine durch die Beamten abgeschrieben. Zu diesem Zwecke trägt jede Schreibmaschine an der vorderen Kante eine breite Messingschiene, mit je einer Öse an den beiden Enden, durch welche der Papierstreifen durchgezogen wird (Abb. 2, links im Vordergrund). Das Vorbeiziehen des Papierstreifens erfolgt durch eine eigene Vorrichtung, den sogenannten Streifenzieher, einem elektrisch angetriebenen System von Walzen. Das Abschreiben der Telegramme erfolgt vom laufenden Streifen, das heißt der Streifen läuft kontinuierlich vor den Augen des Beamten vorbei und dieser schreibt die abgelesenen Zeichen mit der Schreibmaschine auf das Telegrammblankett nieder. Dies erfordert große Übung und eine souveräne Beherrschung des für die Schreibmaschine vorgesehenen Fingersatzes. Andererseits ist es natürlich notwendig, daß sämtliche Schreibmaschinen, sowie sämtliche Apparate, welche eine Buchstabentastatur haben und von den Beamten bedient werden müssen (zum Beispiel der später zu erwähnende Lochstanzapparat), genau die gleiche Tastatur haben. Jeder Empfangsplatz trägt weiterhin eine Steckbüchse, an welcher mittels eines Doppelsteckers ein normales Kopftelephon gesteckt werden kann, mittels welches die Zeichen der Gegenstation auch mit dem Gehör beobachtet werden können; sie erscheinen als Pfeifton; ferner können die Zeichen auch noch mittels eines am

Digitized by Google

Empfangsplatze vorgesehenen Klopfers beobachtet werden. Schließlich ist am Empfangsplatz ein Potentiometer vorgesehen, welches die Empfangsbeamten in die Lage versetzt, die Stärke der ankommenden Zeichen zu regulieren und derart abzugleichen, daß sie eine regelmäßige und schön lesbare Undulatorschrift ergeben. Da die auf der Empfangsstation empfangenen Zeichen, ihrem pfeifenden Ton entsprechend, als Wechselstrom in die Verbindungsleitung zur Zentrale gesendet werden, andererseits die Betätigung der Relais, die ihrerseits die Undulatoren betätigen, vorteilhaft nur durch Gleichstrom erfolgen kann, ist es notwendig, in der Betriebszentrale die ankommenden Zeichenwechselströme in Gleichströme zu verwandeln, und da die hier in Frage kommenden äußerst empfindlichen und rasch arbeitenden Relais für Doppelstrom eingerichtet sind, ist es ferner notwendig, die ankommenden Zeichen nicht nur in Gleichstrom zu verwandeln, sondern auch in Zeichenstrom und Trennstrom aufzulösen. Es geschieht dies durch sogenannte Konverter oder Gleichrichter, deren je einer jedem Schnellempfangsplatz zugeordnet ist. Die Relais gegen den Zeichenstromkontakt oder den Trennstromkontakt des Relais. Das Relais schließt seinerseits den Ortsstromkreis, welcher durch die Windungen des Galvanometers des Undulators geht; auch letzteres besitzt eine Zeichenstrom- und eine Trennstromwicklung. In die Zuleitung zur Zeichenstromwicklung ist der oben erwähnte Klopfer eingeschaltet. Die Hochvakuumröhren der Gleichrichter erhalten ihren Heizstrom aus einer in den Souterrainräumlichkeiten untergebrachten Akkumulatorenbatterie von 8 V. Die Anodenströme der Röhren werden aus einer weiteren Akkumulatorenbatterie für 220 V geliefert. Alle diese Batterien sind in doppelter Zahl vorhanden. Als Stromquelle für die Lokalstromkreise dient der Netzstrom aus den städtischen Elektrizitätswerken, welcher dem Hause durch ein Dreileitergleichstromnetz zugeführt wird.

Jeder der vier Sendeplätze ist mit einem automatischen Schnellsendeapparat, einer Handtaste und den notwendigen Schaltern und Meßinstrumenten ausgerüstet.

Die Abgabe der Telegramme im Schnelltelegraphenbetrieb erfolgt auf maschinellem Wege. Hiezu ist es

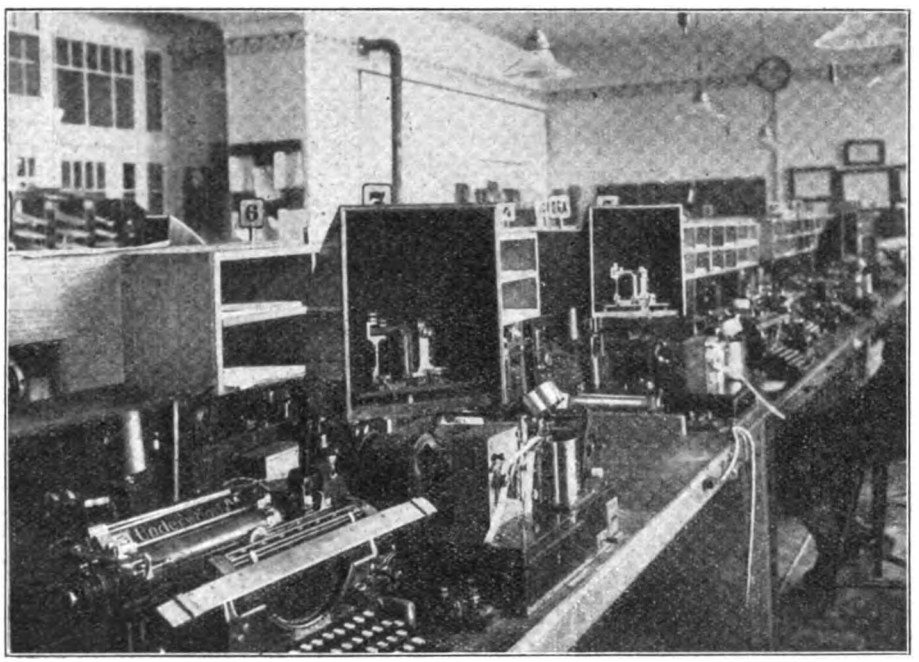


Abb. 2. Detail eines Schnellempfangplatzes. Links die Schreibmaschine, daneben der Undulator, darüber der Klopfer.

Konverter befinden sich auf den zentralen Schalttischen. Jeder dieser Konverter trägt vier Dreielektroden-Vakuumröhren ähnlich jener, wie sie für den Radioempfang überhaupt verwendet werden. Die erste dieser Röhren ist als Niederfrequenzverstärker geschaltet; sie verstärkt den aus der Leitung kommenden Strom, der dann auf die zweite Röhre zur Wirksamkeit kommt. Diese Röhre ist mit Hilfe entsprechender Gittervorspannung so geschaltet, daß sie an dem unteren Knick ihrer Charakteristik arbeitet, also gleichgerichtet. Die dritte und vierte Röhre nun haben die Aufgabe, den so gleichgerichteten Strom in Zeichenstrom bezw. Trennstrom aufzulösen: Durch richtige Wahl der Gittervorspannung an diesen Röhren ist es nämlich möglich, einen Zustand herzustellen, bei dem entweder die eine oder die andere zur Wirkung kommt, je nachdem ob in der Gleichrichterröhre Strom fließt oder nicht, also je nachdem ob ein Zeichen hereinkommt oder nicht. Der Anodenstrom jener Röhre, welche in Wirksamkeit tritt, wenn ein Zeichen hereinkommt, ist über die Zeichenstromwicklung des Relais geführt, während der Anodenstrom der anderen Röhre, die also wirkt, wenn keine Zeichen hereinkommen, über die Trennstromwicklung der Relais führt. Das Relais selbst ist ein neutrales Relais, mit eben diesen beiden Wicklungen. Je nachdem nun ob Strom in der Zeichenstromwicklung oder in der Trennstromwicklung kreist, neigt sich die Zunge des

notwendig, daß von jedem Telegramm eine Matrize angefertigt wird, bekanntlich ein schmales Papierband, in welches durch besondere Stanzapparate Löcher verschiedener, die Striche und Punkte der Morsebuchstaben repräsentierender Kombinationen in zwei Reihen gestanzt werden, die sich in gleicher Entfernung von der mittleren, dem Transport dienenden Perforierung hinziehen; zwei Löcher senkrecht untereinander entsprechen einem Punkt, zwei Löcher, von denen das untere gegen das obere nach rechts versetzt ist, entsprechen dem Strich des Morsealphabetes. Die obere Lochreihe entspricht dem Beginn des Elementes, die untere dem Ende. Die obere Lochreihe ist also jene, welche den Zeichenstrom hervorruft, während die untere den Trennstrom einleitet, denn auch das Senden erfolgt nach dem Doppelstromsystem. Die Anfertigung dieser Matrize geschieht mittels Creed'schen Morse-Stanzapparaten mit Schreibmaschinentastatur. Die Bedienung der Stanzapparate ist eine äußerst leichte und bei einiger Übung ist es ohne weiters möglich, die Matrize in flottem Schreibmaschinentempo anzufertigen.

Diese Lochstreifen gelangen nun an den Sendeplatz, wo sie durch den automatischen Sender laufen gelassen werden. Damit ist das Telegramm abgegeben.

Die bei der Radio-Austria in Verwendung stehenden automatischen Schnellsender sind Wheatstone-

Digitized by Google

sender mit elektromotorischem Antrieb der Konstruktion Marconi Wireless Telegraph Co. (Abb. 3). Ein Transporträdchen zieht, indem es in die mittlere Perforierung eingreift, den Lochstreifen durch den Apparat, während zwei Fühlhebel die gestanzten Löcher abtasten. Die Fühlhebel sind mit einer Relaiszunge, die die Stelle des Hebels des Telegraphentasters vertritt, in Verbindung, und zwar derart, daß der eine Fühlhebel beim Durchtritt durch ein Stanzloch die Relaiszunge gegen den Zeichenstromkontakt zieht, während der andere Fühlhebel, sobald er durch ein Loch hindurchdringt, die Zunge gegen den Trennstromkontakt drückt. Je nach den Lochkombinationen wird also diese Relaiszunge auf die Zeichenstromseite bezw. Trennstromseite abwechselnd umgeworfen, wodurch die den Morsezeichen entsprechenden Ströme in die dem betreffenden Sender zugeordnete Verbindungsleitung zur Station Deutsch-Altenburg gesendet werden. Dort steuern sie ein Zwischenrelais, das seinerseits wieder die Hauptrelais an den Sendern steuert. Auf diese Weise ist es möglich, sehr hohe Telegraphengeschwindigkeiten zu erreichen.

Der normale Verkehr spielt sich mit Telegraphierwortleistungen von 90 bis 120 Worten, das ist ungefähr

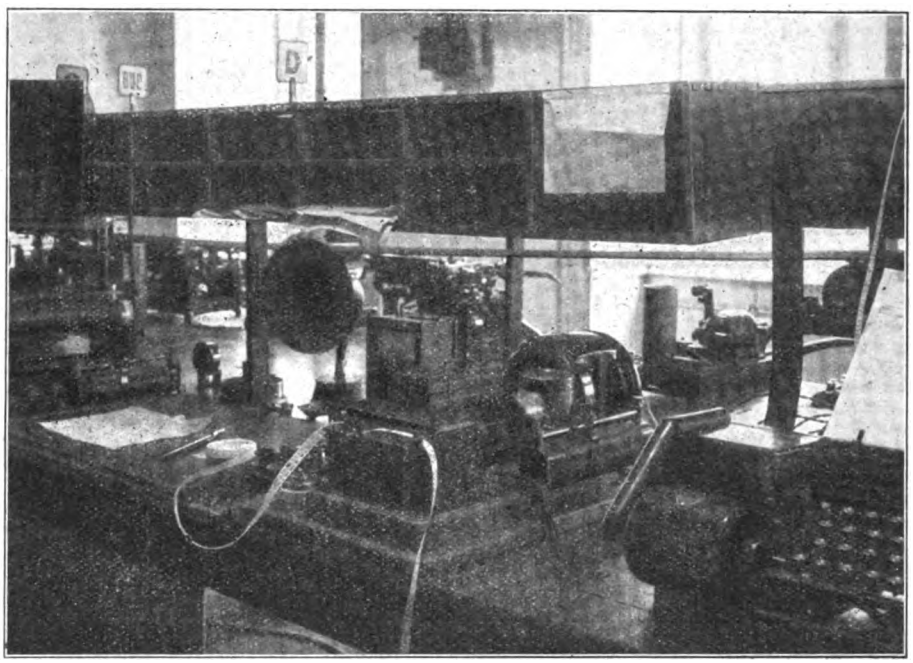


Abb. 3. Detail eines Schnellsendeplatzes. In der Mitte der automatische Schnellsender mit dem Lochstreifen. Rechts im Vordergrunde: Teil eines Loch-Stanzapparates.

450 bis 600 Buchstaben in der Minute ab; diese Leistung kann bei günstigen Verhältnissen ohne weiteres vergrößert werden. Es wurden schon Geschwindigkeiten bis zu 200 Worte, das ist 1000 Buchstaben pro Minute erreicht.

Wie bereits erwähnt, ist die Betriebszentrale mit den Stationen Deutsch-Altenburg, bezw. Laaerberg durch eine Anzahl von Drahtleitungen verbunden. Es sind vorgesehen sechs Telegraphenleitungen und eine Telephonleitung nach Deutsch-Altenburg und 15 Telephon-Doppelleitungen nach der Station Laaerberg. Die Leitungen münden in Kettenwechsel, die auf den zentralen Schalttischen installiert sind. Je ein Paar der vorhandenen Leitungen nach Deutsch-Altenburg wird unter normalen Umständen in Schleife geschaltet verwendet und jede der so entstehenden drei Schleifen ist einem Sender von Deutsch-Altenburg zugeordnet. Sie können mit Hilfe des Kettenwechsels auf einen der vier Sendeplätze in der Betriebszentrale gelegt werden. Von den 15 Telephon-Doppelleitungen ist eine für die telephonische Verbindung mit der Station Laaerberg in Verwendung, eine zweite ist für den Betrieb eines Summers, der eine Verständigung von jedem Empfangsplatz aus mit der Station Laaerberg ermöglicht, herangezogen. Die Übrigen werden den Empfängern auf dem Laaerberg zugeordnet, sie können in der Betriebszentrale mittels des Kettenwechsels wahlweise mit jedem der 13 Empfangsplätze verbunden werden.

Außer den bereits erwähnten Gleichrichtern (Konverter) und ihren zugehörigen Vorspannungsbatterien befindet sich auf dem zentralen Schalttisch auch noch eine Kontrolleinrichtung, die es gestattet, die ausgesendeten Zeichen zu kontrollieren.

Sonstige Einrichtungen.

Sämtliche Starkstromleitungen münden auf einer gemeinsamen Schalttafel, die es ermöglicht, einzelne Sektionen des großen Apparatetisches unter Strom zu setzen oder auszuschalten.

Die Telegrammbeförderung von der Annahmestelle in den Betriebssaal erfolgt mittels einer Rohrpostanlage, deren Luftpumpe sich im Maschinenraum im Souterrain befindet. Das Anlassen der Luftpumpe im Falle des Bedarfes geschieht durch automatische Druckknopfsteuerung in der Art, daß die Pumpe nach dem Anlassen nach Ablauf eines Zeitraumes von zirka 40 Sek., während dessen die Rohrpostbüchse ihr Ziel sicher erreicht hat, sich wieder von selbst abstellt.

Für den Transport der Telegramme zu und von der im ersten Stock befindlichen telephonischen Telegrammvermittlungsstelle ist eine Seilpost vorgesehen. Diese besitzt an Stelle des sonst verwendeten Drahtseiles als Zugorgan ein dünnes Stahlband. Das Anlassen und Abstellen bei Bedarf erfolgt vom Betriebssaal aus.

Eine elektrische Zentraluhrenanlage mit einer Anzahl Nebenuhren und eine elektrische Zeitstempeleinrichtung am Tische des Kontrollbeamten vervollständigen die Anlage.

Wie bereits erwähnt, können die Telegramme bei der Radio-Austria A.-G. auch auf telephonischem Wege aufgegeben, bezw. dem Empfänger zugestellt werden. Zu diesem Zwecke ist im ersten Stock des Gebäudes eine Telegrammvermittlungsstelle eingerichtet mit 13 Arbeitsplätzen, einer eigenen internen Telephonzentrale. Überdies ist die Einrichtung getroffen, daß im Falle schlechter Sprechmöglichkeit von schalldichten Zellen aus gearbeitet werden kann, die zur weiteren Verbesserung der Sprechmöglichkeit mit Sprachverstärkungseinrichtungen versehen sind.

Sämtliche wichtigen Räume und Arbeitsplätze der

Digitized by Google

Anlagen der Radio-Austria A.-G. sind durch eine vollautomatische Haustelephonzentrale, System Siemens & Halske, miteinander verbunden.

B) Die Sendestation Deutsch-Altenburg.

Die Station wurde während des Krieges von der österreichischen Telegraphenverwaltung gebaut und nach dem System der Hochfrequenz-Maschinensender eingerichtet.[1]) Bei der Übernahme der Station durch die Gesellschaft wurde die gesamte bestehende Radioanlage abgebrochen, so daß nur das Gebäude, einige maschinelle Einrichtungen und die beiden 150 m hohen Stahlgittermaste für die neue Anlage Verwendung fanden.

Die neue mit Röhrensendern ausgestattete Anlage bestand ursprünglich aus einem 25 kW und einem 6 kW fremdgesteuerten Marconiröhrensender.[2]) Sie wurde im Laufe der Zeit noch durch einen zweiten 25 kW fremdgesteuerten Marconiröhrensender und einen 1 kW Kurzwellensender ergänzt, so daß sie heute zwei Stück 25 kW, ein Stück 6 kW Röhrensender und einen Kurzwellensender besitzt. Gelegentlich dieses Zubaues wurde ein dritter, 100 m hoher, freitragender Stahlgitterturm aufgestellt, dessen Konstruktion von der Waagner & Biro A.-G. stammt. Er dürfte wohl der höchste Turm dieser Art in Österreich sein.

Beschreibung der Antennenanlage.

Entsprechend den vorhandenen vier Sendern sind vier voneinander unabhängige Antennenanlagen vorhanden, welche sich auf die drei vorerwähnten Maste und zwei Holzmaste stützen und zwar stützt sich die Antenne der beiden 25 kW Sender auf je einen der 150 m hohen Maste, während die Antenne des 6 kW Senders an den 100 m hohen freitragenden Turm abgespannt ist. Es trägt der eine 150 m hohe Mast eine sechsdrähtige, der zweite eine vierdrähtige und der 100 m hohe eine zweidrähtige Antenne. In Anbetracht der klimatischen Verhältnisse auf der Station Deutsch-Altenburg, die es mit sich bringen, daß in den Herbst- und Wintermonaten unter Umständen ganz außerordentliche Vereisungen der Antennendrähte vorkommen, welche diese über die Zerreißfestigkeit belasten würden, mußte eine eigene Heizeinrichtung für die Antennen geschaffen werden, durch die es möglich ist, von Zeit zu Zeit das sich an den Antennendrähten ansetzende Eis abzuschmelzen. Zu diesem Zwecke wurden die mastseitigen Enden je zweier Antennendrähte leitend verbunden, wodurch sich eine Schleife bildet, durch die Strom hindurch geleitet werden kann. Auf diese Weise sind insgesamt sechs Schleifen gebildet, welche, wenn die Antenne geheizt werden soll, durch geeignete Schalter im Stern an das Drehstromnetz gelegt werden können. Jede Schleife nimmt dann einen Strom von 120 bis 140 A auf, welcher genügt, um bei Windstille in 20 Minuten eine 8 cm starke Eisschichte zum Abfall zu bringen.

Als Erdleitung dient das alte seinerzeit in den Boden eingepflügte Erdnetz, welches durch weitere Speisepunkte verbessert wurde.

C) Kraftquelle.

Den Kraftstrom bezieht die Station Deutsch-Altenburg aus der Überlandleitung der Gemeinde Wien. Um im Falle von Störungen der Stromzuführung den Betrieb aufrecht halten zu können, ist auf der Station ein 120 PS Diesel-Drehstromgenerator-Aggregat aufgestellt, welches jederzeit die Stromlieferung übernehmen kann.

Der Drehstrom von 50 Per/s wird nun für die verschiedenen Zweige umgeformt und zwar:

a) Für die Magneterregung der Relais in 220 V Gleichstrom.

b) Für die Anodenspeisung und die Fadenheizung der Steuersender der 25 kW Anlagen, dann für die 6 kW Anlage in 500 periodigen Einphasen-Wechselstrom.

c) Für die Glühfaden der Gleichrichter und Senderöhren der Hauptsender der 25 kW Anlagen mittels der Scott'schen Schaltung in Zweiphasenstrom, wovon die eine Phase für die Heizung der Gleichrichter, die andere für jene der Senderöhren verwendet wird.

Für die Anodenspeisung der Röhren des 25 kW Hauptsenders wird der Netzstrom mittels dreier 50 periodiger Transformatoren (je einer für jede Phase) auf 20 000 bis 22 000 V hinauftransformiert, dann mittels der Gleichrichterröhren gleichgerichtet, so daß sich für diese Röhren eine Anodenspannung von 8000 bis 10 000 V ergibt. Die verwendeten Röhren sind solche der Marconitype. Sie haben eine Heizspannung von 14 bis 15 V bei 9 A Heizstrom und werden mit Luft gekühlt. Die Leistung einer Röhre ist rund 1·5 kW.

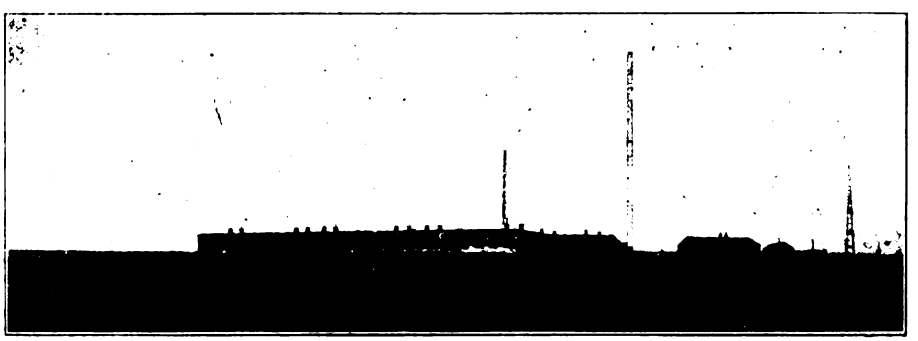


Abb. 4. Ansicht der Station Deutsch-Altenburg. Das Beamtenwohnhaus, dahinter das Stationsgebäude. Ganz rechts der 100 m hohe freitragende Antennenturm.

D) Die Röhren-Sender.

Wie bereits erwähnt sind die Sender fremdgesteuerte Röhrensender des Systems der Marconi's Wireless Telegraph Co. Ltd., London. Wie bekannt, wirkt bei fremdgesteuerten Sendern der Hauptsender eigentlich nur als Verstärker der Schwingungen des sogenannten Steuersenders. Dieser wird auf die vorbestimmte Wellenlänge eingestellt, seine Schwingungen werden übertragen auf die Gitter der Röhren des Hauptsenders, die ihrerseits diese Schwingungen verstärkt der Antenne zuführen. Auf dem Wege zwischen dem Steuersender und dem Hauptsender erfolgt die Tastung der Sender mittels Creed'scher Schnelltelegraphenrelais, die über die Landleitung von der Tasteinrichtung in der Betriebszentrale gesteuert werden. Da bei offener Taste die Krafttransformatoren unbelastet sein würden, also ein größerer Anstieg der sekundären Spannung eintreten würde, welche für die Lebensdauer der Röhren unvorteilhaft wäre, ist es notwendig, eine Einrichtung zu schaffen, durch die der Krafttransformator auch bei offener Taste belastet wird. Im Prinzip geschieht dies dadurch, daß Anode und Glühfaden der Hauptsenderröhren durch einen mit Dreielektrodenröhren (den sogenannten Ableitungs- oder Absorberröhren) in Serie geschalteten Widerstand überbrückt sind. Bei offener Taste erhält das Gitter der Absorberröhren eine positive Spannung, wodurch sie Strom durchlassen, der den zur Schonung der Röhren nötigen Spannungsabfall

[1]) Eine Beschreibung der ursprünglichen Anlage von Deutsch-Altenburg findet sich E. u. M. 1921, S. 2.

[2]) Dr. F. Horschitz: Die Starkstromeinrichtungen der neuen österreichischen Radio-Telegraphieanlage. E. u. M. 1924, „Die Radiotechnik", S. 69.

Digitized by Google

hervorruft. Das prinzipielle Schaltungsschema eines 25 kW Röhrensenders zeigt Abb. 5.

Der konstruktive Aufbau des Senders (Abb. 6) ist überaus übersichtlich, alle Teile sind an offenen Metallgestellen installiert, so daß jede Verbindung und jeder Bestandteil des Senders sichtbar ist und ständig überwacht werden kann.

b) Für die 12 Gleichrichterröhren des Hauptsenders.

c) Für die 12 Röhren des Hauptsenders.

d) Für die 4 Absorberröhren.

Soweit sie in Hochfrequenzkreisen liegen, sind die verwendeten Kondensatoren Luftkondensatoren, die Selbstinduktionsspulen durchwegs Zylinderspulen.

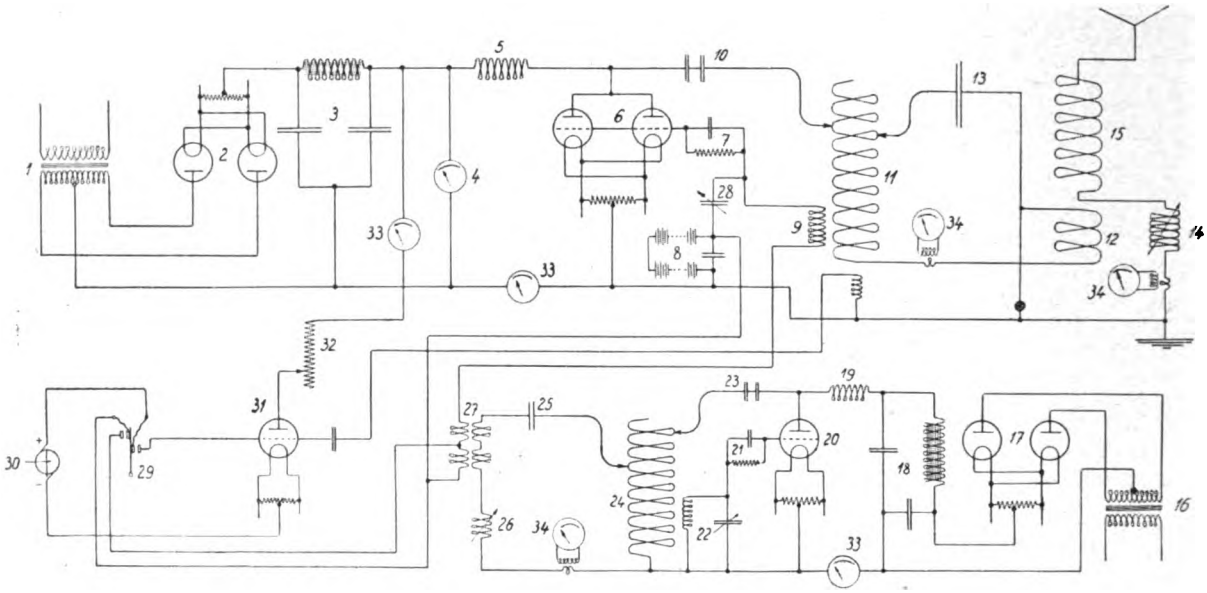


Abb. 5. Schaltungsschema des 25 kW Röhrensenders.

1. Krafttransformator des Hauptsenders
2. Gleichrichterröhren des Hauptsenders
3. Beruhigungskondensatoren mit Drosselspule
4. Hochspannungsvoltmeter
5. Hochfrequenz-Drossel
6. Haupt-Senderröhren
7. Gitterblock mit Widerstand
8. Gitterbatterie mit Überbrückungskondensator
9. Gegenkopplungsspule
10. Blockkondensatoren
11. Zwischenkreis-Selbstinduktion
12. Antennenkopplung
13. Zwischenkreiskondensator
14. Antennenvariometer
15. Antennen-Verlängerungsspule
16. Kraft-Transformator des Steuersenders
17. Gleichrichterröhren des Steuersenders
18. Beruhigungskondensatoren mit Drosselspule
19. Hochfrequenzdrossel
20. Steuer-Senderröhre
21. Gitterblock mit Widerstand
22. Gitterkreis
23. Blockkondensator
24. Anodenkreisspule
25. Anodenkreiskondensator
26. Variometer
27. Kopplungsspulen
28. Gitterkreiskondensator
29. Tastrelais
30. Absorbermaschine
31. Absorberröhre
32. Absorberwiderstand
33. Gleichstrom-Amperemeter
34. Hitzdraht-Amperemeter

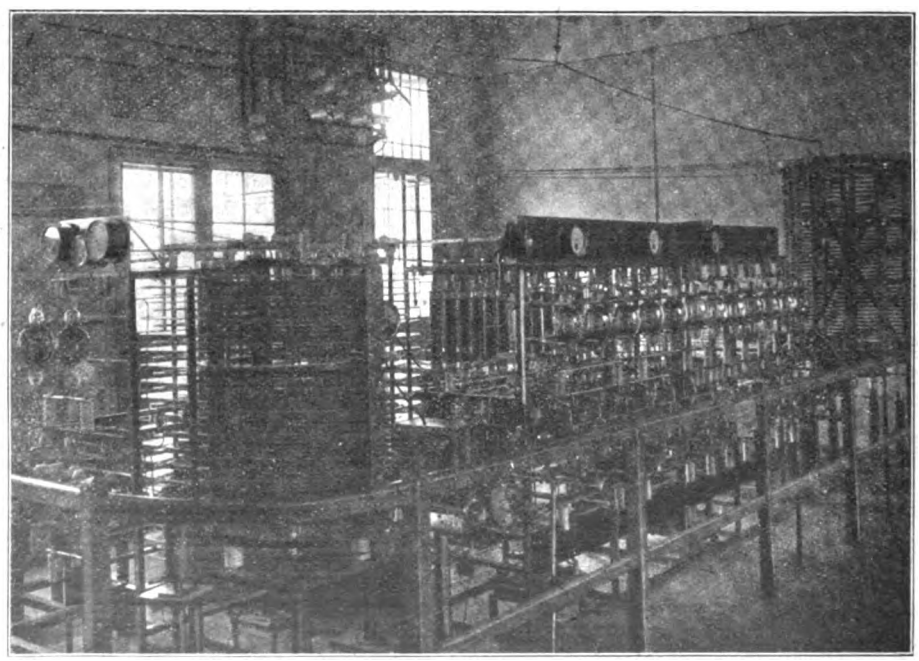


Abb. 6. 25 kW Röhrensender. Der Hauptsender, ganz rechts die Antennen-Verlängerungsspule.

Für einen 25 kW Sender sind vorgesehen je ein Gestell:

a) Für den Steuersender. Dieses trägt außer den nötigen Meßinstrumenten und sonstigen Nebenapparaten je zwei Gleichrichter- und Senderröhren.

E) Die Empfangsstation Laaerberg.

Die Station befindet sich innerhalb der Gemarkungen der Gemeinde Wien im Süden der Stadt auf einer kleinen Anhöhe. Sie wurde seinerzeit von der österreichisch-ungarischen Heeresverwaltung gebaut, ging

Digitized by Google

dann in den Besitz der österreichischen Bundestelegraphenverwaltung und nach Gründung der Radio-Austria A.-G. in deren Besitz über. Sie war ursprünglich Sende- und Empfangsstation. Nach Übernahme durch die Radio-Austria A.-G. wurden die alten Einrichtungen demontiert und die Station als ausschließliche Empfangsstation mit den modernsten Apparaten ausgestattet.

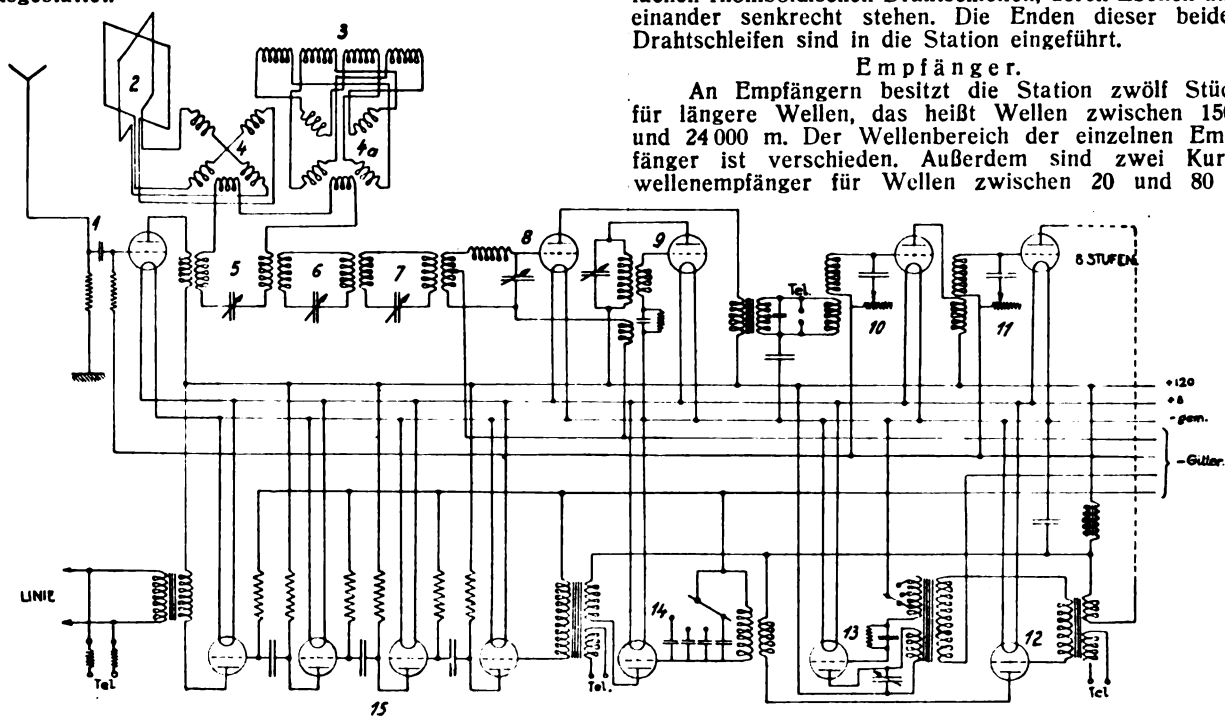


Abb. 7. Schaltungsschema des Empfängers, Type RC 3a.

1. Aperiodische Vertikalantenne mit Röhre
2. Aperiodische Kreuzrahmenantenne
3. Kunstantenne
4. und 4a. Doppelgoniometer
5. Abstimmkreis
6. Erstes Hochfrequenzfilter
7. Zweites Hochfrequenzfilter
8. Erster Gleichrichter
9. Erster Überlagerer
10 und 11. Tonfilter
12. Zweiter Gleichrichter
13. Zweiter Überlagerer
14. Tonwähler
15. Vierfacher Tonverstärker

einem großen Kreis in gleichen Abständen um die Station aufgestellt sind. Zwischen den beiden Holzgittermasten ist eine Doppelrahmenantenne aufgehängt und überdies eine Anzahl von Vertikalantennen. Jeder der genannten 35 m Stahlgittertürme trägt gleichfalls eine Doppelrahmentantenne und eine Vertikalantenne. Eine solche Doppelrahmentantenne besteht aus zwei einfachen rhomboidischen Drahtschleifen, deren Ebenen aufeinander senkrecht stehen. Die Enden dieser beiden Drahtschleifen sind in die Station eingeführt.

Empfänger.

An Empfängern besitzt die Station zwölf Stück für längere Wellen, das heißt Wellen zwischen 1500 und 24 000 m. Der Wellenbereich der einzelnen Empfänger ist verschieden. Außerdem sind zwei Kurzwellenempfänger für Wellen zwischen 20 und 80 m

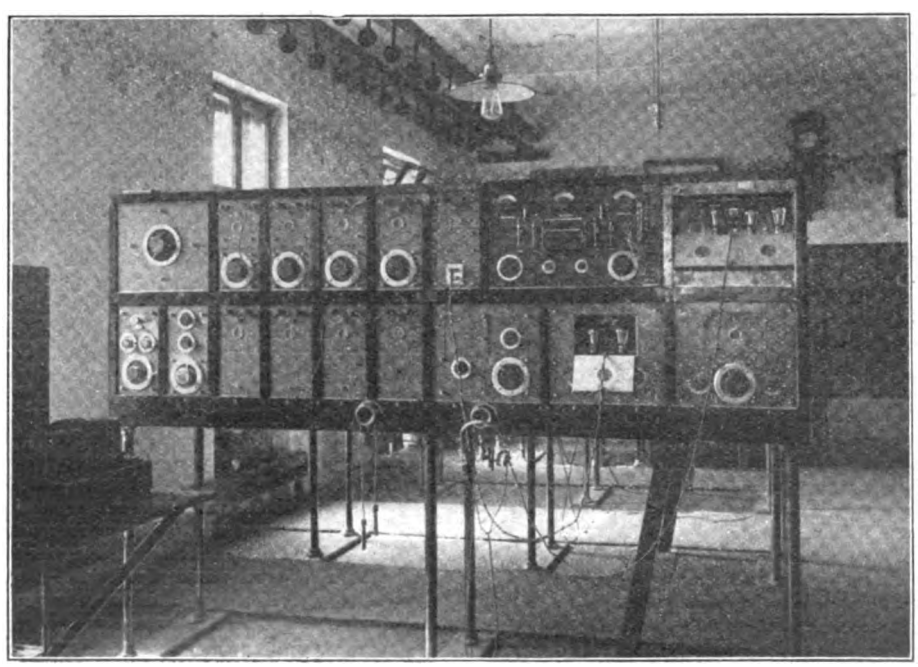


Abb. 8. Ansicht eines Empfängers, Type RC 4.

Antennenanlage.

Die Station besitzt von früher her zwei 80 m hohe nach einem besonderen Verfahren hergestellte Holzgittermaste und außerdem in ihrer jetzigen Ausstattung noch sieben 35 m hohe Stahlgittertürme, welche in

vorgesehen. Die Empfänger sind solche der Type Marconi's Wireless Telegraph Co. Ltd. Eine besondere Eigenheit der Installation beruht darin, daß vier Empfänger, und zwar jene der größten vorhandenen Type, an den gleichen Rahmen, nämlich denjenigen

Digitized by Google

welcher von den beiden 80 m Türmen getragen wird, angeschlossen sind.

Um eine gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Antennen auszuschalten, sind sowohl die Vertikalantennen als auch die Rahmen aperiodisch. Die Vertikalantenne ist zu diesem Zweck über einen Widerstand geerdet und arbeitet über einen Kondensator auf das Gitter einer Röhre, ähnlich einem Widerstandsverstärker dessen Anodenstrom dann den Antennenstrom vertritt. Diese Anordnung gibt auch die Möglichkeit mit einer Antenne mehrere Empfänger zu bedienen, wovon ausgiebig Gebrauch gemacht wird.

Die Empfänger sind für gerichteten Empfang eingerichtet.

Abb. 7 gibt das Schaltbild des Empfängers, Type RC 3a, im Prinzip wieder. Nach dem Suchkreis folgen zwei Zwischenkreise, deren letzter mit dem Hochfrequenzgleichrichter gekoppelt ist. Durch richtige Überlagerung ist es möglich, den schwachen Empfangsstrom sofort gleichzurichten. Das Gleichrichterrohr arbeitet am unteren Kniepunkt seiner Charakteristik. Der sich hiebei ergebende hohe Ton von 2000 bis 3000 Per/s gelangt nun in ein achtfaches Mittelfrequenzfilter, welches weniger den Zweck einer Verstärkung als den des Siebens hat. Die einzelnen Stufen sind variabel, induktiv gekoppelt und die abgestimmten Gitterkreise enthalten außerdem noch regulierbare Widerstände. Durch Änderung dieser Widerstände, die mittels eines gemeinsamen Antriebes erfolgt, ist es möglich, die Selektivität des Empfängers den Bedürfnissen anzupassen. Nach diesem Filtern erfolgt eine nochmalige Gleichrichtung mit Überlagerung auf die normale Tonhöhe auf eine Frequenz von 900 bis 1200 Per/s. Den Abschluß bildet ein vierfacher Tonverstärker, welcher zur Erzielung einer größeren Tonreinheit widerstandsgekoppelt ist.

Dieser Empfänger hat einen Wellenbereich von 5000 bis 24 000 m. Die Empfänger der Type RC 4 (Abb. 8) haben einen solchen von 1500 bis 5000 m und unterscheiden sich von dem Empfänger, Type RC 3a, nur dadurch, daß sie vor dem Hochfrequenzgleichrichter noch drei Stufen Hochfrequenzverstärkung haben, während die beiden Zwischenkreise fehlen; außerdem haben sie nur vier Stufen Mittelfrequenzfilter.

Stromversorgung.

Alle Empfänger erhalten ihren Heiz- bezw. Anodenstrom aus gemeinsamen Akkumulatorbatterien. Es sind vorgesehen zwei 8 V Heizbatterien und drei 120 V Anodenbatterien. Die Batterien befinden sich in einem an den Empfängerraum anschließenden Batterieraum. Die Aufladung dieser Batterien erfolgt durch eigene Lade-Umformer, welche in dem ungefähr 80 m vom Stationsgebäude befindlichen Maschinenhaus untergebracht sind. Für alle benötigten Umformer ist 100 prozentige Reserve vorhanden. Der für den Betrieb der Umformer nötige Strom wird aus dem städtischen Netz bezogen. Um für den Fall eines Ausbleibens des städtischen Stromes sowohl für die Licht, als auch für die Kraftanlage der Station eine Reserve zu besitzen, ist im Maschinenhaus ein entsprechendes Benzindynamoaggregat aufgestellt.

Zentral-Schalt-Einrichtung.

Die von den Empfängern gelieferten audionfrequenten Zeichenströme werden zu einem zentralen Schalttisch geführt, in welchem auch die zur Betriebszentrale führenden Empfangsübertragerleitungen münden. Es ist die Einrichtung getroffen, daß jeder der vorhandenen Empfänger auf jede der vorhandenen Übertragerleitungen geschaltet werden kann. Außerdem ist es möglich, eine Prüfschreibvorrichtung, bestehend aus einem Undulator und einem Konverter derselben Type, wie sie in der Betriebszentrale vorhanden sind, jedem der vorhandenen Empfangsapparate zuzuschalten, damit auch auf der Empfangsstation die Güte und Verwendbarkeit der einlangenden, zur Betriebszentrale weitergeleiteten Zeichen überprüft werden könne.

Die Radio-Austria A.-G. hält derzeit 13 europäische Radioverbindungen und eine außereuropäische Radioverbindung aufrecht und befördert heute, 3½ Jahre nach Betriebseröffnung, über ihre radiotelegraphischen Anlagen Telegramme nach allen Ländern der Welt — ausgenommen die Schweiz, die Tschechoslowakei und Ungarn. Hiedurch rückt Österreich, was die Zahl der europäischen Radioverbindungen anlangt, in die Reihe jener Staaten, welche die meisten derartigen Verbindungen besitzen. Gegenwärtig werden Versuche mit der drahtlosen Übertragung von Bildern vorgenommen.

Rundschau.

Der Rheinlandsender in Langenberg, den W. Meyer beschreibt, hat eine Telegraphiestrichleistung von 60 kW und eine Telephonruhestromleistung von 20 kW. Die T-Antenne ist zwischen zwei 100 m hohen und 250 m entfernten Eisengittermasten ausgespannt und hat bei 1500 cm Kapazität eine Eigenwelle von 800 m (Sendewelle 468·8 m). Als Erdung wird ein engmaschiges eingegrabenes Kupferdrahtnetz verwendet. Der Sender ist ein mit Zwischenkreis und Tertiärkreis ausgestatteter fremdgesteuerter Röhrensender mit einem Wellenbereich von 250 bis 600 m. Der Sender besteht aus zwei Vorstufen mit 4000 V und einer dritten Stufe mit 10 000 V Anodenspannung. Die erste Stufe schwingt unmoduliert durch, die zweite wird mit der Gittergleichstrommodulation gesteuert. Infolge Anordnung eines Tertiärkreises verhält sich die ausgestrahlte Energie der ersten Harmonischen zur Energie der Grundwelle wie 10^{-5} bis 10^{-6} zu 1. Die Frequenzkonstanz ist geringer als 1 vT. Sämtliche Röhrenkreise sind in besonderen Kompensationsschaltungen geschaltet, so daß keine Rückwirkung einer Stufe auf die vorhergehende erfolgen kann. Der Betrieb des Senders erfolgt unmittelbar aus dem 5000 V Überlandnetz; die verschiedenen Spannungen werden durch Transformation erhalten. Die Gleichspannung liefern sechs wassergekühlte Hochvakuum-Gleichrichterröhren; Drosselketten vermindern die Pulsation des Gleichstromes. Die Stromkreise sind durch kombinierte Überstrom- und Nullspannungsschalter gesichert. Die mit induktiver Gitterkopplung geschaltete erste Stufe arbeitet mit einer 400 W Röhre auf zwei parallel geschaltete 1·5 kW Röhren in der zweiten Stufe. Die Endverstärkerstufe besteht aus drei wassergekühlten 20 kW Röhren mit 10 000 V Anodenspannung. Die negative Gittervorspannung wird durch eine 1000 V Maschine geliefert. Die Besprechung des Senders in Langenberg von den Aufnahmeräumen in Elberfeld, Düsseldorf und Dortmund geschieht unmittelbar durch das Telegraphenamt Elberfeld. Die Besprechung von Münster über Dortmund. E. M.

(Telefunkenzeitung, Nr. 44, Dez. 1926.)

Eine 100 kW Senderöhre ist gegenwärtig in der Versuchssendestation WGY der General Electric Co. im Betrieb. Die Gesamtlänge der Röhre beträgt zirka 1·5 m mit dem Montagegestell zirka 2·25 m. Die Anode der Röhre besteht aus einem 1 m langem Kupferrohr von 10 cm Durchmesser, das mit dem Glaskolben der Röhre luftdicht verschweißt ist. Die Zuführungen zum Heizfaden und Gitter erfolgen über 50 cm lange Glasröhren. Durch Spannfedern ist dafür gesorgt, daß der Heizfaden stets dieselbe Lage einnimmt. Der Heizfaden selbst besteht aus sechs Stück 15 cm langen Wolframdrähten, die insgesamt eine Heizleistung von 8·5 kW aufnehmen. Das Wolfram-Molybdängitter ist 1 m lang und zwecks Erhaltung einer größeren mechanischen Festigkeit fachwerkartig aufgebaut. Zur ständigen Kontrolle des Röhrenvakuums ist an die Glaswand der 100 kW-Röhre eine kleinere 3-Elektrodenröhre angeschmolzen, die in Verbindung mit verschiedenen Vakuummeßinstrumenten den Gasgehalt der Röhre kontrolliert. Die Röhre ist wassergekühlt und zu diesem Zweck ist sie mit einem doppeltem Kühlmantel umgeben, der Außenmantel ist starr, der innere flexibel.

E. M.

(Radio News, Bd. 8, Nr. 12, Juni 1927.)

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

Heft 10 | **21. August 1927** | **4. Jahrgang**

INHALT: Der Anteil Österreichs an der Entwicklung der Radiotechnik. Von Privatdozent Dr. R. Ettenreich, Wien. S. 89. / Der neue Deutschlandsender. Von Dr. A. Semm, Berlin. S. 91. / RUNDSCHAU. S. 92. / PATENTBERICHT. S. 95. LITERATURBERICHTE. S. 96.

Der Anteil Oesterreichs an der Entwicklung der Radiotechnik.

Von Privatdozent Dr. R. **Ettenreich**, Wien.

Das stürmische Tempo des technischen Fortschrittes auf dem Radiogebiete hat es mit sich gebracht, daß Einrichtungen, die erst wenige Jahrzehnte alt sind, heute schon als historische Reliquien geschätzt werden. Auf der ganzen Welt macht sich ein gesteigertes Interesse für die Anfangszeiten der Radiobewegung geltend. Die Sturm- und Drangperiode scheint ihrem Abschlusse entgegen zu gehen und man findet nun Zeit sich zu erinnern.

Mit dieser Bewegung, die zum Beispiel durch das kürzlich erschienene Buch von Prof. I. A. Flemming, „50 Jahre Elektrizität" deutlich gekennzeichnet wird, trifft die Eröffnung der Radioabteilung des Postmuseums in den Räumen des Technischen Museums bei Schönbrunn in glücklicher Weise zusammen. Dieses Radiomuseum wird erstmalig einen Überblick über den großen Anteil bieten, den Österreich zum Ausbau der Hochfrequenztechnik beigetragen hat. Die dem Österreicher angeborene Bescheidenheit, nebst einer Verkettung ungünstiger äußerer Umstände, hat es bisher verhindert, daß die wichtigen österreichischen Pionierleistungen (etwa die Liebensche Erfindung ausgenommen) in der verdienten Weise der Öffentlichkeit bekannt geworden wären.

Natürlich verbietet es der Umfang dieses Aufsatzes, auf alle in Österreich geborenen Ideen einzugehen, darum soll sich diese Studie auf Spitzenleistungen beschränken, und zwar auf solche, die schon genügend weit zurückliegen, um ein unbefangenes historisches Urteil zu ermöglichen.

1. Die erste exakte Messung elektrischer Wellenlängen durch Ernst Lecher, 1890.

In den Annalen der Physik, Bd. 41, S. 850, 1890, publizierte Ernst Lecher, damals Assistent unter Hofrat Lang am I. Physikalischen Institute der Universität in Wien, seine bahnbrechende Arbeit unter dem schlichten Titel „Eine Studie über elektrische Resonanzerscheinungen". Seine Versuchsanordnung ist unter dem Namen „Lechersche Drähte" längst Gemeingut der elektrischen Meßtechnik geworden. Seine Methode diente auf der ganzen Welt zur Eichung von Standardwellenmessern und gewinnt gerade jetzt durch die steigende Benützung kurzer Wellenlängen eine erhöhte Bedeutung. Trotzdem ist der Name Lecher den meisten Radioamateuren unbekannt.

Die grundlegende Anordnung ist außerordentlich einfach und in Abb. 1 nach der Originalpublikation wiederholt. Bei F ist eine Schwingungserregung durch eine Funkenstrecke vorgesehen (natürlich kann jede andere Erregungsart auch verwendet werden). Ein Paar paralleler Drähte von etwa 30 cm Abstand und 6 bis 10 m Länge sind durch Kondensatoren A, B, A', B' mit dem Oszillator gekoppelt. Durch Reflexion an den Drahtenden bilden sich stehende Wellen, wenn das Erregersystem mit der Gesamtdrahtlänge in Resonanz steht, was durch Veränderung der Abstimmung des Senders leicht erreicht werden kann. In diesem Falle leuchtet eine Geissler-Röhre, die quer über das Ende der beiden Drähte gelegt ist (G, G') hell auf. Stellt man nun mit einem Drahbügel (1 *b*) an irgend einer Stelle einen Kurzschluß zwischen den beiden parallelen Drähten her, so erlischt das Leuchten der Röhre. Nur an einigen, sehr genau bestimmbaren Punkten, trifft dies nicht zu. Um sie zu finden, verschiebt man den Kurzschlußbügel langsam entlang der Drähte, bis die Röhre leuchtet. Diese Stellen sind die Spannungsknoten der elektrischen Schwingung, gleichzeitig die Strombäuche. Eine solche Stelle ist bei X, X' angedeutet. Die Entfernung von X

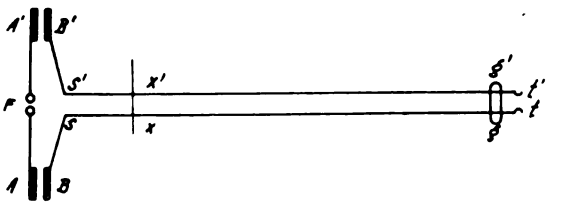


Abb. 1 *a*. Lecherdrähte.

bis t ist ein Viertel der Wellenlänge. Genauer wird die Messung, wenn die Gesamtlänge der Drähte größer ist als eine ganze Wellenlänge, weil in diesem Falle mindestens zwei Knotenstellen auftreten. Der Abstand zweier, aufeinander folgender Knoten ist stets gleich einer halben Wellenlänge.

Lecher erreichte 1890 eine Meßgenauigkeit von 2 vH, die für die damalige Zeit überraschend gut war, seither aber durch die Einführung ungedämpfter Schwingungen ganz bedeutend vergrößert werden konnte.

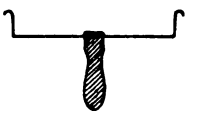


Abb. 1 *b*. Kurzschlußbügel.

Da die Kapazität und Selbstinduktion gerader paralleler Drähte der Rechnung leicht zugänglich ist, konnte Lecher die Frequenz der von ihm benützten Schwingungen nach der Kirchhoffschen Formel ermitteln und so gelang es ihm, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen mit einiger Genauigkeit anzugeben. Lassen wir ihn darüber selbst berichten:

„Stets habe ich die Beobachtungen von Hertz bestätigt gefunden; in einem wichtigen Punkte jedoch erhielt ich ein anderes Resultat: ich fand nämlich die Geschwindigkeit der Elektrizität in Drähten, für welche Hertz 200 000 km pro Sekunde angibt, fast genau gleich der Lichtgeschwindigkeit, wie dies auch die Maxwellsche Theorie fordert."

Viel später erst entwickelte sich auf der Grundlage der Versuche Marconis die praktische Anwendung der drahtlosen Telegraphie. Dabei machte man sich über die Wellenlängen entweder gar keine oder ganz un-

Digitized by Google

zutreffende Vorstellungen. Erst um die Jahrhundertwende trat die Wichtigkeit guter Abstimmung für die Erzielung großer Reichweiten in den Vordergrund und damit auch das Problem „Wellenlängenmessung", das Lecher bereits zehn Jahre früher gelöst hatte.

2. Die erste drahtlose Musikübertragung durch Ing. Otto Nußbaumer, Graz, 1904.

Ing. Otto Nußbaumer, Assistent des Prof. Ettinghausen am Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule in Graz, veröffentlichte in der Physikalischen Zeitschrift, Nr. 5, S. 796, 1904, eine Arbeit mit dem Titel: „Kurzer Bericht über Versuche zur Übertragung von Tönen mittels elektrischer Wellen". In dieser Arbeit ist, soweit mir die Literatur bekannt ist, das erste „Broadcasting" geschildert, das überhaupt auf der Erde stattgefunden hat.

Um diese Leistung zu würdigen, muß man berücksichtigen, daß damals weder ungedämpfte Sender, noch Detektoren zur Anzeigung modulierter Schwingungen zur Verfügung standen. Weder der Hochfrequenzlichtbogen von Poulsen, noch der Kristalldetektor waren damals bekannt. Aber Nußbaumer wußte diese Schwierigkeiten, die ihm nur halb zum Bewußtsein kamen, genial zu umgehen.

Den Ausgangspunkt seiner Versuche bildete der singende Lichtbogen von Duddel. Durch ihn konnte er einen Wechselstrom von sehr hoher (an der Hörgrenze liegender) Frequenz herstellen und diesen benützte er zur Speisung einer Funkenstrecke *F* in Hertzscher Schaltung. Die Antenne *A* war induktiv gekoppelt. Er arbeitete daher mit einer außerordentlich

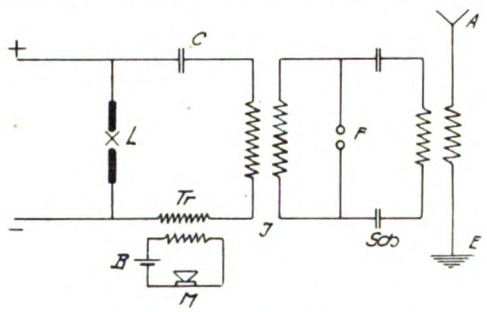


Abb. 2. Musiksender von O. Nußbaumer.

raschen Funkenfolge, wodurch eine Übertragung der tiefen und mittleren Töne ermöglicht wurde. *J* ist ein Induktorium mit hohem Übersetzungsverhältnis. Abb. 2 zeigt den von ihm verwendeten Sender nach dem Berichte in der Physikalischen Zeitschrift. Die Modulation erfolgte durch ein Mikrophon *M* und Transformator *Tr* in dem mittelfrequenten Schwingungskreis. Bei einigen Versuchen war das Mikrophon einer Drosselspule parallel geschaltet um es zu schonen. Wir haben es hier mit einer doppelten Modulation zu tun. Die ausgestrahlten, vermutlich sehr kurzen Wellen bestehen aus gedämpften Schwingungen, die entsprechend der Funkenfolge sehr rasch nacheinander ausgestrahlt werden, während die Amplitude dieser Gruppen mit dem Rhythmus der aufgedrückten Musik schwankt.

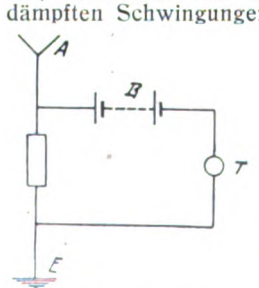


Abb. 3. Empfänger-Schaltung von O. Nußbaumer.

Nußbaumer machte verschiedene, anfangs von wenig Erfolg begünstigte Versuche, diese Schwingungen in derselben Weise aufzunehmen, wie dies bei den drahtlosen Telegraphiezeichen damals üblich war, nämlich mittels eines Kohärers. Der Erfolg war natürlich, daß die Metallbeschickung des Kohärers *F* nach dem Auftreffen des ersten Wellenzuges auf die Empfangsantenne *A* (Abb. 3) „frittete" und dann dauernd auf dem niedrigen Widerstandswert blieb. Er machte daher verschiedene Versuche mit anderen Füllmaterialien und hatte endlich einen vollen Erfolg, als er das Glasröhrchen des Kohärers mit kristallinischen Bruchstücken von Eisenoxyd unter leichtem Druck zwischen den Metallelektroden füllte. Es war zweifellos eine Detektorwirkung, die er dabei erhielt. Es ist nur schade, daß er der Ursache dieser Wirkung nicht weiter nachgegangen ist, sonst hätte er der Hochfrequenztechnik den Kristalldetektor bereits um zwei Jahre früher geschenkt, als er tatsächlich in die Praxis eingeführt wurde. Es ist bemerkenswert und für das Funktionieren der Vorrichtung als Kristalldetektor kennzeichnend, daß kein Klopfen, oder sonstiges Entfritten notwendig war. Abb. 4 zeigt den damals verwendeten Detektor und das Mikrophon.

Das beschriebene körnige Eisenoxyd erhielt Nußbaumer auf folgende Art: Er tauchte einen Hufeisenmagnet in feinstes Eisenpulver und entzündete den entstehenden Bart an einem Bunsenbrenner.

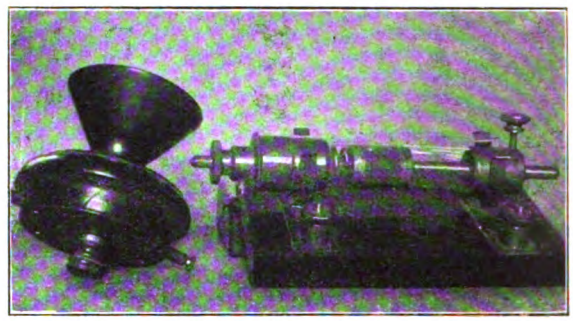


Abb. 4. Nußbaumers Kristalldetektor.

Zeugen der damaligen Versuche bestätigen, daß die Übertragung innerhalb des Physikalischen Institutes auf eine Distanz von acht Zimmern, also etwa 30 m, erfolgte und daß die Wiedergabe der einfachen gesungenen oder gespielten Melodien überraschend klar gewesen ist.

3. Die Erfindung der Verstärkerröhre durch Robert von Lieben (1906).

Lange Jahre ist auch diese Leistung der breiten Öffentlichkeit unbekannt geblieben. Aber dank des Vortrages, den Herr Hofrat Reithoffer anläßlich der Einweihung einer Gedenkplatte für Lieben kürzlich im Studio der Ravag hielt, ist die Tatsache heuzutage kein Geheimnis mehr, daß Lieben am 4. März 1906 ein Patent angemeldet hat, dessen Einleitung mit folgenden Worten beginnt:

„Die vorliegende Erfindung bezweckt mittels Stromschwankungen kleiner Energie solche von großer Energie auszulösen, wobei Frequenz- und Kurvenform der ausgelösten Stromschwankungen denen der auslösenden entsprechen."

Zweifellos war bereits in der Stellung dieser Aufgabe ein Verdienst von historischer Bedeutung zu erblicken. Da der oben erwähnte Vortrag in dieser Zeitschrift vor kurzem wiedergegeben war,[1]) erübrigt es sich, in die Details der Liebenschen Erfindung einzugehen.

4. Die Erfindung der Rückkopplung durch Ing. Sigmund Strauß, 1912.

Während in der letzten Zeit die Errungenschaft Liebens auch in breiteren Kreisen gewürdigt wird, ist eine ebenso wichtige Leistung eines seiner Mitarbeiter, des Ing. Sigmund Strauß, noch immer nahezu unbekannt.

Bei seiner Arbeit mit der Lieben-Röhre, die damals hauptsächlich als Telephonverstärker für Leitungstelephonie in Betracht kam, beobachtete Strauß eine störende Nebenerscheinung, die in einem launenhaft einsetzenden Selbsttönen des angeschlossenen Telephons bestand. Er ging dieser Erscheinung nach und fand, daß der pfeifende Ton jedesmal auftrat, wenn der Eingangstransformator (Gitterspule) mit dem Ausgangstransfor-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Heft 6, S. 57 ff.

Digitized by Google

mer (Anodenspule) räumlich benachbart war. Er änderte den Versuch ab und verwendete an Stelle der Transformatoren einfache Spulen und konnte so feststellen, daß eine „Rückkopplung" der Anodenspule und der Gitterspule stets dann Anlaß zu Schwingungen gab, wenn der Wicklungssinn richtig gewählt war. Er deutete die Erscheinung vollkommen korrekt und meldete ihre Anwendung am 13. Februar 1912 in Österreich zum Patent an. Abb. 5 zeigt eine getreue Wiedergabe der maligen Patentzeichnung, die Anodenspule n_2 induziert auf die Gitterspule n_1 und hält dadurch die Schwingungen dauernd aufrecht. Der Übersichtlichkeit halber ist keine Glühkathode eingezeichnet. Eine Spule n_3, die mit einer Antenne und einem Kondensator verbunden ist, diente zur Ausstrahlung der erzeugten hochfrequenten Schwingungen.

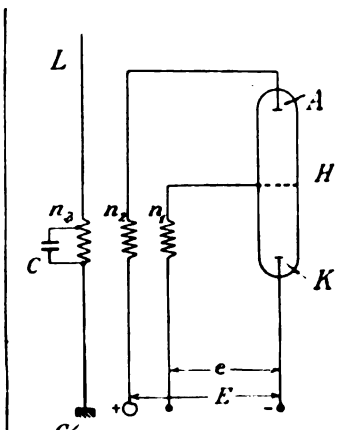


Abb. 5. Rückkopplungsschaltung von Strauß.

5. Die Erfindung des thorierten Wolframdrahtes durch Dr. Anton Lederer (1906).

Sowohl bei den gepreßten Wolframfäden als bei gezogenen, reinen Wolframdrähten machten sich bei der für Glühlampen erforderlichen hohen Erhitzung Kristallisationserscheinungen sehr unangenehm bemerkbar. Unter dem Mikroskop zeigt ein solcher gealterter Draht tiefe Einkerbunngen, die naturgemäß zu einem raschen Ruin führen. Da war es Lederer der die Technik auf den richtigen Weg wies. Es gelang ihm, durch einen geringen Zusatz von Thorium bezw. Thoriumoyd zu der Wolframsäure (dem Ausgangsmaterial der Drahtfabrikation), diesen unter dem Namen „Offsetting" bekannten Übelstand zu beseitigen. Das bezügliche Patent datiert vom 22. Oktober 1906 (Ö. P. Nr. 41247).

Seine thorierten Wolframdrähte haben außerdem den Vorteil erheblich erhöhter Elektronenemission, weshalb sie später in der Radioröhrentechnik große Bedeutung erlangten.

Österreich hat alle Ursache auf die Leistungen seiner Physiker und Ingenieure auf dem Gebiete der Radiotechnik stolz zu sein, denn gerade bei den markantesten Punkten in der Entwicklung dieses neuen Wissenszweiges waren es Österreicher, denen die Priorität zukommt.

In diesem Zusammenhange ist vielleicht auch die Bemerkung von Interesse, daß der bekannte Radiophysiker Dr. Alexander Meißner, der Leiter des Telefunken-Laboratoriums in Berlin, ein gebürtiger Wiener ist und seine Studien an der hiesigen technischen Hochschule gemacht hat. Auch Dr. Fritz Blau, der leitende Physiker des Osram-Konzerns ist einer der Unseren. Er begann seine später so glanzvolle Laufbahn als Assistent und Privatdozent an der Wiener Universität.

Der neue Deutschlandsender.

Von Dr. A. **Semm**, Berlin.

Der erste Rundfunksender in Deutschland wurde, wie wohl bekannt sein dürfte, im „Voxhaus" mitten im Häusermeer Berlins aufgestellt. Seine zentrale Lage war für Berlin selbst sicher die günstigste. Aber das übrige Deutschland hörte nur wenig, zumal die Senderleistung nur gering war. Zum Glück hatten aber alle die, die sich von dem kaum für möglich gehaltenen Wunder überzeugen wollten, die Möglichkeit, einen größeren deutschen Sender zu hören.

In Königs-Wusterhausen[1]) bei Berlin befindet sich die Hauptfunkstelle der Deutschen Reichspost, deren Hauptaufgabe im wesentlichen in der Abgabe von Telegrammen für den europäischen und nationalen Verkehr besteht. Dort waren bereits seit dem Jahre 1922 Versuchssender für Telephonie vorhanden. Die Deutsche Reichspost hatte damals als neuesten Zweig die Übermittlung von Wirtschafts-, Handels- und Börsennachrichten auf drahtlos-telephonischem Wege an Abonnenten einzelner Gesellschaften aufgenommen. Zur Verbesserung der Sprachübermittlung und zum Studium aller damit zusammenhängenden Fragen wurden dann von Königs-Wusterhausen aus Telephonieversuche ausgeführt. Zuerst diente ein behelfsmäßig aufgebauter Poulsensender, später ein Laboratoriums-Röhrensender von 5 kW Telegraphieleistung für die Versuche. Die rege Anteilnahme aus Bastlerkreisen, die dauernd die Versuche mit beobachteten, brachte es bald mit sich, daß auch gelegentlich musikalische Darbietungen übertragen wurden. Diese wurden mit großem Beifall nicht nur in Deutschland, sondern auch weit darüber hinaus aufgenommen. Begeisterte Zuschriften spornten zu immer neuen Verbesserungen an, so daß die Konzerte Sonntag Mittag bald zur Regel wurden. In Deutschland half der Sender an seinem Teil für den Rundfunk werben. Bevor in den einzelnen Sendebezirken die Rundfunksender ihre Stimme ertönen lassen konnten, war Königs-Wusterhausen der Retter in der Not. Auch als später die deutschen Sender aufgestellt waren, gab es vielerorts Stellen, an denen die Bezirkssender nicht mit genügender Lautstärke empfangen werden konnten. An diesen „toten" Stellen war dann Königs-Wusterhausen „der" Sender.

Mit dem weiteren Ausbau des deutschen Rundfunks wurde dieser Sender in die allgemeine Organisation mit eingegliedert, nicht als „Bezirkssender", sondern als „Deutschlandsender". Als solcher hat er die Aufgabe, außer den abendlichen musikalischen Darbietungen, Vorträge belehrenden Inhalts aus allen Wissensgebieten über ganz Deutschland zu verbreiten. Die Leistung des behelfsmäßigen Senders, die inzwischen mit einfachen Mitteln auf 10 kW erhöht worden war, sollte jedoch noch weiter vergrößert werden. Da man aber bei der stürmischen Entwicklung nicht erst abwarten wollte, bis ein neuer Sender fabriksmäßig hergestellt war, wurde ein vorhandener 20 kW Telegraphiesender für Rundfunkzwecke umgebaut. Das ist der Sender, der auch heute noch Tag für Tag arbeitet. Er stammt noch aus der Zeit, als wassergekühlte Röhren im Versuchsstadium waren und man sich zum Betrieb des Senders der 500 Perioden-Maschinen (eingedenk des Löschfunkensenders) bediente. Aber daß man mit viel Liebe und Geschick aus solch einem Sender etwas machen kann, beweist er täglich neu!

Wenn seine Leistungen auch von allen Seiten anerkannt wurden, so stellte sich doch im Laufe der Zeit heraus, daß eine Erhöhung seiner Reichweite im allgemeinen Interesse läge. Das, was er verbreitet, ist ja für ganz Deutschland bestimmt. Und das Bestreben der Deutschen Reichpost geht dahin, den Empfang allen so leicht wie nur möglich zu machen. Es kommt hinzu, daß alle Deutschen, die fern von ihrer Heimat sind, das größte Verlangen haben, einen deutschen Sender regelmäßig und sicher zu hören. Um diesem Wunsche nachzukommen, beschloß vor reichlich Jahresfrist die Deutsche Reichspost, einen neuen Deutschlandsender errichten zu lassen. Um nicht auf halbem Wege stehen zu bleiben, wählte man als Senderleistung bei Telegraphie 120 kW.

Ein Sender solcher Leistung konnte in der Haupt-

[1]) Vgl. E. u. M. 1919, Anzeiger, S. 145.

Digitized by Google

funkstelle Königs-Wusterhausen nicht mehr untergebracht werden. Da aber aus organisatorischen und betriebstechnischen Gründen der Sender in der Nähe von Königs-Wusterhausen bleiben sollte, wurde ein Gelände als Standort für ihn bestimmt, das etwa 3 km von der Hauptfunkstelle entfernt bei der kleinen Ortschaft Zeesen liegt. Dieser Standort befindet sich dicht bei den früheren Werkstätten und der inzwischen abgebauten Werft, in der während des Krieges die Schütte-Lanz-Luftschiffe erbaut wurden.

Ein Waldgrundstück wurde dem neuen Sender zugewiesen. Soweit jedoch die weitverzweigte Erdanlage reichen wird, mußten die Bäume gefällt werden. Mit dem Bau des stattlichen Senderhauses wurde im Spätherbst vorigen Jahres begonnen. Heute ist es soweit fertiggestellt, daß in Kürze mit dem Einbau der technischen Einrichtungen begonnen werden kann.

Der Sender soll in einem großen, hellen Raum untergebracht werden. In seiner Schaltung hat er sehr viel Ähnlichkeit mit dem Langenberg-Sender.[2]) Drei Senderstufen sind vorgesehen. Während in der ersten die elektrischen Schwingungen erzeugt werden, dienen die zwei weiteren als Hochfrequenzverstärker. Die Modulation findet in der zweiten Stufe in der bekannten Gitter-Gleichstrom-Schaltung nach Telefunken-Schäffer statt. Die letzte Stufe, die die eigentliche Energie hergibt, wird sechs wassergekühlte Röhren von je 20 kW Hochfrequenzleistung haben. Bei Telephonie wird die aufgenommene Röhrenleistung etwa 50 kW betragen. Die Anoden-Gleichspannung (12 000 V) wird hier, ebenso wie in Langenberg, durch sechsphasige Gleichrichtung von Drehstrom von 50 Per/s erzeugt. Als Gleichrichter werden wassergekühlte Ventile (Kenotrone) benutzt. Der benötigte Drehstrom wird mittels eines 6000 V-Kabels vom Überlandnetz aus dem Sender zugeführt. Die Wassermenge, die die sechs Röhren und zwölf Ventile brauchen, ist so groß, daß sich die Anwendung einer Zirkulationskühlung als notwendig erwiesen hat. Die Kühleinrichtung ließ sich nicht gut im Senderhaus mit unterbringen und wurde deshalb in ein Nebengebäude eingebaut.

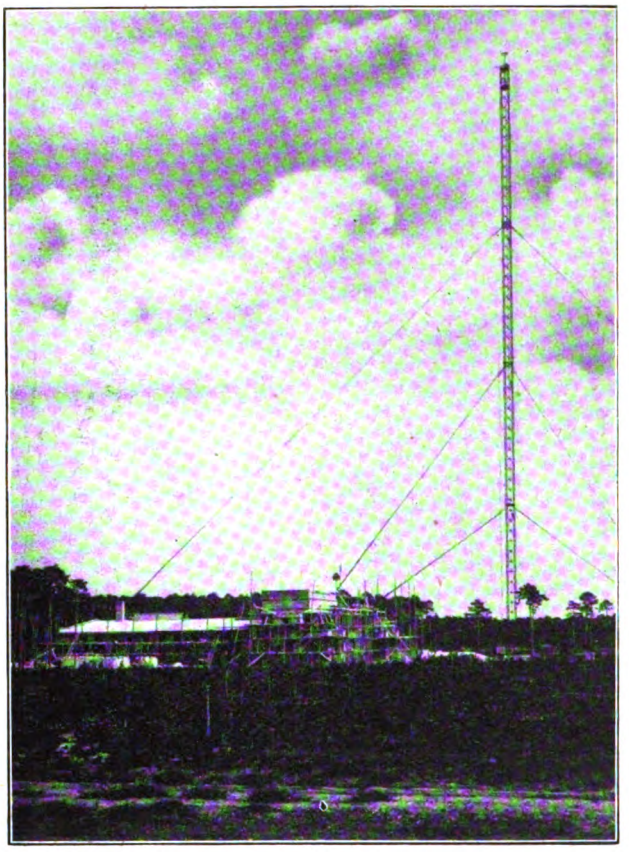


Abb. 1.

Die Antenne wird in T-Form zwischen zwei Masten von je 210 m Höhe gespannt. Der Abstand der beiden Masten beträgt 450 m. Abb. 1 zeigt das Haus und einen der Türme im Bau. Mit der Montage des Senders wird demnächst begonnen.

Die Sendewelle wird dieselbe bleiben wie die des jetzigen Deutschlandsenders, nämlich 1250 m.

Bei dem Umfang solch eines gewaltigen Bauwerkes ist es selbstverständlich, daß eine geraume Zeit vergehen wird, bis alle Teile an ihrem Platz sind und die Versuche einen Abschluß gefunden haben. Da jedoch mit allem Nachdruck gearbeitet wird, ist zu hoffen, daß noch im Spätherbst der neue Deutschlandsender als stärkster unter den europäischen Rundfunksendern Kunde vom deutschen Können geben wird.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Heft 9, S. 88.

Rundschau.

Der Prager Rundfunksender. E. M. Deloraine. Der von der Western Electric Co. gelieferte 5 kW Röhrensender ist in dem Vororte Prags Stratnice aufgestellt. Die Besprechungsräume und die Vorverstärkungsanlage befinden sich im Zentrum Prags. Die Besprechung vom Prager Besprechungsraum erfolgt mittels eines Kondensatormikrophons[1]), während alle auswärtigen Besprechungen durch Kohlenkörnermikrophone erfolgen. Der Sendestromkreis ist auf 500 W modulierte Leistung berechnet und wird von fünf durch Strahlung gekühlte Röhren gespeist. Die Schaltung des Senders ist eine Colpittsschaltung mit Heisingscher Modulation. Die Hochfrequenzkraftverstärkung auf 5 kW Antennenleistung erfolgt durch zwei wassergekühlte Kraftröhren. Die vollständige Speisung des Senders benötigt 25 kW zugeführte Leistung bei einem Leistungsfaktor von 0·8. Das selbständige Anlassen des Senders erfolgt in der Weise, daß die Anodenspannung erst bei genügender Erhitzung der Glühfäden angelegt wird. Durch eine besondere Anordnung der Relaisstromkreise ist für eine umfassende Sicherung der Anlage selbst sowie des Bedienungspersonals gesorgt. Um die Lebensdauer der Röhren zu erhöhen, ist in dem Hauptstromkreis derselben eine automatische Wechselschaltung eingebaut, die die Heizstromrichtung in regelmäßigen Zeitabständen umkehrt. Die 10 000 V Anodenspannung wird über eine Siebkette einem Dreiröhrengleichrichter entnommen. Der Modulator besteht aus zwei parallel geschalteten Röhren von 200 W Gesamtleistung im Anodenkreise. Der Oszillatorkreis ist durch einen Belastungswiderstand dauernd belastet, um die Rückwirkung der veränderlichen Impedanz des Verstärkergitterstromkreises zu vermindern. Die Kraftverstärker sind mit dem Oszillator widerstandsgekoppelt. Der Ausgangsstromkreis des Verstärkers wird mit Hilfe von Anzapfungen und Schleifkontakten abgestimmt. In Reihe mit dem primären Stromkreise und in Reihe mit dem Stromkreis der mehrfach abgestimmten Antenne ist ein Kopplungskondensator geschaltet. Das Erdsystem hat die Form einer Fischgräte von der Ausbreitung 100 m × 50 m. Die Antennenmaste sind 40 m hoch und 80 m voneinander entfernt. Der durch Feldstärkemessungen ermittelte Strahlungswiderstand des Senders beträgt 5·07 Ohm. Bei einem Gesamtantennenstrom von 31 A beträgt die ausgestrahlte Energie 4·9 kW. Der Wirkungsgrad der Antenne beträgt 64·5 vH, der der Verstärker 62 vH.

E. M.

(Electrical Communication, Jänner 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1000.

Digitized by Google

Über die Fortschritte des drahtlosen Empfanges im Jahre 1926 berichtet A. N. Goldsmith von der Radio Corporation of America. — Ausschlaggebend für die Entwicklung der verschiedenen Apparatetypen war die stets wachsende Zahl von Großsendern und der Relaisstationen. In erster Linie mußte daher von den Apparaten eine hinreichende Selektivität und Abstimmschärfe verlangt werden. Neben den verschiedenen Abarten des Zwischenfrequenzempfängers haben besonders Apparatetypen mit mehreren abgestimmten Hochfrequenzkreisen eine ziemliche Verbreitung erreicht. Die einzelnen Abstimmelemente sind in der Regel mechanisch miteinander gekoppelt, so daß nur ein Abstimmknopf zu bedienen ist. Die gesteigerten musikalischen Ansprüche der Öffentlichkeit brachten die Entwicklung von verzerrungsfreien Verstärker- und Lautsprechertypen mit sich. In der Montage der Apparate selbst haben sich auch gewisse Normen ausgebildet. Sämtliche Einzelteile, die während der Bedienung des Empfängers nicht zugänglich sein müssen, werden auf rahmenartige Metallträger montiert, die einzelnen Kreise, wenn notwendig, durch Abschirmschilder getrennt. Besonderer Verbreitung erfreuen sich die Wechselstromnetz-Anschlußgeräte. Zweckdienlich angeordnete Spannungsteiler ermöglichen die Entnahme verschiedener Spannungen. Vollständige Empfangsanlagen mit eingebautem Rahmen, Netzanschluß und Lautsprecher werden in einer Truhe untergebracht. Federnde Röhrensockel verhindern die akustische Beeinflussung der Röhren durch den Lautsprecher. Von den Lautsprechern hat die sogenannte Konustype eine weitgehende Durchbildung erfahren, die auf dem elektrodynamischen Prinzip aufgebaut ist. Die magnetischen Schwankungen wirken auf die Konusspitze ein, welche in einem Metallrahmen mittels schmaler Lederstreifen befestigt ist. Am Ende der sich zylindrisch erweiternden Konusspitze sind die Wicklungen des Lautsprechers untergebracht, die vom N. F.-Verstärker gespeist werden. Die Verbreitung der Netzanschlußgeräte brachte die Entwicklung leistungsfähiger Gleichrichterröhren mit sich. In die Geräte sind Drosselketten eingebaut, die einen verzerrungsfreien Empfang ermöglichen. Gute Erfahrungen wurden gemacht mit Detektorröhren, deren Glaskolben mit Caesiumdämpfen gefüllt war. E. M.
(General Electric Review, Bd. 30, Nr. 1. Jänner 1927.)

Rückkopplungsempfänger in Gegentaktschaltung. R. Aubert. Die Gegentaktschaltung hat sich besonders bei Kurzwellensendern sehr gut bewährt. Der abgestimmte Schwingungskreis liegt zwischen den Gittern zweier Elektronenröhren, deren Anoden durch die Rückkopplungsspule verbunden sind.[1]) Die Zuführung der Anodenspannung erfolgt in der Mitte der Rückkopplungsspule. Der Empfänger ist überaus empfindlich und sein Hauptvorzug liegt vor allem in der leichten Bedienung, da die Abstimmung von der Rückkopplung fast vollständig unabhängig ist. Die Schaltung läßt sich auch als Superregenerativempfänger ausbilden, indem man die beiden Röhren für die Hochfrequenz in Gegentakt, für die Drosselfrequenz parallel arbeiten läßt. In einfachster Weise läßt sich dies so erreichen, daß man in dem Anodenkreis den Schwingungskreis der Drosselfrequenz mit dem Kopfhörer in Reihe schaltet. Die Rückkopplung für die Drosselfrequenz kann in Reihe mit der Gitterableitung geschaltet werden. Unter Verwendung eines Milliamperemeters läßt sich der Schwingungseinsatz leicht kontrollieren. E. M.
(Q. S. T. Français et Radioélectricité réunis No. 36, März 1926.)

Der innere Widerstand der Elektronenröhre. W. Bernbach leitet eine Formel für den inneren Röhrenwiderstand Ri ab, die die Abhängigkeit vom Anodenstrom der Röhre veranschaulicht. Unter der Annahme, daß der äußere Widerstand Ra groß ist und der Gitterstrom dauernd Null ist, gilt für den Anodenstrom die Raumladungsformel der Emission:

$$J = k(e_g + DE_a - D \cdot Ra \cdot J)^{3/2} \quad \ldots\ldots (1).$$

Darin bedeuten J den Anodenstrom, k eine Konstante, e_g die Gitterspannung, D den Durchgriff und E_a die Spannung der Anodenbatterie. Bedenkt man, daß die Steilheit der Arbeitskurve durch den Ausdruck

$$S_r = \frac{1}{D}\,\frac{Ra}{Ra + Ri} = \frac{dJ}{de_g} \quad \ldots\ldots (2)$$

gegeben ist, so kommt man nach Durchführung der Differentiation der zum Quadrat erhobenen Gleichung (1) und einiger Umformungen zu den Formeln

$$S_r = \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{\frac{2}{3} k^{-2/3} I^{-1/3} D^{-1} + Ra} \quad \ldots (3)$$

bezw.

$$Ri = \frac{2}{3} k^{-2/3} \cdot D^{-1} I^{-1/3} \quad \ldots\ldots (4).$$

Der innere Widerstand einer Röhre ist demnach dem Verstärkungsfaktor $1 : D$ direkt, der Kubikwurzel des Anodenstromes umgekehrt proportional. k läßt sich aus den statischen Kennlinien der Röhre leicht ermitteln. Die bei nicht zu großen Frequenzen gültige Verstärkungszahl

$$v = \frac{Ra}{DRa + DRi}$$

wird nach Einsetzung des Wertes für Ri

$$v = \frac{Ra}{DRa + \frac{2}{3} k^{-2/3} I^{-1/3}} \quad \ldots\ldots (5);$$

bei großem Ra überwiegt der Einfluß des ersten Gliedes im Nenner gegenüber dem zweiten. E. M.
(Zeitschrift f. Hochfrequenztechnik, Bd. 29, Heft 4, 1927.)

Zur Frage des gleichgerichteten Stromes beim Kristalldetektor. A. Schleede und H. Buggisch. Die Tatsache, daß das gleiche Kristallmaterial oft verschiedene Empfindlichkeit zeigt, war bisher ungeklärt. Die Verfasser untersuchen verschiedene Bleiglanzkristalle und weisen nach, daß die Empfindlichkeit mit der chemischen Zusammensetzung zusammenhängt, und zwar in der Weise, daß die empfindlichen Stellen mehr Schwefel enthalten, als der molekularen Zusammensetzung des Bleiglanzes als PbS entspricht. Sehr sorgfältig durchgeführte Versuche zeigen ferner, daß ein verschiedener Richtungssinn des gleichgerichteten Stromes, wie sie von anderen Beobachtern gefunden wurden, nicht auftritt, wenn nur die Versuchsbedingungen eindeutig sind. Es wird die Charakteristik verschiedener Kristallmaterialien aufgenommen, und zwar arbeiten die Verfasser im Gegensatz zu früheren Untersuchungen mit Spannungen in der Größe von nur 20 bis 200 mV, also Spannungen, wie sie in der drahtlosen Telephonie auftreten. Die größte Empfindlichkeit wies ein natürlicher Bleiglanz C. K. vom Maison Unis-Radio Paris auf. Sehr gut arbeitet auch sublimiertes Bleisulfid, während gefälltes, gepreßtes Bleisulfid nur ganz schwach empfindlich ist. In allen Fällen ergab sich bei einem bestimmten Kristall, auf das eine Metallspitze mit richtigem Druck aufgesetzt wurde, stets der gleiche Richtungssinn des Elektronenstromes, und zwar hat er beim Bleiglanz stets die Richtung Metallspitze—Kristall, beim Pyrit die umgekehrte Richtung. Eine Umkehrung tritt nur dann auf, wenn entweder die Einstellung der Metallspitze so labil ist, daß das Galvanometer dauernd schwankt oder wenn mit nicht metallisch sauberer Spitze gearbeitet wird, also nur bei unzureichenden Versuchsbedingungen. Pe.
(Phys. Zeitschr., 28. Jahrg., Nr. 4, 1927.)

Über eine einfache Methode zur indirekten Messung von Gitterströmen. Von M. von Ardenne. Die Größenordnung der Gitterströme bei Empfangsanordnungen bedingt sehr empfindliche Meßinstrumente, die eine gewisse Behutsamkeit erfordern und auch nicht überall vorhanden sind. Im Gegensatz hierzu ermöglicht die beschriebene einfache Methode die Aufnahme

[1]) Vgl. Die Radiotechnik, 1927, Heft 4, S. 47.

Digitized by Google

von Gitterstromkennlinien mit den sehr viel handlicheren und billigeren Zeigerinstrumenten. Die Methode beruht auf der Tatsache, daß, wenn Gitterströme fließen, durch den Spannungsabfall an einem eingeschalteten Gitterableitewiderstand die Spannung am Gitter geändert und dadurch eine scheinbare Verzerrung der Anodenstromkennlinie hervorgerufen wird. Die Messung des bei einer bestimmten Gitterspannung fließenden Gitterstromes erfolgt so, daß zunächst der bei überbrücktem R_g fließende Anodenstrom festgestellt wird. Sobald nun R_g eingeschaltet wird, ändert sich, wenn Gitterströme fließen, die wirkliche Gitterspannung und somit der Anodenstrom. Es ist dann durch Wahl einer entsprechend anderen Gittervorspannung wieder der ursprüngliche Anodenstromwert einzustellen. Die hierzu notwendige Änderung der Gittervorspannung ist gleich dem Spannungsabfall E_g' am Gitterableitewiderstand. Der Gitterstrom ist dann

$$I_g = \frac{E_g}{R_g}.$$

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird nachgewiesen, daß die Empfindlichkeit dieser Methode gleich dem Produkt aus Steilheit der Röhrenkennlinie und Gitterableitewiderstand ist. Die Empfindlichkeit kann nicht beliebig gesteigert werden, weil mit Rücksicht auf die Isolationswiderstände größere Gitterableitewiderstände als 30 bis $50 \cdot 10^6$ Ohm nicht mehr zu empfehlen sind. Wenn Gitterableitewiderstände von $30 \cdot 10^6$ Ohm verwendet werden, beträgt bei den Steilheiten der üblichen Empfängerröhren die Empfindlichkeit dieser Methode 10 000. Das bedeutet, daß beispielsweise mit Meßinstrumenten der Größenordnung 10^{-4} Ampere noch Gitterströme von 10^{-8} Ampere gemessen werden können. Weiterhin wird angegeben, wie in Spannungsverstärkerstufen mit hohen äußeren Widerständen, wo die Steilheit der statischen Arbeitskennlinie meist relativ klein ist, die Verstärkungseigenschaften einer solchen Stufe benutzt werden können, um auch in diesen Fällen mit der Methode eine ausreichende Empfindlichkeit zu erhalten.

(Jahrb. d. drahtl. Telegr., Bd. 29, Heft 3, 1927.)

Parallelschaltung von Senderöhren zur Erzeugung intensiver kurzer Wellen. A. Scheibe hat die Mittel festgestellt, welche angewendet werden müssen, um mit gutem Wirkungsgrad Senderöhren in der von Barkhausen und Kurz angegebenen Anordnung zur Erzeugung von Wellen in der Größe von 1 m ($300 \cdot 10^6$ Per/s) und weniger parallelschalten zu können. Bei dieser Schaltung wird bekanntlich das Gitter positiv, die Anode stark negativ gegen den Heizfaden gemacht; die Elektronen bewegen sich unter dem resultierenden Einfluß der von den einzelnen Gitterstegen ausgeübten beschleunigenden Kräfte zum Teil zwischen diesen hindurch, gelangen in das Bremsfeld der negativen Anode, das sie zur Umkehr bringt, sie zum Teil neuerlich zwischen die Gitterstege durchtreten läßt usw. Diese mechanische Elektronenschwingung, deren Frequenz von den geometrischen Elektrodenmaßen und den Feldern abhängt, kann nach außen wirksam gemacht werden, wenn man die Kapazität-Anode-Gitter samt Zuleitung zur Anregung eines Lecherschen Paralleldrahtsystems benützt, das bei richtiger Abstimmung kräftig mitschwingt. Um die störenden Einflüsse der Speisezuleitungen möglichst zu verkleinern, werden die Heizzuleitungen bifilar und senkrecht zum Lechersystem zugeführt. Die Röhren werden zweckmäßiger Weise entsockelt (obgleich dies nicht immer unbedingt erforderlich ist) und die Paralleldrähte (Messingrohre) als Verlängerung der Gitter- und Anodenherausführung in Längsachse der Röhre angeordnet, und zwar in einem Abstand von zirka 2 bis 5 cm; auf ihnen verschiebbar ist eine Cu-Platte von 20 cm Durchmesser, welche die Schwingungen längs der Drähte reflektiert und wenn sie in einem Spannungsknoten steht, reine stehende Schwingungen am Paralleldrahtsystem entstehen läßt. Diese Plattenbrücke dient zum Anschluß von Gitter- und Anodengleichspannung und ist daher symmetrisch geschlitzt, damit kein Kurzschluß der Speisespannungen entsteht. Entfernt man die Plattenbrücke, so wird nichts an der Abstimmung geändert wenn das Lechersystem um drei Viertel verlängert wird; am Ende entsteht dann ein Spannungsbauch. Rüstet man eine zweite Röhre, welche unter gleichen Betriebsbedingungen (Heizung und Gitter und Anodenspannung) mit annähernd derselben Frequenz schwingt, in derselben Weise mit einem Lechersystem aus mit einem Spannungsbauch am offenen Ende, so können die Röhren durch Zusammenschalten der beiden Drahtsysteme mit ihren offenen Enden ohne weiteres zu gutem Parallelarbeiten gebracht werden. Nach ähnlichen Überlegungen können auch eine größere Anzahl von Röhren parallel geschaltet werden. Es zeigte sich bei den Versuchen, daß mit zwei parallelarbeitenden Röhren im allgemeinen mehr als der doppelte Schwingungsstrom erreicht werden kann. E. Wo.

(Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Telephonie, Bd. 27, Heft 1, 1926.)

Verschiedene Mitteilungen.

Über den Einfluß der letzten Sonnenfinsternis v. 29. Juni d. J. auf den Rundfunk hat man in England Versuche angestellt. Prof. E. V. Appleton vom King's College leitete die Versuche zwischen der Sendestelle Birmingham und Peterborough einerseits und der Sendestelle Newcastle und der Universität Liverpool andererseits, u. zw. wegen des notwendigen Vergleiches auch an zwei Tagen vor und an zwei Tagen nach der Sonnenfinsternis. Die Beobachtungen bei Sonnenaufgang waren an allen Tagen die gleichen. Am Tage der Sonnenfinsternis zeigte sich, daß beim Verschwinden des Sonnenlichtes während der Dauer von 10 Minuten die auf Wellenlängen von 300 bis 500 m gesendeten Zeichen sich deutlich verstärkten. Die gleiche Erscheinung konnte auch beim Empfang von langen Wellen einiger Großstationen des Festlandes (Stavanger und St. Assise) beobachtet werden.

Der Langenberg-Sender[1]) wird nicht nur in den spanischen Städten, in denen keine Ortssender vorhanden sind, sondern selbst mitten in Madrid, auch wenn die dortigen Sender Radio Espana und Union Radio gleichzeitig senden, im Lautsprecher aufgenommen. Der Empfang ist oft so lautstark und deutlich, wie von den Madrider Sendern selbst. Die verwendeten Empfänger sind Drei- und Vierröhrengeräte. Die Lautstärke Langenbergs ist größer als die aller englischen Stationen und selbst als die des französichen Senders Toulouse, der gewöhnlich die mit größter Lautstärke in Spanien aufgenommene ausländische Station ist.

Die Zahl der deutschen Rundfunkhörer betrug am 1. Juli d. J. 1 713 899. Die zuletzt veröffentlichte Teilnehmerzahl am 1. April d. J. betrug 1 635 728, so daß sich eine Zunahme von 78171 ergeben hat.

Internationale Funkkonferenz in Washington. Am 4. Oktober d. J. wird in Washington die dritte Internationale Funkkonferenz eröffnet werden. Die Aufgabe dieser Konferenz, zu der die Regierung der Vereinigten Staaten von Nordamerika die Mitglieder des Weltfunkvereins, etwa 100 Staaten, sowie die großen Funk- und Kabelgesellschaften eingeladen hat, besteht darin, den auf der Konferenz in London i. J. 1912 geschlossenen Weltfunkvertrag den jetzigen, durch die schnelle Entwicklung des Funkwesens veränderten Verhältnissen anzupassen[2]). Da der jetzt gültige Vertrag von London im allgemeinen nur den Seefunkdienst behandelt (andere Funkdienste waren im Jahre 1912 für eine internationale Regelung noch nicht reif oder sie waren noch nicht vorhanden), werden in Washington neben dem Seefunk auch die anderen Dienste, wie Funkdienst im öffentlichen Telegramm- und Fernsprechverkehr, Rundfunk (Presse-, Wirtschafts- und Unterhaltungsrundfunk), Wetter-, Schiffssicherheits-, Peildienst und ähnliches zu behandeln sein. Insgesamt stehen etwa 2000 Vorschläge der Konferenzteilnehmer zur Beratung; Deutschland ist hierbei in hervorragendem Maße beteiligt. (In Vertretung der Generaldirektion der Post- und Telegraphenverwaltung werden die Herren Sektionsräte Ing. H. Pfeuffer und Maxim. Hartwig an der Konferenz teilnehmen.)

(Mitt. der Reichs-Rundfunk-Ges. m. b. H., Berlin.)

[1]) Vgl. „Die Radiotechnik", 1927, Heft 9, S. 88.

[2]) Vgl. E. u. M. 1912, S. 862, 885, 909, 928, 948, 967.

Digitized by Google

Patentbericht.

Elektronenröhren.

(Schluß aus Heft 8, Seite 79)

Bei Vakuumröhren mit Metallwandung hat man beobachtet, daß wegen der Porosität des Metalles das Vakuum allmählich schlechter wird. Diesem Übelstande sucht eine Erfindung der Firma Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. in Berlin dadurch abzuhelfen, daß das eigentliche Entladungsgefäß von einem zweiten Gefäß mit Abstand umgeben ist und der Zwischenraum zwischen beiden evakuiert wird.

(D. R. P. Nr. 434008.)

Um bei Röhren für große Leistungen für eine ausreichende Kühlung zu sorgen, wird von der gleichen Firma vorgeschlagen, die Oberfläche des Röhrengefäßes dadurch zu vergrößern, daß sie ganz oder teilweise wellenförmig gestaltet wird.

(D. R. P. Nr. 434007.)

Um hohe Stromstärken erzielen zu können ohne die Lebensdauer des Glühfadens zu sehr zu beeinträchtigen wird nach einer Erfindung der Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. in Berlin-Siemensstadt und Dr. L. Szilard in Berlin-Dahlem derjenige Teil des Raumes, in welchem sich die Kathode befindet, unter höherem Druck gehalten, dagegen die Steuerung des Anodenstromes in einem anderen Teil des Raumes vorgenommen, wo ein hinreichend gutes Vakuum aufrecht erhalten wird. So sollen einerseits für den Strom, welchen man durch die Röhre schicken kann, die Vorgänge in der leitenden Gasstrecke in der Kathode maßgebend sein, so daß der Strom ein beträchtlicher sein kann, besonders wenn die Entladung in der Umgebung der Kathode den Charakter einer Bogenentladung trägt; andererseits soll die Steuerung im Hochvakuumteil in der bei Hochvakuumröhren gangbaren Weise erfolgen.

(Schweizer Pat. Nr. 116675.)

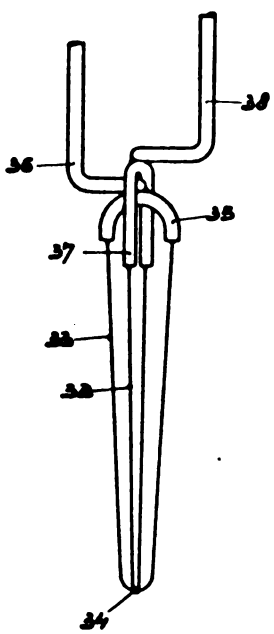


Abb. 3.

Eine Erfindung der Firma Phillips Gloeilampenfabrieken in Eindhoven bezieht sich auf eine Glühkathode mit parallel geschalteten Glühfadenteilen, die von zwei oder mehr zugleich zur Stromzufuhr dienenden metallenen Trägern unterstützt werden und besteht darin, daß zwischen zwei für die Stromzufuhr dienenden Trägern noch einer oder mehrere andere metallene Träger angeordnet sind, die zwischengelegene Punkte der parallelen Glühfadenteile von gleichem Potential miteinander mechanisch und elektrisch verbinden. Zum Beispiel können die Glühfadenteile 32, 33 zwei V-förmige Stücke bilden, die auf den Metallstücken 35, 37 befestigt sind und die so ineinanderstehen, daß die unteren Enden der Schleifen (bei 34) sich berühren (Abb. 3).

(Ö. P. Nr. 105263.)

Es ist bekannt, eine Steuerelektrode auf der der Anode abgewandten Seite der Kathode anzubringen. Damit nun bei einer solchen Anordnung die Anode und die übrigen Steuerorgane die Kathode doch genügend umfassen, wird von der Süddeutschen Telefon-Apparate, Kabel- und Drahtwerke A.-G. das hinter der Kathode stehende Steuerorgan als Platte ausgebildet, während die übrigen Steuerorgane und die Anode halbzylinderförmig ausgebildet sind. In der Abb. 4 bedeutet *F* die Kathode, G_1, G_2, G_3 die Steuerorgane und *A* die Anode.

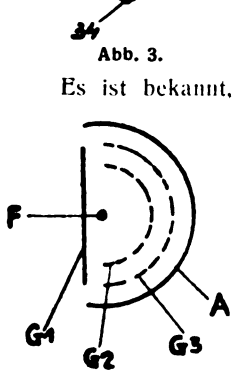


Abb. 4.

(D. R. P. Nr. 436253.)

Eine Erfindung der International Western Electric Comp. in Delaware (V. St. A.) betrifft ein Fassungszwischenstück für Vakuumröhren, welches ermöglicht, Vakuumröhren verschiedener Sockelkonstruktionen in einer gegebenen Fassung verwenden zu können. Zu diesem Zweck besitzt das Fassungszwischenstück eine Anzahl von entsprechend der Kontaktanordnung der einen Röhrentype angebrachten und ausgeteilten Kontaktstücken, die mit am Unterteil des Zwischenstückes angebrachten, nach Art und Anordnung den Sockelkontakten der zweiten Röhrentype entsprechend angebrachten und ausgeteilten Kontaktstücken, beispielsweise durch eine Kreuzverbindung oder in anderer Weise, leitend verbunden sind.

(Ö. P. Nr. 98122.)

Um eine Verwechslung der einzelnen Kontakte beim Einstecken der Röhre unmöglich zu machen, wurde von der Firma Joh. Kremenezky und Ing. K. Schönbauer in Budapest eine besondere Konstruktion angegeben, derzufolge die Kontakte des einen Kontaktteiles (etwa der Röhre) als koaxiale Umdrehungsflächen und die des anderen Kontaktteiles als federnde Zungen ausgebildet sind. Die Abb. 5 zeigt eine derartige Anordnung, bei welcher die im Sockel 11 angebrachten kreisringförmigen Kontaktflächen 12, 13, 14 einen sich stufenweise ändernden Durchmesser haben.

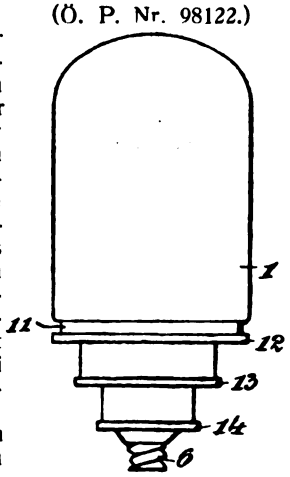


Abb. 5

(Ö. P. Nr. 105277.)

Gemäß einer Erfindung der Firma Philips Gloeilampenfabriecken in Eindhoven, Holland, führt man den Kontaktstift der Anode oder einen oder mehrere Kontaktstifte der Gitter länger als den der Kathode aus. Eine solche Bauart verhindert, falls die Kontaktstifte unsymmetrisch in dem Isoliermantel des Sockels angeordnet sind, daß die Glühkathode an eine zu hohe Spannung angeschlossen wird, wenn man versehentlich versuchen sollte, die Kontaktstifte in einer falschen Lage in eine zugehörige Steckdose einzustecken.

(D. R. P. Nr. 426231.)

Eine Erfindung von G. Beauvais besteht darin, daß für die Herstellung der Röhre das Gitter als Glühkathode ausgebildet wird, um als Elektronenquelle beim Erhitzen der Anode durch Elektronenbombardement während des Evakuierens zu dienen. Auf diese Weise wird bei der Herstellung der Röhre eine Abnutzung der Kathode vermieden, so daß sie als ein möglichst dünner Faden ausgeführt werden kann.

(D. R. P. Nr. 428586.)

Eine Erfindung der Firma Philips Glocilampenfabriecken in Eindhoven, Holland, betrifft eine Entladungsröhre, bei welcher durch die Wahl und Zusammensetzung der Gasfüllung eine dauernde Herabsetzung der Durchschlagsspannung erhalten wird· dazu wird dem Edelgas, mit dem das Rohr gefüllt ist, eine kleine Menge eines anderen Edelgases zugesetzt, dessen Ionisationsspannung niedriger ist, als die Spannung, bei der der erste unelastische Stoß im ersten Gas auftritt. So wird zum Beispiel eine Füllung aus Neon verwendet mit einem Zusatz von 0·5 bis 5 vH Argon.

(D. R. P. Nr. 417347.)

Von Ing. Z. Dezsö in Wien wird ein Verfahren zur Bindung der letztgenannten Gasreste in Röhren durch Zerstäubung angegeben, bei dem Magnesiumoxyd (Magnesium) zunächst in der üblichen Weise zerstäubt wird und der an der Wand abgesetzte Niederschlag dann durch Erwärmen neuerlich zerstäubt wird.

(Ö. P. Nr. 104976.)

Ein von der Telefunkengesellschaft angegebenes Verfahren zum Betriebe von Elektronen-

Digitized by Google

röhren bezweckt, den Wechselstromton bei wechselstromgeheizten Röhren herabzusetzen, bei denen der Anodenstrom durch gleichgerichteten Wechselstrom erzeugt wird und in der Frequenz mit dem Heizstrom übereinstimmt: es besteht darin, daß die Ströme für die Heizung und die Anodenspannung in eine derartige bestimmte und des Betriebszustandes der Röhre konstante Phasenlage zueinander gebracht werden, daß die von ihnen herrührenden Störungskomponenten einander entgegenwirken. (D. R. P. Nr. 432481.)

Eine andere Erfindung dieser Firma geht von der Überlegung aus, daß für den Heizstrom nur die niederfrequenten Störungen gefährlich sind, weil die hochfrequenten wegen der Wärmekapazität des Fadens vernichtet werden, für den Anodenstrom aber auch die hochfrequenten Störungen von Bedeutung sind; demzufolge wird eine Niederfrequenzdrossel (Spule mit Eisenkern) an den einen Pol der Netzleitung und somit beiden Kreisen vorgeschaltet, und in den Anodenstromkreis wird noch eine Hochfrequenzdrossel, bestehend aus einer Luftspule mit Kondensatoren, eingeschaltet. (D. R. P. Nr. 425922.)

Nach einer Erfindung von A. Minder in Wien ist die Anordnung der bei Speisung aus einem Gleichstromnetz üblichen Beruhigungselemente im Heizstromkreis so getroffen, daß die beiden an der Netzleitung liegenden Selbstinduktionsspulen durch einen geschlossenen Eisenkern gekoppelt sind: dadurch wird eine günstige Dimensionierung ermöglicht, indem die Größe von Kapazität und Selbstinduktion herabgesetzt werden kann. (Ö. P. Nr. 102736.)

Literaturberichte.

3550 **Funkrecht.** Von Ministerialrat Dr. Eberhard Neugebauer. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. VIII und 260 Seiten. Verlag von Georg Stilke, Berlin 1926 (Stilkes Rechtsbibliothek Nr. 33). In Ganzleinen gebunden Mk. 7.

Noch ist das Elektrizitätsrecht als Energierecht nicht unter Dach und Fach gebracht und schon ist wieder eine neue Partie des Elektrizitätswesens aufgetaucht, die nach dem rechtlichen und gesetzlichen Aufbau drängt. Es ist das Funkwesen und Funkrecht, das in der gewaltigen Verbreitung der Radiotechnik wurzelt. Fernsprech- und Fernmeldeverkehr, soweit er mit dem drahtverbundenen Telephon vermittelt wird, hat in den Telegraphen- und Telephonverordnungen und den Wegegesetzen nationaler und internationaler Faktur seine Regelung gefunden. Nun ist durch das Phänomen des drahtlosen Nachrichtendienstes, der in dem Unterhaltungsfunk mit dichtbesäten Antennenstellen eine engmaschige Verdichtung erhalten hat, ein Allerweltsverkehr entstanden in solcher Raschheit und solchen Reichweiten, daß die Kodifikation der Formen und Regeln, unter denen er sich abwickelt, der rapiden Entwicklung nicht genug nacheilen kann, aber schließlich doch erfaßt und festgehalten werden muß, um auch hier Ordnung und Schlichtung der zusammengehörigen und aufeinanderstoßenden Interessenbereiche zu schaffen. Die Erfahrung lehrt, daß eine Fülle spezifischer und neuartiger Rechtsbeziehungen nach Pragmatisierung und Erläuterung verlangt, wenn die Wohltat der neuen Errungenschaft nicht durch die Plage der Wirrsal und Willkür der zufälligen Machthaber vergällt werden soll. Der Staat als Träger des hoheitlichen Funkspruchwesens, die Unternehmungen als seine beliehenen Lizenznehmer und die Massen der Hörer, die im Ätherraume an die schwingenden Wellen angeschlossen sind, haben das gleiche Interesse, daß dieser Verkehr, wie derjenige jedes anderen auf den Massenbetrieb gerichteten Kommunikationsmittels, nach genauen und festumschriebenen Normen sich präzise vollzieht, daß die damit einhergehenden Relationen sich störungsfrei und reibunglos abwickeln. In Deutschland ist dieser Funkdienst in ein umfassendes Rechtsschema eingegliedert, dessen Überblick die vorliegende Sammlung bietet, ausgehend von der Entstehungsgeschichte der Funkverordnungen und überleitend zu den Vorbedingungen des internationalen Funkverkehres, der bei Wahrung des Grundsatzes von der Freiheit des Äthers eingerichtet werden muß. Das Buch unterweist uns an Hand der Gesetzestexte und einer ausführlichen Kommentierung über die Maßnahmen zum Schutze der Funkdienste und des Funkverkehres, über das Benützungsrecht an fremden Verkehrswegen und Liegenschaften, sohin über das Antennenrecht, über die Herstellung und den Handel mit Funkeinrichtungen, über die einschlägigen Genehmigungsbedingungen, die Patentbefugnisse und die Urheberrechtsverhältnisse der Radiovorführungen, über die Polizeiaufsicht, die Fragen der Brandschadenversicherung und über die Besteuerung des Umsatezs und der Lustbarkeit. Alles dies wird in dem Neudruck nach dem jetzigen Stande der Technik und der Verwaltungsmaximen dargestellt und mit zahlreichen Beispielen und Lösungen aus der Praxis, der Parteienverabredung und der Rechtsprechung belegt. Die Absicht des Verfassers, mit seiner auf hohem wissenschaftlichen Niveau stehenden Arbeit einen systematischen Leitfaden für das geltende Funkrecht und eine Richtschnur für seine Fortbildung darzubieten, ist als wohlgelungen zu bezeichnen. Sie erschließt eine ergiebige Literaturquelle, aus der die heimische Belesenheit, die auch hierzulande mit mannigfaltigen Verfügungen und Entscheidungen in den „Vorschriften für das Rundfunkwesen" auf dem Laufenden gehalten ist, vielfache Belehrung und Aufklärung schöpfen kann. Dr. Heinrich Schreiber.

3545 **Funkschaltungen.** Ein Leitfaden der wichtigsten Empfangs- und Sendeschaltungen. Von Karl Mühlbrett. VIII und 97 Seiten, 198 Abb. Verlag von Julius Springer, Berlin, 1927. Preis broschiert Mk. 4·20.

Das Buch ist kein „Schaltungsbuch" in dem üblichen Sinne und bringt auch nicht, wie diese, die verschiedenen, möglichen — und unmöglichen — Kombinationen der Schaltelemente. Vielmehr enthält das Buch, wenn auch in ziemlich gedrängter und knapper Darstellung, eine Übersicht über die meisten gebräuchlichen Sende- und Empfangsschaltungen, wobei der Autor bemüht ist, das Prinzip der einzelnen Schaltungen zu erklären. Von diesem Gesichtspunkte aus ist das Buch überaus einheitlich gestaltet. Der knappen Form der Sprache ist auch die bildliche Darstellung der Schaltungen angepaßt, was sicherlich zur Übersichtlichkeit wesentlich beiträgt. Das Buch erfordert allerdings die Kenntnisse der allgemeinen Grundlagen, zumal ein Großteil auch der fortgeschrittenen Radioamateure, an die sich das Buch wendet, durch die verschiedenen Bastlerzeitschriften an eine detailliertere Darstellung in Wort und Schrift gewöhnt ist. Geradezu charakteristisch für die Darstellungsweise Mühlbretts ist der Abschnitt über das Erzeugen und Unterdrücken von Schwingungen, wo die Einheitlichkeit der Betrachtungsweise am meisten auffällt.

Das Buch ist in zehn Abschnitte gegliedert, von denen die ersteren allgemeine Gesichtspunkte behandeln, während die letzteren die Besprechung vollständiger Schaltungen bringen. — Die Erklärungen für die physikalische Wirkungsweise der einzelnen Schaltungen sind zumeist einfach und einleuchtend, nur manchmal beschränkt sich der Verfasser auf die bloße Mitteilung von Tatsachen. Bei der Schutznetzschaltung der Doppelgitterröhren wäre nicht nur der erhöhte Widerstand, sondern, was mindestens ebenso wichtig ist, die starke Verringerung des Durchgriffes zu erwähnen gewesen. — Die Darstellung und Erklärung der Flewellingschen Überrückkoppelung ist nach Ansicht des Referenten nicht ganz einwandfrei, zumal das Schaltbild 39 für das Audion mit den Schaltbildern 128 bzw. 194 für die Pendelrückkoppelung nach Flewelling im wesentlichen identisch ist. Das wesentliche Merkmal der Flewellingschaltung besteht darin, daß dem Steuergitter über einen hohen Widerstand eine Gleichspannung bestimmter Größe zugeführt wird, in der Regel direkt von den Anodenbatterie.[1]) Dies wäre bei einer nächsten Auflage — die dem Buche unbedingt zu wünschen ist — zu berücksichtigen. Der fortgeschrittene Radioamateur wird das Buch Mühlbretts nicht ohne Nutzen aus der Hand legen.

Mittelmann.

[1]) Vergl. Die Radiotechnik, 1925, S. 61.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 36.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 11 | **11. September 1927** | **4. Jahrgang**

INHALT: *Richtstrahlung mit horizontalen Antennen. Von E. Mittelmann. S. 97. / RUNDSCHAU. S. 98. / LITERATURBERICHTE. S. 103.*

Richtstrahlung mit horizontalen Antennen.

Durch das Studium der Ausbreitungsverhältnisse der kurzen Wellen kam man mehr und mehr zu der Überzeugung, daß bei diesen eine ausgesprochene Teilung der fortgepflanzten Wellen in Oberflächen- und Raumwellen stattfindet, und zwar sind es in erster Linie die Raumwellen, die eine Übertragung auf große Entfernungen ermöglichen. Es gibt für jeden Wellenbereich einen optimalen Ausstrahlwinkel, der die maximalen Reichweiten erreichen läßt. Vor Jahresfrist hat bereits Dr. Meißner über Versuche mit horizontalen Richtstrahlern berichtet[1]), bei denen unter Zuhilfenahme parabolischer Reflektoren eine große Reichweite bei guter Richtwirkung erzielt wurde.

Diese Versuche, über die Meißner jetzt ausführlich in einer neuen Arbeit „Richtstrahlung mit horizontalen Antennen“ berichtet, wurden fortgesetzt und es wurde erstrebt, die Strahlung auch in der Horizontalrichtung zu konzentrieren. Durch Kombination mehrerer, in der gleichen Phase schwingender Horizontalantennen gelangt man zu Strahlungsbildern, wie sie in der Abb. 1 dargestellt sind.

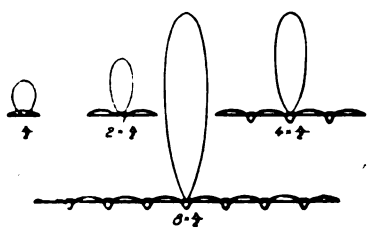


Abb. 1. Konzentration der Strahlung in der Horizontalebene.

Die stark ausgezogenen Linien zwischen den Knotenpunkten der Halbwellen stellen die Horizontalantennen von der Länge $\lambda/2$ dar. Zwischen zwei Horizontalantennen ist je eine Phasenumkehrspule geschaltet. Die dünn ausgezogenen Kurven zeigen die Zunahme der Strahlungsintensität in der Hauptrichtung mit Vergrößerung der Zahl der aneinander geschalteten Horizontalleiter. Mit zunehmender Antennenzahl nimmt die Strahlungsintensität in der Hauptrichtung im Verhältnis zu der seitlichen Strahlung stark zu. Die Konzentration der Strahlung in der Vertikalebene erfolgte mit Hilfe von parabolischen Reflektoren um die Horizontalantennen. Je größer die Öffnungsweite des Reflektors im Verhältnis zu der Wellenlänge wird, umso größer die erzielte Richtwirkung. Schon dieser Umstand zwingt zur Verwendung verhältnismäßig kurzer Wellenlängen. Die Abb. 2 veranschaulicht die Zunahme der Strahlungsintensität bei Vergrößerung der Öffnungsweite des Reflektors, der schematisch im Schnitt dargestellt ist. Der Punkt entspricht der Horizontalantenne. Die erste Abb., links in der Abb. 2, entspricht einer Horizontalantenne ohne Strahlwerfer. Die Strahlungsintensität ist in allen Richtungen dieselbe. Die Versuche mit den oben beschriebenen Antennensystemen wurden auf einer Wellenlänge von 11 m durchgeführt.[2]) Im Tages-

Abb. 2. Konzentration der Strahlung in der Vertikalebene.

verkehr mit Südamerika hat sich diese Wellenlänge sehr gut bewährt. Die Abb. 3 zeigt die Zeiten des Empfanges in Südamerika. Der Empfang des Senders AGK (11 m, 1 kW) war auch dann möglich, wenn ein Teil der überbrückten Strecke in Dunkelheit lag (schraffierte Flächen). Charakteristisch für diesen Sender war übrigens, daß der

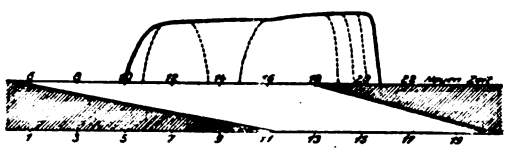


Abb. 3. Verkehrszeit bei 11 m in Argentinien.

Empfang an manchen Tagen vollständig ausfiel. Es wurden auch vergleichende Versuche zwischen AGK und dem Sender AGA (15 m, 8 kW) gemacht. Der 11 m Sender ist im Durchschnitt besser als der Sender AGA

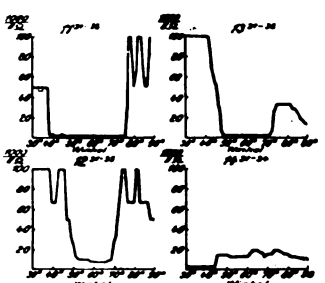


Abb. 4. Lautstärke bei verschiedenen Reflektorwinkel.

(Strahlwerfer mit vertikaler Polarisation), aber er bleibt, wie erwähnt, zeitweise ganz aus. Meißner spricht die Vermutung aus, daß die Ausfälle mit einer nahenden De-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, Heft 8, S. 73.

[2]) Nach den Berechnungen und Theorien (vgl. A. H. Taylor und E. O. Hulbert, Phys. Rev., Vol. 27, 1926, S. 189 und Lassen, Jahrbuch dr. Tel., 28, 1926, S. 109) sollte mit 11 m überhaupt kein Empfang auf größere Entfernungen möglich sein, da nach den Theorien bei so hohen Frequenzen die Strahlung von der Erde weggebogen wird.

Digitized by Google

pression am Sender im ursächlichen Zusammenhang stehen; in diesem Falle wäre es möglich, mit einem steileren Reflektionswinkel (80° statt 38°) die 11 m Welle auch an solchen Tagen erfolgreich zu verwenden, wo sie bisher ausgeblieben ist.

Beim Empfang der 11 m Welle treten verhältnismäßig weniger Fadings auf, als bei der 15 m Welle. Für

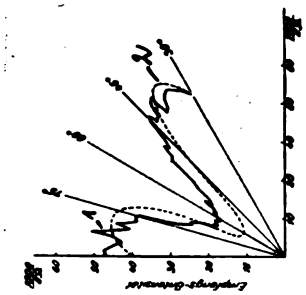


Abb. 5. Lautstärke bei Änderung des Reflektorwinkels.

die Richtung 38° des Strahlwerfers wurde in Südamerika ein Maximum beobachtet, ebenso ein zweites, etwa um 10 vH kleineres Maximum für den Winkel 80°. Dazwischen lag ein tiefes Minimum. Die Abb. 4 zeigt die Empfangslautstärke in Südamerika für verschiedene Reflektorwinkel. Bemerkenswert ist es, daß zwischen Vor- und Nachmittag kein Unterschied vorhanden ist. Die Diagramme der Abb. 4 stellen Mittelwerte für eine Beobachtungsdauer von je drei Tagen dar. In der Abb. 5 sind die Lautstärken bei Änderung des Reflektorwinkels dargestellt.

Das bei den Versuchen verwendete Strahlwerfersystem ist in der Abb. 6 dargestellt. Die Antenne bestand

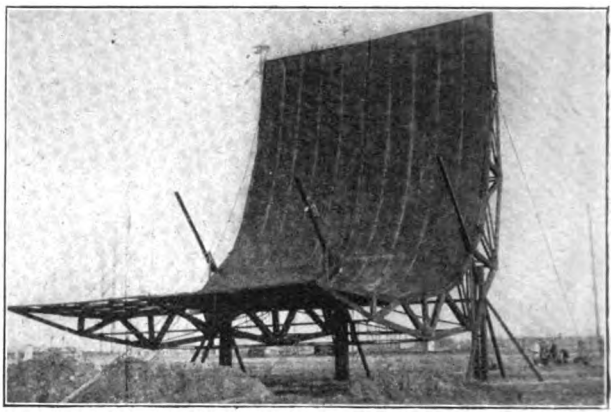


Abb. 6. Schwenkbarer Strahlwerfer.

aus zwei Halbwellen, die durch eine Phasenumkehrspule miteinander verbunden waren. Die Energieleitungen zum Sender liegen an der Phasenumkehrspule. Mit Hilfe von zwei Winden kann der Reflektor binnen 4 Minuten von 30° auf 90° gedreht werden.

E. Mittelmann.

Rundschau.

Ein englisches Versuchslaboratorium in Elstree, das von einem englischen Zeitschriftenverlag eingerichtet wurde und unter der Leitung von Scott-Taggart steht, beschreibt Robert Steckelmann. Als Wellennormale dient ein auf die Welle 1661·7 m abgestimmter Quarzwellenmesser.[1]) Die Elektroden des Quarzkristalls sind parallel zum Kondensator eines einfachen Schwingungskreises geschaltet, dessen Induktivität zugleich als Kopplungsspule dient. Parallel zu einem Teile dieser Induktivität liegt eine Reihenschaltung aus einem Kristalldetektor und einem Milliamperemeter, in der ein gleichgerichteter Strom fließt, sobald Schwingungen auftreten. Der Quarzkristall beeinflußt diese Schwingungen nur dann, wenn sie genau seine Eigenfrequenz besitzen. In diesem Falle verschwindet seine sonst sehr hohe Impedanz und der Ausschlag des Milliamperemeters geht auf Null zurück. Zur Bestimmung anderer Wellenlängen dient ein auf Wellenlängen geeichter Röhrensender, dessen Kapazität im Anodenschwingungskreise in weiten Grenzen von etwa 100 bis 11 200 cm veränderlich ist. Man stellt den Sender, dessen Wellenlänge gemessen werden soll, mit einem Rundfunkempfänger ein und überlagert den erhaltenen Schwingungen die kontinuierlich geänderten Schwingungen des Wellenmessers, bis man das bekannte, durch Schwebungen verursachte Pfeifen hört. Die am Wellenmesser eingestellte Wellenlänge, bei der das Pfeifen wieder verschwindet, ist die ge-

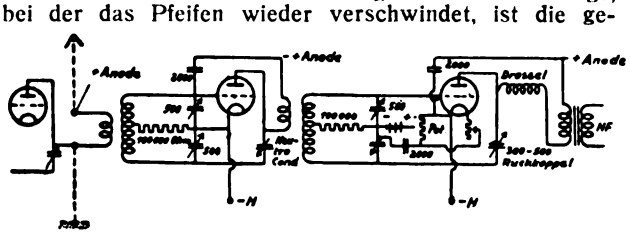


Abb. 1.

suchte Wellenlänge. Der Wellenmesser ist natürlich auch zur Bestimmung der Hochfrequenzkapazität von Kondensatoren nach der Substitutionsmethode verwendbar. Ein weiterer, bis auf die Kopplungsspule durch

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 56, 68.

Metall abgeschirmter Versuchssender liefert eine konstante und in konstanter Stärke und Frequenz modulierte Hochfrequenzschwingung und dient zur Prüfung der Apparate auf ihr Verhalten bei verschiedenen Ton-

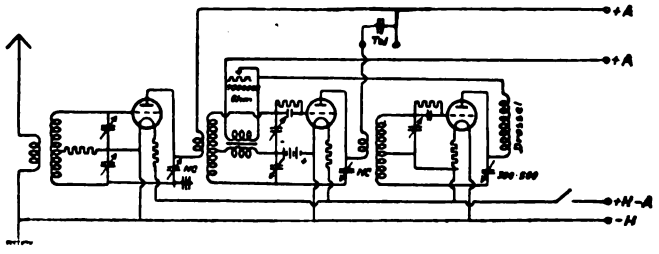


Abb. 2.

frequenzen. Die Untersuchungen in Elstree haben die Überlegenheit der einlagigen Zylinderspulen über alle Kunstwicklungen dargetan. Sie haben ferner gezeigt, daß man die Spulen gegen äußere und gegenseitige Beeinflussung am besten durch geerdete Metallschirme schützt. Die Neutralisierung der Gitter-Anodenkapazität aller Hochfrequenzstufen eines Empfängers erwies sich als notwendig. Zweckmäßiger Weise durchfließt der Anodenstrom nicht die mit dem Neutrodynekondensator verbundene Spule, sondern beeinflußt sie nur durch Induktion. Auf einen 5 cm Kern werden zuerst die 20 Windungen der Neutrodynespule, darüber die 20 Windungen der Anodenspule und über beide 90 Windungen der Gitterspule aufgebracht. Die 25 Windungen einer etwaigen Rückkopplungsspule wickelt man neben die Anodenspule. Als besonders vorteilhaft erwies sich die aperiodische Antennen- und Anodenkopplung. Verwendet man nämlich in allen Gitterschwingungskreisen gleiche Induktanzen, so liegen dann auch die Einstellungen der Gitterkondensatoren auf denselben Skalengraden, was die Handhabung sehr erleichtert und die Anbringung von mehreren Kondensatoren auf einer gemeinsamen Achse ermöglicht. Als vorzügliche Grundlage für eine wirksame und selektive Hochfrequenzverstärkung wurde die Verwendung einer mit Neutrali-

Digitized by Google

sierung verbundenen Brückenschaltung mit je zwei Spulen und zwei Kondensatoren in jedem Gitterschwingungskreise nach Abb. 1 gefunden. Ein derartiges Sechsröhrengerät (3 HF, A, 2 NF) wurde auf Ausstellungen in Amsterdam und in Chicago mit dem ersten Preise ausgezeichnet. Die Anordnung eignet sich auch vorzüglich für Reflexschaltungen nach Abb. 2. R. H.

(Funk, Heft 20, 1927.)

Über Anodengleichrichtung. M. von Ardenne weist auf die Vorteile der Anodengleichrichtung gegenüber Gittergleichrichtung hin. Die erstere eignet sich mehr für größere Amplituden (Ortsempfang), ferner ist die Störungsfreiheit gegen Niederfrequenz eine größere. Im theoretischen Abschnitt der Arbeit werden die Formeln abgeleitet, aus denen die Größe des durch die Krümmung der Anodenstromkennlinie entstehenden Gleichrichtereffektes in Abhängigkeit von dem Wert und der Art des Widerstandes im Anodenkreise hervorgeht. Wenn der Widerstand im Anodenkreis ein rein ohmscher ist, ergibt sich für den Gleichrichtereffekt folgende Beziehung

$$\delta I_a = \frac{\delta S}{\delta E_g} \cdot \frac{R_i^2}{(R_a + R_i)^2} \cdot \frac{\mathfrak{E}_g^2}{4} \cdot \frac{R_i}{R_a + R_i}.$$

Hierbei ist S die Steilheit, $\mathfrak{E}_g$ die Amplitude der zugeführten Gitterwechselspannung, R_a der Widerstand im Anodenkreis, R_i der innere Röhrenwiderstand. $\frac{\delta S}{\delta E_g}$ ist die Krümmung der statischen Röhrenkennlinie und somit $\frac{\delta S}{\delta E_g} \frac{R_i^2}{(R_a + R_i)^2}$ die Krümmung der Arbeitskennlinie. Das Glied $\frac{R_i}{R_a + R_i}$ berücksichtigt den ohmschen Anodenwiderstand noch insofern, als durch ihn bei Eintreten der Änderung des mittleren Anodenstromes auch die Anodengleichspannung an der Röhre sich ändert und hierdurch der Gleichrichtereffekt weiterhin verkleinert wird. Diese Rückwirkung ist immer vorhanden, wenn der Anodenwiderstand einen ohmschen Bestandteil besitzt. Für den Fall, daß parallel zum ohmschen Anodenwiderstand R_a eine Kapazität liegt, deren Widerstand für die gleichzurichtende Schwingung klein gegenüber R_i und R_a ist, tritt die Rückwirkung des Gleichrichtereffektes besonders deutlich hervor. Der Gleichrichtereffekt beträgt in diesem Grenzfall $\delta I_a = \frac{\delta S}{\delta E_g} \frac{\mathfrak{E}_g^2}{4} \frac{R_i}{R_a + R_i}$. Die Krümmung der Arbeitskennlinie ist dann, da dynamisch der Anodenwiderstand sehr klein ist, gleich der Krümmung der statischen Röhrenkennlinie bei dem betreffenden Anodenstromwert. Relativ zu den bei hohen Anodenwiderständen überhaupt fließenden Anodenströmen ist der bei dieser Zusammensetzung des Anodenkreises eintretende Gleichrichtereffekt sehr empfindlich. Diese empfindliche Art der Anodengleichrichtung findet in den verbreiteten Widerstandsempfängern statt, wo für Hochfrequenz der Widerstand der unvermeidlichen Röhren- und Leitungskapazitäten bei hinsichtlich Verstärkungsgrad vorteilhafter Dimensionierung klein gegenüber R_i und R_a ist. Wenn ein induktiver Widerstand im Anodenkreis liegt (bei Drossel- und Transformatorenverstärkern), dessen ohmscher Bestandteil zu vernachlässigen ist, so ist der Gleichrichtereffekt

$$\delta I_a = \frac{\delta S}{\delta E_g} \cdot \frac{R_i^2}{(\omega L)^2 + R_i^2} \frac{\mathfrak{E}_g^2}{4}.$$

Die Nachprüfung der abgeleiteten Formeln durch eine Reihe von Messungen an einer Meßanordnung, die innerhalb eines größeren Frequenzbereiches beliebig kleine definierte Gitterwechselspannungen herzustellen und die entsprechenden Gleichrichtereffekte zu messen gestattet, läßt weitgehende Übereinstimmung mit der Theorie erkennen. Zunächst erstrecken sich die Messungen auf eine Röhrenanordnung mit hohem Anodenwiderstand, wo die Größe des Gleichrichtereffektes in Abhängigkeit von der Gitterspannung bei verschiedenen kapazitiven Belastungen im Anodenkreise untersucht wird. Bemerkenswert ist, daß bei Verwendung von Röhren mit kleinem Durchgriff und hohen Anodenwiderständen in Widerstandsverstärkern der Gleichrichtereffekt bei Hochfrequenz etwa 50 mal so groß ist, als bei Niederfrequenz. Eine weitere Messung läßt erkennen, daß das Empfindlichkeitsgesetz bei kleinen Gitterwechselspannung in Übereinstimmung mit der Theorie nahezu quadratisch ist. Ebenso wird experimentell bestätigt, daß der Gleichrichtereffekt sehr klein wird, sobald der Anodenkreis stark induktiv belastet ist.

(Jahrbuch drahtl. Tel., Bd. 29, Heft 3. 1927.)

Widerstandsempfänger und Verstärker für Entnahme der Anodenspannung aus dem Lichtnetz. Von A. Forstmann. Der große wirtschaftliche Nachteil, nämlich die unbedingt erforderliche sehr hohe Anodenspannung, welcher die Einführung in weitere Kreise der mit Widerständen und Kondensatoren gekoppelten Empfänger und Verstärker bisher verhindert hat, dürfte durch das Netzanschlußgerät, welches heute mehr und mehr die Anodenbatterie verdrängt, beseitigt sein, da man beim Netzanschlußgerät ohne Mehrkosten eine Anodenspannung von solcher Höhe bekommen kann, wie sie für den Betrieb eines Widerstandsempfängers notwendig ist. Nun hat sich aber gezeigt, daß bei einem normalen Widerstandsempfänger nicht ohne weiteres die Anodenbatterie durch ein Netzanschlußgerät ersetzt werden kann, ohne daß die Güte des Empfanges und der Wiedergabe durch niederfrequente Kopplungen wesentlich verschlechtert wird. Es sind daher besondere Mittel notwendig, um diese niederfrequenten Kopplungen zu vermeiden. Zweckmäßig hat sich ergeben, den eigentlichen Widerstandsverstärker mit dem Empfänger durch einen Transformator zu koppeln, dessen Übersetzungsverhältnis zur Erreichung einer möglichst verzerrungsfreien Übertragung nicht größer als 1 : 3 sein soll. Außerdem ist es mit Rücksicht auf möglichst große Verzerrungsfreiheit vorteilhaft, parallel zur Sekundärwicklung dieses Transformators einen Widerstand von etwa 0·5 Megohm zu schalten. In den Anodenstromkreis der Spannungsverstärkerstufen legt man statt eines Hochohmwiderstandes zwei solche in Serie, deren Verbindungspunkt über einen Kondensator von etwa 1 µF mit dem Minuspol der Heizung verbunden ist. Durch diese Kombination von Hochohmwiderstand und Kondensator wird jegliche niederfrequente Rückkopplung verhindert und die normalerweise vorhandenen Störungen können nicht hervortreten. Der direkt mit der Anode in Verbindung stehende Hochohmwiderstand wird zu 0·5 Megohm und der mit diesem in Serie liegende Widerstand zu 0·1 Megohm gewählt. Die erforderliche negative Gittervorspannung für die Spannungsverstärkerröhren wird dem Spannungsabfall am Heizwiderstande entnommen, während die Endröhre ihre Gittervorspannung durch Ausnutzung des mittleren Anodenstromes des ganzen Empfängers erhält. Zu diesem Zwecke legt man in die negative Anodenstromzuleitung einen Widerstand von etwa 2000 Ohm (Kopfhörerspule) und schließt den Gitterableitungswiderstand vor diesem Anodenwiderstand direkt an den Minuspol des Netzanschlußgerätes an. Um die Einwirkung des Netzanschlußgerätes auf das Gitter der letzten Röhre zu verhindern und ferner auch den Einfluß des, infolge des wechselnden Anodenstromes bedingten wechselnden Spannungsabfalles an dem 2000 Ohmwiderstand vom Gitter, das nur den, durch den mittleren Strom bedingten Spannungsabfall als Vorspannung erhalten soll, fernzuhalten, benutzt man für den Gitterableitungswiderstand der letzten Röhre ebenfalls eine aus Hochohmwiderständen und großer Kapazität bestehende Anordnung. Man schaltet wieder zwei Widerstände von etwa 1·5 und 0·5 Megohm in Serie und verbindet ihren Mittelpunkt über einen 1 µF Kondensator mit dem Minuspol der Heizung. Der Lautsprecher soll nicht direkt in den Anodenkreis der letzten Lampe eingeschaltet werden. Außerdem ist der Lautsprecher zweckmäßig an Erdpotential zu legen. Für einen widerstandsgekoppelten Ortsempfänger wird ebenfalls eine Schaltung angegeben, bei der die erste Lampe mit Gleichrichtung in Richtverstärkerschaltung arbeitet und ebenfalls in der oben angegebenen Art durch Widerstände mit den Spannungsverstärkerstufen gekoppelt ist. Die

Digitized by Google

Gleichrichtung erfolgt hier am unteren Knick der Anodenstromkennlinie, welcher um so schärfer ist, je geringer die Heizung ist, und um so ausgeprägter, je größer der Einfluß der Phasenverschiebung zwischen R_a und R^i, der eine Versteilerung der Arbeitskennlinie gegenüber der mit Gleichstrom gemessenen bedingt, ist. Es werden für diesen Zweck daher mit Vorteil Röhren verwendet, die für 4 V Heizspannung bestimmt sind, aber nur mit 1·5 bis 2 V geheizt werden. Kelch.

(Funk, 4. Jahrg., Heft 33, August 1927.)

Neuartige Elektronenröhren werden von A. Dinsdale beschrieben. Von H. J. Round wurde eine Elektronenröhre angegeben, für die zwischen Heizfaden und Anode nicht weniger als sechs Gitter vorgesehen sind. Hievon werden drei als Steuergitter verwendet, während die restlichen drei als Hilfsanoden an die positive Anodenbatteriespannung gelegt sind. Es wird auch eine Schaltung für die Röhre angegeben, die im Wesen eine mehrstufige H. F.-Verstärkung darstellt.

Eine andere interessante Anordnung ist durch eine Vierelektrodenröhre mit beweglichem Steuergitter gegeben. Das bewegliche Gitter ist zwischen dem Heizfaden und zwei symmetrisch angeordneten Anoden montiert. Das Gitter ist magnetisiert und wird sich infolge dessen in der Hauptrichtung des magnetischen Feldes der Erde einstellen. Steht das Gitter in der Mitte zwischen den beiden Anoden, so verteilt sich der Elektronenstrom gleichmäßig auf beide. Wird jedoch das Gitter aus seiner Mittellage entfernt, so wird die eine Anode einen stärkeren, die andere einen schwächeren Strom aufnehmen. Zwei in die beiden Anodenkreise geschaltete Relais, die auf den Ruhestromwert der gleichmäßigen Stromverteilung eingestellt sind, werden demnach ansprechen. Die Anordnung ist zur zwangsläufigen Steuerung von Flugzeugen und Schiffen in einer konstant einzuhaltenden Fahrtrichtung vorgesehen. Durch die oben erwähnten Relais werden im Falle einer Abweichung von der Fahrtrichtung, Steuerorgane betätigt, die das Fahrzeug wieder in die richtige Lage bringen.

Ebenfalls auf der Verwendung eines beweglich angeordneten Gitters beruht die Konstruktion eines Röhrenmikrophons. Der Glaskolben der Röhre ist in der Form eines Kugelringes ausgebildet, der an seiner breiteren Seite durch eine ebene Glaswand, an seiner schmäleren Seite durch den Kolbenabschluß samt Zuführungen gebildet wird. — Der ganze Kolben ist in eine Kork- oder Gummimasse eingehüllt. Gegenüber der ebenen Glasfläche befindet sich das Anodenblech, das mit einer kleinen kreisförmigen Öffnung versehen ist. Das Gitter ist einseitig federnd befestigt und trägt eine kleine Nadel, die durch die Öffnung des Anodenbleches an die ebene Glasfläche anstößt. Wird vor der Röhre gesprochen, so wird die ebene Glasfläche diese Sprachschwingungen mitmachen und mit Hilfe der Nadel an das Gitter übertragen, das hiedurch den Anodenstrom entsprechend steuert. Wird eine derartige Röhre zu H. F.-Schwingungen angeregt und gleichzeitig besprochen, so entstehen modulierte H. F.-Schwingungen. (Ob die beiden letztgenannten Röhren tatsächlich ausgeführt und erprobt worden sind, ist aus der Arbeit nicht zu entnehmen. Der Ber.) E. M.

(Popular Radio, Bd. II, Nr. 5, 1927.)

Ein Beitrag zur Berechnung von Erdverlusten bei Antennenanlagen. Von Rudolf Mayer, Berlin. Bei großflächigen Antennenanlagen für lange Wellen (10 bis 20 km) bewegen sich die Verluste im Erdreich in derselben Größenordnung, wie die ausgestrahlte Energie. Um eine angenäherte Berechnung der Erdverluste zu ermöglichen, werden drei Verlustarten unterschieden. 1. Verluste, die bei einer Parallelströmung im metallfreien Boden auftreten. 2. Verluste, die durch Stromverdichtung in unmittelbarer Nähe von eingegrabenen Metallerdern hervorgerufen sind. 3. Verluste, die bei Führung des Hochfrequenzstromes durch oberirdische Zuleitungen in der benachbarten Erde durch Induktion entstehen.

Ad. 1. Bei homogener Erde ergibt sich für eine Parallelströmung eine exponentielle Abnahme der Stromdichte mit der Tiefe. Für den Ohmschen und induktiven Widerstand ergibt sich der Ausdruck:

$$R = X = \frac{l}{b}\sqrt{\frac{\mu_0 \omega \varrho}{2}}$$

wobei l die Länge, b die Breite des Stromweges bedeuten; μ_0 ist die Permeabilität des Erdbodens $\left(4\pi 10^{-9}\ \frac{\text{Henry}}{\text{cm}}\right)$, ω die Frequenz und ϱ der spezifische Widerstand. Hat der Boden zwei Schichten verschiedener Leitfähigkeit, so ist der obige Ausdruck mit einem Korrektionsfaktor zu versehen, der von der Tiefe der Trennungsschicht und dem Verhältnis der Leitfähigkeiten abhängt.

Ist bei einer Antennenanlage für jeden Punkt der Erdoberfläche der Strom bekannt, der pro Einheit der Breite zur Stromquelle zurückgeleitet wird, so kann man mit Hilfe der angegebenen Ausdrücke durch Integration die Gesamtverluste ermitteln, die der freien Wechselströmung im metallfreien Boden entsprechen. Eine solche Rechnung wurde für die Antennenanlage der Großstation Eilvese[1]) durchgeführt, und ergibt befriedigende Übereinstimmung mit den Erfahrungswerten.

Ad. 2. Für die durch Stromverdichtung in unmittelbarer Nähe der Erdungsstellen hervorgerufenen Verluste gelten mit hinreichender Annäherung die entsprechenden Gleichstromformeln.

Ad. 3. Um die Erdverluste zu verkleinern, werden über das ganze Antennenfeld Metallerder verteilt, die durch oberirdische Zuleitung mit der Stromquelle verbunden werden. Die Ströme, die in diesen Leitungen fließen, verursachen durch Induktion in der benachbarten Erde Verluste.

Die nach bekannten Formeln ermittelten Zahlenwerte deuten darauf hin, daß bei weit ausgedehnten Antennenanlagen mit vielen Erdungsstellen diese Verluste die Größe der Elektroden- und Leitungsverluste in Erde erreichen können. Daher wird eine Verringerung der Gesamtverluste durch das oben genannte Mittel nur bis zu einer bestimmten Grenze möglich sein.

(Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, Bd. 29, Heft 3, 1927.)

Hochfrequenzwiderstand einlagiger Zylinderspulen, zwischen 150 und 6000 Kilocycle. E. L. Hall untersucht Spulen mit Wicklungen aus Kupferdraht, Litze, Kupferrohr und Aluminiumband. Im Frequenzbereich 150 bis 1500 Kilocycle wurde die Litzendrahtwicklung mit verhältnismäßig großer Aderzahl als am besten geeignet gefunden, während bei höheren Frequenzen der Hochfrequenzwiderstand der Litzendrahtspulen sehr hoch ansteigt. Als nächstbeste Wicklungsart für das erwählte Wellenbereich fand man Kupferdrahtwicklung mit 1·625 bezw. 1·016 mm Drahtdurchmesser, für das weitere Bereich von 1500 bis 6000 Kilocycle ergab sich Kupferrohr als bestes Spulenmaterial, und zwar bei einem Leiterquerschnitt, der dem Querschnitt eines Kupferdrahtes von 3·251 mm Durchmesser äquivalent ist. Bei den Litzendrahtspulen wurde auch der Einfluß von unterbrochenen Litzenadern untersucht: eine Verminderung der Zahl der nicht unterbrochenen Leiter hat eine Verminderung des Verhältnisses Hochfrequenzwiderstand zu Gleichstromwiderstand zur Folge.

E. M.

(Technologic Papers of the Bureau of Standards, No. 330.)

Eine praktische Fassung für Piezo-Quarzplatten. Quarzkristalle haben bekanntlich in der allerletzten Zeit in der Hochfrequenztechnik weite Verbreitung gefunden. Insbesondere werden sie als Frequenz-Normale verwendet[2]) und zwar dort, wo es sich um eine sehr große Konstanz von Schwingungen handelt. Von allergrößtem Ausschlag für die Frequenz-Konstanz ist die

[1]) Vgl. E. u. M. 1919, S. 373.

[2]) Vgl. „Die Radiotechnik", 1926, S. 56, 68.

Digitized by Google

Fassung des Kristalls. Erschütterung, Temperaturänderung, großer Luftspalt und die Stellung des Kristalles zu den beiden Elektroden üben auf die Konstanz der Schwingungen Einfluß aus. Viktor Gabel, Leningrad, hat nun versucht, das Hauptstörelement, den Luftspalt wegzulassen. Zu diesem Zwecke wird die Piezo-Quarzplatte zuerst chemisch versilbert und dann in einem geeigneten Bade mit einer gleichförmigen Kupferschichte überzogen. Die verkupferte Platte wird dann in einem Isolierrahmen, der beiderseits mit Deckeln versehen ist, gefaßt. Rahmen und Deckel werden unter Umständen noch gepolstert. Die elektrische Verbindung wird durch zwei mit leichtem Druck auf den verkupferten Flächen aufruhenden Messingfedern zu 2 Steckern im Rahmen hergestellt. Der Verfasser gibt an, mit solchen Kristallen durch Monate unter oft ungünstigen Bedingungen gearbeitet zu haben und hat dabei die besten Erfahrungen gesammelt. Metallisierte Kristalle eignen sich nach seiner Angabe besser für Resonatoren als für Schwingungserzeuger. In letzterem Falle müssen sehr leicht in Schwingungen zu versetzende Kristalle gewählt werden.

Schm.

(Z. f. Hochfrequenztechnik, Juni 1927.)

Ein neuer Doppelimpedanz-Audionfrequenzverstärker. Von G. C. B. Rowe. Da die meisten Lautsprecher die Eigenschaft haben, die niedrigeren Frequenzen schwächer wiederzugeben als die höheren, so wäre es mit Rücksicht auf eine gleichmäßige und naturgetreue Wiedergabe erforderlich, die niedrigeren Frequenzen im Niederfrequenzverstärker etwas zu bevorzugen. Da eine solche Bevorzugung mit den bisher bekannten Niederfrequenzverstärkern nicht, oder nur sehr unvollkommen erreicht werden konnte, ist von E. E. Hiler eine Anordnung entwickelt worden bei der die Röhren des Niederfrequenzverstärkers mit Drosseln und Kondensatoren gekoppelt sind. Diese Koppelungseinheit besteht aus einem dreischenkeligen, lamellierten Eisenkern, bei dem auf den beiden äußeren Schenkeln je eine Spule angeordnet ist, während der Mittelschenkel frei bleibt. Durch diese Spulenanordnung wird erreicht, daß die beiden Spulen praktisch voneinander magnetisch isoliert sind. Die eine dieser Spulen ist zwischen Anode einer Lampe und dem positiven Pol der Anodenbatterie (wie die Primärspule eines Niederfrequenztransformators) und die zweite Spule ist zwischen Gitter und Kathode der folgenden Röhre geschaltet. Außerdem ist diese Anordnung durch einen Kondensator überbrückt, welcher zwischen dem Anodenpol der primären und dem Gitterpol der sekundären Wicklung geschaltet ist. In der zweiten und dritten Verstärkerstufe ist mit der Gitterspule in Serie ein regulierbarer Widerstand von etwa 50 000 Ohm eingeschaltet. Durch die Größe dieses Überbrückungskondensators läßt sich die Verstärkungskurve beliebig ändern, da das Koppelungsglied die Charakteristik eines typischen Kondensatorkettengliedes besitzt. Die Resonanzfrequenzen der einzelnen Koppelungsglieder werden so gewählt, daß der Effekt an den Ausgangsklemmen des Verstärkers der Charakteristik des Lautsprechers angepaßt ist. Als vorteilhaft hat sich erwiesen, die Resonanzfrequenzen zu 50, 70·7 und 81·6 Hertz zu wählen. Zur Vermeidung unerwünschter Rückkoppelungengen ist die zweite Seite der Spulen durch einen großen Kondensator (0·5 μF) überbrückt. Kelch.

(Radio News, August 1927.)

Tragbarer Funkpeiler für den Wellenbereich von 39 bis 3300 m. F. W. Dunmore. Der Empfänger ist ein Zwischenfrequenzempfänger, bei dem der Drehkondensator des Abstimmkreises und der des Oszillators auf gemeinsamer Achse montiert sind. Parallel mit dem Drehkondensator des Oszillators ist noch ein kleiner Drehkondensator geschaltet, der mit Hilfe einer Hebelübertragung gleichzeitig mit dem Abstimmkondensator derart bewegt wird, daß eine konstante Schwebungsfrequenz von 4500 m Wellenlänge eingehalten wird. Diese automatische Einstellung der Schwebungsfrequenz wird in der Weise erreicht, daß der Fühlstift der Hebelvorrichtung durch eine, auf der gemeinsamen Achse des Abstimm- und Oszillatorkondensators montierte, unrunde Scheibe gesteuert wird. Der zweite Wellenbereich wird durch einen Satz von 7 Antennensteckspulen und 7 Oszillatorspulen bestrichen. Zu jedem Spulenpaar gehört eine andere unrunde Scheibe. Der Empfänger verwendet außer der Rahmenspule noch eine kleine, aus Kupferrohr bestehende Hilfsantenne. Um den für die Richtungsbestimmung störenden Antenneneffekt des Rahmens selbst, sowie den der Hilfsantenne zu kompensieren, ist noch ein dreiteiliger Balancekondensator parallel geschaltet, der ebenfalls mit Hilfe von unrunden Scheiben und einer Hebelübertragung, gleichzeitig mit dem Balancekondensator derart bewegt wird, daß durch die Verstimmung des Empfangskreises, die durch Betätigung des Balancekondensators hervorgerufen wird, automatisch kompensiert wird. Es sind also nur zwei Knöpfe zu bedienen. Einer für die Abstimmung und einer für die Ausbalancierung des Empfängers. Der ganze Empfangsapparat ist in einem Aluminiumkasten untergebracht, um die Abstimmkreise gegen äußere Kapazitätseinflüsse zu schützen. Die Rahmenspulen werden durch Stecker oberhalb der oberen Deckplatte angebracht, während das den Rahmen betätigende Handrad unter dem Empfänger bedient wird. Der ganze Empfänger wird mit Hilfe von Schrauben an einem Dreibein-Gestell befestigt. Um auch unmodulierte ungedämpfte Wellen empfangen zu können, ist in den Empfänger noch ein Überlagerer vorgesehen, der eine hörbare Schwebungsfrequenz liefert. E. M.

(Scientific Papers of the Bureau of Standards. Nr. 536.)

Über die einem Empfänger durch Erdung zugeführte Energie schreibt Angelika Székely auf Grund von Messungen im Felde des Grazer Telephoniesenders ($\lambda = 400$). In 950 m Entfernung vom Sender wurde die Energieaufnahme der Hochantenne des physikalischen Instituts der Universität gemessen, wenn einmal die Wasserleitung, das anderemal die Gasleitung als Erde verwendet wurde. Im ersteren Falle war der Resonanzstrom $i_1 = 5{\cdot}8$ mA und das Dämpfungsverhältnis $k_1 = 0{\cdot}492$; im letzteren war $i_2 = 12{\cdot}0$ mA und $k_2 = 0{\cdot}303$. Die Signalspannungen verhielten sich daher wie $i_1 k_1 : i_2 k_2 = 1 : 1{\cdot}28$; die aufgenommenen Energiemengen wie $i_1^2 k_1 : i_2^2 k_2 = 1 : 2{\cdot}62$, während die reine Energieaufnahme durch die Hochantenne gleiche Spannungen und daher das Energieverhältnis $1 : 1{\cdot}62$ fordern würde. Noch deutlicher wird die Sache mit einer, an einem Windungsende geerdeten Rahmenantene. Nimmt man an, daß durch die Erdleitung wie beispielsweise durch eine zum Zwecke einseitigen Richtungsempfanges ähnlich angeschlossene Linearantenne dem Rahmen eine Spannung $V_0'' \sin(\omega t + \psi)$ aufgedrückt wird, während die durch das Luftfeld vermittelte Spannung $V_0' \sin \omega t \,.\, \sin \varphi$ (φ = Winkel zwischen Rahmenebene und Magnetfeld) ist, so interferieren beide Spannungen zur Amplitude

$$a = \sqrt{(V_0' \sin \varphi + V_0'' \cos \psi)^2 + V_0''^2 \sin^2 \psi};$$

die Minima sind nicht mehr gleich Null und liegen nicht mehr bei $\varphi = 0°$ und 180° sondern der Minimalwert von a beträgt $V_0'' \sin \psi$ und tritt für $\varphi = \arcsin(-V_0'' \cos \psi / V_0')$ ein, das heißt für zwei Winkel φ, solange $V_0'' \cos \psi < V_0'$ ist, sonst aber für $\varphi = 270°$. Abb. 1 stellt die Messungen an einer quadratischen Rahmenantenne von 4 Windungen je 120 cm Seitenlänge dar, und zwar Kurve *a)* am ungeerdeten Rahmen, Kurve *b)*, wenn das eine Windungsende mit der Gasleitung, und Kurve *c*), wenn dieses Ende mit der Wasserleitung verbunden war. Die ausgezogene Kurve *a)* entspricht der Gleichung $a = 0{\cdot}0066 \sin \varphi$. Aus Kurve *b)* ergibt sich $V_0'' = 0{\cdot}0075$ V und $\psi = 46°$; die Kurve *c)* liefert $V_0'' = 0{\cdot}0168$ V und $\psi = 31°$. Die ausgezogenen Kurven sind mit diesen Werten berechnet; die Einzelmessungen schließen sich sehr gut an. Es war also auch hier außer dem Luftfelde eine zweite Energiequelle vorhanden, die aus der Erdleitung stammte. V_0'' und ψ sind oft großen Schwankungen unterworfen. An 12 Tagen zwischen dem 5. und 24. März d. J. schwankte bei der Gasleitung V_0'' von 7·2 bis 13·3 mV, ψ von 0° bis 58½°; bei der Wasserleitung V_0'' von 12·5 bis 18·3 mV und ψ von 23° bis 39½°; Das Verhältnis V_0'' Wasserleitung/V_0'' Gasleitung schwankte von 1·36 bis 2·31; im Mittel war es etwa 1·57. Das Luftfeld schwankte nur innerhalb der

Digitized by Google

Grenzen 6·2 und 8·1 mV. Es wurde durch die Erdung nicht geändert. Die Erklärung des „Antenneneffektes" eines einseitig geerdeten Rahmens durch das elektrische Vertikalfeld erscheint nach den Messungen unzulässig, da diese Annahme der verschiedenen Wirkung der beiden Erdungen keine Rechnung trägt. Es kann auch die Wirkung auf die Zuleitungen zur Erde nicht herangezogen werden, da sich die Wirkungslosigkeit der horisontalen Leitungsstrecken nachweisen ließ und die Wirkung der vertikalen Strecken allein einerseits zu gering ist, andererseits aber

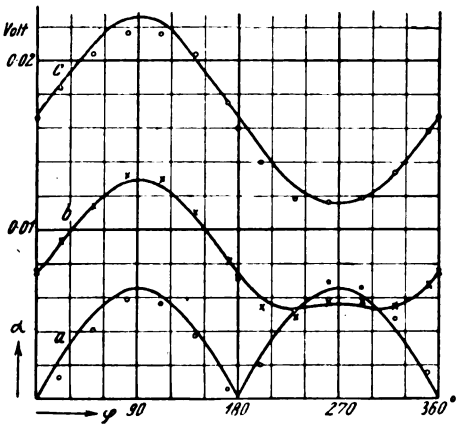


Abb. 1.

auch nicht den beobachteten Schwankungen unterliegen kann. Viel naheliegender erscheint die Annahme einer Wirkung des Bodenfeldes in der Nähe des Senders auf die Erdleitungsverzweigungen. Die Schwankungen können durch Änderungen der Bodenfeuchtigkeit oder durch Änderungen bezüglich der an die Erdleitung angeschlossenen mannigfaltigen Apparate und Leitungen verursacht sein.

R. H.

(Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph., Bd. 29, H 5, 1927.)

Bedingung für maximale Energieübertragung in induktiv gekoppelten Kreisen. I. Kammerloher. Setzt man voraus, daß der Primärkreis I mit dem speisenden Generatorkreis so lose gekoppelt ist, daß die Rückwirkung auf ihn nicht merklich ist, so lassen sich Bedingungen für jene optimale Kopplung zwischen dem Primärkreis I und einem Sekundärkreis II herleiten, für welche eine maximale Energieübertragung stattfindet. Der Verfasser nimmt zunächst an, daß die Kreise mit idealen Kondensatoren, also solchen mit dem Ableitungswiderstand $\varrho = \infty$ arbeiten. Dann ergibt sich für den Fall, daß beide Kreise auf die Generatorfrequenz abgestimmt sind:

$$M_{opt} = \frac{1}{\omega}\sqrt{R_1 R_2}, \quad \text{resp. für} \quad \frac{R_1}{\omega L} = \frac{\delta_1}{\pi}, \quad \frac{R_2}{\omega L_2} = \frac{\delta_2}{\pi}$$

$$\varkappa_{opt} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\delta_1\,\delta_2}\ ;$$

M gegenseitiger Induktionskoeffizient zwischen I und II, $R_1 L_1$ Dämpfungswiderstand und Selbstinduktion vom Kreis $R_2 L_2$, dasselbe für Kreis II, δ_1 und δ_2 Dämpfungsdekremente und $\varkappa$ Kopplungsfaktor). Ist nur II auf die Generatorfrequenz abgestimmt (zum Beispiel Fall des „aperiodischen" Antennenkreises der mit abstimmbarem Eingangsgitterkreis arbeitet) so ergibt sich:

$$M_{opt} = \frac{1}{\omega}\sqrt{\Re_1 R_2},$$

$$\text{wo } \Re_1 = R_1 + j\left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega c_1}\right)$$

die Impedanz des Kreises I ist und

$$\varkappa_{opt} = \sqrt{\sqrt{\left(\frac{\delta_1}{\pi}\right)^2 + \left[1 - \left(\frac{\omega_1}{\omega}\right)^2\right]^2}\,\frac{\delta_1}{\pi}}$$

$$(\omega_1^2 = 1\ C_1 L_1).$$

Berücksichtigt man die Ableitung (ϱ_1 und ϱ_2 parallel zu C_1 C_2), so erhält man für den Fall, daß die Kreise I und II auf den Generator abgestimmt sind

$$M_{opt} = \frac{1}{\omega}\sqrt{\left(R_1 + \frac{L_1}{\varrho_1 c_1}\right)\left(R_2 + \frac{L_2}{\varrho_2 c_2}\right)},$$

$$\varkappa = \frac{1}{\pi}\sqrt{\delta_1'\,\delta_2'},$$

wo

$$\frac{\delta_1'}{\pi} = \frac{R_1}{\omega L_1} + \frac{1}{\omega\,\varrho_1\,c_1}$$

und

$$\frac{\delta_2'}{\pi} = \frac{R_2}{\omega L_2} + \frac{1}{\omega\,\varrho_2\,c_2}$$

Auch hier ist die optimale Kopplung bestimmt durch das geometrische Mittel der Dämpfungsdekremente und es ist bei dieser Kopplung unabhängig vom Wert des Dämpfungswiderstandes des Kreises II der des Kreises I eben verdoppelt; das heißt, gleichgültig, welche Dämpfung II hat, bei der größten Energieübertragung ist die Kopplung so zu wählen, daß der Dämpfungswiderstand von I eben verdoppelt ist. Ähnliche Ausdrücke ergeben sich für den Fall, daß nur Kreis II abgestimmt ist. Die experimentelle Nachprüfung ergab eine befriedigende Bestätigung der Formeln, die von allgemeinster Anwendbarkeit in der Wechselstromtechnik langsamer und schneller Frequenzen sind. E. Wo.

(Jahrbuch der drahtl. Telegraphie u. Telephonie, Bd. 27, Nr. 3, 1926.)

Vergleichende Beobachtungen über Intensitätsschwankungen und Richtungsänderungen drahtloser Signale. H. J. Reich berichtet über simultane Beobachtungen der Intensitätsschwankung und der Richtungsänderung. Es wurden gleichzeitig zwei Stationen beobachtet, um vergleichende Untersuchungen anstellen zu können. Die Richtungsbestimmung erfolgte mit Hilfe zweier fixer Rahmen und einer Goniometerspule durch Beobachtung der Intensitätsminima; gleichzeitig mit der Richtungsbestimmung wurde auch die jeweilige Empfangsintensität gemessen. Als Empfänger wurde für die Intensitätsmessungen ein Rückkopplungsaudion verwendet, mit zwei Stufen abgestimmter H. F.-Verstärkung und einer zweistufigen N. F.-Verstärkung. Die Schwunderscheinungen (Fading) wurden mit einer Superheterodyn beobachtet, bei dem an Stelle des zweiten Audions ein Kristalldetektor mit Galvanometer geschaltet war. Die Untersuchungen erstreckten sich auf 24stündige Perioden, um den Einfluß der einzelnen Tagesabschnitte beobachten zu können. Die Beobachtungsergebnisse sind in zahlreichen Registrierstreifen festgehalten.

Kurz zusammengefaßt, läßt sich aus dem Beobachtungsmaterial folgendes entnehmen:

Das plötzliche Auftreten von Fading ist in der Regel mit einer starken Änderung der Richtungen der Empfangsmaxima bzw. Empfangsminima verbunden, die oft über den ganzen Abend anhält. Diese beiden Erscheinungen sind sehr oft während ihrer ganzen Dauer miteinander verbunden, das heißt, sie treten gleichzeitig auf und hören auch gleichzeitig auf. Das gleichzeitige Auftreten der Richtungsänderung zweier verschiedener Stationen konnte während der ganzen Untersuchungsdauer nicht beobachtet werden. Knapp nach Sonnenuntergang und kurz vor Sonnenaufgang kann in der Regel eine ziemlich lang anhaltende Periode der Richtungsänderung wahrgenommen werden. Das Auftreten eines Nordlichtes beeinflußt in der Weise die Empfangsergebnisse, daß in diesem Falle überhaupt kein Richtungsminimum gefunden werden konnte, und zwar von keiner der zahlreich beobachteten Stationen. E. M.

(Journal of the Franklin Institute, Bd. 203, Nr. 4, April 1927.)

Versuche über die Ausbreitung kurzer Wellen. H. Faßbender, K. Prüger und H. Plendl von der Funkabteilung der deutschen Versuchsanstalt für Luftschiffahrt unternahmen in einem mit Kurzwellenempfänger ausgerüsteten Flugzeug Versuchsflüge bis zu einer maximalen Entfernung von 600 km. Beobachtet wurde

Digitized by Google

der Nauener Kurzwellensender aga (15 m), agc (18.2 m), agb (26·1 m), die alle während des ganzen Fluges dauernd gut gehört wurden. Die Lautstärke des 15 m-Senders nahm schneller ab, als die der beiden anderen. Ein Verschwinden der Lautstärke wurde nirgends beobachtet. Auch am Boden war der Empfang aller drei Sender sehr gut (bei Zwischenlandungen). In größerer Entfernung konnte der Echoeffekt deutlich beobachtet werden. Gegenwärtig sind auch quantitative Ausbreitungsmessungen im Gange. E. M.

(Die Naturwissenschaften, 15. Jahrgang, Heft 15, 1927.)

Rundfunkempfang in der Großstadt. Lloyd Espenschied. Von der American Telephone and Telegraph Co. wurden Untersuchungen durchgeführt, um die Ausbreitungsverhältnisse der elektrischen Wellen in der Großstadt festzustellen. Berücksichtigung fanden hiebei sowohl der Fernempfang, wie auch vornehmlich der Empfang von Lokalsendern. Die beim Fernempfang mit der Entfernung auftretende Amplitudenabnahme ist beim Überlandempfang sehr groß und wird mit zunehmender Entfernung in nicht unerheblichem Maße von der Bodenbeschaffenheit abhängig. Interessant ist die Feststellung, daß die Schwunderscheinungen (Fading) in jener Entfernung auftreten, wo bereits die Terrainbeschaffenheit auf die Amplitudenabnahme von Einfluß wird. Im verbautem Stadtgebiete von New-York wurden zahlreiche Feldstärkemessungen des Ortssenders WEAF gemacht. Diese Messungen sind in zahlreichen Stadtplänen mit eingetragenen Linien gleicher Feldstärke festgehalten. Hiebei macht sich der Einfluß der Meeresleitfähigkeit entlang des Küstengebietes deutlich bemerkbar. Von Wesen sind auch die Messungen, die bei Eisenbeton- bzw. Stahlhochbauten gemacht wurden; die innerhalb solcher Gebäude gemessenen Feldstärken betragen nur wenige Prozente der auf offener Straße gemessenen Feldstärke. Die Feldstärke steigt auch sehr hoch an, wenn sie an einen vorspringenden Punkt des Gebäudes wie Erker und dergleichen mehr gemessen wird. Der auf das Kalenderjahr bezogene Jahresdurchschnitt der mittleren Empfangsintensität ist verhältnismäßig klein. Der Verfasser zieht hieraus den Schluß, daß nur dann eine hinreichende durchschnittliche Empfangsintensität in einem Umkreise auf 50 km mit dem Sender als Mittelpunkt während des ganzen Jahres zu erhalten ist, wenn die Leistung der Sendestationen bedeutend erhöht wird. Was die Frage des günstigsten Sendeortes innerhalb des verbauten Stadtgebietes anbetrifft, so wird vorzugsweise das Stadtzentrum gewählt, doch ist es hiebei zu beachten, daß die Empfangsintensität im Durchschnitt sehr von der verwendeten Wellenlänge abhängt. Die Versuche, die einerseits mit der Station WEAF angestellt wurden, die im Zentrum der Stadt untergebracht ist, wie auch die Versuche mit an Ort und Stelle errichteten Versuchssendern bestätigten diese Tatsache. Die im Durchschnitt gemessene Feldstärke des Senders WEAF, die seinerzeit auf einem 24 Stock hohen Gebäude der Walkerstreet untergebracht war, zeigte zum Beispiel sehr stark ausgeprägte Maxima zwischen 300 und 350 bzw. 450 und 500 m Wellenlänge, während die Feldstärke bei 400 m ein Minimum wird. An anderen Sendeorten ergab sich das Minimum bei einer anderen Wellenlänge. Diese Versuche sind von besonderer Wichtigkeit für die Festlegung der Wellenlänge der einzelnen Großsender. Vom Standpunkte der gegenseitigen Störungsfreiheit betrachtet der Verfasser ein Rundfunktsystem mit vollständiger Unterdrückung der Trägerwellen als das ideale, was aber die Verwendung hochwertiger Mehrröhrenempfänger erfordern würde, die die Trägerwelle selbst erzeugen.[1]) Bei einem solchen Rundfunksystem würde auch die erforderliche Sendeenergie bedeutend kleiner ausfallen, um störungsfreien Fernempfang zu ermöglichen. E. M.

(The Bell System Technical Journal, Bd. VI, Nr. 1, Jänner 1927.)

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Nr. 7, S. 65 ff.

Die Entwicklung der amerikanischen Funkindustrie und des Funkhandels. In den Vereinigten Staaten ist infolge der allgemeinen Wirtschaftslage und infolge der früheren Einführung die Beteiligung der Bevölkerung am Rundfunk äußerst rege. Wie wir den V. D. I.-Nachrichten Nr. 25 vom 22. Juni 1927 entnehmen, werden mit Rücksicht auf die große Zahl der Sendestationen (über 500, davon 30 in New-York) Detektorempfänger fast überhaupt nicht mehr verwendet, sondern beinahe ausschließlich Vielröhren-Neutrodyne- oder Überlagerungsempfänger. Der Umsatz an Funkgeräten und Zubehör betrug

1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926
2	5	60	120	300	350	500 Mill. Dollar

die Ausfuhr

1921	1922	1923	1924	1925	1926
4·2	12	14·2	24·9	40·8	36·3 Mill. Dollar

Dabei entfallen auf die Sender und Einzelteile 6 vH, auf Empfänger 33 vH, auf Röhren 10 vH, auf Teile für Empfänger 23 vH und auf sonstige Zubehörteile 25 vH. An dem Umsatz des letzten Jahres sind 2000 Erzeuger, 10 000 Großhändler und etwa 30 000 Kleinhändler (gegen 45 000 im Jahre 1924) beteiligt. Von dem Gesamtumsatz des Jahres 1926 entfallen 39 vH auf Radioapparate, 45 vH auf Lautsprecher, Batterien u. dgl. und 16 vH auf Einzelteile. Ein Viertel aller Verkäufe in Radioartikeln wird von den elektrotechnischen Geschäften vorgenommen, 20 vH von den reinen Sondergeschäften für Radioartikel, der Rest der Händler führt entweder auch Musikinstrumente und Sprechmaschinen oder ganz andere Waren, u. a. Möbel, Sportgeräte, Automobile. Das Abzahlungsgeschäft in Rundfunkgegenständen ist sehr groß und wird noch immer weiter ausgebildet. In Amerika gibt es 15 000 Rundfunkzeitschriften und auch ein großer Teil der Tageszeitungen, die sich überhaupt sehr intensiv mit dem Rundfunk befassen, hat eigene Radiobeilagen. Die Zahl der Rundfunkteilnehmer wird auf etwa 25 Millionen geschätzt, genaue Ziffern sind nicht bekannt, da eine Gebühr nicht eingehoben wird. J.

Literaturberichte.

3533 **Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie.** Herausgegeben von Dr. F. Banneitz. Mit 1190 Abbildungen und 131 Tabellen. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 64·50.

Das „Taschenbuch" behandelt in sechs Teilen und einem Anhang das gesamte Gebiet der Hochfrequenztechnik und enthält auch die mathematischen und physikalischen Grundlagen der verwandten Wissensgebiete. Dem projektierenden Ingenieur der Hochfrequenztechnik wird hier erstmalig ein Nachschlagewerk in die Hand gegeben, in dem er alles findet, was bei seinen Arbeiten von Wichtigkeit und Wert ist; für den Forscher enthält es wertvolle Literaturangaben für das Studium von Spezialproblemen; auch dem im Betrieb stehenden Techniker wird das Buch große Dienste leisten.

Der I. Teil enthält die in fast allen elektro-technischen Taschenbüchern an erste Stelle tretende Zusammenstellung von Formeln und Grundgesetzen der Mathematik, der Physik und der Elektrotechnik; ihr folgt ein Abschnitt über Telegraphie und Fernsprechtechnik, der den Übergang zum II. Teile des Werkes vermittelt. Derselbe behandelt nun in gedrängter Übersicht die mathematisch-physikalischen Grundlagen der Hochfrequenztechnik, erst die Grundbegriffe der elektrischen Schwingungen und Wellen, hierauf die Strahlung und die sich hiebei abspielenden Vorgänge, sowie die Festlegung wichtiger Begriffe, wie Kopplung und Erregung im Schwingungskreis, nennt die Mittel, vermittels welcher elektrische Wellen rationell in den Raum ausgestrahlt werden, bezw. zeigt uns die Apparate auf, mit denen elektrische Wellen nachgewiesen werden können. Ein Abschnitt enthält alles Wissenswerte an Erfahrungen über die Vorgänge im Äther selbst. Dieser Teil umfaßt alle die Einzelheiten, aus denen sich eine Empfangs- oder Sendeanlage aufbaut. Die drei Grundelemente eines Schwingungskreises, Widerstände, Spulen und Konden-

Digitized by Google

satoren werden in knapper Form hinsichtlich ihrer hochfrequenztechnischen Eigenschaften behandelt. Die nächstfolgenden drei Abschnitte sprechen über Tastdrosseln und Frequenzwandler, Maste, Antennen, Erdungen und Funkenstrecken. Dem Detektor und Thermoelement, ihrer Wirkungsweise und Anwendung zu Empfangs- und Meßzwecken ist der 7. Abschnitt gewidmet. Über die Bedeutung der Elektronenröhre und ihrer vielseitigen Anwendung geben uns fast 100 Seiten des Werkes genügenden Aufschluß, was bei der Bedeutung dieses wichtigsten Elementes der Hochfrequenztechnik selbst für ein Taschenbuch gerechtfertigt sein mag. Die weiteren Abschnitte des III. Teiles sprechen über Verstärker, Telephone, Lautsprecher, über die Art der Kopplung und Entkopplung von Schwingungskreisen, über die Hilfsapparate und Einrichtungen bei Großsendeanlagen (Arten der Relais) und über die in der Hochfrequenztechnik angewendeten Meßinstrumente. Als unmittelbare Fortsetzung des letzteren zeigt der IV. Teil die Meßmethoden und die Meßtechnik in ihren verschiedensten Formen. Es werden die Methoden zur Messung von Kapazitäten und Induktivitäten angegeben, ein eigener Abschnitt behandelt das Kapitel der Bestimmung des Kopplungskoeffizienten, die Meßart für die Bestimmung von Strom-, Spannungs- und Leistungswerten in Hochfrequenzkreisen werden gleichfalls angegeben. Die folgenden Abschnitte sprechen über die Methoden zur Bestimmung der Wellenlänge beim Sender und Empfänger, über die Messung des Dämpfungsdekrementes und des Wirkwiderstandes vom Schwingungskreis und über die Messung der Empfangsintensität. Über die Meßmethoden an Kopftelephonen und über die Aufnahme und Analyse von Schwingungen geben uns in übersichtlicher Weise die Abschnitte 9 und 10 des IV. Teiles Aufschluß.

Der vorletzte Teil des Taschenbuches macht uns mit den Einrichtungen zum Senden und Empfangen von hochfrequenten Zeichen bekannt. Der Senderbau, der sich heute schon zum umfangreichsten Gebiet der Hochfrequenztechnik ausgebildet hat, umfaßt die Sendertypen chronologisch nach ihrer Entstehung und Entwicklung, den Funkensender, als erste Sendertype, deren Bedeutung heute schon eine geringe ist, den Lichtbogensender, als einfachsten Sender für die Erzeugung von ungedämpften Schwingungen: endlich den Röhrensender, der unter Benützung des Rückkopplungsprinzips und mit Hilfe einer Gleichspannung Wechselströme beliebiger Frequenz erzeugen kann. Dieser wichtigsten und modernsten Sendertype ist ein entsprechend ausführlich gehaltener Abschnitt gewidmet. Zum Schluß findet noch die letzte und ebenfalls große Bedeutung habende Sendergattung, das ist der Maschinensender entsprechende Beachtung. Der Abschnitt „Empfang" gibt allgemein die Richtlinien an und bespricht die verschiedenen Formen der Antennen und ihre Charakteristiken, die Abstimmittel im Allgemeinen, die Verstärkung und die Wege zur Beseitigung von Empfangsstörungen. Der nächstfolgende Abschnitt unterrichtet kurz über die Empfängertypen (Detektor- und Röhrenempfänger), drahtlose Schnelltelegraphie und Schnellempfang, drahtlose Telephonie (Rundspruch), Funkpeilung, kurze elektrische Wellen, Kurzwellensender, Hochfrequenz-Telegraphie und Telephonie längs Leitungen und die betriebstechnische Organisation des Funkwesens bilden die übrigen Abschnitte des vorletzten Teiles.

Der VI. Teil des Taschenbuches spricht allgemein über die Funkstationen und den Funkverkehr und geht im Besonderen auf die organisatorischen und rechtlichen Verhältnisse des Funkverkehres in Deutschland ein. Der 3. und 4. Abschnitt dieses Teiles bringen dann ganz interessante Zusammenstellungen über die Abwicklung des Funkverkehres (wieder unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Deutschland) und eine allgemeine Übersicht über den Funkverkehr untereinander. Tabellen, Rufzeichenlisten, eine Zusammenstellung von hochfrequenztechnischen Fachausdrücken im Englischen und Französischen, sowie wertvolle Angaben über die Konstanten der gebräuchlichen Stoffe, ein Literaturverzeichnis und eine kurze Übersicht über die drahtlose Bildübertragung beenden das Nachschlagewerk.

Es ist wohl aus dem Vorangeführten das nur in allerknappester Form eine Übersicht über die im Buche auftauchenden Kapitel der Hochfrequenztechnik zu geben versuchte, zu ersehen, welch ungeheuren Umfang heute schon dieses ziemlich junge Wissensgebiet eingenommen hat. Es ist zu wünschen, daß dieses Buch noch manche Auflage erleben und durch Mitarbeit und weitere gesammelte Erfahrungen ausgebaut werde.

Dr. Schmid.

860 **Radiotechnik IV[1]).** Stromquellen für Röhrenempfangsgeräte, galvanische Elemente, Akkumulatoren und Netzanschlußgeräte. Von Dr. Ing. Richard Albrecht. Sammlung Göschen, 108 Seiten mit 61 Abbildungen. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1927.

Das kleine Buch umfaßt: 1. Galvanische Elemente: 2. Akkumulatoren; 3. Ladeeinrichtungen für Heizakkumulatoren (Gleich- und Wechselstrom); 4. Ladeeinrichtungen für Anodenbatterien; 5. Netzanschlußgeräte für Gleich- und Wechselstrom und 6. Vergleich der Stromquellen unter 1., 2. und 5.

Der Inhalt bezieht sich natürlich meist auf Bekanntes. Doch sind auch neuere Typen, wie zum Beispiel die lagerfähigen Trockenelemente mit besonderem, bei der Inbetriebnahme zu zerstörenden Flüssigkeitsbehälter, der Nickel-Kadmium-Akkumulator und anderes behandelt worden. Unter 3. und 4. fanden die Glühkathoden-Gleichrichter, ferner die Pendel-, Glimmlicht- und elektrolytischen Gleichrichter Aufnahme. Der Pendelgleichrichter ist wohl etwas zu stiefmütterlich behandelt worden; das Schaltbild und der Text auf Seite 80 ermangeln jedes Hinweises auf die Hilfsmittel, die zur Einstellung der richtigen Phase des schwingenden Ankers angewendet werden müssen. Im übrigen wurde über den Gegenstand so viel gesagt, als sich auf so beschränktem Raume unterbringen ließ; das Buch kann daher angehenden Radioamateuren zur allgemeinen Orientierung bestens empfohlen werden. Dr. Rich. Hiecke.

3561 **Radiotélégraphie et Radiotéléphonie.** Von E. Haudié. VIII, 155 Seiten, 120 Abb. Paris 1926, Société d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales.

Das Buch ist in erster Linie für die Hörer der Marineschulen bestimmt und versucht eine allgemein verständliche Zusammenfassung der drahtlosen Technik zu geben. Jede mathematische Formel ist im Buche hiebei peinlichst vermieden, aber auch allgemeine elektrotechnische Begriffe wie Flux, Hysteresis, Foucault-Ströme und dergleichen mehr werden in der Einleitung ohne jede weitere Erklärung, oder frühere Bezugnahme zur Erläuterung anderer Erscheinungen herangezogen: einige Sätze hätten genügt, um hier Klarheit zu schaffen. Der Abschnitt über Elektronenröhren ist etwas karg bedacht. Wichtige Begriffe, wie Durchgriff, Steilheit und dergleichen mehr sind überhaupt nicht erwähnt. In diesem Abschnitt sind dem Verfasser vermutlich auch einige Irrtümer unterlaufen. Der Abstand zwischen Anode und Heizfaden wird auch bei den kleinsten Röhren wohl ein vielfaches von 1 bis 1·5 mm betragen. Bei den Doppelgitterröhren wird der Durchgriff nur in der Schutznetzschaltung kleiner und nicht auch in der Raumladeschaltung, die eine größere Steilheit mit sich bringt. Bei Verstärkerschaltungen dürfen Anode und Raumladegitter doch nie direkt verbunden werden, wie der Verfasser in verschiedenen Fällen angibt, im Verbraucher fließt dann ein fast konstanter Gleichstrom. Als gelungen muß man den Abschnitt über Funkpeilung, Richtempfang und gerichtete Sendung bezeichnen, in den die verschiedensten Einrichtungen in klarer und einfacher Weise erläutert werden. Abgesehen von den bemängelten Fehlern bietet das Buch, bei einigen Kenntnissen der allgemeinen elektrischen Grundlagen immerhin einen genügenden Überblick über das Gesamtgebiet der drahtlosen Telegraphie und Telephonie. Hervorzuheben wäre noch die einfache Stilistik und deutliche Sprache des Buches, die auch dem Leser mit nur geringen französichen Sprachkenntnissen ermöglicht, das Buch mit Erfolg zu lesen. Mittelmann.

[1]) Vgl. die Besprechung der vorausgegangenen Teile „Die Radiotechnik" 1926, S. 378; 1927, Heft 3, S. 36; 1927, Heft 4, S. 48.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbaut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 12 | 16. Oktober 1927 | 4. Jahrgang

INHALT: Über Störungen beim Radioempfang. Von Dr. Robert Ettenreich, Wien. S. 105. / Die Radiotechnik auf der Ausstellung „Das bayrische Handwerk" in München. Von Dr. F. Rusch, München. S. 106. / Eine neue Methode zur membranlosen Umsetzung elektrischer Schwingungen in akustische. Von Dr. Franziska Seidl, Wien. S. 108. / RUNDSCHAU. S. 110. / PATENTBERICHT. S. 111. / LITERATURBERICHT. S. 112.

Über Störungen beim Radioempfang.

Ein Kommentar zu den vom Komitee für Rundfunkwesen des Elektrotechnischen Vereines in Wien ausgearbeiteten

„Leitsätzen zur Vermeidung schädlicher Ausstrahlung bei Hochfrequenz-Generatoren".

Von Dr. Robert **Ettenreich**, Wien.

Es gibt zwei Arten von Störungen, mit denen der Radioempfang zu kämpfen hat, „natürliche" und „künstliche".

Zu Beginn der Radio-Bewegung waren die „natürlichen" Störungen, die atmosphärischen Entladungen und die erdmagnetische Unruhe der böse Feind, den es zu überwinden galt. Immer mehr ist es gelungen, durch hochselektive Anordnungen und durch Verkleinerung der Empfangsantennen, sowie durch Kompensationsschaltungen dieses Übel wirksam zu bekämpfen. Wenn man auch nicht behaupten kann, daß die Beseitigung der atmosphärischen Störungen restlos gelungen ist, so sind sie bei dem jetzigen Stand der Technik doch immerhin auf ein erträgliches Maß zurückgeschraubt worden.

Gerade das Umgekehrte gilt von den „künstlichen" Störungen, die man in Amerika auch als „man made interference" bezeichnet. Die ersten Empfangsanlagen waren an elektrisch ruhigen Punkten installiert; immer mehr ergab sich aber im Lauf der Entwicklung die Notwendigkeit, den Radioempfang an die praktischen Bedürfnisse des täglichen Lebens anzupassen und die Apparate dort zu installieren, wo es am bequemsten für den Benützer ist, nicht aber dort, wo die günstigsten elektrischen Bedingungen geboten sind. Dazu kommt, daß die Anzahl der „künstlichen" Störungsquellen in stetiger Zunahme begriffen ist. Wie die ungemein zahlreichen Zuschriften an alle Sendegesellschaften Europas und Amerikas beweisen, beginnt das Übel in eine Landplage auszuarten. Bisher ist jedoch von keiner Seite noch ein ernsthafter Schritt zu seiner Beseitigung getan worden, wohl in der Annahme, daß es sich um eine force majeure handle.

Eine nähere Analyse der mannigfaltigen Ursachen künstlicher Störungen hat jedoch gezeigt, daß es durchwegs oder wenigstens zum großen Teil Vorgänge sind, die bei einiger Sorgfalt, Rücksichtnahme und gutem Willen soweit vermieden werden können, daß sie praktisch nicht mehr unangenehm fühlbar sind.

Man kann die „künstlichen" Störungen wieder in zwei Gruppen einteilen:

a) Solche, die durch unerwünschte Ausstrahlung von absichtlich erzeugten hochfrequenten (H. F.) Schwingungen entstehen und

b) solche, bei denen die Entstehung von H. F.-Schwingungen ein unbeabsichtigter Nebeneffekt ist.

Unter die Gruppe *a*) fallen: Überlagerungsempfänger, Diathermieapparate, H. F.-Massage-Apparate, Oberwellen von Großstationssendern usw. Hier liegt die Abhilfe in einer entsprechenden Abschirmung.

Zur Gruppe *b*) hingegen gehören: Zu stark rückgekoppelte Empfangsapparate, schlecht gewartete Kollektoren von Gleichstromdynamos und -Motoren, schadhafte Isolatoren, insbesondere bei hoher Spannung, Funkenbildung an Gleitkontakten (zum Beispiel Straßenbahnfahrbügel), Stoßerregung von Netzen durch Ein- und Ausschaltvorgänge usw. Hier kann das Übel bei der Wurzel gepackt werden; durch entsprechende Instandhaltung der Anlage bezw. kleine Änderungen in der Dimensionierung gelingt es, die Entstehung von H. F. überhaupt zu vermeiden.

Beiden Gruppen ist es gemeinsam, daß die Erzeuger von Störungen an deren Vermeidung nicht interessiert sind und daß den Gestörten, die ein eminentes Interesse an der Beseitigung der Störung haben, jede Handhabe dazu fehlt. Es liegt also ein typischer Fall vor, wo im Interesse der Allgemeinheit ein Eingreifen der Behörde wünschenswert erscheint. Die Gesamtzahl der Radiointeressenten (Radioamateure, Radiofabrikanten, Radiohändler, Sendegesellschaft) ist bereits eine so gewaltige geworden, daß ihre Interessen gegenüber denen der Störer nicht mehr vernachlässigt werden dürfen.

Ebenso, wie es der steigende Verkehr der Großstadt mit sich bringt, daß Fahr- und Gehordnungen eingeführt werden müssen, ebenso wie das dichte Beisammenwohnen eine erhöhte gegenseitige Rücksichtnahme bedingt — und zum Beispiel mit Recht das Wegwerfen von Papier oder Abfällen mit augenblicklicher Strafe belegt wird — ebenso erfordert es die gigantische Entwicklung des neuen, Äther genannten Verkehrsweges, daß man auch auf ihm Ordnung und Reinlichkeit walten läßt. Es wäre daher wünschenswert, in einer Novelle des Elektrizitätswegegesetzes eine Handhabe für die Erfassung der Störenfriede zu schaffen.

Nun darf man sich allerdings nicht verhehlen, daß eine solche Regelung ein Novum darstellt; kein Staat der Welt hat bisher auf diesem Gebiete Gesetze erlassen und es wäre gewiß übereilt, solche zu schaffen ehe man sich sehr gewissenhaft von ihrer Durchführbarkeit überzeugt hat. Die beste Lösung ist hier wie in allen praktischen Fragen der Versuch. Aus diesem Grunde hat das Komitee für Rundfunkwesen im Rahmen des Elektrotechnischen Vereines „Leitsätze" ausgearbeitet, die nachstehend veröffentlicht und hiemit zur Diskussion gestellt werden. Diese Leitsätze sollen späterhin das Gerippe für Vorschriften abgeben, die analog den „Sicherheitsvorschriften" des Elektrotechnischen Vereines der Behörde zur Sanktionierung vorgelegt werden.

Den aktuellen Anstoß zur Aufrollung der ganzen Frage bildete das Überhandnehmen der H. F.-Massageapparate (Blaulicht-Tesla-Geräte), die zur Störungsgruppe *a*) gehörig in rücksichtsloser Weise ein breites Spektrum von H. F.-Wellen ausstreuen. Die Untersuchung

Digitized by Google

verschiedener Typen dieser Apparate hat ergeben, daß die Störung vorzugsweise nach Art der leitungsgerichteten H. F. Telephonie von den angeschlossenen Starkstromnetzen übertragen wird und daß der einfache Einbau eines Siebkettengliedes bereits 90 vH der Störung beseitigt. Die in den Leitsätzen angegebenen Schwellwerte für die zulässigen Störungsamplituden stützen sich auf die bei den Versuchen gewonnenen Erfahrungen.

Eine ausführliche Beschreibung der verwendeten Schutzeinrichtung, die auch bei bestehenden Apparaten nachträglich angebracht werden kann, soll nebst einem Gutachten, das die Radio-Versuchanstalt des Technologischen Gewerbemuseums darüber ausgearbeitet hat, demnächst veröffentlicht werden.

Im nachstehenden werden die „Leitsätze" veröffentlicht.

Entwurf von Leitsätzen zur Vermeidung schädlicher Ausstrahlung bei Hochfrequenz-Generatoren.

1. Zweck dieser Leitsätze ist die Fernhaltung von Störungen beim Radioverkehr.

2. Unter Hochfrequenzgeneratoren sind sowohl solche Geräte zu verstehen, bei denen hochfrequente elektrische Schwingungen absichtlich erzeugt werden (zum Beispiel Diathermie-Apparate, Hochfrequenzöfen usw.), als auch alle jene elektrischen Einrichtungen, bei denen die Schwingungserzeugung als unbeabsichtigte Nebenerscheinung stattfindet (zum Beispiel Lichtreklame, schlecht gepflegte Motoren, Gleitkontakte usw.).

3. Unter Hochfrequenz sind alle Schwingungen zwischen 20 000 und 10 Kilohertz zu verstehen. Besonders zu beachten ist jedoch das Frequenzband von 2000 bis 50 Kilohertz.

4. Das Eindringen der hochfrequenten Schwingungen des Generators in das Kraftnetz ist durch Sperrorgane (Drosseln, Siebketten oder dgl.) soweit zu verhindern, daß ein am selben Leitungstrang in 10 m Entfernung kapazitiv angekoppelter verlustarmer Kristalldetektorempfänger bei Kopftelephonempfang keine wahrnehmbare Störung erfährt.

5. Die direkte Ausstrahlung hochfrequenter Schwingungen von Spulen oder Kapazitätsflächen des Hochfrequenzgenerators ist durch Abschirmung so weit zu verhindern, daß ein Kristalldetektorempfänger in 10 m Entfernung bei Anwendung einer T-Antenne von 3 m Höhe und 6 m Länge, oder einer anderen gleichwertigen Antenne und einem entsprechenden Gegengewicht, keine wahrnehmbare Störung erfährt.

6. Es wird empfohlen, die Frequenz der Generatoren, wenn angängig, in den Bereich unter 100 Kilohertz zu verlegen.

Anträge und Einsprüche zu den Leitsätzen sind bis zum 30. Oktober 1927 an das Sekretariat des Elektrotechnischen Vereines in Wien, VI., Theobaldgasse 12, zu richten.

Die Radiotechnik auf der Ausstellung „Das bayrische Handwerk" in München.

Von Dr. F. **Rusch**, München.

Der Rundfunk ist heute so sehr Allgemeingut geworden, daß wohl kaum eine Ausstellung, die irgendwie in Beziehung zu Technik und Handwerk steht, versäumen wird, ihn in irgend einer Form in ihr Programm einzustellen. So hat denn auch die Handwerksausstellung in München einen schönen Raum für Rundfunkgeräte bereit gehalten.

Es liegt in der Natur der Sache, daß die breite Masse in der Hauptsache den Empfangsapparaten das meiste Interesse entgegenbringen wird und so ist denn auch der erwähnte Raum im Wesentlichen mit solchen Geräten bezw. Zubehör- und Bauelementen beschickt.

Der Ausstellungraum ist durch eine Art breiten Pfeilers in zwei Abteilungen geschieden. Die erste, vordere Abteilung ist der Radioindustrie zur Verfügung gestellt, in der zweiten, der sogenannten „Bastelstube" kommt hauptsächlich der süddeutsche Radioklub zu Wort. In diesem Raum, erfüllt von klangschöner Orchestermusik vom Münchener Sender, ist vor dem erwähnten breiten Mittelpfeiler eine lange Werkbank aufgestellt, an der mehrere Mitglieder des Süddeutschen Radioklubs (S. R. K.) mit „Basteln" beschäftigt sind. Das Publikum vor der trennenden Barriere, sieht mit lebhafter Anteilnahme, den geschickten Händen zu, unter denen eben einige neue Apparate ihrer Vollendung entgegengehen. Leute aus der Zuschauermenge stellen an einige Herren des S. R. K. Fragen und werden von ihnen aufs Bereitwilligste beraten.

Hinsichtlich der bei dieser Ausstellung klar zu Tage tretenden Bautendenz, die im Allgemeinen sowohl für die „Bastler" wie für die fabrizierende Industrie gilt, erkennt man vor Allem: die amerikanische Art der Anordnung der Bauelemente hat sich fast auf der ganzen Linie durchgesetzt: Röhren, Hoch- und Niederfrequenztransformatoren, ja in einigen Fällen sogar die Heizwiderstände, werden auf einer horizontalen Grundplatte, die allein wichtigen Abstimmelemente, wie Drehkondensatoren, Variokoppler usw. auf vertikaler Frontplatte angeordnet. Die Grundplatte ist meist 1 bis 1·5 cm starkes Sperrholz, die Frontplatte Trolit oder Hartgummi. Die Leitungen für die Batterien kommen von hinten oder von der Seite an die Grundplatte heran, die einen schmalen Isolierstreifen mit den entsprechenden Buchsen trägt. In manchen Fällen sind auch die Antennenklemmen hinten oder seitlich angebracht, so daß die Frontplatte endlich freigeworden ist, von dem behindernden und häßlichen Drahtwirrwarr. Höchstens die Telephon- bezw. Lautsprecherklinke befindet sich noch vorne.

Die beliebtesten Mehrröhrenapparate, sind heute die Neutrodyne- und Superheterodyne-Empfänger. Der in der Sendestadt lebende Bastler, wie auch die Industrie wurde zum Bau dieser Apparate gedrängt, weil sie allein imstande sind, nicht nur die gewünschte Hochempfindlichkeit (die ja auch ein gutes Rückkopplungsaudion gewähren würde), sondern auch vor Allem die unerläßliche Trennschärfe zu geben. Ein anderer Zug, der auch sofort in die Augen springt, ist das Bestreben, alle induktiven Kopplungselemente wie Transformatoren und Drosseln durch Einschluß in Metallkapseln oder wenigstens -röhren gegeneinander abzuschirmen. So sieht man heute Neutrodyneapparate, deren Hochfrequenztransformatoren eingeschlossen in eine Aluminiumbüchse mit parallelen Achsen dicht nebeneinanderstehen. Das Gleiche gilt (in vielen Fällen) für die Zwischenfrequenztransformatoren der Transponierungsempfänger (Superheterodyne). Auch sie sind metallgekapselt und stehen mit parallelen Achsen dicht an dicht. Dieses Abschirmprinzip, das dem Hochfrequenztechniker ja schon lange bekannt ist, hat nicht nur die Selektivität der Apparate bedeutend erhöht, sondern sichert auch eine viel größere Stabilität gegen das lästige Selbstschwingen, da ja durch die Metallabschirmung die wilden Streukopplungen in viel größerem Ausmaße wie bisher unterdrückt werden.

An den mustergültig ausgeführten Apparaten des S. R. K. fällt auf, daß die Leitungen fast ausnahmslos aus hartgezogenem, starkem, in den meisten Fällen versilbertem Vierkantdraht bestehen; sie sind freitragend und ohne besondere Isolation, wie übergezogene Rundschläuche usw. Als Reiseempfänger ist das Negadyne, und zwar meist mit Armstrongdrosselkreis (Überrückkopplung) in mehrfacher Ausführung

Digitized by Google

vorhanden, in Kastenform ohne Batterien und eingebaut zusammen mit den Batterien in ein kleines Handköfferchen aus Vulkanfiber, dessen Deckel gleichzeitig den Empfangsrahmen enthält. Die Kastenform hat etwa die Dimensionen 30 × 15 × 15 cm. Da die benötigten Batterien sehr klein und leicht sind (zum Heizen genügt eine 4·5 V und zum Empfang eine 6 V Anoden-Trockenbatterie), so erscheint diese Form des Reiseempfängers sogar günstiger als die Kofferform, da sich die kleinen Batterien leicht überallhin verstauen lassen, der kleine Kasten aber ohne weiteres unter anderen Reiseeffekten Platz findet. In dieser oder jener Form ist dieser kleine Apparat wirklich ein Reisegerät, denn er ist imstande, ohne jegliche Außenantenne oder Erde (die gerade auf einer Reise gewöhnlich nicht zu haben sind) nur mit kleinem Rahmen alle europäischen Stationen zu empfangen, selbst wenn die zweite, als Niederfrequenz arbeitende Doppelgitterröhre weggelassen wird. Seine Bedienung ist zudem einfacher als die der meisten Superregenerativempfänger. (Ich spreche hier aus Erfahrung, denn ich selbst habe den Apparat schon vor Jahren ausprobiert und beschrieben.) Kein Wunder daher, daß er in dieser Ausstellung so zahlreich vertreten ist und immer wiedergebaut wird.

Als weiterer Apparat ist zu sehen: ein Rückkopplungsaudion mit Low-Lossteilen. Weiter ein Detektorempfänger mit Abstimmkreis, ein Rückkopplungsaudion mit eingebauter Niederfrequenzstufe, dann ein Transponierungsvorsatzgerät, Ein Reinartz-Leithäuser-Empfänger, dessen einzige Röhre, ein Pentatron, gleichzeitig zur Niederfrequenzverstärkung herangezogen wird. Neben einem Dreiröhren-Widerstandsverstärker, der ohne besonderen Detektor lautsarken und klangreinen Ortsempfang an kleiner Behelfsantenne gestattet, ist wieder zu sehen ein Einröhren-Rückkopplungsaudion, dem besondere Trennschärfe nachgerühmt wird. Als modernstes Neutrodyne repräsentiert sich ein sogenanntes Solodyne, dessen Hochfrequenztransformatoren (zwei) nebst Empfangsspule aluminiumgekapselt sind und dessen drei Abstimmkondensatoren auf einer Achse sitzen, so daß eine Einknopfabstimmung erzielt wird.

Daß sich mit einem Minimum an Röhren, auch ohne Verwendung des Regenerativ- oder gar des Superregenerativprinzipes, Höchstleistungen erzielen lassen, zeigt ein Apparat, der zwei Röhren gleichzeitig zur Hoch- und Niederfrequenzverstärkung und ein Kristall als Gleichrichter benützt und damit sicheren Europaempfang an einigermaßen guter Antenne erzielt.

Außer den angeführten Apparaten, die zum Empfange dienen, sind noch vorhanden: ein Zweiröhrenniederfrequenzverstärker, ein Summerwellenmesser, ein Dreiröhrenniederfrequenzverstärker, ein Dreiröhrenkraftverstärker und noch zwei weitere Zweiröhrenniederfrequenzverstärker.

Nahezu allen Geräten liegen Blaupausen bei, an Hand deren der Wißbegierige tiefer in die vorliegende ausgeführte Schaltung einzudringen vermag.

Die Schaustellung des S. R. K. zeigt deutlich die Fortschritte in der Bauart der Apparate. Allerdings dürfen wir nicht vergessen, daß heute die Industrie dem Bastler viel bessere und auch zweckmäßiger durchgebildete Bauteile in die Hand gibt als noch vor einigen Jahren. Das erkennt man aus der Ausstellung der verschiedenen Radiofirmen, die sich vor allem mit der Lieferung von Einzelteilen befassen und im Raum der Bastelstube ihren Platz hat.

Hervorgehoben seien ein neuer Niederfrequenztransformator von Telefunken, dem besondere Verzerrungsfreiheit nachgerühmt wird und der diesen Vorzug wohl seinem besonders großen Eisenquerschnitt (Vermeidung von magnetischer Übersättigung!) verdankt. Auch die Niederfrequenztransformatoren anderer Firmen, die hier noch ausstellen, zeigen dieselbe Tendenz der Eisenvermehrung, in ganz besonderem Maße aber die Transformatoren (Mitte angezapft) für Gegentaktschaltungen, die dadurch beinahe zu plumper, unhandlicher Größe gelangten. Dieser kleine Nachteil läßt sich aber für die bessere Wiedergabe von Sprache und Musik leicht in Kauf nehmen. Auch die Eisendrosseln zeigen heute einen viel erheblicheren Eisenquerschnitt als noch vor Jahren, wo vielfach unter den Amateuren die Meinung herrschte, die Kollektorgeräusche des Lichtnetzes könnten bei Verwendung zur Anodenspeisung (an Stelle der Anodenbatterie) mit Hilfe eines als Drossel verwendeten Niederfrequenztransformators unterdrückt werden.

Eine Röhre fällt auf, die durch die Fünfzahl ihrer Elektroden (1 Heizfaden, 2 Gitter 2 zwei Anodenbleche) imstande ist, die Funktion zweier Röhren zu erfüllen.

Der Bau- und Isolierstoff „Trolit“ wird in einem besonderen Glasschrank in seiner vielseitigen Anwendungsfähigkeit (Platten, alle Arten von Drehknöpfen usw.) vorgeführt.

Unter den Drehkondensatoren (nur sogenannte Low-Loss-Typen) mit und ohne Feineinstellung, mit gerader Wellen- und auch gerader Frequenzcharakteristik, sind die Zwei- und Dreifachkondensatoren bemerkenswert, deren Rotoren auf derselben Achse sitzen, wodurch man bei Neutrodyneschaltungen zur bequemen Einknopfeinstellung kommt, die wohl den Nachteil der großen Raumbeanspruchung reichlich aufwiegt.

Verschiedene Firmen zeigen in den Wandschränken der Bastelstube außer Anodentrockenbatterien auch die zu immer größerer Beliebtheit gelangenden Anodenakkumulatoren und Röhrengleichrichter, die gestatten, die Anodenspannung direkt aus einem Wechselstromnetz zu entnehmen und wahlweise auch Anoden- und Heizakkumulatoren zu laden.

In der eigentlichen Apparateschau der Radio-Industrie sind Empfangsgeräte vom einfachsten Rückkopplungsaudion bis zum Sieben- und Achtröhrenapparat und die verschiedensten, fast ausnahmslos trichterlosen Lautsprecher zu sehen und zu hören. Auch alle Arten von Rahmenkonstruktionen vom einfachen, starren Vier- und Sechskantrahmen, bis zum Klapprahmen können studiert werden, daunter einer, dessen besonderer Vorzug darin liegen soll, daß er mittels eines Kugelgelenkes in jede Ebene einzustellen ist. Viele Firmen stellen natürlich auch heute noch die verhältnismäßig billigen Ein- bis Dreiröhrenapparate aus, im wesentlichen Rückkopplungsaudion mit Ein- bis Zweifachniederfrequenz, in manchen Fällen unter Verwendung des Reflexprinzipes und allenfalls einer Hochfrequenzvorstufe, aber im allgemeinen kann man sagen, daß sich der Mehrröhrenapparat mit mindestens zwei Stufen Hochfrequenzverstärkung stark in den Vordergrund schiebt. Natürlich benützen die ausgestellten Mehrröhrenapparate entweder das Neutralisierungsprinzip oder das Transformierungsprinzip um die Schwierigkeit des Selbstschwingens bei mehrfacher Hochfrequenzverstärkung zu vermeiden. Dazu wird bei Neutrodyneempfängern von vielen Firmen noch die Metallkapselung der Übertragungstransformatoren und Empfangsspulen angewandt. Durch beide Maßnahmen erreicht man ein sehr stabiles Arbeiten dieser modernen Neutrodyneempfänger. Aufgebaut sind diese Vielfachröhrengeräte fast durchwegs nach dem eingangs angeführten amerikanischen Muster. Der Klinkenschalter für das Telephon, auf der Frontplatte angebracht, schaltet meist automatisch die Niederfrequenzheizung ab, sobald der Telephonstöpsel eingesteckt wird. Einige Firmen zeigen auch sehr schön angeführte Schrankapparate, die Lautsprecher, Empfänger und den Raum für die Batterien enthalten. In einem Fall ist auch der Empfangsapparat (ein metallgeschirmtes Siemens-Neutrodyn) in das obere Fach eines Schränkchens hineingestellt, während das untere die Batterien enthält; der Lautsprecher — ein trichterloser „Protos“ — steht auf dem Deckel des Kästchens.

Das neueste Telefunkenneutrodyn mit metallgeschirmten Spulen und Hochfrequenztransformatoren ist vielleicht deshalb bemerkenswert, weil es den Grad der Neutralisierung durch eine induktive veränderliche Gegenkopplung einzustellen gestattet und außerdem in-

Digitized by Google

folge seiner Einknopfstellung sehr einfach zu bedienen ist. Es besitzt nur fünf Röhren, gestattet aber an ganz kurzen Innenantennen Lautsprecherempfang fast sämtlicher europäischen Stationen. Ein Fünfröhrenneutrodyn (ohne Metallkapselung) macht es möglich, durch Auswechslung der zwei Hochfrequenztransformatoren und der Empfangsspule den ganzen Wellenbereich von 200 bis 3000 m herauf zu bestreichen. Es kann aber auch durch einfaches Vorschalten eines Kästchens (Novohetzusatz), das die bekannte Überlagerungseinrichtung, bestehend aus zwei Röhren und den entsprechenden Spulen, das Superheterodyne enthält, ohne weiteres in einen Transformierungsempfänger verwandelt werden mit im Novohetzusatz eingebautem Empfangsrahmen.

Fast sämtliche zur Schau gestellten Lautsprecher sind trichterlos. Man kann mit Fug und Recht behaupten: Der Trichterlautsprecher ist von der Bildfläche beinahe verschwunden und hat dem Großmembranlautsprecher, dessen Membrane meist aus einem, den ganzen Lautsprecherkasten füllenden, Pergamentpapiertrichter besteht, Platz gemacht. Obwohl in fast allen Fällen der elektromagnetische Antriebsmechanismus derselbe geblieben zu sein scheint, zeichnen sich diese neuen Lautsprecher vor allem durch eine naturgetreue Wiedergabe der Musik aus und erfreuen sich daher großer Beliebtheit. Zu dieser Beliebtheit trägt natürlich auch bei, daß sie sich leichter in eine gegebene Zimmereinrichtung einfügen lassen als die alte Trichterkanone.

Zu erwähnen wären auch noch die Meßinstrumente des Radiofreundes, die in allen möglichen Formen und Meßbereichen von einer Firma ausgestellt werden. Auch das bekannte Bildübertragungsgerät von Prof. Dr. Dieckmann[1]), das schon vielfach zur Übertragung der Wetterkarte im Dienste steht, hat seinen Platz gefunden.

Wenn ich die Leistungen der Radiotechnik auf dieser Ausstellung mit denen auf der vor zwei Jahren stattgehabten Verkehrsausstellung in München[2]) vergleiche — natürlich nur mit Bezug auf die Empfangstechnik — so kann ich nur sagen, wir haben einen erfreulich großen Sprung nach vorwärts gemacht. Der Bau der trennscharfen Mehrröhrenapparate, die auf jener Verkehrsausstellung nirgends zu sehen waren, soviel ich mich erinnere, ist in dieser kurzen Spanne Zeit von den meisten Firmen energisch aufgenommen und zu hoher Vollendung gebracht worden. Damals stand Deutschland mit dem alleinseligmachenden Rückkopplungsaudion, das das Empfangsgerätefeld beherrschte, den Engländern und Amerikanern noch weit nach, heute ist das Ausland zum Mindesten eingeholt, eine umso bewunderungswürdigere Leistung, als der deutschen Industrie beständig das Gespenst der wirtschaftlichen Schwäche des deutschen Volkes vor Augen stand.

[1]) Die Radiotechnik 1926, S. 50.
[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1925, S. 120.

Eine neue Methode zur membranlosen Umsetzung elektrischer Schwingungen in akustische.

Von Dr. Franziska **Seidl**, Wien (Physikalisches Institut der Universität.)

Zwecks Untersuchungen über den schwingenden Kristall wurde die bekannte Anordnung mit der Schaltung nach O. W. Lossew[1]) aufgestellt, die im wesentlichen dieselbe ist, wie sie bereits im Jahre 1900 von Duddel verwendet wurde. Ein Unterschied liegt darin, daß an Stelle von Massivkohlen als Elektroden, ein Kristall, und zwar Rotzinkerz, mit einer Metallspitze als Gegenelektrode benützt wird. Die Schwingungen konnten durch das zur Selbstinduktion L in Abb. 1 parallel geschaltete Telephon T festgestellt werden. J ist ein Instrument, das den erregenden Gleichstrom mißt,

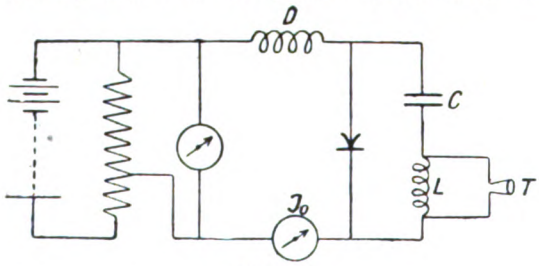


Abb. 1.

D eine Drosselspule, durch welche vermieden wird, daß Schwingungen in den Gleichstromkreis gelangen und C eine Kapazität.

Bei diesen Untersuchungen wurde einmal beobachtet, daß nicht nur im Telephon, sondern auch von der Kontaktstelle zwischen Kristall und Metallspitze, ein Ton zu hören war. Es war daher die nächste Aufgabe, diese neue Erscheinung eingehend zu studieren. Dieses Tönen setzt für verschiedene Kristallstellen bei verschieden hohen Spannungen und bei verschieden hohem Druck, unter welchem die Metallspitze aufsitzt, ein. Es wurden zahlreiche Oszillogramme aufgenommen, welche alle Stabilität und Reinheit des Tones zeigen (Abb. 2).

Die Erscheinung des selbsttönenden Kristalles wurde durch die Annahme zweier parallel geschalteter Widerstände zu deuten versucht, von denen der eine durch die Kontaktstelle selbst der zweite durch eine zu derselben parallel gelegene Gasentladungsstrecke gebildet wird. Zur Prüfung, inwieweit eine solche Annahme berechtigt erscheint, wurden Experimente ausgeführt, die einerseits die Kontaktstelle, andererseits die Gasstrecke beeinflussen. Von den verschiedenen Untersuchungen seien hier nur die wichtigsten angeführt.

Durch Vergrößerung des Druckes unter dem die Metallspitze aufsitzt, wurde eine Änderung des Kontakt-

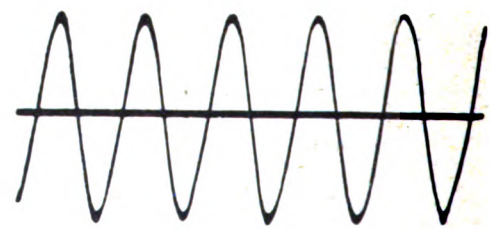


Abb. 2.

widerstandes bewirkt. Derselbe wurde kleiner und die Oszillogramme zeigen eine Abnahme der Frequenz.

Für die Ausführung des Versuches war es wesentlich, eine Einstellvorrichtung zu benützen, bei der die Spitze trotz Druckänderung an ein und derselben Stelle des Kristalls aufsitzt. Dies wurde dadurch erreicht, daß die Spitze zum Träger einer dreieckigen Messingplatte gemacht wurde. Zur Führung des Systems wurden an den Plattenecken Messingstäbe, die in Messinghülsen versenkbar sind, angebracht. Die Druckzunahme wurde durch ein auf die Metallplatte gestelltes Becherglas, welches von Marke zu Marke mit Wasser angefüllt wurde, erreicht. Durch nachträgliches Abwägen der eingefüllten Flüssigkeitsmenge und des Becherglases samt Trägersystem konnte der jeweilige Druck bestimmt werden.

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1925, S. 69, 121; 1926, S. 8.

Digitized by Google

Daß die die Kontaktstelle umgebende Gasschicht für die Erscheinung des Selbsttönens wesentlich ist, bewies ein Versuch, bei dem die Gasschicht entfernt wurde, und zwar durch Eintauchen der zum Tönen gebrachten Anordnung in Paraffinöl. Als beim Erhitzen des Öles die am Kristall festsitzende Gasschichte entfernt wurde, hörte das Tönen auf.

Bei der Untersuchung der Abhängigkeit der Erscheinung des selbsttönenden Kristalles vom Gasdruck zeigte sich, was aus den Oszillogrammen zu entnehmen war, daß bei Abnahme des Druckes die Frequenz zunächst steigt, dann aber bei weiterer Abnahme fällt. Nachdem kleine Kristallstückchen ebenfalls zum Tönen gebracht werden können, hat man die Möglichkeit, die Einstellvorrichtung zweckentsprechend klein zu konstruieren, so daß ein kleiner Rezipient von ungefähr 2·5 cm Höhe und einem ebenso großen Durchmesser genügt, um die Einstellvorrichtung mit Kristall unterzubringen. Der Rezipient wurde in Form eines Schliffes ausgeführt, in welchem zwei Platindrähte als Zuleitungen eingeschmolzen waren.

Es wurden bei ein und derselben Einstellung vier Aufnahmen bei verschiedenen Drucken gemacht. Die zwei ersten Aufnahmen erfolgten bei Drucken von 22 mm und 4 mm Hg. Für niedrigere Drucke war keine Meßvorrichtung vorhanden, so daß sie diesmal noch nicht angegeben werden können. Die dritte Aufnahme wurde ausgeführt, nachdem bereits mit der Hochvakuumpumpe evakuiert wurde. Die Aufnahmen 1 bis 3 lassen ein Ansteigen der Frequenz erkennen. Es wurde noch weiter gepumpt und eine vierte Aufnahme gemacht; dieses Oszillogramm zeigt bereits eine Frequenzabnahme. Die Versuchsresultate sind ähnlich jenen, wie sie C l a y bei der Schwingungserzeugung mit einem Entladungsrohr, in welchem der Gasdruck geändert werden konnte, erhielt.

Eine Gasentladung ist aber auch durch das magnetische Feld zu beeinflussen. Es wurde der Kristall mit der Einstellvorrichtung zwischen die Polschuhe eines kräftigen Elektromagneten gebracht und zunächst ein Oszillogramm ohne Magnetfeld aufgenommen; hernach wurde eine Aufnahme mit Magnetfeld gemacht. Die ersten dieser Untersuchungen wurden mit Stahl als Metallelektrode ausgeführt und als Kristall natürliches Rotzinkerz verwendet, letzteres ohne vorher im elektrischen Lichtbogen geschmolzen worden zu sein. Das Tönen setzt aber auch bei solchen Rotzinkerzkristallen ein, die vorher im elektrischen Lichtbogen mit Braunstein behandelt wurden. L o s s e w gibt bereits an, daß durch die Behandlung im Lichtbogen die Leitfähigkeit steigt. Ein wirkungsvoller Unterschied war aber nicht festzustellen, so daß immer nur natürliches nicht vorbehandeltes Rotzinkerz verwendet wurde. Die Aufnahmen zeigen im Magnetfeld eine Frequenzerniedrigung. Bei gleicher Spannung ist aber die Frequenz außer vom Druck auch noch von der Kristallstelle abhängig, weshalb die Vermutung nahe liegt, daß die Stahlspitze beim Einschalten des Magnetfeldes von der Stelle gerückt wurde und diese neue Berührungsstelle des Kristalles Ursache der Frequenzänderung sein könnte. Es war daher wichtig, die Untersuchungen mit solchen Metallelektroden auszuführen, auf welche das Magnetfeld keine anziehende Wirkung ausübt.

Versuche ergaben, daß außer Stahl sich auch noch Cekasdraht, Kupfer, Wolfram, Aluminium und Silber als Gegenelektrode eignen. Wie die folgende Tabelle zeigt, wurden Wolfram und Silber gewählt.

Material	1. Aufnahme	2. Aufnahme	3. Aufnahme
Stahl	667·89 mit M.F.	682·10 ohne M.F.	— mit M.F.
Silber	836·1 „ „	848·2 „ „	836·1 „ „
Wolfram	930·0 ohne „	904·0 mit „	930·0 ohne „

(In dieser Tabelle bedeutet M. F. magnetisches Feld; die Zahlen geben die Frequenz in Hertz an.)

Die Oszillogramme des selbsttönenden Kristalls sind fast sinusförmig und ähnlich den Lichtbogenschwingungen erster Art. Rotzinkerz zeigt für die Eigenschaft des Selbsttönens keine Unipolarität. Im allgemeinen spricht der Kristall dann leichter an, wenn er positiv geschaltet ist.

Rotzinkerz ist auf piezoelektrische Eigenschaft hin noch nicht untersucht worden; jedoch ist es nicht ganz unberechtigt, diese Eigenschaft in Erwägung zu bringen, da Rotzinkerz dem hexagonalen Kristallsystem angehört und eine sechszählige polare Hauptachse besitzt. Versuche, den Kristall an den verschiedensten Stellen und durch Einstellen der Metallelektrode in verschiedensten Richtungen bezüglich der polaren Hauptachse zum Tönen zu bringen, ergaben, daß eine Abhängigkeit der Erscheinung von der Richtung der Kristallachsen unwahrscheinlich ist.

Wenn in der Schaltung Abb. 1 der Schwingungskreis abgeschaltet worden war und die Drosselspule *D* durch die Sekundärspule eines Transformators ersetzt wurde, gelang es, dem erregenden Gleichstrome Mikrophonströme zu überlagern. Das zu besprechende Mikrophon wurde wie üblich an die Primärspule des Transformators mit Batterie geschaltet.

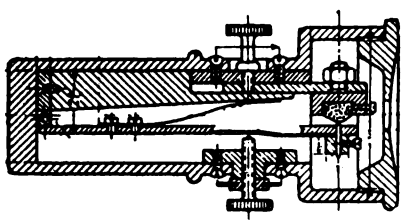


Abb. 3.

Die Möglichkeit, Mikrophonströme zu überlagern, führte zur Konstruktion eines membranlosen Telephons, das im Aussehen einem gewöhnlichen Kopfhörer gleicht. Die letzte Form zeigt Abb. 3. Die untere Schraube zum Ändern des Druckes von Stahlspitze auf Kristall sitzt auf einer Stahlfeder auf, die über dem Einschnitt eines 2 mm dicken Messinghebels gespannt ist. Die obere Feder drückt beim Zurückdrehen der Schraube den Messinghebel nach abwärts. Der Kristall sitzt in einer Messingklemme, die durch eine Schraube auf einer Messingplatte festgehalten wird. Durch ein Langloch in letzterer kann der Kristall verschoben werden und jeder Oberflächenpunkt mit der Metallspitze in Berührung gebracht werden, dann wird die Platte durch die obere Schraube festgemacht. Die Einstellung ist vollkommen erschütterungsfrei. Akustische Verbesserungen der Schalldose sollen eine Erhöhung der Lautstärke bewirken.

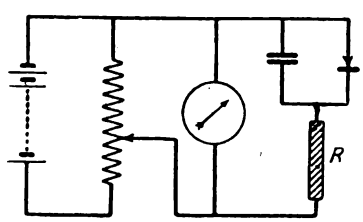


Abb. 4.

Wurde die Primärspule mit der Sekundärspule des Transformators in angegebener Schaltung vertauscht und an die Sekundärspule ein Telephon gelegt, so konnte das auf den Kristall Gesprochene im Telephon gehört werden.

Bei den bisher erwähnten Untersuchungen machte ich die Beobachtung, daß zuweilen eine Einstellung erreicht werden kann, bei der das Tönen in kleinen Zeitintervallen erfolgt. Es wurde versucht eine Einstellung zu treffen, bei der ein streng periodisches Tönen auftritt. Dies war tatsächlich möglich; der Ton setzte mit seiner vollen Stärke ein und aus, und am Voltmeter zeigte sich im selben Rhythmus ein Spannungsabfall von ungefähr 3 V. Verändert man die Kapazität, so ändert sich auch das Zeitintervall des intermittierenden Tönens. Es wird mit abnehmender Kapazität kleiner. Dies erinnert an die bereits bekannte Erscheinung des periodi-

Digitized by Google

schen Zündens und Löschens einer Glimmlampe, wenn zu ihr parallel ein Kondensator und in Serie mit dieser Gruppe ein hoher Widerstand an eine Gleichspannungsquelle gelegt wird. Der Kondensator wird über den Widerstand von der Gleichspannungsquelle bis zur Zündspannung geladen. Hierauf entlädt sich der Kondensator über die leitend gewordene Glimmlampe bis zur Verlöschungsspannung. Ist in den Stromkreis ein Telephon eingeschaltet, so kann man den in demselben gleichzeitig mit dem Zünden hervorgerufenen Ton hören.

Da nun auch mit dem Kristall, zwar unter anderen Bedingungen, dieses bei der Glimmlampe auftretende periodische Tönen zu beobachten ist, lag der Gedanke nahe, den Kristall überhaupt in Glimmlampenschaltung (Abb. 4) als Schwingungserzeuger und selbsttönenden Kristall zu verwenden.

Bestrahlung der Kontaktstelle mit radioaktiven Präparaten oder mit einer Quarzlampe hat eine, wenn auch nicht mit dem Ohr aber oszillographisch sicher festzustellende Frequenzerhöhung zur Folge.

Rundschau.

Kurzwellensender HBC in Münchenbuchsee. Der mit einer Tageswelle von 33 m und einer Nachtwelle von 75 m arbeitende Sender der Marconi A.-G. hat eine Anodenleistung von 6 kW bei einer Primärleistung von 9 kW. Die Röhre ist eine flüssigkeitsgekühlte 10 kW Röhre, bei der als Kühlmittel Petroleum angewendet wird. Hiezu ist eine besondere Kühl- und Filtrieranlage vorgesehen. Der Primärteil des Senders besteht aus drei Transformatoren zu je 7 kVA in Dreieckschaltung mit 500 V Netzspannung, die auf 12 500 V transformiert wird. Die Hochspannungsseite ist in Stern geschaltet und bildet ein Sechsphasensystem. Die Gleichrichtung erfolgt in sechs Gleichrichterlampen der Type MR 7, die über einen Drosselkreis die Anode speisen.

Die Antenne ist 56 m lang und kann in den drei harmonischen Wellen von 32, 45 und 75 m erregt werden. Die Tastung erfolgt durch Creed-Relais, die wieder durch Relais des Berner Telegraphenamtes bedient werden. Um die Belastung der Speisekreise konstant zu halten, sind noch zwei Röhren der Type MT 9 A als Ventilkreis vorgesehen, der die Energie während den Tastpausen aufnimmt. Hiedurch wird auch eine gute Stabilisierung der Wellenlänge erhalten. E. M.

(Technische Mitteilungen, Nr. 4, Jahrg. 5, 1927.)

Ein Vorschlag für den Bau von Netzanschlußgeräten für Heiz- und Anodenstromentnahme. Von Manfred von Ardenne. Das Problem der Röhrenheizung aus dem Wechselstromnetz ist bis heute noch viel weniger entwickelt, als die Entnahme des Anodenstromes aus dem Lichtnetz. Der Grund dafür liegt hauptsächlich darin, daß bei der Entnahme des Heizstromes aus dem Lichtnetz mittels Niederspannungsgleichrichtern die erforderlichen Siebketten außerordentlich große Kapazitäten enthalten müssen, um bei den verhältnismäßig starken Strömen eine ausreichende Ausgleichwirkung zu verursachen. Vom Verfasser ist nun vorgeschlagen worden, diese Siebkettenkondensatoren durch rein ohmsche Widerstände zu ersetzen und die angestellten Versuche sollen sehr gute, praktisch brauchbare Resultate ergeben haben. Die Siebkette besteht dann aus Drosselspulen in Serie mit der Leitung und aus ohmschen Widerständen parallel zur Leitung. Für Wechselstrom, das heißt für die schädlichen Schwankungen des Gleichrichterstromes, besitzen die Drosseln einen Widerstand, der leicht sehr groß gegenüber dem Wert der ohmschen Querwiderstände gehalten werden kann. Die ohmschen Querwiderstände, von denen der erste ein reiner Verlustwiderstand, der zweite der Verbrauchswiderstand ist, liegen in der Größenordnung von 1 bis 10 . Wenn die Selbstinduktionen nur etwa 1 H betragen, so bekommt man für die tiefsten für die Störungen in Frage kommenden Frequenzen (40 Hertz) einen Wechselstromwiderstand von 250 Ohm. Bei Verwendung eines Querwiderstandes von 3 Ohm erhält man dann nur $^1/_{80}$ des restlichen Wechselstromes in den Verbraucher. Durch Anwendung von mehreren solchen Gliedern kann dann der restliche Wechselstrom noch ganz gewaltig vermindert werden. Für die im Lichtstrom enthaltenen, oder durch die Gleichrichtung entstehenden Wechselströme höherer Frequenz liegen dann die Verhältnisse noch ganz wesentlich günstiger. Um die Spannungsschwankungen des Lichtnetzes auf die Röhrenheizung unschädlich zu machen und um zu vermeiden, daß beim Ausschalten einer Röhre die Heizspannung eine für die Heizfäden gefährliche Größe erreicht, schaltet man in Serie mit der ersten Drossel einen selbstregulierenden Eisenwasserstoffwiderstand. Die durch die Querwiderstände verursachten Verluste kann man leicht durch etwas reichlichere Dimensionierung des Gleichrichters kompensieren. Für den Stromverbrauch aus dem Lichtnetz spielen diese Verluste überhaupt keine Rolle, wenn man berücksichtigt, wie gering der gesamte Wattverbrauch des ganzen Netzanschlußgerätes im Verhältnis zum Verbrauch einer normalen Glühlampe ist. Kelch.

(Funk, 4. Jahrg., Heft 36, 2. September 1927.)

Wellenanalysatoren. Einen Analysator für zusammengesetzte elektrische Wellen beschreibt A. G. Landeen. Die Einrichtung kann für Frequenzen von ungefähr 3000 bis zu 100 000 verwendet werden. Die zu untersuchende Welle wird mit Hilfe eines Trägerstromes, der in einem besonderen Kreise erzeugt wird, in der Frequenzskala so weit nach unten transformiert, bis die zu messende Teilwelle in ihrer Frequenz mit der Frequenz eines Resonanzkreises übereinstimmt und die in diesem Kreise erzeugte Resonanzschwingung gemessen werden kann. Der zu messende Wellenzug wird zunächst durch zwei hintereinander geschaltete Stromkreise geleitet, die auf die zu untersuchende Frequenz abgestimmt werden, und in denen diese Frequenz gegenüber den anderen durch Vakuumröhren verstärkt wird. Sodann erfolgt die Modulation der ganzen Welle in einem Kreise mit zwei Vakuumröhren unter Verwendung eines Trägerstromes, dessen Frequenz nach Erfordernis geändert werden kann. Da der Resonanzkreis, dem die zu untersuchende Frequenz behufs Messung schließlich zugeführt werden soll, auf 800 Per/s abgestimmt ist, muß die Modulation so erfolgen, daß die modulierte Welle die zu untersuchende Komponente mit dieser Frequenz enthält. Handelt es sich zum Beispiel um die Bestimmung einer Komponente von der Frequenz 20 000, so moduliert man mit einem Trägerstrom von 20 800 oder von 19 200 Per/s, in welchen Fällen die modulierte Welle die Frequenzen 20 800 — 20 000 = 800, bezw. 20 000 — 19 200 = 800 enthält. Durch diese Transformation wird gleichzeitig der perzentuelle Unterschied zweier benachbarter Frequenzen in der zu untersuchenden Welle, etwa 20 000 und 20 500, bedeutend vergrößert, da in der mit 20 800 Per/s modulierten Welle diese beiden Komponenten nur mit den Frequenzen von 800 und 300 Per/s erscheinen, also bedeutend leichter auseinander zu halten sind. Es folgt nun noch ein Niederfrequenz-Verstärker, bevor die transformierte Welle dem auf 800 Per/s abgestimmten Meßkreis zugeführt wird. Nach Ablesung der an dem Meßinstrument durch die Resonanzwelle hervorgerufenen Ablenkung wird der Analysator statt mit der zu untersuchenden Stromquelle mit einem Hilfsoszillator verbunden, der einen Strom von 800 Per/s und gegebener Stärke erzeugt. Die Verbindung erfolgt unter Zwischenschaltung eines veränderlichen Widerstandes, durch den die Amplitude des in den Analysator eintretenden Stromes in zum voraus bestimmter Weise geändert werden kann. Die Amplitude dieses Hilfsstromes wird nun solange geändert, bis das Meßinstrument des Resonanzkreises wieder die gleiche Ablenkung zeigt

Digitized by Google

wie mit der zu untersuchenden Welle. Durch Auswertung des in den Analysator eintretenden Hilfsstromes wird dann auch die Stärke der zu messenden Wellenkomponente bestimmt.

Der Analysator für das Frequenzband der Sprache, den C. R. Moore und A. S. Curtis angeben, ist ein Gegenstück zu dem Analysator von Landeen und zur Messung einer Komponente bestimmter Frequenz der von einem Mikrophon oder einem ähnlichen Apparat abgegebenen zusammengesetzten Welle neben deren anderen Komponenten bestimmt. Er enthält ein mechanisches Resonanzsystem, bestehend aus einem Stahlstab von 22·5 mm Länge, der in der Mitte festgehalten wird und, in Longitudinalschwingungen versetzt, bei rund 11 000 Per/s Resonanz zeigt. Die zu untersuchende zusammengesetzte Welle wird durch einen in einem besonderen Kreise erzeugten Trägerstrom moduliert; die Frequenz des Trägerstromes kann mit Hilfe eines veränderlichen Kondensators von der Eigenfrequenz des mechanischen Resonators, das ist von rund 11 000 Per/s an, allmählich um 5000 Per/s, entsprechend der ungefähren Ausdehnung des Frequenzbandes der menschlichen Sprache, erhöht werden. Der Modulationskreis ist mit einem Fernhörer verbunden, der, knapp an dem einen Ende des Stahlstabes angebracht, diesen in Längsschwingungen versetzt. Diese Schwingungen sind besonders stark bei Resonanz der eingeleiteten Schwingung mit der Eigenschwingung des Stabes; ihre Stärke kann gemessen werden mit Hilfe eines zweiten Fernhörers, der knapp an dem anderen Ende des Stahlstabes befestigt und von diesem angeregt wird. Die im Kreise dieses Fernhörers entstehenden Ströme werden erst verstärkt und sodann einem geeigneten Meßinstrument zugeführt. Will man die Stärke einer bestimmten Komponente der Sprachwelle, zum Beispiel jener mit der Frequenz 1000, auswerten, so moduliert man mit einer Trägerwelle von $11\,000 + 1000 = 12\,000$ Per/s; dann wird die modulierte Welle die zu untersuchende Komponente transformiert auf $12\,000 - 1000 = 11\,000$ Per/s enthalten, also in derselben Höhe wie die Eigenfrequenz des Stahlstabes. Die einsetzenden Resonanzschwingungen des Stabes werden der Stärke der zu untersuchenden Wellenkomponente entsprechen und können mit Hilfe des an den Ausgangsfernhörer angeschlossenen Meßkreises bestimmt werden. Zur Auswertung der an dem Meßinstrument bewirkten Ablenkung wird ein Hilfsoszillator für einen Wechselstrom mit 11 000 Per/s, entsprechend der Eigenschwingung des Stahlstabes, benützt, dessen Stärke beliebig geändert werden kann, bis die Ablenkung im Meßkreis der von der zu untersuchenden Komponente erzeugten Ablenkung gleich ist. Die Stärke dieses Hilfsstromes kann leicht bestimmt werden und ergibt damit auch die Stärke des aus dem Analysator kommenden Wechselstromes. Auf diese Weise kann durch allmähliche Veränderung des Kondensators im Trägerstromkreis nach und nach jede beliebige Teilkomponente der zu untersuchenden Welle auf die Eigenfrequenz des Stahlstabes herunter transformiert und mit den anderen Komponenten verglichen werden. Dr. Ste.

(The Bell System Technical Journal, Heft 2, 1927.)

Über die Peilbarkeit kurzer Wellen auf See bei Tag und Nacht (Rahmenpeiler) berichtet Dr. F. Michelssen, Berlin, und kommt zu dem Schluß, daß mit kurzen Wellen auch auf Holzschiffen ohne Funkfehlweisung ein bei Tag und Nacht zuverlässiger Peilverkehr nur bis zu 10 Seemeilen vom Sender garantiert werden kann. Die von Telefunken und der Reichsmarine gemeinsam geführten Untersuchungen fanden von Juni bis August 1926 statt. Als Sender diente ein 200 W-Sender mit einem Wellenbereich von 18 bis 100 m; seine Entfernung von der Küste betrug 30 m. Die Peilversuche wurden mit 30, 43, 58 und 82 m Wellen durchgeführt und konnten optisch kontrolliert werden. Die 58 und 82 m Wellen wurden auf einem Tender aufgenommen, dessen mit reinen Oberflächenwellen bestimmte Funkbeschickungskurven für diese Wellen, das ist die gemessenen Empfangsamplituden als Funktion der Richtung der Rahmenachse in Graden aufgetragen, immerhin recht beträchtliche aber noch erträgliche Abweichungen von der normalen Sinuslinie zeigten. Die beiden kürzeren Wellen konnten wegen der allzugroßen Abweichungen nur auf einem Holzschiffe aufgenommen werden. Die Peilung erfolgte durch Aufsuchung der Nullpunkte (Minima) der Kurve. Am Tage wurden mit allen Wellen bis zu 30 Seemeilen unter Berücksichtigung der Funkbeschickungskurven bis auf 1° recht weisende Peilungen vorgenommen; nur ein einziges Mal trat bei 82 m eine erhebliche Verbreiterung und Unschärfe des Minimums auf. Mit der 58 m Welle konnte einmal bis zu 75 Sm gearbeitet werden; jedoch war das Minimum breit und unscharf und konnte durch eine Hilfsantenne nicht verbessert werden; seine Breite wechselte bei 75 Sm zwischen 20° und 70°, bei 70 Sm zwischen 10° und 15°; es wurde erst bei 55 Sm meist wieder scharf und verbreiterte sich nur vorübergehend auf 10°. Bei Nacht traten diese Störungen schon bei kürzeren Entfernungen auf; es wurden nur bis zu 30 Sm Versuche mit 30 m, 58 m und 82 m Wellen vorgenommen. Mit 30 m Wellen konnten wegen der stärkeren Absorption der Oberflächenwelle einwandfreie Beobachtungen nicht gemacht werden. Mit der 58 Welle waren zuverlässige Peilungen auf 15 bis 20 Sm möglich. Bei 25 Sm war das Minimum bei Tage scharf, bei Nacht aber schwankend auf 3° bis 20° verbreitert. Ähnliches ergab die 82 m Welle; Peilungen waren auch hier nur auf 15 bis 18 Sm möglich. Bei 30 Sm zeigte sich schon am Tage eine Verbreiterung auf 10° bis 20°; um 10 Uhr abends stieg die Breite des Minimums bis auf 90°. Es zeigte sich starke Abhängigkeit von Wolken und Wetter; in mancher Nacht traten in 15 bis 20 Sm Entfernung nur Verbreiterungen auf 6° bis 8°, in anderen Nächten jedoch solche von 30° bis 40° auf. Die Störungen werden auf das Zusammenwirken von Oberflächen- und reflektierten Wellen zurückgeführt, wobei die schräg von oben kommende Richtung und die andere Beschaffenheit der letzteren die Störungen verursachen. (Möglicherweise gibt auch die schon öfters beobachtete abweichende Polarisationsrichtung der Raum- und Oberflächenwellen Anlaß zur Bildung von störenden Drehfeldern. D. Ber.) Über die Abhängigkeit der Störungen von der Wellenlänge kann wegen der geringen Anzahl der Beobachtungen nichts Abschließendes gesagt werden. Wegen der stark frequenzabhängigen Funkbeschickungskurven und der Notwendigkeit von Hilfsantennen erscheint ein Küstenpeilverkehr mit kurzen Wellen trotz der bis auf Entfernungen von 10 bis 15 Sm geglückten Versuche unzweckmäßig. R. H.

(Telefunken-Zeitung, Nr. 45/46, 1927.)

Patentbericht.

Kondensatoren für Schwachstrom.

Eine Erfindung der Firma N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken in Eindhoven (Niederlande) betrifft einen Kondensator, der nicht von Feuchtigkeit angegriffen werden kann: sie geht von dem Gedanken aus, gegebenenfalls eindringender Feuchtigkeit einen sehr langen und schwierigen Weg zu bieten, bevor sie die Beläge erreichen kann. Gemäß der Erfindung sind die Beläge und das Dielektrikum des Kondensators innerhalb einer auf einer Seite offenen Büchse angeordnet. Diese Büchse ist mit ihrer offenen Seite in eine zweite Büchse geschoben und zwischen den Wänden der beiden Büchsen befindet sich eine feuchtigkeitvertreibende Schicht. Eine der Büchsen oder beide können aus nichtleitendem und feuchtigkeitbeständigem Stoff, wie zum Beispiel Bakelit, hergestellt sein. Eine wesentliche Vereinfachung in der Herstellung von Kondensatoren kann aber dadurch erzielt werden, daß beide Büchsen aus Metall hergestellt werden und jede Büchse mit einem der Beläge des Kondensators leitend verbunden wird. Dadurch wird eine Durchführung des Stromes durch die Hülle vermieden, die bei den bestehenden Kondensatoren zu Schwierigkeiten Veranlassung geben kann, da die beiden Metallkappen auch für die Stromzuleitung zu den beiden Belägen dienen. Die Erfindung kann mit besonderem Vorteil auf einen Kondensator mit schraubenförmig gewundenen, bandförmigen Belägen und Dielektriken angewendet werden.

Digitized by Google

Der zylindrische Teil einer der Büchsen umgibt dabei den gewickelten Teil des Kondensators und um diesen zylindrischen Teil herum ist eine feuchtigkeitvertreibende Schicht angebracht, die vom zylindrischen Teil der anderen Büchse umhüllt wird. (Ö. P. Nr. 105305.)

Bei der Fabrikation von Kondensatoren liegt oft das Bedürfnis vor, die Kapazität nach der Herstellung noch zu ändern, zum Beispiel um bei der Massenherstellung von Kondensatoren einen bestimmten Normalwert möglichst genau innehalten zu können. Es ist bekannt, zum Zweck des nachträglichen Abgleichens die Belegungen aus Teilen zusammenzusetzen, von denen jeder mit einer besonderen Herausführung versehen ist, so daß beim Durchschneiden dieser Herausführungen die Kapazität stufenweise vermindert werden kann. Gemäß einer Erfindung der Firma Siemens & Halske A.-G. in Wien wird erreicht, daß die Kapazität stetig vermindert werden kann, und zwar dadurch, daß mit allen Belegungen oder einem Teil der Belegungen zwischen die Isolierlagen Fäden oder Drähte eingelegt werden, die am Rande über die dielektrischen Schichten hinausragen. Beim Herausziehen der Fäden können die Belegungen allmählich zwischen den Isolationslagen herausgezogen werden, so daß sich die Kapazität stetig vermindert. (Ö. P. Nr. 106182.)

Eine Erfindung von William Dubilier in New York bezieht sich auf eine neue Bauweise für Kondensatoren, bei der der aus den Belegungen und den dielektrischen Schichten gebildete Kondensatorkörper dauernd zusammengepreßt wird, und die Pressung möglichst gleichförmig auf die ganze Oberfläche verteilt ist (Abb. 1). Die Kondensatorkörper 1 besteht aus Metallfolien 2 und Glimmerschichten 3. Die beiden

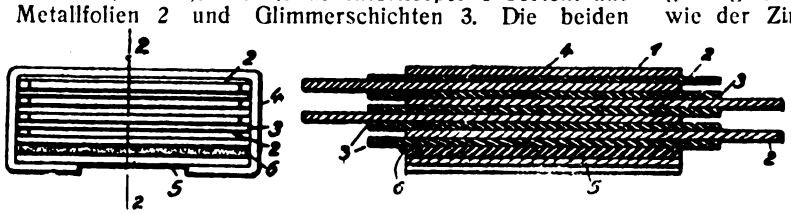


Abb. 1.

äußersten Schichten sind aus Isoliermaterial gebildet und der ganze Körper ist in eine Halteklammer 4 eingeklammert. Diese Halteklammer bedeckt auf einer Seite fast die ganze Oberfläche der äußersten Isolationsschicht des Kondensators, ist seitwärts abgebogen und unterhalb des Kondensatorkörpers wiederum um die Kanten einer Druckplatte 5 herumgebogen. Zwischen der Druckplatte und der ihr zugekehrten Fläche des Kondensatorkörpers ist eine Platte oder Kissen 6 aus einem nachgiebigen und elastischen Material, zum Beispiel Gummi, eingeklemmt. Der Druck der Halteklammer wird daher über die Druckplatte 5 auf das Kissen 6 übertragen und von diesem gleichmäßig auf den Kondensatorkörper verteilt. (D. R. P. Nr. 441189.)

Eine Erfindung desselben Erfinders bezieht sich auf eine Halteklammer für Kondensatoren, die an ihren beiden Enden in U-förmige Halteklammern eingeklemmt sind. Bildet man diese Klammern aus einem Stück aus, so werden beim Aufschieben der Klammer auf den Kondensatorkörper die vorstehenden Enden der Belegungen zusammengeknittert und verletzt. Auch die Verbindung dieser Folienenden mit den Klammern mittels einer Vernietung ist umständlich. Nach der Erfindung (Abb. 2) besteht die Halteklammer 7 aus zwei Stücken 8 und 9, die, wenn sie auf den Kondensator aufgezogen und zum Beispiel durch eine Vernietung verbunden sind, eine im wesentlichen U-förmige Halteklammer bilden. Der eigentliche Kondensatorkörper besteht aus dielektrischen Schichten 1 und Metallfolien 2,

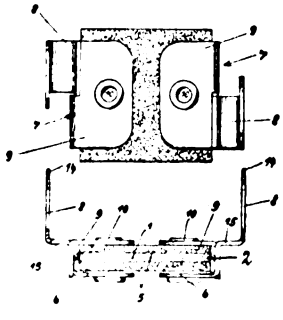


Abb. 2.

die zwischen zwei Druckplatten 5 aus Isoliermaterial, zum Beispiel dem Kondensationsprodukt von Phenolformaldehyd, zum Schutz und zur Versteifung des Kondensatorkörpers eingeschlossen sind. An jedem Kondensatorende sind die Folienenden je einer Polarität über eine Kante und Außenoberfläche einer Druckplatte, wie bei 6, umgelegt und werden in dieser Lage durch den Druck der Klammern 7 festgehalten. Die Klammerteile 8 und 9 sind aus zwei im wesentlichen winkelförmigen flachen Platten gebildet, die das eine Ende des Kondensatorstapels und die Seitenfläche einer Deckplatte berühren. (D. R. P. Nr. 432215.)

Man hat bei Wickelkondensatoren an Stelle der Zinnfolie die billigere Aluminiumfolie verwendet. Die Wickel werden nach dem Kochen in einer das Zusatzdielektrikum bildenden Masse, zum Beispiel Paraffin, Harz mit geringen Zusätzen von Wachs, Öl, Kautschuk oder dergleichen, stark zusammengepreßt, wodurch das Metallband starke Krümmungen erhält. Der Aluminiumwickel dehnte sich infolge der inneren Spannungen immer mehr aus und wurde, da sich dabei seine Kapazität verminderte, unbrauchbar. Die Firma Telephon-Apparat-Fabrik E. Zwietusch & Co., G. m. b. H., Kommanditgesellschaft in Charlottenburg hat einen Kondensator aus Aluminiumfolie angegeben, der den Übelstand des Zurückgehens der Kapazität nicht hat. Der Kondensatorwickel wird genau so hergestellt wie sonst, nur wird an Stelle von Paraffin eine Mischung aus Kolophonium und Paraffin verwendet, und zwar hat sich herausgestellt, daß eine Mischung von annähernd gleichen Gewichtsteilen die günstigste ist. Der Aluminiumwinkel wird genau so wie der Zinnwickel im Kessel, der das Paraffin-Kolophonium-Gemisch enthält, unter Vakuum erhitzt, bis jegliche Spuren von Wasser entfernt sind. Der Wickel ist nach dem Erkalten derart fest, daß er hart wie Holz ist und auch infolge seiner inneren Festigkeit nicht mehr in der Kapazität zurückgeht, da die Mischung Kolophonium-Paraffin, Papier und Aluminiumfolie zuverlässig zusammenklebt. (D. R. P. Nr. 435032.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturbericht.

3276 **Rundfunktechnisches Handbuch.** II. Teil: Die physikalischen Grundlagen, die Konstruktion und die Schaltung von Spezialempfängern für den Rundfunk. Von Dr. H. Wigge, Cöthen. 314 Seiten und 416 Abb. mit einem Anhang: Bezugsquellenverzeichnis. Berlin 1927. Verlag von M. Krayn. Preis Mk. 12·—.

Der zweite Band des „Handbuches“[1]) bringt eine wirklich ausgezeichnete Zusammenstellung sowohl der physikalischen Arbeitsgrundlagen als der verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten der diversen „Spezialschaltungen“, wie Superheterodynempfänger, Überrückkopplungsempfänger, Reflexempfänger, Neutrodynempfänger usw., ebenso wie der diversen Spezialröhren.

Eine solche Zusammenstellung tut wirklich not. Wie viele Abarten des Entkopplungsprinzips der Neutrodynschaltung gibt es zum Beispiel! Wigge bespricht sie alle einzeln, nachdem er einleitend die verschiedenen Entkopplungsmöglichkeiten theoretisch durchbesprochen hat. Dies ein Beispiel für die Art und Weise, wie das Buch aufgebaut ist.

Jeder technisch näher interessierte Radiofreund findet an dem Buch einen zuverlässigen Führer, der ihm zufolge der übersichtlichen Anordnung des Stoffes ohne vieles Suchen sofort über jede Spezialfrage aus dem einleitend angegebenen Fragenkomplex erschöpfend Auskunft gibt. Als äußerliches Zeichen der Reichhaltigkeit des Buches diene die Angabe, daß der Band 416 Abb. enthält, überwiegend Schaltskizzen.

Wie aus dem Vorwort hervorgeht, plant Wigge noch einen dritten Band seines Handbuches, der dann Störungen, Kurzwellen, Amateursender und Meßtechnik behandeln soll. L. Richtera.

[1]) Vgl. die Besprechung des ersten Bandes, „Die Radiotechnik“ 1926, S. 31.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbaut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 38.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 13 **13. November 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Die Audionwirkung der Frenotronröhre. Von Ing. Dr. Robert Pollak-Rudin, Wien. S. 113
Die Große Deutsche Funkausstellung in Berlin. Von Dr. Walther Burstyn, Berlin. S. 116
Die Radiotechnik auf der Wiener Herbstmesse 1927. S. 119. / RUNDSCHAU. S. 120. / PATENTBERICHT. S. 123
LITERATURBERICHTE. S. 124.

Die Audionwirkung der Frenotronröhre.

Von Ing. Dr. Robert **Pollak-Rudin**, Wien.

Das bekannte Rückkopplungsaudion bietet nebst seinen bekannten Vorzügen, der enormen Reichweite und Verstärkungsziffer, zwei Nachteile: Die höchste Leistung wird erreicht, wenn die Rückkopplung bis knapp vor das Einsetzen der Eigenschwingungen getrieben wird; soll dieser Zustand stabil sein, so ist unbedingt weicher Schwingungseinsatz erforderlich, sonst treten Unstabilitäten, damit unerwünschte Eigenschwingungen auf, die nicht nur den Empfang verzerren, sondern auch durch die Antenne rückstrahlen und andere Hörer stören. Der zweite Nachteil ist, daß die Gleichrichterwirkung des Audions eine quadratische ist, das heißt die als Niederfrequenz hörbare Änderung des Anodenstromes ist nicht der dem Gitter zugeführten Spannungsamplitude, sondern dem Quadrat derselben proportional. Es ist also der „Wirkungsgrad“ des Audions bei schwachen Signalen viel geringer als bei starken Signalen, bei größerer Lautstärke treten in den Niederfrequenzkurven starke quadratische Glieder auf, was bei Telephonieempfang Verzerrungen mit sich bringt.

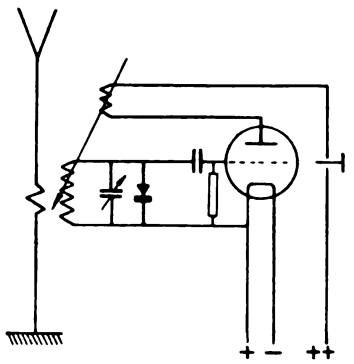


Abb. 1. Prinzipielle Bremsdetektorschaltung mit Kristalldetektor als Bremsorgan.

Ich hatte mir die Aufgabe gestellt, den weichen Schwingungseinsatz des Audions und die Stabilität des Schwingungszustandes durch entsprechende Maßnahmen für jeden beliebigen Betriebszustand zu erzwingen und mit der Lösung dieses Problems ergab sich gleichzeitig eine bedeutend verbesserte Audionwirkung, indem die Gleichrichtung aus der quadratischen zu einer, mindestens in erster Annäherung, proportionalen wurde.

Der geregelte Schwingungseinsatz, sowie die vollständige Stabilisierung jedes Schwingungszustandes wird durch die Zuschaltung eines besonderen Dämpfungsorganes zu dem mit der Röhre in Verbindung stehenden Schwingungskreise erreicht, welches bewirkt, daß das Dekrement der Dämpfung automatisch ansteigt, wenn die Schwingungsamplituden zunehmen (Pat. ang.). Diesen Zweck erfüllt beispielsweise die Parallelschaltung eines Kristalldetektors (Abb. 1) oder einer Elektronenröhre (Abb. 2) zu dem Abstimmkondensator des Schwingungskreises. Bekanntlich ist bei diesen der Strom, bezw. der Anodenstrom, nicht proportional der Spannung, sondern nimmt rascher als diese zu, mit anderen Worten, der Widerstand ist bei geringen Spannungen sehr groß und nimmt mit zunehmender Spannung rasch ab. Dieser Widerstand, der im Nebenschlusse zu dem Kondensator liegt, verursacht eine Vergrößerung der natürlichen Dämpfung des Schwingungskreises, die umso größer ist, je mehr die Schwingungsamplituden ansteigen und es läßt sich bei richtiger Dimensionierung aller Schaltelemente leicht erreichen, daß diese automatisch variable Dämpfung jedes ungewünschte Ansteigen der Schwingungsamplituden abbremst, weshalb ich diese Wirkung „Bremsdämpfung“ nenne. Diese Bremsdämpfung kann bereits von der Amplitude Null an wirksam sein, so daß dadurch der weiche Schwingungseinsatz bei jeder beliebigen Audionröhre und für jeden beliebigen Betriebszustand erzwungen werden kann.

Um nun die für den Amateur unbequeme äußere Zuschaltung eines derartigen Bremswiderstandes zu der Empfangsröhre zu ersparen, wurde eine Spezialröhre

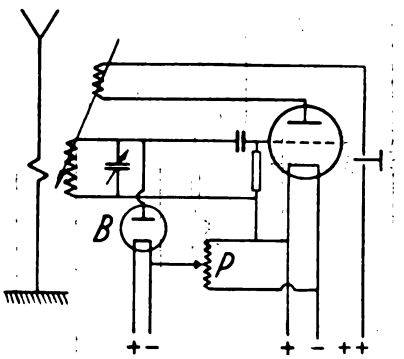


Abb. 2. Bremsschaltung mit Elektronenröhre *B* als Bremsorgan. Potentiometer *P* dient zur Einstellung der Vorspannung auf den Beginn der Emissionskurve.

konstruiert, die außer dem gewöhnlichen System von Glühkathode, Steuergitter, bezw. Gittern und Anode noch eine zweite, unabhängige Elektronenbahn enthält, die aus einer eigenen Kathode, bezw. einem Teile der gemeinsamen Kathode und einer eigenen Anode besteht (Abb. 3, Pat. ang.). Diese Spezialröhre, die unter dem Namen „Frenotronröhre“ erzeugt wird, ergibt die gewünschte Wirkung der Stabilisierung und des weichen Schwingungseinsatzes, wenn die Hilfsanode, deren Zuleitung zu der Sockelschraube des Normalsockels geführt ist, mit dem Schwingungskreise unter der geeigneten Vorspannung verbunden wird. Abb. 4 stellt die prinzipielle Schaltung der Frenotronröhre dar.

Sehr bedeutungsvoll ist die Wirkung der Bremsdämpfung auf die Resonanzkurve, welche die Schwingungsamplitude im Eingangskreise eines Audions in Abhängigkeit von der Frequenz darstellt. Es ist leicht einzusehen, daß das mit zunehmender Spannungsamplitude

Digitized by Google

wachsende Dämpfungsdekrement dahin wirkt, daß die höheren Teile der Resonanzkurven stärker gedrückt werden, als die tieferen, daß die Spitze abgerundet wird und die Resonanzkurve sich der rechteckigen Form einer Filterkurve nähert, was für Telephonieempfang sehr vorteilhaft ist.

Bei früheren Untersuchungen hat sich die Erscheinung gezeigt, daß bei Empfang einer Schwingung mittels Selbstüberlagerung der Überlagerungston nicht nur bei genauer Resonanz, sondern auch in einem bestimmten Gebiete höherer und tieferer Abstimmung ausbleibt, während Telephonie in diesem ganzen Gebiete hörbar wird. Mathematische Erklärungen dieser Erscheinung wurden versucht, konnten aber nur für gewisse Einzelfälle durchgerechnet werden, da die Strom-Spannungs-Kurven der Elektronenröhren der exakten Rechnung nicht zugänglich sind, bezw. sich unlösbare Gleichungen ergeben. Nun ist erfahrungsgemäß das „Mitnehmen" in der Nähe der Schwinggrenze am stärksten, so daß hierdurch eine Verbreiterung der Resonanzkurve stattfindet, die mathematisch nicht gefaßt werden kann.

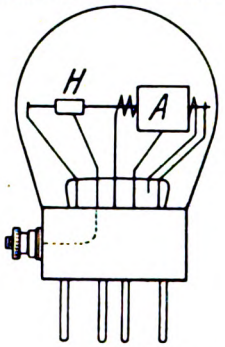


Abb. 3.
Aufbau der Frenotronröhre (schematisch), *H* ist die Hilfsanode (Bremsanode), *A* die Hauptanode.

Anders steht es mit der Berechnung der Audionwirkung, die unter geringfügigen Vereinfachungen durchführbar ist.

Für die folgenden Berechnungen sei angenommen, daß die Steilheit der Anodenstrom-Gitterspannungs-Kennlinie bei konstanter Anodenspannung gerade sei,

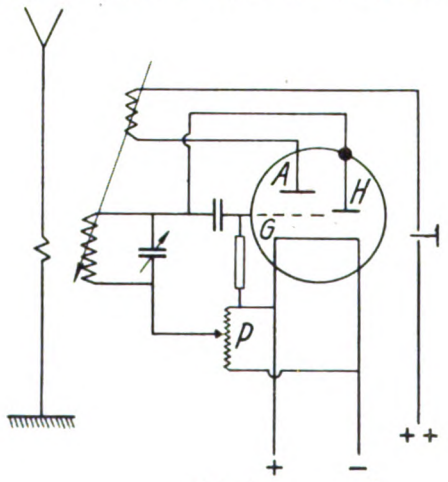


Abb. 4.
Prinzipielle Schaltung des Frenotrons. *H* Hilfsanode, *G* Steuergitter, *A* Hauptanode, *P* Potentiometer.

was für den geringen in Betracht kommenden Bereich zulässig ist. Ausgehend von der bekannten Gleichung

$$i = \frac{e}{\sqrt{W^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

wird statt des Ohmschen Widerstandes W des Schwingungskreises das Dämpfungsdekrement eingeführt. Aus

$$\frac{\vartheta}{\pi} = W \omega C$$

folgt

$$i = \frac{e \omega C}{\sqrt{\left(\frac{\vartheta}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2} - 1\right)^2}} \quad \ldots\ldots (1),$$

wobei ω die Eigenfrequenz und ω_0 die aufgedrückte Frequenz ist. Für den Fall der Resonanz ist $\omega = \omega_0$ und

$$i = \frac{e \omega C}{\frac{\vartheta}{\pi}} \quad \ldots\ldots\ldots (2).$$

Nun soll die Wirkung der Bremsdämpfung in Betracht gezogen werden, was am einfachsten geschieht, indem der Bremswiderstand als Isolationsfehler des Abstimmkondensators betrachtet wird. Die Dämpfungserhöhung durch einen den Kondensator überbrückenden Widerstand ist nach bekannten Formeln[1])

$$\frac{\vartheta_{br}}{\pi} = \frac{1}{W' \omega C} \quad \ldots\ldots\ldots (3),$$

wobei W' der wirksame Ohmsche Widerstand der Elektronenstrecke ist, der folgendermaßen zu bestimmen ist:

Unter der Voraussetzung, daß die Spannung zwischen Glühkathode und Anode der Bremsstrecke überall dieselbe ist, berechnet sich die Emission nach der bekannten Langmuir-Schottkyschen Formel

$$i = 0{\cdot}0146 \frac{l}{r} . e^{3/2} \quad \ldots\ldots\ldots (4),$$

wobei i in mA, e in V gemessen wird, r den Radius und l die Länge der Anode darstellen. Da nun aber infolge des Spannungsabfalles des Heizstromes die Spannung gegenüber der Anode sich längs des Fadens ändert, ergibt die Rechnung, deren Durchführung hier zu weit führen würde,

$$i' = \frac{2}{5} . 0{\cdot}0146 \frac{e^{5/2}}{f . r} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

wobei f den Spannungsabfall in V/cm und e die größte Spannung zwischen Anode und Faden bezeichnet.

Diese erwähnte Rechnung kann nur unter der Voraussetzung durchgeführt werden, daß die Elektronen nur senkrecht zur Fadenachse austreten und nur senkrecht zur Anode fliegen. Da dies in der Praxis nicht der Fall ist, die Elektronen auf allen möglichen Wegen vom Faden zur Anode gelangen und die wirksame Länge infolge des Spannungsabfalles bei kleinen Spannungen (beim Schwingungseinsatz handelt es sich um Bruchteile von V) klein gegenüber dem Durchmesser ist, kann man ohne großen Fehler mit einem Mittelwerte der Gleichungen (4) und (5) rechnen, der durch Messungen aufs beste bestätigt wurde, und zwar

$$i'' = \text{konst.}\, e^2 \quad \ldots\ldots\ldots (6);$$

für $r = 0{\cdot}08$ cm und $f = 1{\cdot}5$ V/cm ist der Strom der Hilfsanode

$$i'' = 0{\cdot}06\, e^2 \; (i'' \text{ mA}, e \text{ Volt}) \quad \ldots\ldots (7),$$

woraus sich nach dem Ohmschen Gesetze ergibt

$$W'' = \frac{e . 1000}{i''} = \frac{1000}{0{\cdot}06 . e} \sim \frac{17\,000}{e} = \frac{N}{e} \quad \ldots (8).$$

Dieser Widerstand W'' in Ohm kann noch nicht als Maß für die Bremsdämpfung verwendet werden, denn er ist während der Dauer einer Halbwelle nicht konstant. Es muß die Größe eines Ersatzwiderstandes gefunden werden, dessen Wirkung dieselbe ist, wie die mittlere Wirkung des variablen Widerstandes.

Der in einem Zeitelemente verursachte Energieverlust ist

$$dY = \frac{e^2}{W''} . dt \quad \ldots\ldots\ldots (9).$$

da $e = E \sin \omega t$ und $W'' = \frac{N}{e}$, wird

$$dY = \frac{E^3}{N} . \sin^3 \omega t . dt \quad \ldots\ldots (10);$$

die Integration ergibt als Mittelwert des Verlustes während einer Halbwelle

$$Y = \frac{1}{T} . \frac{E^3}{N} . \int_0^{\pi} \sin^3 \omega t \, dt = \frac{4}{3\pi} . \frac{E^3}{N} \quad \ldots (11).$$

Da nun dieser Energieverlust infolge der Gleichrichterwirkung der Hilfsanode gegenüber der Kathode nur bei

[1]) Rein-Wirtz, Radiotelegraphisches Praktikum, 3. Auflage, S. 190.

Digitized by Google

jeder zweiten Halbwelle auftritt, ist der tatsächliche mittlere Verlust

$$Y' = \frac{2}{3\pi} \cdot \frac{E^2}{N} \quad \ldots\ldots\ldots (12).$$

Dieser Verlust ist demjenigen gleichzusetzen, der durch den gesuchten Ersatzwiderstand bei konstanter Einwirkung desselben verursacht würde und es ist daher die Größe des gesuchten Ersatzwiderstandes W', da

$$Y' = \frac{\left(\frac{E}{\sqrt{2}}\right)^2}{W'} = \frac{E^2}{N} \cdot \frac{2}{3\pi}$$

$$W' = \frac{3\pi}{4} \cdot \frac{N}{E} = 2{\cdot}36 \frac{N}{E} = \frac{K}{E} \quad \ldots\ldots (13).$$

Die am Gitter des Audions auftretende Spannungsamplitude ist aus der Stromamplitude im Gitterkreise zu berechnen,

$$E = \frac{I}{\omega C} \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

und der effektive Bremswiderstand

$$W' = \frac{K}{E} = \frac{K}{I} \cdot \omega C \quad \ldots\ldots (15).$$

Die Bremsdämpfung ist daher gegeben durch

$$\frac{\vartheta_{b_2}}{\pi} = \frac{1}{W' \omega C} = \frac{I}{K(\omega C)^2} \quad \ldots\ldots (16)$$

und die Gesamtdämpfung, wenn ϑ_K die natürliche, konstante Dämpfung darstellt

$$\frac{\vartheta}{\pi} = \frac{\vartheta_K}{\pi} + \frac{\vartheta_{b_2}}{\pi} = \frac{\vartheta_K}{\pi} + \frac{I}{K(\omega C)^2} \quad \ldots (17).$$

Für den Fall der Resonanz, also $\omega = \omega_0$, ergibt sich somit die Schwingungsstromstärke

$$I = \frac{E_a \omega C}{\frac{\vartheta_K}{\pi} + \frac{I}{K(\omega C)^2}} \quad \ldots\ldots (18),$$

wobei E_a die aus der Antenne zugeführte Spannung ist.

Wendet man nun entdämpfende Rückkopplung an, so vermindert sich ϑ_K auf beliebig kleine, nach Bedarf auch negative Werte. Die Schwinggrenze ist erreicht, wenn $\vartheta_K = 0$.

Wäre keine Bremsdämpfung vorhanden, so würde das zweite Glied des Nenners in Gleichung (18) wegfallen, für $\vartheta_K = 0$ würde demnach $I = \infty$, das heißt nur durch die Kurvenkrümmung, bezw. durch die Sättigungsstromstärke begrenzt. Bei der Bremsschaltung, bezw. beim Frenotron ist hingegen der Wert von i stets endlich, selbst für negative Werte von ϑ_K.

Aus Gleichung (18) folgt

$$E_a \omega C = I\left(\frac{I}{K(\omega C)^2} + \frac{\vartheta_K}{\pi}\right) \quad \ldots (19).$$

Ist nun keine Fernerregung vorhanden, so wird $E_a = 0$.

$$I = \left(-\frac{\vartheta_K}{\pi}\right) . K . (\omega C)^2 \quad \ldots\ldots (20)$$

und die Spannungsamplitude im Gitterkreis

$$E_g = \frac{I}{\omega C} = \left(-\frac{\vartheta_K}{\pi}\right) . K . \omega C \quad \ldots (21).$$

Die Schwingungsamplitude ist daher für $\vartheta_K = 0$, ebenfalls gleich Null und nimmt mit zunehmender Entdämpfung stetig zu, es ist also auch aus dieser Gleichung zu entnehmen, daß der Schwingungseinsatz stabil und stetig, also „weich" erfolgt, es kann kein „Ziehen" auftreten.

Stellt man nun die Rückkopplung an die Schwinggrenze, so daß $\vartheta_K = 0$ und kommt nunmehr die Fernerregung dazu, so wird

$$I = \frac{e_a \omega C}{I} \ldots I = \sqrt{e_a . K(\omega C)^2} \quad \ldots (22)$$

$$\sqrt{K(\omega C)^2}$$

und die Gitterspannungsamplitude

$$E_g = \frac{I}{\omega C} = \sqrt{E_a . K \omega C} \quad \ldots\ldots (23).$$

Nun ist die Audionwirkung bekanntlich[2])

$$\Delta I_A = \text{konst.} E_g^2 = A . E_g^2 \quad \ldots\ldots (24).$$

das heißt die Änderung des Anodenstromes und damit die Lautstärke ist dem Quadrate der Gitterspannnungsamplitude proportional; da bei konstantem Dämpfungsdekrement die Gitterspannungsamplitude der Spannung der Fernerregung proportional ist, wird

$$\Delta I_A = \text{konst.} E_a^2 \quad \ldots\ldots\ldots (25)]$$

Bei der Bremsschaltung, bezw. beim Frenotron ist aber nach Gleichung (23) die Gitterspannungsamplitude nicht der Fernerregung direkt, sondern deren Wurzel proportional, so daß die Audionwirkung sich bestimmt mit

$$\Delta I_A = A . E_g^2 = A . E_a . K \omega C \quad \ldots\ldots (26)$$

Die Anodenstromänderung ist somit der Fernerregung proportional, die beiden Halbwellen werden vollkommen gleichartig wiedergegeben, Verzerrungen werden vermieden. Weiters ergibt sich aus dieser Proportionalität, daß beim Frenotron, wenn dasselbe an der Schwinggrenze arbeitet, der Wirkungsgrad für jede Stärke der Fernerregung derselbe bleibt, also praktisch keine Reizschwelle vorhanden ist. Die minimalste aufgenommene Energie wird relativ genau so gleichgerichtet, wie eine starke, die Reichweite ist also theoretisch unendlich und die durch das Ohr gegebene Reizschwelle kann durch entsprechende Niederfrequenzverstärkung überschritten werden, ohne daß vor dem Audion irgendwelche Hochfrequenzverstärkung angewendet wird. Tatsächlich kann man mit einem rückgekoppelten Frenotron als Audion und nachfolgender Niederfrequenzverstärkung jeden Telephoniesender empfangen, dessen Welle nicht durch atmosphärische oder sonstige Störungen vernichtet wird.

Die größte Bedeutung des gebremsten Schwingungseinsatzes liegt auf dem Gebiete der kurzen Wellen. Während bei langen Wellen auch bei hartem Schwingungseinsatz der Empfang wohl verzerrt, aber doch wenigstens hörbar ist, kann man bei hartem Schwingungseinsatz auf kurzen Wellen überhaupt keine Telephonie empfangen, eine Erfahrung, die wohl jeder Amateur bereits gemacht hat, wenn er Telephonie etwa unter 100 m Wellenlänge empfangen wollte. Auch für den Telegraphieempfang ist der weiche Schwingungseinsatz überaus wichtig, da die erzielte Reichweite und Verstärkung knapp nach dem Schwingungseinsatz, also mit minimalen Eigenschwingungsamplituden, den Höchstwert erreicht.

Die proportionale Audionwirkung ist für den Kurzwellenempfang deshalb von größter Bedeutung, weil Hochfrequenzverstärkung ohne Frequenzwechsel kaum möglich ist und bei sehr schwacher Fernerregung der Wirkungsgrad des gewöhnlichen Audions so gering ist, daß man beim Suchen einer Station wohl den Überlagerungston, aber keine Telephonie empfängt und auch Niederfrequenzverstärkung nichts nützt. In Übereinstimmung mit der Theorie ist dagegen das Frenotron auch bei kurzen Wellen und geringster überhaupt wahrnehmbarer Fernerregung mit gutem Erfolge zu verwenden. Übrigens hat die Proportionalität der Gleichrichtung nicht nur Wichtigkeit für die Telephonie, sondern in vielleicht noch höherem Maße für die Schnellbildtelegraphie und das bestimmt in absehbarer Zeit verwirklichte Fernsehen.

[2]) H. G. Möller, Die Elektronenröhren, 2. Auflage, S. 153.

Digitized by Google

Die Große Deutsche Funkausstellung in Berlin.

Von Dr. Walther **Burstyn**, Berlin.

Für die Radiowelt Deutschlands bedeutet die Berliner Funkausstellung das größte Ereignis des Jahres. Diesmal war es bereits die vierte, und jede hatte schon äußerlich ihr besonderes Gepräge. Die erste war eben die erste, bei der zweiten stand der eiserne Funkturm, bei der dritten kam das Restaurant auf demselben und der Fahrstuhl bis zu seiner Spitze sowie der Park dazu, und heuer hat sich die Ausstellung nicht auf die große Halle beschränkt, sondern auch von den zahlreichen Häuschen Besitz ergriffen, die noch von der Wochenend-Ausstellung her im Parke verstreut lagen.

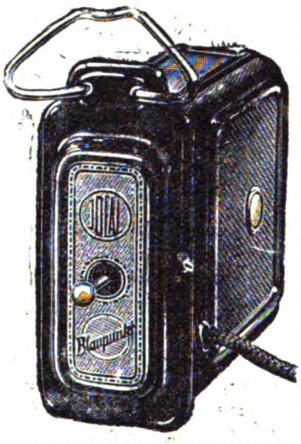


Abb. 1. Omniphon der Ideal-Werke.

Das Gesamtbild der Ausstellung war ein überaus freundliches und die Zahl der Besucher so groß, daß es oft Schwierigkeiten bereitete, sich durch das Parkrestaurant einen Weg zu bahnen. Hier, neben dem Funkturm, fanden abends ausgezeichnete Konzerte statt, die durch den Rundfunk übertragen wurden. Auf der ersten Etage des Funkturmes war der große Siemens-Lautsprecher aufgestellt, der tagsüber das Funkprogramm wiedergab. Einen Punkt desselben bildete der radiotelephonische Verkehr mit einem das Gelände umkreisenden Flugzeuge, den täglich zwischen 6 und ½7 Uhr Prof. Leithäuser von einem Wochenendhäuschen aus vorführte.

Abb. 2. Monette-Kondensator.

Die große Halle bot das gewohnte Bild. Vielfach waren sogar dieselben Plätze von den gleichen Ausstellern wie im Vorjahre belegt worden. Auf der Galerie, gegenüber dem Senderaum, hatten die Reichspost und die Reichsrundfunk-Gesellschaft einige Kojen inne. Erstere führte die Bildübertragung nach dem System Telefunken (photoelektrische Zelle - Carolus - Zelle[1])) im Betriebe vor, sowie eine Reihe von Meßverfahren, insbesondere zur genauesten Messung von Wellenlängen

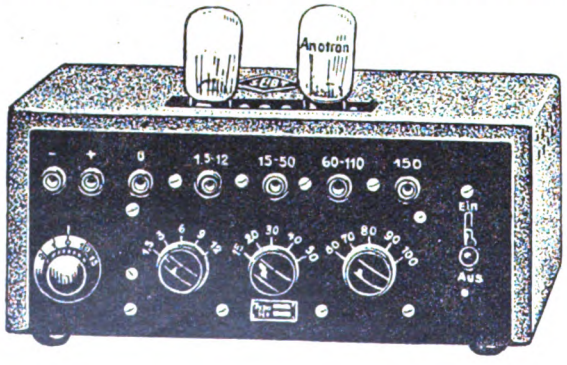


Abb. 3. Netzanschlußgerät von Dr. Seibt.

und zur Steuerung von Sendern durch die piezoelektrische Wirkung von Quarzkristallen.[2]) Eines der hübschesten Objekte war ein Quarzresonator nach Art des Frahmschen Zungenfrequenzmessers: In einer Röhre mit verdünntem Neon befinden sich eine Reihe von Kristallen, in feiner Abstufung so zugeschliffen, daß sie auf benachbarte Wellenlängen ansprechen; werden sie durch elektrische Schwingungen erregt, so wandert mit den Schwankungen der Wellenlänge das Leuchten entlang der Kristallreihe.

Eine besondere Abteilung war den Rundfunkstörern und ihrer Bekämpfung gewidmet. Die großen und noch mehr die kleinen Motoren mit Kollektor sind solche Feinde des Rundfunks, also alle Staubsauger, Massagegeräte, Heißluftduschen usw., ferner die Schleifbügel der Straßenbahnen[3]) und vor allem die Hochfrequenz - Heilgeräte und -Feuerzeuge[4]).

Abb. 4. Netzanschlußgerät der Schuchardt A.-G.

Seitens der Reichsrundfunkgesellschaft wurde eine Menge statistisches Material über die Entwicklung und Verbreitung des Rundfunks in Form von farbigen Tafeln und Bühnenbildern mit Puppen vor Augen geführt. Dazu kam eine Abhörzelle für Rundfunksender und der im Park aufgestellte Werbewagen, ein Auto mit Empfängern und Lautsprechern, von dem aus in vielen Orten des Reiches Vorträge zur Gewinnung neuer Rundfunkhörer gehalten werden sollen.

Die von den Bastlern gebauten Geräte nahmen — man muß davon eigentlich überrascht sein — breiteren Raum als bisher ein. Sie erfüllten zwei Kojen und eine kleine Holzhalle im Park. In diesem Jahre ist neben zahlreichen Geldpreisen zum ersten Male die silberne Heinrich - Hertz - Medaille für einen Bastler-Apparat zur Verteilung gelangt.

Abb. 5. Laderelais der Schuchardt A.-G.

So lehrreich und sehenswert das alles war, wovon wir bisher gesprochen haben, es verschwindet gegen die ungeheure Fülle der von der Industrie ausgestellten Dinge. Was schon im Vorjahre zu merken war, kam diesmal vollauf zur Geltung: Die stürmische Entwicklung ist zu Ende, die Richtlinien für den Bau von Empfängern und Einzelteilen liegen ziemlich fest, unsachverständige Hersteller kommen nicht auf ihre Rechnung, minderwertige Fabrikate sind Ausnahmen. Das ist ein für die Industrie und für den Verbraucher erfreulicher Zustand, der freilich für den neugierigen Techniker weniger Reiz hat.

An den vollständigen Empfängern konnte man weder grundsätzlich neue Schaltungen noch grundsätzlich neue Anordnungen finden. Auch unter den Einzelteilen ergab sich nur folgende Ausbeute:

1. Die indirekt geheizte Röhre für Wechselstrom (Delta-Altron, Telefunken, Ultra-Sinus). Die Kathode besteht aus einem dünnen Röhrchen mit emittierender Oberfläche, das von einem durchgezogenen Glühfaden erhitzt wird. Den Strom dafür liefert ein kleiner Transformator. Die erforderliche Heizleistung ist natürlich

[1]) Vgl. Die Radiotechnik, 1926, S. 61.
[2]) Vgl. Die Radiotechnik, 1926, S. 56, 68.
[3]) Vgl. Die Radiotechnik, 1925, S. 1; 1927, Heft 8, S. 73 ff.
[4]) Vgl. Die Radiotechnik, 1927, Heft 12, S. 108 ff.

Digitized by Google

größer als bei direkter Heizung, was aber bei Entnahme aus dem Netz keine Rolle spielt. Der Netzanschluß für Wechselstrom wird durch diese neue Röhre wesentlich vereinfacht.

2. Der Cuprox-Stabgleichrichter, bestehend aus zwei aneinander gepreßten zylindrischen Stücken, bezw. einer Reihe solcher Elemente. Die Wirkungsweise entspricht der eines Detektors. Angeblich ist das wirksame Material Kupferoxyd, die Spannung jedes Elementes gegen 4 V. Eine derart einfache Lösung für die Beschaffung von Heiz- und Anodenstrom wäre sehr zu begrüßen. Die Vorführung seitens der Firma Weiland erfolgte aber so verschämt, daß eine Nachprüfung unmöglich war.

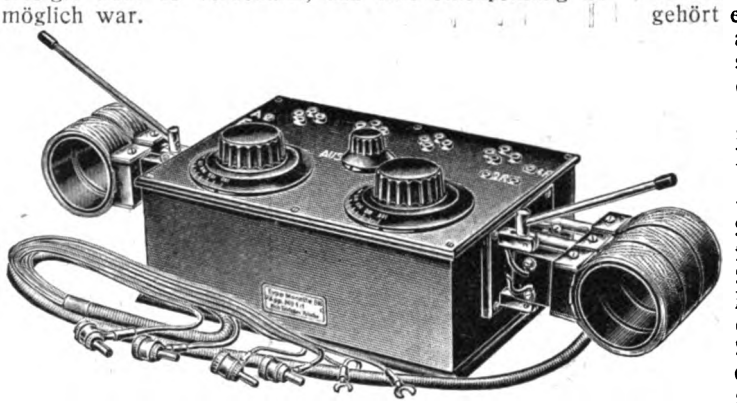


Abb. 6. Vierröhrenapparat von Monette.

3. Das Omniphon der Ideal-Werke A.-G. (Abb. 1). Es ist ein Metallkästchen, welches das von der Firma auch sonst für ihre Lautsprecher benutzte Magnetsystem (Anker in magnetischer Ruhelage, keine Einstellung) enthält. Das Kästchen wird mit seinem Bügel an irgend eine große Membran (eine Schrankwand, eine Tür usw.), mittels Gummisaugers auch an ein Fenster, gehängt oder auf eine solche (Zigarrenkiste, nicht zu dicke Tischplatte) gestellt; der am Anker befestigte Kugelknopf erregt dann diese Membran und man erhält sofort einen guten Lautsprecher.

Damit wäre eigentlich Schluß. Ein Kuriosum darf aber nicht unbeachtet bleiben. Das ist der Quecksilber-Pendel-Kondensator. Er rühmt sich, beim Fernempfang eine um 30 vH bessere Wirkung zu geben als der gewöhnliche Drehkondensator. Wieso, weiß niemand. Es handelt sich um einen trommelförmigen Kondensator mit einem dünnen, festen

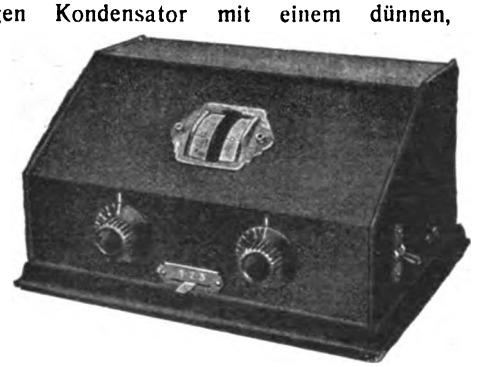


Abb. 7. Vierröhrenapparat von Telefunken.

Dielektrikum, dessen eine Belegung aus Quecksilber besteht; Stromzuführung durch zwei Schleifkontakte. Telefunken hatte vor fünf Jahren auf diesen Gedanken ein Patent angemeldet und es auch erhalten, sich aber wohlweislich gehütet, ihn auszuführen; man denke nur an die Empfindlichkeit auf Erschütterungen!

Das karge Ergebnis von drei wirklichen Neuheiten steht nicht im Widerspruche damit, daß die ganze Ausstellung höchst sehenswert war und ein rühmliches Zeugnis für den Fleiß und die Gewissenhaftigkeit der deutschen Industrie ablegte. Hier können nur die Neuerscheinungen besprochen werden, und wir wollen mit den Einzelteilen beginnen:

Der Drehkondensator ist immer noch ein Feld für Verbesserungsversuche, trotz vieler Mißerfolge. Wenn man mit der alten Bauart eine frequenzgerade Charakteristik erzielen will, muß man den Plattensatz sehr raumraubend gestalten. Um das zu umgehen, gibt es zwei Auswege: Entweder läßt man die Proportionalität zwischen Handgriffdrehung und Plattenbewegung bestehen, gibt aber den Platten eine günstigere Anordnung, oder man benutzt halbkreisförmige Drehplatten und eine veränderliche Übersetzung. Der letzteren, selteneren Art gehört ein neues Modell von Ritscher und Tölken an, bei dem elliptische Zahnräder verwendet sind, sowie eines der Vogel A.-G. mit einem einzigen konischen Plattenpaare. Weit häufiger ist die erste Art. Unter sie fallen die Kondensatoren, bei denen zwei zahnradgekuppelte Plattensätze ineinander geschwenkt werden (Baduf), und die Tauchkondensatoren mit Längsverschiebung des einen Plattensatzes durch eine Schnecke, darunter der sehr gediegen ausgeführte von Monette (Abb. 2) und der aus Spiralzylindern bestehende von Benno Knecht. Letzterer bildet insoferne eine Ausnahme, als der ganze Hub nicht wie sonst auf 360° der Skala verteilt ist, sondern auf 10 Umdrehungen, die durch springende Ziffern am Skalenrande gezählt werden. Auf Vermeidung des toten Ganges ist jetzt bei allen Ausführungsformen geachtet worden. Dennoch hat man das Gefühl, daß ein Zwischengetriebe eine Fehlerquelle bedeutet, wenn genaueste Eichbarkeit verlangt wird. — Zusatzplatten und Exzentergetriebe zur Feineinstellung der Drehkondensatoren sind mit Recht fast ganz verlassen worden. Entweder wird die Skala groß genug gewählt oder es wird ein vollständiges Übersetzungsgetriebe mit Zahnrädern oder Reibungsscheiben angewandt. Immer mehr wird dasselbe nicht in den Kondensator eingebaut, sondern in die Skalenscheibe verlegt, oft unter Verzicht auf die grobe Einstellung. Von Skalenscheiben mit Grob- und Feineinstellung sei die der Staßfurter Licht- und Kraftwerke (mit Reibrädern) erwähnt und eine von M. Braun, bei der sogar die Zahnräder aus Trolit gepreßt sind.

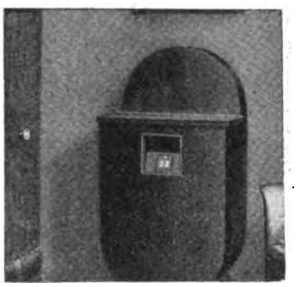


Abb. 8. Der „Super-Tefag".

Die Kopfhörer führen nur noch ein bescheidenes Dasein neben den Lautsprechern. Unter diesen ist die großflächige Membran herrschend, und darunter wieder der Konus, meist aus Bakelitpapier verfertigt. Das ist die am billigsten und einfachsten herzustellende Form. Ihr gegenüber hat die gerippte, flache Membran nur den Vorteil, keine Tiefe zu beanspruchen, so daß der Lautsprecher leicht in den Empfangsapparat eingebaut oder als Bild (es ist mehr oder weniger geschmackvoll auf den verdeckenden Stoff gemalt) an die Wand gehängt werden kann. Die Konusmembran wird bald vom Mittelstifte frei getragen, bald ist sie am Rande fest oder mit weichen Zwischenrändern eingespannt. Erregt wird die Membran bei den billigsten Formen durch ein Telephonsystem, bei den besseren durch ein Magnetsystem mit neutralem Anker. Der elektrodynamische (Botophon, Schuchardt) und der elektrostatische (AEG, Maché, Vogt) Antrieb bilden Ausnahmen; letzterem gehört vielleicht die Zukunft. Im Ganzen waren mehrere Hundert verschiedene Modelle von Lautsprechern ausgestellt.

Von den Netzanschlußgeräten, die erst im Vorjahre in größerer Menge erschienen waren, haben

Digitized by Google

sich die für Gleichstrom in die Empfänger zurückgezogen, da sie vom VDE wegen ihrer Gefährlichkeit als Einzelgeräte verboten sind. Desto zahlreicher sind die Netzanschlußgeräte für Wechselstrom geworden.

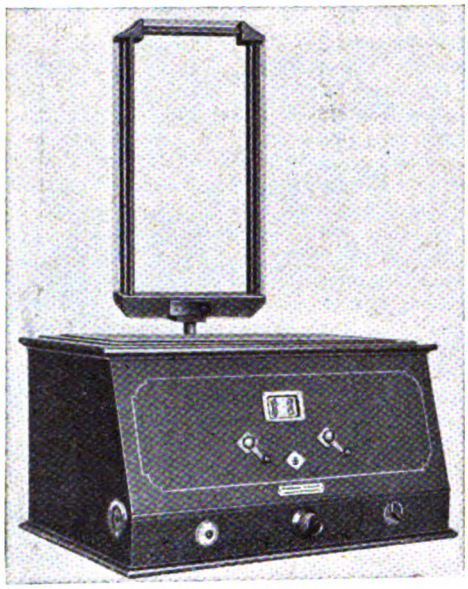


Abb. 9. Neutrohet-Empfänger der DTW.

Hierzu sind auch die Ladegleichrichter zu rechnen, die fast nur noch mit Röhren ausgeführt werden. Für den Anodenstrom ist die Aufgabe des Strombezuges aus dem Netz als gelöst zu betrachten, für den Heizstrom kann man — abgesehen von den oben erwähnten indirekt geheizten Röhren — den Akkumulator kaum entbehren; wenigstens ist er in Gestalt einer kleinen Pufferbatterie vorhanden. Außer Spezialfirmen (Ahemo, Phywe, Telwerk) haben auch zahlreiche empfängerbauende Firmen Netzanschlußgeräte entwickelt. Abb. 3 zeigt zum Beispiel ein Netzanschlußgerät für Heiz- und Anodenstrom von Dr. Seibt. Häufig dient derselbe Gleichrichter, der während des Empfanges den Anodenstrom liefert, in den Pausen zum Aufladen des Heizakkumulators; so bei dem Geräte der Schuchardt A.-G. (Abb. 4), an welches ein besonderes Relais (Abb. 5) gesteckt werden kann, das ein Überladen des Akkumulators verhindert.

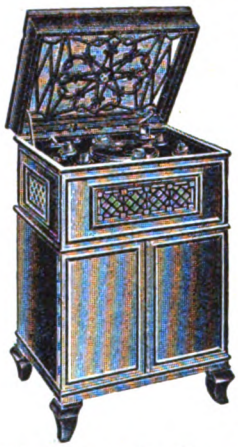


Abb. 10. Super-Empfänger von Amato.

Nun zur Hauptsache, den Empfangsgeräten: Bei ihnen kam das Bestreben nach Vollkommenheit hinsichtlich Leistung und äußerer Form am meisten zum Ausdruck, nicht minder aber auch das Bestreben, die Handhabung zu erleichtern und von der Geschicklichkeit des Gebrauchers unabhängig zu machen. Es hat sich eine recht scharfe Trennung in Orts- und Fernempfang vollzogen. Die Ortsempfänger werden meist als Widerstandsverstärker ohne Audion mit drei Röhren gebaut. Entweder sind es drei einzelne Röhren oder eine Zweifachröhre und eine stärkere Einzelröhre oder eine Dreifachröhre[5]). Die Fernempfänger unterscheiden sich wieder in solche, die überall im Reiche den Empfang von einem oder zwei nahen Sendern mit Lautsprecherbetrieb gestatten (3 bis 4 Röhren), und solche, die auch weitere Stationen heranholen. Solche hochwertige Apparate mit 4 bis 10 Röhren werden jetzt für Laienhände mit sogenannter Einknopfbedienung gebaut. Es gelingt das entweder durch Anwendung des Überlagerungsprinzips (Superheterodyn usw.) oder bei der normalen und der Neutrodyn-Schaltung durch die Anwendung mechanisch gekoppelter Abstimmkondensatoren. Eine Teilung in zwei Wellenbereiche, etwa von 200 bis 600 und 600 bis 2000 m, muß freilich noch vorgenommen werden. Selbstverständlich erhöht der Vorteil der leichten Bedienbarkeit merkbar den Preis und vermindert ein wenig die Leistungsfähigkeit; das heißt, aus einem Gerät derselben Schaltung, an dem alles Mögliche verstellbar ist, kann ein Sachverständiger bedeutend mehr herausholen. Gegenstücke sind zum Beispiel der sehr billige, offene Vierröhren-Apparate von Monette (Abb. 6) und der sehr elegante, geschlossene von Telefunken (Abb. 7). Neutrodyne und Superheterodyne waren in ungefähr der gleichen Zahl, je etwa 20 Typen, vertreten. Der Zwischenfrequenzsatz der letzteren wird öfter selbst als Neutrodyn geschaltet. Einige Beispiele seien aus der Menge herausgegriffen, ohne daß damit die Nichtgenannten als minderwertig gekennzeichnet sein sollen.

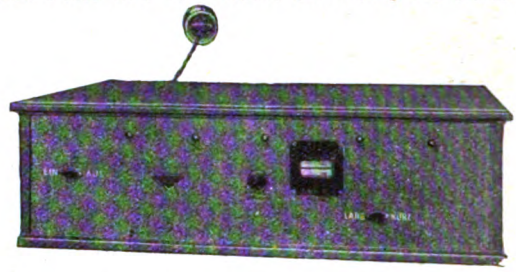


Abb. 11. Netzanschluß-Empfänger von Signalbau Dr. Huth.

Der „Super-Tefag" (Abb. 8) ist ein vom Architekten Bruno Paul entworfenes Möbel, das einen Superheterodyn-Empfänger mit acht Röhren, Netzanschluß für Gleich- oder Wechselstrom und zwei Rahmen enthält. Es steht auf Laufrollen und ist als Ganzes drehbar, die Rahmen liegen fest. Zum Abstimmen dient eine in Wellenlängen geeichte, aus der Front hervortretende Doppelwalze, deren Hälften auch noch gegeneinander verdreht werden können. Der viel kleinere Überlagerungs-Empfänger der DTW (Abb. 9) trägt einen drehbaren Rahmen. Wieder anders sieht der von Amato (Abb. 10) aus, in dessen Deckel ein Lautsprecher sitzt. Auf Empfänger mit eingebautem Netzanschluß hat sich Signalbau Dr. E. F. Huth G. m. b. H. spezialisiert; Abb. 11 zeigt sein Neutrogerät mit sechs Röhren. Von den zahlreichen Empfängertypen der Nora-Radio G. m. b. H. stellt Abb. 12 ein Neutro-Gerät mit 5 Röhren und nach Sendestationen geeichter Skala dar.

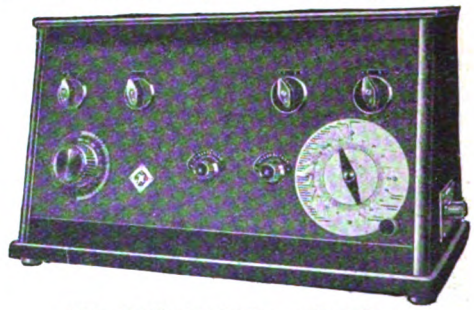


Abb. 12. Neutro-Gerät von Nora-Radio.

Der Erfolg der Ausstellung entsprach hinsichtlich der Besucherzahl dem Maximum der vorangegangenen, übertraf sie aber bei Weitem hinsichtlich der geschäftlichen Ergebnisse. So verlautet, daß eine einzige Firma Bestellungen im Werte von über 1 Mill. Mk. zu buchen hatte.

[5]) Es gibt sogar schon Vielfachröhren! Ob ein Zusammenbau auch nur von zwei Röhrensystemen in einen gemeinsamen Glaskörper technisch zu rechtfertigen ist, sofern nicht durch den Einbau von Widerständen usw. eine Vereinfachung erzielt wird, wie bei der Dreifachröhre von Dr. Loewe, muß dahingestellt bleiben. (Vgl. Die Radiotechnik, 1926, S. 110.)

Digitized by Google

Die Radiotechnik auf der Wiener Herbstmesse 1927.

Die Radioausstellung auf der letzten Wiener Messe war insoferne bemerkenswert, als im allgemeinen nur gediegene Qualitätsarbeit gezeigt wurde, die der Leistungsfähigkeit unserer heimischen Radioindustrie ein gutes Zeugnis ausstellte. Besondere, prinzipielle Neuerungen konnte man nicht bemerken, wohl aber eine gewisse Einheitlichkeit bei den Apparaten und Einzelteilen und eine Entwicklung zu normmäßigen Ausführungsformen. Im nachstehenden soll über das Wesentliche kurz berichtet werden, wobei hauptsächlich nur die Neuschöpfungen Berücksichtigung finden sollen.

Am Stande der Firma Telefunken war der bereits aus Deutschland bekannte Arcophon, ein moderner Faltlautsprecher zu sehen, der zufolge seiner günstigen Tonführung jedes Trichtergeräusch vermeidet und eine überaus natürliche Wiedergabe erzielt. Auch an Elektronenröhren waren einige neue Typen ausgestellt, so eine neue Endröhre RE 134, die bei einem Heizstromverbrauch von 0·15 A eine Emission von 50 mA aufweist, Anodenspannung 40 bis 200 V, Steilheit 2 mA pro V, Durchgriff 10 vH. Die Anfangsstufenröhre RE 074 ist eine Sparröhre und hat nur 0·06 A Heizstromverbrauch; Emission 20 mA, Anodenspannung 40 bis 120 V, Steilheit 1 mA pro V, Durchgriff 10 vH. Die Röhre ist als Universalröhre gedacht, mit besonderer Verwendung als Hochfrequenzröhre. Eine besondere Neuheit stellt die netzgeheizte REN 1104 dar, die direkt an das Wechselstromnetz angeschlossen werden kann unter Zwischenschaltung eines kleinen Heiztransformators. Der Stromverbrauch ist ein ziemlich geringer. Die elektrischen Daten der Röhre sind aus den Kennlinien der Abb. 1 ersichtlich.

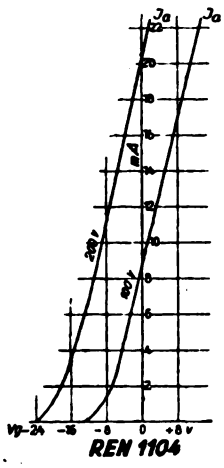


Abb. 1.

An Apparaten war das Arcolette[1]) bemerkenswert, als Ortsempfänger mit Lautsprecher bestimmt, ferner ein sehr selektiver Vierröhrenneutrodynempfänger (Telefunken 4). Auch an mehreren Apparaten waren einige Neukonstruktionen zu sehen, so besonders der Telefunken 9, ein Fünfröhrenhochleistungsgerät mit abgestimmten Hochfrequenzstufen und Trommelbedienung. Die Drehkondensatoren der einzelnen Abstimmkreise sind auf einer gemeinsamen Welle gelagert, zur Nachstellung der eventuellen Kapazitätsunterschiede sind die einzelnen Statorpakete verstellbar vorgesehen. Der Siemens-Riesenblatthaller, am Westportal aufgestellt, übertönte das ganze Messegelände.

Die Österreichische Telephonfabrik vormals E. Berliner, Wien, zeigte an Einzelteilen einen neuen Drehkondensator „Globus" mit einer sogenannten Midline-Kennlinie der Kapazität, die als arithmetisches Mittel zwischen den Kennlinien eines Square-Law und eines Straight-line-frequency-Drehkondensators verläuft. Die Befestigung des solid gebauten Kondensators erfolgt durch die in den Funknormalien vorgesehene Dreilochbefestigung. Die Lagerung ist nachstellbar ausgeführt, die Kontaktabnahme des Rotors erfolgt durch eine Spirallitze. Zu diesem Kondensator, wie auch zur Bedienung von Spulenkoppler usw. hat die Firma eine Mikrofeineinstellscheibe herausgebracht, mit einer Übersetzung von 1 : 20. Ein Noniuszeiger, auf der eine abnehmbare Zentralbeleuchtung montiert ist, gestattet eine Ablesung von 1000 Einstellungen. Der neue Niederfrequenztransformator „Star" ist vollkommen gekapselt und liefert bei Übersetzungen von 1 : 2 bis 1 : 6 eine verzerrungsfreie Verstärkung der Frequenzen bis zu 8000. An Lautsprechern hat die Firma einen neuen „Conus"-Lautsprecher gezeigt. Die empfindliche Conusmembrane besitzt ein schützendes Metallgehäuse. Der elektrische Widerstand beträgt 2000 Ohm. In dem Dreiröhren-Apparat Nr. 76600 ist ein Gleichstrom-Netzanschlußgerät gemäß den Sicherheitsvorschriften eingebaut. Der Apparat hat ein kapazitiv-induktiv rückgekoppeltes Audion mit zwei Niederfrequenzstufen und halbaperiodischer Antenne. Das Netzanschlußgerät für Wechselstrom 110 oder 220 V arbeitet mit einer Elektronen-Gleichrichterröhre und gestattet die Abnahme von vier verschiedenen Spannungen. Stromzuführung bezw. Stromabnahme sind von außen jedoch vollkommen isoliert zugänglich.

Auch die Vereinigte Telephon- und Telegraphenfabriks-Aktiengesellschaft, Czeija, Nissl & Co., Wien, brachte einige Neukonstruktionen, zumal wassergekühlte Senderröhren von 10 kW Leistung, die in ihrer Größe nicht wesentlich über die früheren 250-W-Röhren hinaufgehen. Der neue „Bi-Cone"-Lautsprecher (Abb. 2) der Western Electric Co., der in Österreich durch die genannte Firma vertrieben wird, ist ein sogenannter Doppelkonus-Lautsprecher, der sich durch eine große Naturtreue der Wiedergabe auszeichnet. An Empfängern zeigte die Firma Zwei- und Vierröhren-„Hartley"-Apparate. Der Zweiröhrenempfänger hat ein Audion in der Hartleyschaltung und eine Niederfrequenzstufe, während der Vierröhrenempfänger (Abb. 3) außer der neutralisierten Hochfrequenzstufe noch zwei Niederfrequenzkraftstufen besitzt, wovon die eine abschaltbar ist.

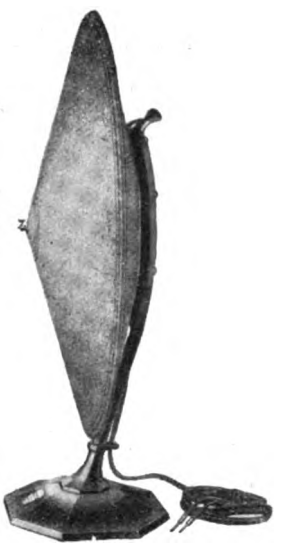


Abb. 2.

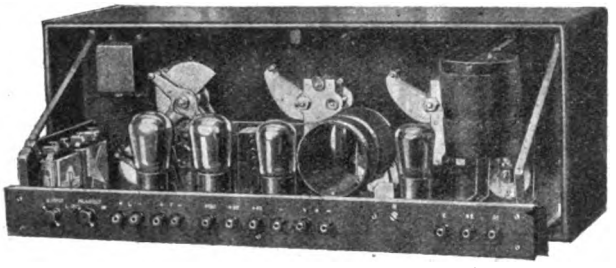


Abb. 3.

Auf dem Stande der Firma „Eumig", Wien, war ebenfalls ein Hartley-Vierröhrenempfänger, der einen Wellenbereich bis zu 2100 m bestreichen kann. Zu diesem Apparat sind Spezialbestandteile vorgesehen, wie Hochfrequenztransformator, Walzenumschalter und Hochfrequenzdrossel.

Als interessante Neuheit der Radiowerke Schrack ist der magnetlose Lautsprecher „Triotron", Type Populär. An Stelle der üblichen permanenten Magnete ist ein Elektromagnet aus Spezialdynamoeisen vorgesehen, der gleichzeitig als Magnetjoch und Grundplatte des ganzen Systems dient. Die magnetische Erregung erfolgt durch den Ruhegleichstrom des Endrohres, wodurch der Einfluß der Polarität bei den Magnetlautsprechern vermieden ist. Der Lautsprecher hat als Schallgeber eine unter Vorspannung stehende kegelförmige Membrane, wodurch eine weiche, formgetreue

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Heft 8, S. 76.

Digitized by Google

Tonwiedergabe erzielt wird. Von den Röhren dieser Firma ist besonders die neue Lautsprecherröhre der Dunkelstrahler-Type ZD 4 hervorzuheben, die bei einer Heizspannung von 4 V einen Heizstrom von 0·15 A aufnimmt. Die Steilheit beträgt 1500 Mikromho bei einem Durchgriff von 20 vH und einem inneren Widerstand von 300 Ohm, der Sättigungsstrom beträgt 60 mA. Mit dem „Triotron-Darkemitter-Faden" werden gegenwärtig von der erwähnten Firma die 2-V-Type ZD 2 und TD 2 und die 4-V-Typen RD 4, ZD 4 und OD 4 ausgestattet. Die letztere ist eine Spezialröhre mit 5 vH Durchgriff, 40 000 Ohm inneren Widerstand und einer Steilheit von 500 Mikromho. Der Sättigungsstrom beträgt 10 mA.

Die Firma Jacobi & Co. in Wien zeigt unter anderem ihren neuen Lautsprecher (Abb. 4), der neue Konstruktionsgedanken aufweist. Die Lautsprecherdose ist zweiteilig, das heißt, das Magnetsystem ruht auf einem schweren Sockel, der außen bis zum Deckel hochgezogen ist. Ein sechsfacher Stahlmagnet soll das Übersteuern verhindern. Zur Einstellbarkeit des Magnethubes ist ein Hebel vorgesehen. Die Tonführung ist geteilt, das heißt, die äußere Tonführung ist auf dem Deckel auf einem dreifußartigen Gestell befestigt, außerdem ist noch eine kurze Pfeife als innere Tonführung zügig aufgestellt. Diese Pfeife ergibt durch ihre geringe Länge eine besondere Hervorhebung der hohen Töne. Ihr kleiner Raumwinkel ermöglicht eine große Verstärkung. Durch die glockenförmige äußere Tonführung wird der Schall in den tiefen Tonlagen verstärkt und nach unten reflektiert. Durch diese Konstruktion tritt eine gleichmäßige Verstärkung der Töne bei Vermeidung des Trichtergeräusches auf. Der Niederfrequenztransformator „Megaformer" hat einen vollständig geschlossenen Eisen- und Kupfermantel, der eine Strahlung nach außen unterdrückt. Der Wicklungsraum ist evakuiert und vergossen. Der Eisenweg ist sehr kurz und hat einen verhältnismäßig großen Querschnitt. Die starke Dimensionierung der Primärseite ermöglicht große Belastungen.

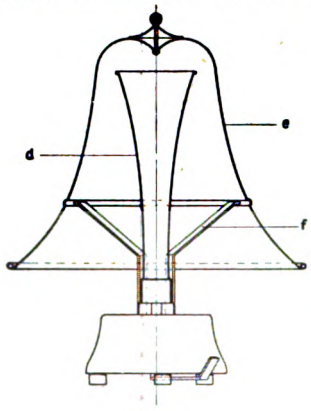


Abb. 4.

Die Firma „Ingelen", Ing. Ludwig Neumann, Wien, hat ebenfalls einen Netzanschluß-Ortsempfänger ausgestellt, der für den Anschluß an ein Gleichstromnetz von 110 bezw. 220 V bestimmt ist. Die Leitung dient gleichzeitig als Antenne, es muß jedoch noch entweder eine Erdung oder ein Gegengewicht angeschlossen werden. Gemäß den Vorschriften ist die Starkstromseite von den zugänglichen Stellen vollkommen abgetrennt. Der Apparat ist vollständig metallgekapselt. Als Ergänzung zu diesem Apparat wird ein Dreiröhrenempfänger mit einem Wellenbereich von 20 bis 2000 m geliefert, der ebenfalls vollkommen metallgekapselt ist. Der Apparat ist äußerst selektiv und gibt auf einer Hochantenne guten Fernempfang während der Ortssendung. Als eine Neuerung sind auch die in diesem Empfänger verwendeten, auf Porzellankörper gewickelten Spulen, die auch mit einem verlustarmen Porzellansockel geliefert werden (Abb. 5). Die Niederfrequenztransformatoren der Firma gewährleisten gleichmäßige Verstärkung im Bereich von 50 bis 9000 Per/s; sie sind gegen elektrische und mechanische Einflüsse stark gekapselt. Als Zwischenverstärker dient der „Ultradynektit". Der Porzellanlautsprecher benützt ein Porzellangehäuse als Resonanzboden, der Schalenlautsprecher vereinigt die Qualität eines Holzschallbodens mit besonderer Leichtigkeit.

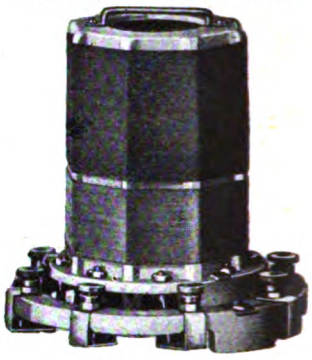


Abb. 5.

An Einzelteilen konnte man außer den bereits erwähnten nichts wesentlich Neues bemerken. Die Firma Horny zeigte einen „Miniloss"-Kondensator mit Quarzglaskugelisolation zwischen zwei Plattensystemen. Der Kondensator wird mit einer frequenzlinearen Randkurve geliefert.

Die Firma Heine A.-G., Wien, zeigte eine verlustarm gewickelte Achterspule, die ein äußerst geringes äußeres Feld besitzt, so daß sie ohne wesentliche Verluste in abgeschirmten Hochfrequenzkreisen verwendet werden kann.

Die Firma „Gramma", Metallwarenfabrik, Baden bei Wien, zeigte außer ihren solid gebauten verlustarmen Kondensatoren ein Universalhochfrequenzmeßgerät, das die Ausführung verschiedener für den Amateur in Betracht kommenden Messungen ermöglicht.

An Elektronenröhren wurden auch kleine Senderröhren vielfach ausgestellt. So brachten die Helikonwerke, Wien, die Senderohrtype ST 3, ST 10 und SW 20, letztere als Senderöhre für 4 bis 5 V Heizspannung und 3 A Heizstrom, 600 V Anodenspannung, Steilheit 2 mA/V, Durchgriff 9 vH, innerer Widerstand 5500 Ohm, heraus. Überdies erzeugt diese Firma neuerdings das „Frenotron" von Dr. Pollak-Rudin. Diese Röhre ist ein Spezialaudionrohr, indem sie außer der üblichen Anode noch eine besondere Hilfsanode besitzt, die eine von der Schwingungsamplitude abhängige Emission aufnimmt und so auf die entstehenden Eigenschwingungen bremsend einwirkt, was ein Abschneiden der Spitze der Resonanzkurve zur Folge hat und somit eine getreue Wiedergabe des ganzen Seitenbandes möglich wird. Eine eingehende theoretische Darlegung über Wesen und Wirksamkeit dieser Röhre soll demnächst an dieser Stelle erscheinen.

Leopolder & Sohn, Wien, zeigten die „Orlow-Super"-Empfänger für 165 bis 600 und 165 bis 2200 m Wellenbereich, der Europaempfang mit Hochantenne gewährleistet, ferner einen Fünfröhren-„Orlow-Super"-Empfänger.

Rundschau.

Ein Beitrag zur quantitativen Messung von Empfängern wird von Dipl. Ing. Ernst Klotz geliefert, indem er ein Gerät beschreibt, das aus einem Meßsender und einer veränderlichen Kopplung vor dem Empfänger und einem Lautstärkemesser hinter ihm besteht. Der Sender in Verbindung mit dem Koppler liefert Wechselspannungen von 0·005 μV bis 15 mV$_{eff}$, das ist ein Bereich von 1 : 300 000. Die Wellenlänge des Senders ist von 100 bis 25 000 m stetig veränderlich und kann mit Hilfe einer von einem Tonfrequenzgenerator gelieferten niederfrequenten Wechselspannung, die der Anodenspannung des Senders überlagert wird (Heisingschaltung), mit einem Modulationsgrade von 0 bis 100 vH moduliert werden. Der „Lautstärkemesser" besteht aus einem Röhrenvoltmeter zum Messen der Ausgangsspannung des Empfängers und zeigt Spannungen von 0·02 bis 100 V an.

1. Der Meßsender, der eine Hochfrequenzspannung von 100 V erzeugt, von der oft nur wenige Mikrovolt gebraucht werden, muß einschließlich der Batterien äußerst sorgfältig gegen Störkopplungen mit dem Empfänger abgeschirmt werden. Der Holzkasten

Digitized by Google

des Senders ist daher außen mit 0·5 mm Eisenblech und innen mit 0·3 mm Kupferblech umkleidet und wird auf den ebenso geschützten Batteriekasten unmittelbar aufgesetzt. Die Induktivitäten sind einfache Zylinderspulen die in Kupferzylindern eingeschlossen sind und dadurch bei geringerer Dämpfung ebenso strahlungsfrei gemacht wurden, wie in sich geschlossene symmetrische Ringspulen. Wegen der geringen Dämpfung wird die Röhrenleistung nicht ausgenutzt und der Schwingungsstrom stellt sich nach der Spannungsgrenze ein; er ist daher der Anodenspannung und der $\sqrt{C/L}$ proportional. Mit Rücksicht auf den Meßbereich 1 : 4 des strommessenden Thermoinstruments wird die $\sqrt{C/L}$ durch Auswechslung der Spulen und Umschaltung der Kondensatoren innerhalb derselben Grenzen gehalten. Der Strom wird dann durch Veränderung der Anodenspannung auf einen bestimmten Wert eingestellt. Die durch besondere Messungen festgestellte Proportionalität zwischen Strom und Anodenspannung ist auch für die oben erwähnte Modulationsart günstig.

2. Die Modulation liefert eine Schwingröhre mit Tonfrequenz, die über einen Transformator, dessen Primärwicklung die Induktivität ihres Schwingkreises bildet, die Gitter zweier parallelgeschalteter, mit passender Gittervorspannung auf den geraden Teilen ihrer Kennlinien arbeitenden Verstärkerröhren erregt. Im Anodenkreis der letzteren liegt die Primärwicklung eines zweiten Transformators, dessen mit vielen Anzapfungen versehene Sekundärwicklung in den Anodenkreis des Hochfrequenzsenders eingeschaltet wird. Zur Abhaltung der Niederfrequenz vom Gitter des Hochsenders wird zwischen Schwingkreis und Drossel ein kleiner Kondensator in die Gitterleitung eingeschaltet. Der Modulationsgrad wird durch das Spannungsverhältnis an den Ausgangsklemmen beider Sender ausgedrückt.

3. Die Kopplungsvorrichtung besteht aus einem festen im Senderkasten untergebrachten und einem veränderlichen Teile. Im ersteren bilden zwei mit den Stirnseiten einander zugewandte Flachspulen einen Hochfrequenztransformator, der in einen Kupfertopf innerhalb des Senders eingeschlossen ist. Kupfernetze zwischen den beiden Spulen verhindern eine kapazative Kopplung. Die Primärspule liegt an den Enden eines kleinen Shuntwiderstandes im Senderschwingkreise; die Zuleitungen von der Sekundärspule zum veränderlichen Koppler sind in Bleikabel ausgeführt. Die Spannung wird durch den festen Koppler im Verhältnisse 1 : 100 oder 1 : 1000 herabgesetzt. Der Shunt ist je nach dem gewünschten Spannungsverhältnisse auswechselbar. Die veränderliche Kopplung wurde mittels Schwenkspulen hergestellt und lieferte eine mit dem Drehwinkel proportionale Kopplung. Das einer scharfen Nulleinstellung hinderliche Drehfeld der Wirbelströme wurde durch einen kupfernen Kurzschlußring um die bewegliche Spule beseitigt. Sowohl die Nullkopplung als auch die Abschirmung im Ganzen waren so gut, daß bei ersterer weder mit angeschlossenen noch mit offenen hochempfindlichen Überlagerungsempfängern die Senderwellen aufgenommen werden konnten. Die Sekundärspule der festen und die feste Spule der veränderlichen Kopplung bildeten einen aperiodischen Zwischenkreis.

4. Der Lautstärkemesser bestand aus einem Röhrenvoltmeter, das je nach dem Zwecke der Messung für Hochfrequenz im angegebenen Bereiche oder für Tonfrequenz zwischen 50 und 10 000 Per/s eingerichtet war und in diesem Bereiche frequenzunabhängige Spannungsmessung von etwa $^1/_{20}$ bis 100 V gestattete. Das Röhrenvoltmeter wurde unmittelbar an die mit einem dem inneren Widerstande des Endrohres entsprechenden Belastungwiderstande überbrückten Ausgangsklemmen des Empfängers angeschlossen. Seine Angaben entsprechen allerdings den effektiven Wechselspannungen nur bei gleicher Wellenform; diese war jedoch durch die verwendete Apparatur gewährleistet. Das Röhrenvoltmeter für Tonfrequenz enthielt eine Transformatorenverstärkerstufe und eine Gleichrichterröhre. Das Mikroamperemeter wird an einen Shunt im Anodenkreise der letzteren angeschlossen; in seinem Stromkreise liegt noch ein an die Anodenbatterie angeschlossenes Potentiometer zur Kompensierung des Grundausschlages. Der größeren Empfindlichkeit halber wird Gittergleichrichtung verwendet, da der Energieverbrauch durch den Gitterstrom nebensächlich ist. Heiz- und Anodenspannung können durch ein umschaltbares Kontrollvoltmeter geprüft werden. Im Meßbereiche 1 : 4, das ist bei 0·2 bis 0·8 V am Gitter des Gleichrichterrohres ist jedoch die Eichkurve sehr konstant und von den obigen Betriebsspannungen weitgehend unabhängig. Mit Hilfe eines Potentiometers zur Teilung der Eingangsspannung oder einer Verstärkerstufe an dessen Stelle kann der Meßbereich beliebig nach oben und unten erweitert werden. Das Röhrenvoltmeter für Hochfrequenz besitzt nur eine Gleichrichterröhre in einfachster Schaltung und erlaubt ebenfalls Kompensation des Grundausschlages; es arbeitet mit Anodengleichrichtung.

5. Eichung. Zur Eichung des Lautstärkemessers wird vom Sender über einen lose gekoppelten abgestimmten Zwischenkreis ein Potentiometerkreis angeregt, in welchem Stromstärke oder Spannung durch Thermoinstrumente oder statische Voltmeter gemessen werden. Vom Potentiometer können dann beliebige Bruchteile der im Höchstfalle 50 V betragenden Spannung dem Lautstärkemesser zugeführt werden. Schwierigkeiten bietet die Bestimmung des Spannungsverhältnisses der Kopplung zwischen Sender und Empfänger, das vom Eingangswiderstande des Empfängers abhängt. Setzt man $E_2 = \text{konst.}\, E_1 k_2$, worin k_2 den Koeffizienten der veränderlichen Kopplung darstellt, so ist der so erhaltene Wert von E_2 noch mit einem Korrektionsfaktor

$$F = (1 - k_1^2)/[1 - k_1^2(1 + k_2^2 j\,\omega L_2/\mathfrak{R}_2)]$$

zu multiplizieren, worin L_2 die Induktivität und

$$\mathfrak{R}_2 = j\,\omega L_2(1 - k_2^2) + 1/j\,\omega C_2 + R_2$$

der Wechselstromwiderstand des Eingangskreises des Empfängers ist. Da jedoch die meisten Antennenkreise auf 30 vH unter der Empfangswelle verstimmt sind, ist R_2 ziemlich hoch und der Fehler beträgt nur 1 vH. Der Kopplungsfaktor k_2 wird bestimmt, indem man die Primärwicklung als Induktivität in den Schwingungskreis eines Überlagerungssenders einschaltet und die durch Kurzschluß der Sekundärwicklung eintretende Verstimmung durch einen Feinkondensator kompensiert. Sind L und L' die Induktivitäten ohne und mit Kurzschluß, so ist $L' = L(1 - k^2)$. Man kann auf diese Weise Kopplungsfaktoren bis zu 2 vH herab bestimmen. Da solche aber von 14 vH bis $1{\cdot}4 \cdot 10^{-6}$ benötigt werden, muß man kleinere Werte in Betriebsschaltung messen. Hiezu wird nicht modulierte Hochfrequenz mit Selbstüberlagerung verwendet; die Ausgangsspannung des Empfängers ist dann dem Kopplungsfaktor proportional.

6. Als Meßbeispiel wurde innerhalb 5 min die Resonanzkurve eines Telefunkenempfängers mit fünf Röhren, zwei abgestimmten Hochfrequenzstufen, einer abgestimmten und rückgekoppelten Audionstufe und zwei Niederfrequenzstufen aufgenommen. Wegen des enormen Meßbereiches der Apparatur konnte die Kurve bis zu ± 15 vH Verstimmung verfolgt werden, wobei das Verhältnis zwischen Mindest und Höchstspannung $1{\cdot}5 \cdot 10^{-4}$ betrug. Die kleinste Spannung betrug $0{\cdot}3 \cdot 10^{-6}$ V.

R. H.

(Telefunken-Zeitung, Nr. 45/46, 1927.)

Über eine neue Elektronenröhre mit Schutznetz der Marconi-Gesellschaft berichtet N. W. Mc. Lachlan. Der Aufbau der Röhre weicht in mancher Beziehung von den normalen Röhrentypen ab. Der V-förmige Heizfaden ist von den Windungen des Steuergitters umgeben. Das Schutznetzgitter ist in der Form eines feinmaschigen Siebes ausgebildet, das tellerförmig ist und die ebenfalls tellerförmige Anode von dem Steuergitter trennt. Die Zuleitungen zum Heizfaden und Steuergitter einerseits, zur Anode und Schutznetz andererseits sind getrennt an den beiden Enden der horizontal gelagerten Röhre herausgeführt. Die charakteristischen Eigenschaften der Röhre sind der sehr kleine Durchgriff

Digitized by Google

(Verstärkungsfaktor 70) und der negative Widerstand des Anodenkreises in einem Teile der Röhrenkennlinie. Dieser negative Widerstand kommt durch das Auftreten von Sekundärelektronen zustande. Der Verlauf der Kennlinien Anodenstrom = Funktion der Anodenspannung und Schutznetzstrom = Funktion der Anodenspannung zeigt im übrigen eine große Ähnlichkeit mit Kennlinien einer Doppelgitterröhre in der Raumladeschaltung. Der innere Röhrenwiderstand ändert sich mit der Steuergitterspannung, sein durchschnittlicher Wert beträgt zirka $1{\cdot}2 \times 10^5$ Ohm bei Null V Gittervorspannung. Eine größere Bedeutung dürfte den Röhren beim Bau von mehrstufigen H. F.-Verstärkern zukommen. E. M.

(Wireless World, Nr. 418, Bd. XXI, 1927.)

Das elektrische Thermoelement als Netzanschlußgerät. Dr. M. Kirn bespricht die theoretischen Grundlagen für die Anwendung elektrisch geheizter Thermoelemente als Netzanschlußgeräte für die Radiotechnik. Das elektrisch geheizte Thermoelement bietet die Möglichkeit, eine vom Lichtnetz gespeiste, aber von ihm elektrisch getrennte Stromquelle zu schaffen, welche sich sowohl für den Anschluß an Gleichstrom- als auch an Wechselstromnetze eignet. Der Grund dafür, daß die Thermoelemente nicht schon früher als Gleichstromquelle für Rundfunkgeräte angewendet wurden, liegt in ihrer geringen EMK pro Zelle begründet, die eine sehr hohe Zellenzahl erforderlich macht und damit einen sehr hohen inneren Widerstand der Thermobatterie bedingt. Die maximal abgebbare Energie ist infolgedessen sehr gering. Für die Berechnung der EMK eines Thermoelementes wird folgende Gleichung angegeben:

$$e = (\alpha_1 - \alpha_2)\, t + {}^1/_2(\beta_1 - \beta_2)\, t^2\, 10^{-6}\ \text{V}.$$

Hierin bedeutet t die Temperatur und α und β Materialkonstanten[1]). Diese Gleichung gilt jedoch nur für Temperaturen von 0° bis 200° C. Besonders große Thermokräfte sollen mit Metallverbindungen erzielt werden, wie zum Beispiel eine Kombination Kupferoxydyul-Eisenglanz bei einer Temperatur $t = 150°$ C mit zwölf hintereinandergeschalteten Zellen eine Spannung von 1·8 V ergibt. Der wichtigste Gesichtspunkt bei der Dimensionierung von Thermoelementen für vorliegende Zwecke ist also, eine möglichst große EMK bei kleinem inneren Widerstand zu schaffen. Es wäre zu wünschen, daß diese Versuche weiter fortgesetzt werden, um zu einem praktisch brauchbaren Ergebnis zu gelangen, denn wenn es gelingt, Materialien mit hoher thermoelektrischer Kraft zu finden, so hätte man das ideale Netzanschlußgerät, welches bei vollständiger Trennung der Niederspannungsseite vom Lichtnetz, sowohl beim Anschluß an Gleichstrom- als auch an Wechselstromnetze absoluten Gleichstrom liefert. Kelch.

(Funk, 4. Jahrg., Heft 35, 26. August 1927.)

Der Raytheon „A" Gleichrichter wird von James Miller beschrieben. Er wurde von Prof. M. Henri André gemeinsam mit C. G. Smith und Dr. V. Bush entwickelt und besteht aus einem dünnen unten geschlossenen, kupferplattierten Stahlrohr von Daumengröße, das oben mit einem Bakelitpfropfen geschlossen ist, aus dem der kappenförmige Kathodenkontakt herausragt. Das Rohr ist zur Hälfte mit reinem Silberpulver gefüllt, das mit konzentrierter, gründlich von Wasser befreiter Schwefelsäure zu einer Paste angemacht wurde. In das Silberpulver ragt eine keulenförmige Kathode aus einer Legierung, deren Zusammensetzung nicht angegeben wird. Von ihrem oberen Ende führt im Inneren des Stahlrohres ein Verbindungsdraht zum Kathodenkontakt. Über das Silberpulver ist Silicagel geschichtet. Über dem Silicagel befinden sich zwei Paare von Dichtungsscheiben aus einer Spezialkomposition, zwischen die ein kurzer Rohrabschnitt aus dem gleichen Material als Distanzhalter eingeschaltet ist. Das Ganze wird durch eine Spiralfeder, die sich gegen den Bakelitpfropfen stützt, niedergehalten. Der Anodenkontakt besteht aus einer Silberniete am Grunde des Stahlrohres. Ein solches Element liefert bei Halbwellengleichrichtung 2·5 A, bei Vollwellengleichrichtung 5 A. Für höhere Stromstärken können mehrere Elemente parallel geschaltet werden, doch ist dann zum Zwecke gleichmäßiger Belastung jedem einzelnen Element ein Widerstand von etwa 0·25 Ohm vorzuschalten. Zum Schutze gegen Kurzschluß und verkehrtes Einschalten der zu ladenden Batterie ist eine Sicherung für je 10 A pro Element vorzusehen. Die Elemente werden in der Regel mit einem Transformator verwendet, der die Scheitelspannung des Wechselstromes auf 8 bis 9 V für jedes Element herabsetzt. Die Maximalspannung der ein Element standhält, beträgt wohl 22 V, doch darf nicht vergessen werden, daß es während der stromlosen Halbperiode fast der doppelten Transformatorspannung ausgesetzt ist. Der Gleichrichter eignet sich daher besonders zur Ladung von Heizbatterien und soll zusammen mit dem Transformator einen Wirkungsgrad von etwa 60 vH besitzen. Die mit diesem Gleichrichter versehenen Ladevorrichtungen zeichnen sich durch einfachen und kompendiösen Aufbau, sowie durch verhältnismäßig geringe Anschaffungskosten aus. R. H.

(Radio News, S. 128, Aug. 1927.)

Internationale Frequenzmessungen zum Zwecke der Vergleichung der Normalfrequenzskalen verschiedener Länder wurden in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt wieder aufgenommen.[1]) Hiezu dienen an Stelle der Fernmessung die vom Bureau of Standards konstruierten Quarzoszillatoren,[2]) die an die verschiedenen Laboratorien geschickt werden. Jeder Oszillator besteht aus einer Quarzplatte, einem Schwingungskreis und einer Elektronenröhre, die in Selbsterregung geschaltet ist. Entsprechend den drei möglichen longitudinalen Grundfrequenzen der Quarzplatte werden von dem Oszillator drei Frequenzen erzeugt. Diese und ihre Oberschwingungen dienen als Vergleichsfrequenzen. Infolge ihrer geringen Energie können die Schwingungen der Oszillatoren nicht direkt mit dem Normalwellenmesser der PTR gemessen werden, sondern nur mittels eines Hilfssenders, der nach der Schwebungsmethode auf die verschiedenen Frequenzen abgestimmt wird. Da die Oszillatoren zum Teil schwer ausschwingen, ist ihre Benutzung als Frequenznormale umständlich. Einfacher ist die Handhabung der leuchtenden piezoelektrischen Resonatoren der Anstalt. Eine größere Anzahl von Quarzstäben — zwei Stäbe zu 80, zwei zu 100 mm, einer zu 53 mm und mehrere zu 1 bis 10 mm Länge — wurden als Hochfrequenznormale montiert und an den Normalmesser angeschlossen. Die Genauigkeit mit der ein Sender mit Hilfe dieser Resonatoren auf mehrere Normalwellen eingestellt werden kann, beträgt 0·1 vT. Die Konstanz ist eine gute, die Temperaturabhängigkeit gering. Von Giebe und Scheibe wurden die Untersuchungen über piezoelektrisch angeregte, hochfrequente, elastische Schwingungen fortgesetzt. Es gelang, longitudinale, transversale und Torsionsschwingungen zu erzeugen. Dies geschah zum Beispiel für Biegungsschwingungen auf folgende Weise: Die Längsrichtung des Stabes liegt in der Richtung einer elektrischen Achse (X-Achse), die optische Achse (Z-Achse) steht senkrecht auf der Zeichenebene, die elektrisch neutrale Achse fällt in Richtung der Y-Achse. Vier Elektroden, zu je zwei mit abwechselnder Polarität an die Stabmitte angeschoben und an eine Wechselspannung gelegt, erzeugen ein bezüglich des Stabquerschnittes inhomogenes Wechselfeld derart, daß durch den piezoelektrischen Effekt in Richtung der X-Achse in der einen Hälfte des Querschnittes eine Dilatation, in der anderen eine Kompression oder umgekehrt entsteht. Hiedurch tritt eine Biegung des Stabes ein, die zu Resonanzschwingungen führt, wenn die Frequenz der

[1]) Graetz, Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus.

[1]) Aus dem Tätigkeitsbericht der PTR, vgl. Z. f. Instrumentenkunde, Heft 6, 1927; vgl. den Bericht für 1925, Die Radiotechnik, 1927, Heft 3, S. 30.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 56, 68; 1927, Heft 1, S. 1 und Heft 3, S. 30.

Digitized by Google

erregenden Wechselspannung gleich einer der transversalen Eigenschwingungen des Stabes ist. Wie groß die Zahl der Eigenschwingungen eines Quarzstabes ist, so daß man von einem Frequenzspektrum sprechen kann, zeigt die folgende Tabelle, giltig für einen 50 mm langen, 1·5 × 3 mm dicken Stab in der oben angegebenen Orientierung:

Longitudinalschwingungen in Richtung der X-Achse		Transversalschwingungen in Richtung der				Torsionsschwingungen um die X-Achse	
		Y-Achse		Z-Achse			
k	Hertz	k	Hertz	k	Hertz	k	Hertz
1	54 350	1	3 372	1	6 480	1	31 020
2	108 600	2	9 228	2	17 600	2	62 100
3	163 000	3	17 907	3	33 700	3	93 000
4	216 800	4	29 934	4	54 400	4	123 900
5	271 300	5	43 000	5	79 260	5	154 900
6	325 400	6	59 400	6	105 700	6	185 900
7	379 600	7	77 620	7	137 900	7	216 600
8	433 500	8	97 900	8	170 900	8	248 000
9	487 200	9	120 400	9	205 200	9	279 100
		10	144 400	10	241 500	10	310 200
		11	169 200	11	278 300	11	341 700
		12	196 000	12	316 800	12	372 200
		13	223 000	13	356 300	13	403 800
		14	252 300	14	396 300	14	434 800
		15	282 200	15	436 700	15	465 800
		16	311 800				
		17	344 000				
		18	373 600				
		19	406 000				
		20	439 200				
		21	470 200				

Die Transversal- und Torsionsschwingungen hoher Frequenz sind nur im Vakuum beobachtbar, bei gewöhnlichem Luftdruck werden sie zu stark gedämpft. Die Dehnungsschwingungen gehorchen nahezu dem bekannten einfachen Gesetz

$$f = \frac{k}{2l}\sqrt{\frac{E}{S}}, \quad k = 1, 2, 3\ldots,$$

worin f die Frequenz, k die Ordnungszahl, l die Länge, E den Elastizitätsmodul und s die Dichte bezeichnen. Für die Biegungsschwingungen hingegen zeigten sich starke Abweichungen von der Formel

$$f = \frac{m^2}{4\pi\sqrt{3}} \cdot \frac{a}{l^2}\sqrt{\frac{E}{S}},$$

worin a die Dicke in der Schwingungsrichtung und $m = \left(k + \frac{1}{2}\right)\pi$ bedeuten. Der Grund liegt darin, daß in der letzteren Formel nur die Translationsbewegungen der Querschnitte, nicht aber ihre Drehungen berücksichtigt sind. Die Torsionsschwingungen gehorchen innerhalb 0·5 vH dem Gesetz $f = k \times$ konst.

Die Biegungsschwingungen konnten durch die Formel

$$\frac{1}{f} \cdot m^2 = \sqrt{\alpha + \beta(6m + m^2)}$$

dargestellt werden, worin α und β Konstante sind und m die oben angegebene Bedeutung hat. Eine ähnliche Formel wurde von Rayleigh für isotrope Medien bei Berücksichtigung der Rotationsenergie angegeben. Der Elastizitätsmodul E ergab sich aus den Beobachtungen $E = 7{\cdot}89$ bezw. $7{\cdot}51 \cdot 10^{11}$ für die Biegungsschwingungen in der Y und Z Richtung. Voigt gibt aus statischen Biegungen $7{\cdot}73 \cdot 10^{11}$ an. Die richtige Einordnung der Eigenschwingungen war nur dadurch möglich, daß der Stab im Vakuum zum Leuchten gebracht wurde. Das Leuchtbild, das für jeden Schwingungstyp ein charakteristisches Aussehen hat, gestattet die Anzahl der elastischen Halbwellen abzuzählen und damit die Ordnungszahl zu bestimmen. Praktisch bieten die Transversalschwingungen gegenüber den longitudinalen den Vorteil, daß bei gleicher Stablänge viel niedrigere Eigenfrequenzen benutzt werden können. Stäbe länger als 10 cm sind aus den natürlichen Quarzkristallen kaum erhältlich. Bei Longitudinalschwingungen ist daher praktisch die kleinste erreichbare Frequenz etwa 27 000 Hz ($\lambda = 11\,000$ m); die transversale Grundfrequenz eines derartigen Stabes bei 1·5 mm Dicke in der Schwingungsrichtung ist aber nur 800 Hz. — Schließlich wurden auch noch Quarzringe von rechteckigem Querschnitt untersucht. Es war möglich, bei einem Ring von 30 mm Durchmesser die 26. transversale Oberschwingung ($f = 700\,000$ Hz) leuchtend anzuregen, wobei auf den Umfang von 95 mm 52 elastische Halbwellen entfielen, die man an dem völlig regelmäßigen Leuchtbild abzählen konnte. Hieraus erhellt die außerordentliche Homogenität des Bergkristall. Conrad.

Aus dem amerikanischen Rundfunkwesen. (Nach einem Berichte des amerikanischen Handelsamtes.) Die National Broadcasting Co., die größte amerikanische Rundfunkgesellschaft, die der General Electric Co., der Westinghousegesellschaft und der Radio Corp. of America gehört, betreibt für letztere Gesellschaft die Stationen WJZ in New York und WRC in Washington und die Station WEAF in New York City, die sie von der Radio Corp. um 1 Mill. Doll. erworben hat. Die Radio Corp. hat mit der American Telegraph and Telephone Co. einen Vertrag geschlossen, durch welchen sie zur Benutzung der Telephonleitungen der letzteren Gesellschaft zur Verbindung der verschiedenen Sendestationen der V. St. A. berechtigt ist. Die Rechte aus diesem Vertrage sind mit dem Verkaufe von WEAF an die National Broadcasting Co. übergegangen, die in der letzten Zeit diese telephonischen Verbindungen auch mit fremden Stationen sehr erweitert hat. Von WEAF geht jetzt ein Netz aus, das ungefähr 25 Stationen telephonisch mit WEAF verbindet. Das von diesen Stationen mit Rundfunk versorgte Gebiet umfaßt etwa 75 Mill. Einwohner und es dürften darin etwa 2·25 Mill. Empfangsapparate aufgestellt sein. Von großen Städten sind unter anderem Boston, Philadelphia, Pittsburgh, Washington, Chicago, St. Louis und Detroit an dieses Netz angeschlossen. Ein zweites Netz geht von WJZ in New York aus, ein drittes mit sieben Sendestationen, das mit den beiden ersten nicht telephonisch verbunden ist, also ganz selbständig sendet, liegt an der Küste des Stillen Ozeans, die Sendungen gehen von San Francisco aus. Obwohl wie bekannt, eine Gebühr in den V. St. A. von den Rundfunkteilnehmern nicht eingehoben wird, ist die National Broadcasting Co. doch in der Lage, jetzt für den Bau einer neuen Sendestation in Bellmore, Long Island und neuer Studios in New York 1 Mill. Doll. zu verwenden. Den gleichen Betrag zahlt sie jährlich an die American Telegraph and Telephone Co. für die Benützung der Leitunganlagen.

Patentbericht.

Kondensatoren für Schwachstrom.

(Fortsetzung aus Heft 12, Seite 111.)

Veränderliche Kondensatoren.

Einen Kondensator mit einem drehbaren, das Dielektrikum bildenden Behälter 11 (Abb. 3), der eine

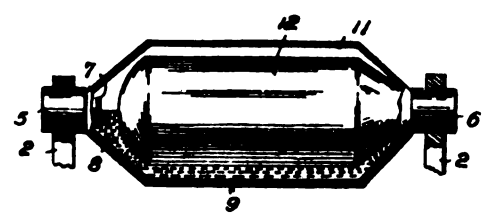


Abb. 3.

bewegliche, leitende Masse 8, zum Beispiel Quecksilber, Metallkügelchen usw. enthält, die den einen Belag bildet, während der andere Belag 9 auf einen Teil der Außenfläche des Behälters aufgebracht ist, hat Bohumil Jirotka in Berlin angegeben. Die Erfindung besteht

Digitized by Google

darin, daß der Kondensator aus zwei koaxial ineinander angeordneten, um ihre gemeinsame Achse drehbaren, rohrförmigen Körpern 11, 12 besteht, zwischen denen sich die bewegliche, leitende Masse 8 befindet. Durch die Ineinanderanordnung von zwei rohrförmigen Körpern, von denen der innere als Verdrängerkörper dient, ist es möglich, den Kondensator verhältnismäßig klein zu halten und trotzdem eine große Belagfläche und eine große Kapazität auf kleinem Raum zu erzielen. Ferner genügt die Verwendung der theoretisch notwendigen Menge der als innerer Belag zwischen den beiden Wänden der rohrartigen Körper dienenden beweglichen Masse, wodurch eine erhebliche Ersparnis an Kosten und Gewicht erzielt wird. (Ö. P. Nr. 106931.)

Eine Erfindung der Firma Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. in Berlin betrifft Kondensatoren, deren eine Belegung als schmiegsame Fläche ausgebildet ist, durch deren Änderung oder Entfernung von einer festen Belegung eine geringere oder größere Kapazität erzielt wird. Die Erfindung soll die Schwierigkeit beheben, die darin besteht, die schmiegsame Belegung so aufzuhängen und zu befestigen, daß sie einerseits ihre Schmiegsamkeit nicht verliert, andererseits aber eine zuverlässige und zwangläufige Führung derselben besitzt (Abb. 4). Das biegsame Metallband 2 ist einerseits an der Achse 1, andererseits durch Federn 3 am Rahmen 4 befestigt, der mit der Achse 1 mittels eines Drehknopfes drehbar ist. Der feste, bogenförmige Körper 9 mit Isolierschicht 8 bildet die zweite Belegung. Wird die Achse 1 gedreht, so wird der Rahmen 4 der Belegung 7 in der Richtung des Pfeiles 9 genähert und kann schließlich darüber hinweg bewegt werden. Das Band 2 legt sich dabei in linienweise fortschreitender Deckung an den Körper 7. In der punktiert gezeichneten Stellung des Rahmens 4 hat sich das ganze Metallband 2 an den Körper 7 angelegt. Weder bei der Vergrößerung noch bei der Verringerung der Kapazität findet ein Gleiten des Metallbandes 2 statt, so daß eine Beschädigung durch Reiben oder Knicken des Bandes ausgeschlossen ist. (D. R. P. Nr. 445656.)

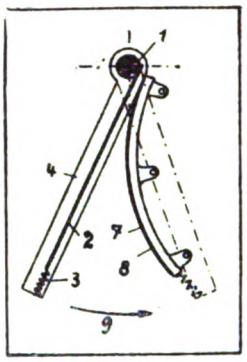


Abb. 4.

Werden als Belege zwei gewölbte Metallplatten unter Zwischenlage einer festen Schicht aus Isoliermaterial verwendet, so muß diese Schicht ziemlich dick gewählt werden, um eine genügende mechanische Widerstandsfähigkeit zu haben und der ungleichmäßig verteilten Beanspruchung, insbesondere der radial wirkenden Kräfte am Rande, bei Zusammendrücken der gewölbten Metallplatten zu widerstehen. Damit ist aber infolge des großen Abstandes der gewölbten Platten die Endkapazität verhältnismäßig gering. Wählt man eine der Platten eben, so kann man zwar die Zwischenlage etwas dünner machen, dann ist aber der Regelbereich etwa um die Hälfte geringer. Weiter haben diese Mehrfachkondensatoren mit gewölbten Metallplatten den Nachteil, daß sie schon im gewöhnlichen, nicht zusammengedrückten Zustande infolge der Annäherung der Kanten oder vor allem der Scheitel der gewölbten Platten eine verhältnismäßig hohe Anfangskapazität haben. Gemäß einer Erfindung von Dr. Ernst Bräuer in Voigtsdorf im Riesengebirge werden diese Nachteile vermieden und es wird ein den Forderungen der Praxis gerecht werdender regelbarer Kondensator dadurch geschaffen, daß Metall und Dielektrikum zu in sich federnden Metallelementen vereinigt sind. Die Herstellung der Plattensysteme kann durch Aufbringen einer genügend dehnbaren Dielektrikumschicht auf federnde Metall- zum Beispiel Bronze- oder Stahlplatten erfolgen. Die Dielektrikumschicht kann zum Beispiel aus einer aufgetragenen Lackschicht bestehen oder aus aufgeklebten Blättern aus Glimmer, Papier, Isolierseide und dergleichen. Insbesondere bietet es Vorteile, die Schicht durch Aufstäuben pulverförmigen Glimmers oder anderer pulverförmiger Isolierstoffe auf eine klebende Schicht aus Lack herzustellen. Für den Aufbau solcher Kondensatoren ist es zweckmäßig, daß die Zahl der federnden Plattensysteme die der starren überwiegt oder daß überhaupt keine starren Systeme verwendet werden. Um möglichst bei jeder Stellung des Kondensators ungefähr gleiche Abstände zwischen den Platten zu erhalten, empfiehlt es sich, die Druckwirkung, die von den äußeren Platten jeweils auf die nächst innere übertragen wird, hinsichtlich ihrer Stärke oder ihres Angriffspunktes von Platte zu Platte entsprechend zu ändern. Das kann zum Beispiel dadurch erreicht werden, daß man entweder die äußeren Platten kürzer werden läßt, oder daß die Nullbiegung der Platten eine stärkere, oder endlich, daß die äußeren Platten größere Dicke oder einen höheren Elastizitätskoeffizienten als die inneren haben. (D. R. P. Nr. 439017.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3591 **Radiotechnik,** Wege durch Theorie und Praxis von Dipl. Ing. G. Lillge. 164 Seiten mit 92 Abb. Verlag Phil. Reclam jun., Leipzig 1927. Preis Mk. 1·20, Ganzleinen Mk. 2·—.

Das kleine Buch gehört zu den zahlreichen populären Darstellungen der Radiotechnik und verfolgt den Zweck, den Rundfunkfreund sowohl mit den physikalischen Gesetzen und Grundlagen der Radiotechnik, mit den Sende- und Empfangseinrichtungen und der Wirkungsweise der einzelnen Bestandteile vertraut zu machen, als auch ihm einen praktischen Wegweiser beim Baue von Empfangsapparaten an die Hand zu geben. Es werden daher kursorisch im ersten Abschnitte Elektrizität und Magnetismus, Gleich- und Wechselstromtechnik, Schwingungen und Schwingungskreise und Elektronenröhren, im zweiten Abschnitte Sende- und Empfangstechnik und Rundfunkgeräte behandelt. Der dritte Abschnitt enthält Bauanleitungen für Empfangsgeräte und Antennen; der vierte Abschnitt handelt von den Stromquellen einschließlich der Netzanschlußgeräte. Im Anhange finden sich Abkürzungen und Symbole, Morsezeichen, ein Verzeichnis der europäischen Sender, eine Röhrentabelle und das Nauener Zeitsignal. Das Buch gehört nach Auswahl und Behandlung seines Stoffes zu den guten seiner Klasse. Die weise Beschränkung auf die wichtigsten Empfangsschaltungen bedeutet gegenüber anderen Darstellungen, die den Anfänger durch eine Unzahl von Schaltskizzen nur verwirren, einen Vorteil.

Dr. Rich. Hiecke.

3406 **Radio für den Selbstbauer.** (Zehn erprobte und bewährte Schaltungen von 1 bis 5 Röhren mit genauen Bau- und Bedienungsvorschriften.) Von Fr. Willy Frerke. 3. Auflage. Verlag Guido Hackebeil A.-G., Berlin 1927. Preis Mk. 1·—.

Das Heft behandelt Ein- bis Vierröhren-Empfängerschaltungen, zwei Niederfrequenzverstärker und einen Vierröhren-Neutrodyneempfänger und den Saba-Vierröhrenempfänger der Firma Schwer Söhne, zu dessen Aufbau, sowie auch an anderen Stellen wieder Saba-Lowloss-Spulen im Gegensatze zu neueren Messungen, die die Überlegenheit der einlagigen Zylinderspule über alle Kunstwicklungen nachgewiesen haben, ganz besonders empfohlen werden. Der Inhalt des Heftes wird dem Selbstbauer von Nutzen sein. Dr. Rich. Hiecke.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 14 **11. Dezember 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Herstellung, Anwendung und Wirkungen sehr kurzer elektrischer Wellen. Von Prof. Dr. A. Esau, Jena. S. 125. / RUNDSCHAU. S. 127. / PATENTBERICHT. S. 131. / Funktechnische Gesellschaft in Wien. S. 132.

Herstellung, Anwendung und Wirkungen sehr kurzer elektrischer Wellen.

Von Prof. Dr. A. Esau, Jena.[1])

Wenn heute der überwiegende Teil des deutschen drahtlosen Telegrammverkehres nach Übersee mittels kurzer elektrischer Wellen durchgeführt wird, so muß man sich daran erinnern, daß es zuerst Amateure gewesen sind, die durch ihre Versuche den Beweis erbracht haben, daß im Gegensatz zu früheren Anschauungen die mit ihnen erzielten Reichweiten nicht hinter denen der langen Wellen zurückbleiben, ja sie sogar ganz erheblich übertreffen können.

Anfangend mit Wellenlängen von mehr als 100 m ist man im Laufe der Entwicklung Schritt für Schritt zu wesentlich kürzeren Wellen übergegangen, und zwar deshalb, weil mit abnehmender Wellenlänge die Möglichkeit der Tagesverbindung immer deutlicher zutage tritt. Es hat sich also nicht die Meinung behaupten können, daß es nur einzelne ganz bestimmte Wellenlängen gebe, die für den Weitverkehr geeignet wären.

Der kommerzielle Kurzwellenverkehr spielt sich zur Zeit in einem Wellenbereich ab, der etwa zwischen 11 und 40 m liegt. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß auch noch kürzere Wellen für diesen Verkehr in Frage kommen können — eine Ansicht, die von mir, im Gegensatze zu vielen anderen, schon seit langem vertreten worden ist[2]) — kann nicht länger von der Hand gewiesen werden.

Wellenbereich von 11 m und darüber.

In zäher Arbeit ist es der drahtlosen Technik des In- und Auslandes gelungen, die Methoden der Herstellung dieser Wellenlänge so zu vervollkomnen, daß sowohl die erreichbare Energie als auch die genügende Konstanz der ausgesandten Wellen als praktisch ausreichend angesehen werden kann. Insbesondere zeichnen sich nach dieser Richtung die Kurzwellensender in Nauen aus, die im hiesigen Institut eingehend beobachtet worden sind. Was die beim Sender verwendeten Schaltungen betrifft, so weichen sie im Großen und Ganzen nicht von denen ab, die für die längeren Wellen entwickelt worden sind, wobei natürlich die Eigenart der kurzen Wellen mancherlei Vorsichtmaßregeln notwendig gemacht hat.

Abweichend von den Verhältnissen bei langen Wellen muß der die Wellen ausstrahlenden Antenne besondere Beachtung geschenkt werden. Neben der normalen Erregungsart kommen eine Reihe anderer in Betracht, die vielfach bessere Reichweiten ergeben haben und deshalb für den Weitverkehr in erster Linie in Frage kommen. Im Gegensatz zu längeren Wellen besteht bei den kurzen die Möglichkeit, die Energie nicht allseitig, sondern vorzugsweise nach einer Richtung auszustrahlen, ja sogar sie nicht nur horizontal, sondern auch in veränderlichem Winkel nach oben zu richten. Zu diesem Zweck wird abweichend wie bisher die Antenne nicht vertikal, sondern horizontal angeordnet und außerdem in das Innere einer Spiegelanordnung verlegt. Mit einer solchen Anordnung sind auf der Station Nauen ausgezeichnete Ergebnisse erzielt worden.[3])

Aus noch nicht völlig abgeschlossenen Versuchen des hiesigen Instituts, die sich mit der Spiegelanordnung befassen, geht hervor, daß in dem vorliegenden Wellenbereich die Spiegel nicht so gebaut werden können, daß sie die günstigste Wirkung ergeben, was seinen Grund hauptsächlich darin hat, daß sie infolge der immer noch recht hohen Wellenlänge auf einfache technische Weise nicht weit genug von der Erde entfernt werden können. Somit will es scheinen, daß Spiegelanordnungen mit bestem Wirkungsgrad nur für Wellen in Betracht kommen, die etwa 5 bis 6 m betragen.

Was die Empfänger betrifft, so bietet es heute keinerlei besondere Schwierigkeiten, sie für den vorliegenden Wellenbereich sicher arbeitend zu bauen, was auch daraus hervorgeht, daß sehr viele Amateure im In- und Ausland bereits solche Empfänger besitzen.

Wenn somit Sender und Empfänger in ihrer Wirkungsweise genügend geklärt sind, so liegen die Verhältnisse in Bezug auf unsere Kenntnisse der Übertragungsbedingungen noch recht sehr im Argen. Man kann wohl sagen, daß hier noch eine Unzahl von Problemen liegt, an deren Lösung eifrig gearbeitet wird, die aber trotz alledem vielfach noch recht unklar sind. Hier liegen Aufgaben, die — worauf ich schon wiederholt hingewiesen habe — nur durch das Zusammenarbeiten von Industrien, Instituten und Amateuren gelöst werden können. Hierfür werden die Kräfte eines Landes nicht ausreichen und es muß deshalb noch mehr wie bisher ein Zusammenarbeiten mit der ganzen Welt angestrebt werden, eine Aufgabe, die in erster Linie in den Bereich der Organisation fällt.

Bei Empfangsversuchen, die der Klärung gewisser Fragen in Bezug auf die Übertragung dienen sollen, sind wir auf eine Unzahl von kurzen Wellen gestoßen, die von den Rundfunksendern herrühren, und zwar nicht nur von den deutschen, sondern auch von amerikanischen und anderen. Die von deutschen Sendern herrührenden kurzen Wellen machen sich je nach der Entfernung besonders stark in den Tagesstunden bemerkbar, während sie bei Einbruch der Dunkelheit bis auf wenige fast vollkommen verschwinden. Die amerikanischen Sender dagegen treten vor Mitternacht sehr stark hervor und halten an bis in die Morgennähe. Durch die Oberwellen dieser Sender werden in dem Kurzwellenbereich starke Störungen hervorgerufen, deren Beseitigung sehr wünschenswert sein würde.

Besonders interessante Empfangsobjekte sind zurzeit der auf kurzen Wellen im Bereich von 30 m arbeitende Telephoniesender Sidney aus Australien,

[1]) Vortrag, gehalten bei der Tagung des Deutschen Funktechnischen Verbandes in Jena.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik, 1925, S. 89.

[3]) Vgl. Die Radiotechnik, 1924, S. 314; 1925, S. 13, 89; 1926, S. 73; 1927, Heft 3, S. 34; Heft 11, S. 97, 102.

Digitized by Google

dessen Sendungen hier im Lautsprecher in der Zeit von 7 bis 8 Uhr abends ausgezeichnet gehört werden konnten, und außerdem die jetzt häufiger vorgenommenen Versuche von Philips in Einthoven. Diese letztere Station ist bei Helligkeit nur außerordentlich schwach hörbar, wächst dann bei Einbruch der Dunkelheit außerordentlich schnell und stark an, um schließlich nach einiger Zeit größter Lautstärke wieder bis zur Unhörbarkeit abzunehmen. Was die Fadings bei diesen Wellen betrifft, so hat man es je nach ihrer Dauer und Heftigkeit mit mindestens drei verschiedenen Arten zu tun, die, so weit bisher zu erkennen ist, auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden müssen. Ihre Beseitigung, die von größter Bedeutung für die Bildübertragung ist, erscheint zurzeit nicht mehr so aussichtslos wie noch vor kurzem. Die hiefür anzuwendenden Mittel liegen zunächst in der Verwendung besonderer Empfangsantennen und Antennensysteme, deren Aufstellung allerdings gewisse Anforderungen an Platz stellen wird. Versuche nach dieser Richtung haben vorläufig bereits gezeigt, daß die Wirkung der Fadings bei den verschiedenen Antennen verschieden ist und daß durch Zusammenarbeiten von zwei oder mehreren eine nicht unbeträchtliche Besserung erreicht werden kann. Es erscheint jedoch zurzeit noch nicht möglich, das letzte Wort in dieser Frage zu sprechen.

Auch in Bezug auf die Peilung dieser kurzen Wellen, die bis vor einiger Zeit noch als unmöglich angesehen wurde, braucht man nicht mehr so hoffnungslos

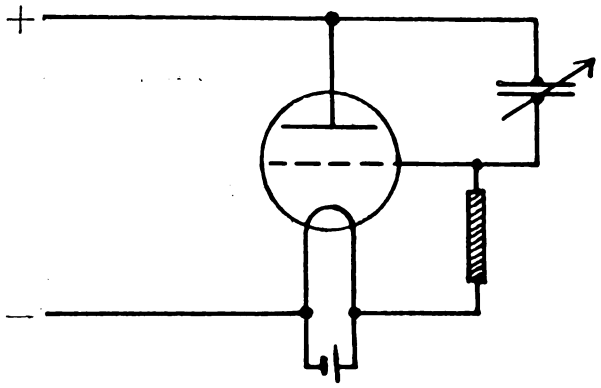


Abb. 1.

in die Zunkunft zu sehen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß es in absehbarer Zeit möglich sein wird, auch hier Peilungen vornehmen zu können.

Wellenbereich von 1·50 m bis 10 m.

Während die Wellen über 10 m ihre praktische Brauchbarkeit bereits im kommerziellen Verkehr bewiesen haben, liegen für die darunter liegenden Wellen nur spärliche Angaben über ihre Reichweite vor. Der Grund hiefür liegt darin, daß es besonders in der Gegend von 1·5 bis 4 m schwierig war, größere Energien zu erzeugen. Man ist aber nach langen Versuchen dazu gelangt, durch Anwendung großer Röhren Antennenleistungen von einigen Kilowatt herzustellen, die bei Telephonie auf etwa $^3/_4$ bis 1 Kilowatt heruntergehen. Wenn auch die Verhältnisse für eine Telephonie mit diesen Wellen wesentlich schwieriger sind als bei den längeren, so ist doch bereits der Beweis erbracht, daß eine Telephonie heute in der gleichen Weise ausgeführt werden kann wie bei längeren Wellen.

Von den Methoden, die für die Erzeugung dieser sehr kurzen Wellen bei großer Energie in Frage kommen, hat sich die aus der Abbildung 1 ersichtliche am besten bewährt. Der Schwingungskreis liegt zwischen Anode und Gitter, das seinerseits wieder über einen Ableitungswiderstand mit dem Heizfaden verbunden ist. Die Dimensionen des Kreises bestimmen zusammen mit der Röhrenkapazität die Wellenlänge. Der außenliegende Kondensator ist zwecks Veränderung der Wellenlänge variabel ausgebildet. Als Dielektrikum hat sich Öl gut bewährt, das in geeigneter Weise durch Wasser gekühlt wird.

Andere Erzeugungsmethoden, die im hiesigen Institut untersucht worden sind, haben zwar noch kürzere Wellen geliefert, bleiben aber in Bezug auf die Energie so weit hinter der angegebenen zurück, daß an ihre praktische Verwendung nicht gedacht werden kann.

Die Antenne wird entweder induktiv oder galvanisch mit dem Schwingungskreis verbunden und erhält eine für große Reichweiten zweckmäßige Form.

Versuche mit Spiegeln haben ausgezeichnete Erfolge ergeben. Das Verhältnis der Intensitäten am Empfangsort mit und ohne Spiegel betrug etwa 20 bis 30 : 1.

Wesentlich schwieriger gestaltete sich der Bau des Empfängers, der noch nicht als vollkommen abgeschlossen gelten kann. Wenn auch die Ergebnisse mit Einröhrenempfängern recht befriedigend ausgefallen sind, so scheint es doch, als ob Gegentaktempfänger noch besser arbeiten werden, worüber demnächst berichtet werden wird. Die verschiedenen Röhrentypen sind nicht in gleicher Weise für den Empfang dieser Wellen geeignet. Sehr gut haben sich die gasgefüllten Ultraröhren in diesem Wellenbereich bewährt.

Über die Einwirkungen der Atmosphäre auf diese kurzen Wellen läßt sich zurzeit nur sagen, daß Entfernungen ohne Spiegel bis nahezu 100 km überbrückt worden sind, wobei sich die Versuche allerdings noch auf Sender und Empfänger beziehen, deren Leistungen zurzeit erheblich überholt sind. Hierüber wird demnächst ein reichhaltigeres Beobachtungsmaterial näheren Aufschluß geben.

Atmosphärische Störungen sind bei diesen Wellen so gut wie gar nicht beobachtet worden, sie sind noch erheblich geringer wie bei den Wellen von 20 bis 30 m.

Wellenlängen von 20 cm bis 100 cm.

Die für die Herstellung dieser Wellenlängen bisher benützten Methoden, die sich der Röhre als schwingungserzeugendes Organ bedienen, leiden an dem Übelstand, daß die erreichbaren Energien weit unter 1 W bleiben. Zu größeren Energien gelangt man aber, wenn man auf die etwas modifizierte klassische Anordnung von Hertz zurückgreift. Die von ihm erzielten Energien sind zwar auch außerordentlich klein, können aber durch einen einfachen Kunstgriff gesteigert werden, der darin besteht, daß man die Funkenzahl auf mehrere Hunderttausend pro Sekunde steigert. Auf diese Weise ist es gelungen, Wellen zwischen 20 und 30 cm mit Energien bis zu etwa 70 W herzustellen. Man muß allerdings dabei die Dämpfung in Kauf nehmen, die bei den durch Röhren erzeugten Wellen nicht vorhanden ist.

Empfänger für diese Wellen liegen zurzeit noch nicht vor, werden aber in absehbarer Zeit, wie es scheint, gebaut werden können.

Wenn auch diese Wellen für den Nachrichtenverkehr noch keine Aussicht auf Anwendung haben können, so scheinen sie doch berufen zu sein, für die Untersuchung einer Reihe von Fragen auf rein physikalischem Gebiet und in der Hochspannungstechnik von großem Nutzen werden zu können. Auch scheint ihre Verwendbarkeit für medizinische Zwecke, die bereits in Angriff genommen worden ist, aussichtsreich zu sein.

Wellenlängen unter 20 cm.

Nachdem auf die angegebene Weise die Herstellung größerer Energien in der Gegend von 30 cm bereits gelungen ist, kann man mit Sicherheit hoffen, daß auch noch erheblich kürzere hergestellt werden können, deren Anwendungsgebiet in das des vorherigen Bereiches hineinfallen wird.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Herstellung sehr kurzer elektrischer Wellen einen sehr großen Schritt nach vorwärts getan hat und daß begründete Hoffnung besteht, ihr Anwendungsgebiet nach den verschiedensten Richtungen hin auszugestalten. Es wird aber noch Zeit und Arbeit kosten, bis die Unzahl der Probleme gelöst sein wird, die durch die kurzen Wellen gestellt werden.

Digitized by Google

Rundschau.

Gittergleichrichtung behandeln Y. B. F. J. Groeneveld, Balth. v. d. Pol und K. Posthumus. Unter dieser Bezeichnung wird die Gleichrichtung bei der gewöhnlichen Audionschaltung mit Gitterkondensator und Ableitungswiderstand mit positiver Gittervorspannung verstanden. Es wird vorausgesetzt, 1. daß die Belastung des Schwingungskreises durch den Gleichrichter klein sei gegen die übrigen Energieverluste; 2. daß $\partial i_g/\partial V_a = 0$, also der Gitterstrom vom Anodenpotential unabhängig sei, was durch Messungen zwischen $V_a = 0$ bis 200 V bestätigt wird. Das Gitter wird für die positive Halbwelle zur zweiten Anode und übernimmt einen Teil des Anodenstromes; die Gleichrichtung erfolgt wie in einer Zweielektrodenröhre. Die $i_g V_g$-Kurve steigt nach einer Exponentiellen an:

$$i_g = i_{g_0} \cdot \varepsilon^{(V_g - V_{g_0})/V_T}.$$

i_{g_0} und V_{g_0} sind zwei von einander abhängige Konstanten, die nur aus praktischen Gründen verschieden bezeichnet

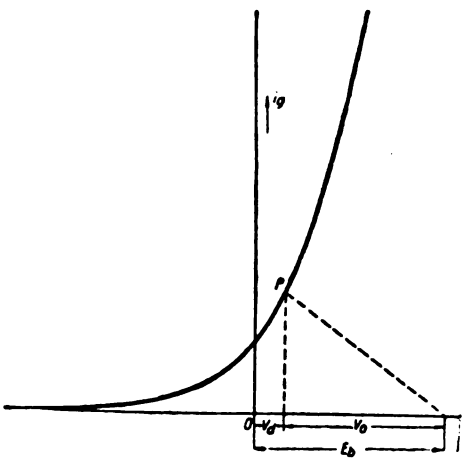


Abb. 1

werden; V_T ist die Spannungszunahme, die erforderlich ist, um den Strom auf den ε-fachen Betrag zu erhöhen. Aus der Theorie der Elektronenröhren folgt:

$$V_T = k \cdot T/e$$

($k = 1{\cdot}372$ Erg. grad^{-1} = Boltzmannkonstante; T = absolute Temperatur des Glühfadens; e = Elektronenladung).

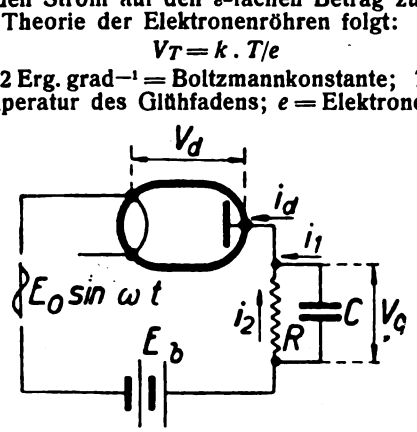


Abb. 2

$V_T = 86$ V entspricht 10^6 ° Kelvin. Der exponentielle Verlauf von i_g ist eine Folge der Maxwellschen Geschwindigkeitsverteilung der emittierten Elektronen. Ein etwaiges Kontaktpotential zwischen Gitter und Kathode, oder ein Spannungsabfall längs der letzteren, sowie die emittieirende Kathodenlänge haben nur auf i_{g_0} und V_{g_0}, nicht aber auf die Exponentialfunktion e^{V_g/V_T} Einfuß. Eine der beiden Konstanten i_{g_0} oder V_{g_0} kann willkürlich gewählt werden; zum Beispiel $i_{g_0} = 0{\cdot}1$ mA; V_{g_0} ist dann die Gitterspannung, bei der der Strom 0·1 mA ist. Bei einer Reihe von Röhren mit Oxydfäden lag V_{g_0} zwischen 0·26 und 0·58 V; V_T war sehr nahe 0·1 V entsprechend einer Fadentemperatur von 1160° K. Bei thoriumlegierten Fäden lag V_{g_0} zwischen $-0{\cdot}18$ und $-0{\cdot}27$ V; ferner war $V_T = 0{\cdot}18$ V entsprechend 2090° K. Bei Wolframfäden war schließlich $V_{g_0} = -0{\cdot}77$ V und $V_T = 0{\cdot}25$ V entsprechend 2900° K.

Die Gleichrichterwirkung. Ist E_b (Abb. 1 u. Abb. 2) die Vorspannung, $E_0 \sin \omega t$ die Signalspannung, V_c die Spannung am Kondensator, $V_d = E_b + E_0 \sin \omega t - V_c$ die Spannung Gitter-Kathode; $i_1 = C \cdot dV_c/dt$ der Strom durch den Kondensator und $i_2 = V_c/R$ der Strom durch den Widerstand, so ist $i_1 + i_2 = i_d = \varphi(V_d)$ die Gitter-Stromspannungscharakteristik und die den Vorgang bestimmende Differentialgleichung lautet:

$$C \cdot dV_c/dt + V_c/R = \varphi(E + E_0 \sin \omega t - V_c) \quad . (1);$$

Setzt man in Gl. (1) $i_d = \varphi(V_d) = i_0 \cdot \varepsilon^{V_d/V_T}$ (i_0 = Strom bei $V_d = 0$), so erhält man:

$$C \cdot dV_c/dt + V_c/R = i_0 \cdot \varepsilon^{(E_b - V_c)/V_T} \cdot \varepsilon^{E_0 \sin \omega t/V_T} \quad (8)$$

und mit $V_c/V_T = V'$, $E_b/V_T = E'_b$, $E_0/V_T = E'_0$; ferner $V' = V_0' + \delta V'$, wobei für $E_0' = 0$ auch $V' = V_0' = (i_0 R/V_T) \cdot \varepsilon^{(E_b' - V_0')}$ ist, wird:

$$C \cdot d\delta V'/dt + \delta V'/R = (V_0'/R)\{\varepsilon^{(E_0' \sin \omega t - \delta V')} - 1\} \quad (11).$$

Bei genügend großer Kapazität C des Gitterkondensators ist 1. Der Wechselstrom durch den Kondensator groß gegen den Wechselstrom durch den Ableitungswiderstand R und 2. liegt zwischen Gitter und Kathode annähernd die volle Signalspannung. Zerlegt man $\delta V'$ in einen Gleichspannungsteil $\Delta V'$ und einen Wechselspannungsteil, dessen Mittelwert bei der Integration der Gl. (11) über eine volle Periode verschwindet, so erhält man:

$$\Delta V' = V_0' \cdot \left\{ \varepsilon^{-\Delta V'} \cdot (1/T) \int_0^T \varepsilon^{E_0' \sin \omega t}\, dt - 1 \right\} \quad . (13).$$

Nun ist

$$(1/T) \int_0^T \varepsilon^{E_0' \sin \omega t}\, dt = J_0(jE_0'),$$

worin $j = \sqrt{-1}$ und J_0 eine Besselsche Funktion der Ordnung 0 ist.

Für $x < 1$ ist $J_0(jx) = 1 + (x/2 \cdot 1!)^2 + (x^2/4 \cdot 2!)^2 + + \ldots$;

für $x \gg 1$ ist $J_0(jx) = \varepsilon^x/\sqrt{2\pi x}$, uud in Ziffern:

$E_0' =$	0	1	5	10
$J_0(jE_0') =$	1·00	1·27	27·24	2815·72 usw.

Man erhält also für beliebige Signalstärken

$$\Delta V'/V_0' = \varepsilon^{-\Delta V'} \cdot J_0(jE_0') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14);$$

ferner annähernd *a*) für schwache Signale

$$\Delta V_c = (E_0^2/4\, V_T)/(1 + V_T/V_0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

b) für starke Signale

$$\Delta V'/V_0' = \varepsilon^{E_0' - \Delta V'}/\sqrt{2\pi E_0'} - 1 \quad . \quad . \quad . \quad (16).$$

Für größere Werte von E_0' kann der Unterschied $E_0' - \Delta V'$ gegenüber E_0' selbst nicht groß sein, da er im Exponenten von ε auftritt. Für $V_0' > \Delta V'$ ergibt sich als Grenzhöchstwert von $\Delta V'$:

$$\Delta V' = E_0' - {}^1/_2 \ln 2\pi E_0'.$$

Da also bei starken Signalen fast der Scheitelwert E_0' erreicht wird, kommen Unterschiede zwischen den verschiedenen Röhrentypen nur bei schwachen Signalen zum Ausdruck. Die Messungen wurden daher nur mit Signalen von höchstens 0·2 V_{eff} vorgenommen. Mittels empfindlicher Milli- und Mikroamperemeter im Anodenkreise der Röhren wurden unmittelbar die Änderungen des Anoden-Gleichstromes durch die aufgedrückten Signalspannungen gemessen. Das annähernd quadratische Gesetz für schwache Signale wurde so bestätigt. Formel (15) gibt indeß die Meßergebnisse nicht genau wieder, da bei zunehmendem E_b auch ΔV bis auf $E_0^2/4 V_T$ zunehmen müßte, während die Messungen ein Maximum bei $E_b = 0{\cdot}7$ bis 0·8 Volt ergeben, worauf ΔV wieder rasch abnimmt. Die Gittercharakteristik entspricht eben an der Stelle des Maximums nicht mehr einer Exponentialfunktion. Das Maximum ergibt ferner bei dem verwendeten Gitterwiderstande $R = 0{\cdot}6$ Megohm bei weitem noch nicht den Betrag $E_0^2/4\, V_T$, da hiefür

Digitized by Google

viel höhere, praktisch nicht mehr brauchbare Ableitungswiderstände erforderlich wären. Die maximale Gleichrichterwirkung zeigte sich bei allen Röhrentypen und Anodenspannungen zwischen 40 und 100 V von letzteren nur sehr wenig abhängig. Sie ist bei Oxydröhren höher als bei Thoriumröhren und bei diesen wieder höher als bei Wolframröhren. Bei einer Signalstärke von 0·12 V_{eff} wurden ungefähr folgende Höchstwerte von ΔV erhalten:

	Oxydröhren		Thoriumr.	Wolframr.
Bezeichnung	A 409	B 406	C 509	D II.
Durchgriff	11	17	11	10
Steilheit	1·0	1·4	1·0	0·4
Inn. Widerstand	9000	4300	9000	25 000 O.
ΔV_{max}	0·03	0·04	0·025	0·015.

Im allgemeinen ist die Gleichrichterwirkung ΔV der Temperaturspannung V_T umgekehrt proportional. R. H. (Jahrbuch der drahtl. Telegr. u. Teleph., Band 29, H. 5; Mai 1927.)

Die Frequenzsteigerung vermittels stark gesättigter Transformatoren behandelt M. Osnos, wobei er folgende Arten von Frequenztransformatoren unterscheidet: 1. Transformatoren ohne Gleichstromwicklung: 2. solche mit Gleichstromwicklung und einem Kern und 3. solche mit Gleichstromwicklung und zwei Kernen. Bei allen Arten wird der Primärwicklung Sinusstrom zugeführt. Ist bei der ersten Art dieser Strom genügend stark, so steigt die magnetische Induktion zu Anfang jeder Halbperiode in der Zeit t_s von Null bis zur Sättigung B_s an, bleibt dann längere Zeit konstant und fällt erst wieder zu Ende der ersten Halbperiode von B_s auf Null ab, um zu Beginn der zweiten Halbperiode in entgegengesetztem Sinne von Null auf $-B_s$ anzuwachsen (Zeitdauer der Gesamtänderung $= 2t$), hierauf

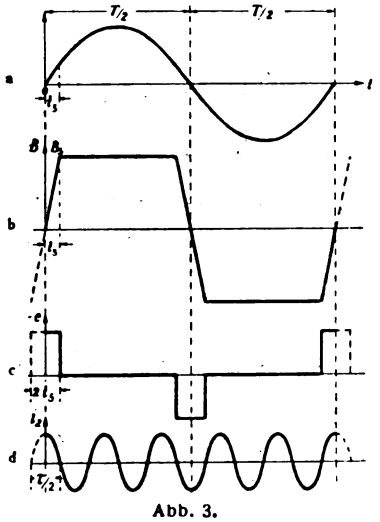


Abb. 3.

wieder längere Zeit konstant zu bleiben und schließlich am Ende der zweiten Halbperiode innerhalb der Zeit t_s wieder auf Null zurückgehen. Abb. 3 zeigt in Kurve *a)* den erregenden Sinusstrom und in Kurve *b)* schematisch den Verlauf der magnetischen Induktion. Während diese konstant bleibt, wird in der Sekundärwicklung keine Spannung induziert, da diese der Änderung dB/dt proportional ist; nur in den kurzen Zeitabschnitten $2t_s$ zu beiden Seiten der Nulldurchgänge wird entsprechend dem konstanten dB/dt eine konstante, abwechselnd positive und negative Spannung induziert, wie die Kurve 1 *c)* andeutet. Koppelt man die Sekundärwicklung mit einem Schwingungskreise, der auf die in Kurve 1 *d)* gezeichnete Frequenz, oder überhaupt auf ein ungerades Vielfaches $\omega_s = n\omega$ der ursprünglichen Kreisfrequenz abgestimmt ist, so wird dieser beim jedesmaligen Durchgange der Induktion durch Null angestoßen und liefert, soferne der Anstoß zur Deckung der Energieverluste während jeder Halbperiode des Primärstromes ausreicht, dauernd ziemlich ungedämpfte Schwingungen. Man erkennt leicht aus Abb. 3, daß eine längere Dauer des erregenden Spannungsstoßes als die halbe Periodendauer der vervielfachten Frequenz $\tau/2$ schädlich wäre, weil der Steigerung der Amplitude eine Abschwächung vorausginge und nachfolgte, die den Erfolg nur beeinträchtigen könnte. Die günstigste Dauer des Spannungsstoßes ist daher $2t_s = \tau/2$. Ist i_s die Stromstärke in der Primärwicklung, bei der Sättigung eintritt und J die Amplitude des Primärstromes, so ergibt sich aus dieser Forderung die Gleichung

$$n = \pi/2 \arcsin(i_s/J); \quad i_s = J \cdot \sin(\pi/2n),$$

die sich im konkreten Falle leicht auswerten läßt. Frequenztransformatoren mit einer dritten, mit Gleichstrom gespeisten und durch eine Drosselspule gegen die Überlagerung von Wechselstrom geschützten Wicklung zeigen im allgemeinen ähnliche, aber in gewissen Punkten abweichende Verhältnisse. Der konstante Strom i_g in der Gleichstromwicklung wird so gewählt, daß er die gleiche AW-Zahl liefert, wie der Sättigungsstrom i_s. Nimmt man gleiche Windungszahlen in beiden Wicklungen an, so ist $i_g = i_s$ zu wählen. Hiedurch wird während einer ganzen Halbperiode der Sättigungszustand aufrecht erhalten, dagegen während der nächsten Halbperiode abgekürzt, so daß die beiden entgegengesetzten sekundären Spannungsstöße an den Anfang und das Ende dieser zweiten Halbperiode zusammenrücken. Ist ihre Dauer wieder $2t_s = \tau/2$, so sieht man, wenn man sich die in diesem Sinne abgeänderte Kurve der Abb. 3 entwirft, daß nunmehr $\omega_s = n\omega$ ein gerades Vielfaches der Primärfrequenz ω sein muß. Es gilt wieder die Gleichung $i_g = i_s = J \cdot \sin(\pi/2n)$. Die Frequenztransformatoren mit Gleichstromwicklung und zwei Kernen bestehen aus zwei einfachen Frequenztransformatoren mit Gleichstromwicklung. Ihre Primärwicklungen sind in Reihe auf dieselbe Wechselspannung und ebenso ihre Tertiärwicklungen auf dieselbe Batterie und dieselbe Drosselspule in Reihe geschaltet. Der Umlaufsinn des Gleichstromes in den beiden Gleichstromwicklungen ist jedoch derart, daß in der Sekundärwicklung des einen Kernes die beiden Spannungsstöße am Anfang und Ende der einen Halbperiode, in der Sekundärwicklung des zweiten Kernes dagegen am Anfang und Ende der zweiten Halbperiode liegen. Koppelt man nun die beiden Sekundärwicklungen in entsprechendem Sinne mit dem wieder auf ein gerades Vielfaches $\omega_s = n\omega$! abgestimmten Schwingungskreise, so kann man bewirken, daß rechts und links von jedem Nullpunkte des primären Wechselstromes je ein Spannungsstoß auftritt, wobei je zwei aneinander grenzende Spannungsstöße entgegengesetztes Vorzeichen haben. Ist die Stoßdauer $2t_s$ des einzelnen Kernes die gleiche geblieben, wie beim Frequenztransformator mit einem Kern, so hat sich an den Verhältnissen nichts geändert, als daß die Anzahl der Stöße in einer Primärperiode verdoppelt wurde. Kehrt man jedoch den Kopplungssinn der einen Sekundärwicklung um, so erhält man jetzt wieder zum Nullpunkt symmetrische Stöße, wie beim Transformator ohne Gleichstromwicklung; jedoch von doppelter Dauer $4t_s$ und daher ungerade Vervielfachung, wobei natürlich auch der Schwingungskreis zweckmäßig auf die halbe Frequenz $\tau/2 = 4t_s$ einzustellen ist. Ist $n\omega$ diese entsprechende Frequenz, so ist nunmehr $i_s = J \cdot \sin(\pi/4n)$ und $n = \pi/4 \arcsin(i_s/J)$ zu setzen. Im Anhange liefert der Verfasser noch einen strengeren analytischen Beweis, daß am besten $2t_s = \tau/2$ zu machen ist. R. H.
(Telefunken-Zeitung, Nr. 45/46, 1927.)

Eine Schallregistriervorrichtung zur Aufnahme der Frequenzkurven von Telephonen und Lautsprechern beschreiben Martin Grützmacher und Erwin Meyer. Sie ist der von B. S. Cohen, A. T. Aldridge und W. West[1]) verwendeten ähnlich (Abb. 4). Die Telephone oder Lautsprecher werden mit Wechselstrom von einer zwischen 0 und 10 000 Hertz veränderlichen Tonfrequenz aus einem Überlagerungsgenerator („Überlagerungssummer") gespeist. Die Schalleistung wird durch ein

[1]) Journ. I. E. E., 64, S. 1023; 1926; siehe auch E. u. M. 1927, S. 60.

Digitized by Google

Kondensatormikrophon von kleinen Abmessungen aufgenommen, das den Lautsprechern gegenüber aufgestellt, mit den Telephonen jedoch durch einen künstlichen Gehörgang aus Messing verbunden wird. Die Wechselspannung des Kondensatormikrophons wird einer Verstärkeranordnung, dem „Schallaufnahmegerät", und nach dem Verstärker über einen Gleichrichter einem kleinen Dieselhorstschen Spiegelgalvanometer von S. & H. zugeführt, dessen Ablenkungen mittels eines Lichtstrahls auf einer zylindrischen, durch ein Uhrwerk innerhalb 5 min um 360° gedrehten Trommel registriert werden. Mit der Trommel ist ein Drehkondensator so gekuppelt, daß er sich in 5 min um 180° dreht und dabei die Schwebungsfrequenz des Überlagerungssummers von 0 bis 10 000 Hertz ändert. Würde der Kondensator in einem Schwingungskreise für sich allein verwendet, so besäße er eine geradlinige Frequenzskala; in Parallelschaltung mit dem festen Kondensator des Anodenkreises entsprechen jedoch den tiefen Frequenzen wesentlich größere Abschnitte auf dem Trommelumfange als den höheren, was als Annäherung an die logarithmische Frequenzskala vorteilhaft erscheint.

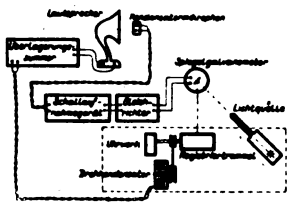


Abb. 4.

Der Überlagerungssummer besteht aus zwei Hochfrequenzgeneratoren mit je einem Widerstandsverstärker; der eine Generator liefert eine feste Hochfrequenz von etwa 200 Kilohertz und großer Amplitude, der andere eine durch den oben erwähnten Drehkondensator veränderliche Frequenz von kleiner Amplitude. Die Kondensatoren der beiden Widerstandsverstärker sind parallel mit dem Gitter ein und derselben Gleichrichter-

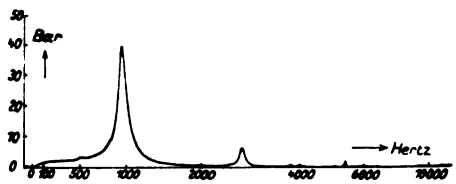


Abb. 5.

röhre verbunden, die nach dem Prinzipe des „Richtverstärkers" arbeitet; sie stellt eine Widerstandsverstärkerstufe dar; der Scheitelwert der festen Hochfrequenzschwingung liegt etwa auf der Mitte des geradlinigen Teiles der Kennlinie und erscheint durch die überlagerte veränderliche Frequenz schwach moduliert. Die Hochfrequenz fließt durch den Anodenwiderstand ab, während ihr der Weg zu den nächstfolgenden drei parallel geschalteten Gitterkondensatoren durch eine

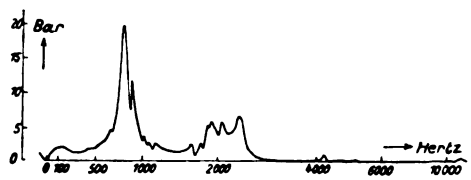


Abb. 6.

zweistufige Hochfrequenzdrosselkette, die nur die Niederfrequenz durchläßt, versperrt ist. Der erste der drei Gitterkondensatoren führt zu einer Widerstandsverstärkerstufe, die die zu prüfenden Lautsprecher und Telephone speist; der zweite zu einer eben solchen Stufe, an die eine Frequenzmeßbrücke angeschlossen werden kann, und der dritte zu einem Röhrenvoltmeter. Die Frequenz-Spannungskurve des Überlagerers verläuft sehr gleichmäßig und hält sich bei der Änderung der Frequenz durch den Drehkondensator von etwa 40 bis 10 000 Hertz innerhalb der Grenzen von 7 bis 9 V mit einem flachen Maximum bei 2500 Hertz. Unter 40 Hertz fällt die Spannung rasch ab, was auf die Eigenschaften der Widerstandsverstärkung zurückzuführen ist. Das Kondensatormikrophon entspricht der Konstruktion von E. C. Wente[2]) mit der Abweichung, daß die feste Gegenplatte wegen der besonderen Art der Eichung möglichst ebenso groß gewählt wurde, wie die 0·05 mm dicke Messingmembran von 2·5 cm Durchmesser. Die Frequenz-Spannungskurve des unmittelbar mit der konstanten Spannung des Überlagerungssummers mechanisch erregten Mikrophons steigt von 0 Hertz steil zu einem Maximum bei etwa 100 Hertz an und sinkt hierauf zuerst rasch, dann immer langsamer ab,

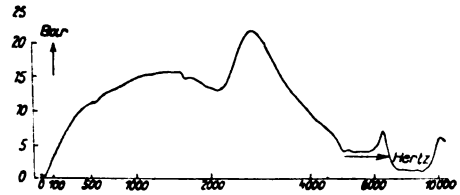


Abb. 7.

so daß die Spannung bei 10 000 Hertz nur mehr $^1/_4$ des Maximums beträgt. Das Mikrophon befindet sich dabei im Anodenschwingungskreise eines mit einer Gleichrichterröhre über einen festen Zwischenkreis gekoppelten Hochfrequenzgenerators von 100 m Wellenlänge. Durch eine Hochfrequenzdrossel zwischen Mikrophon und Überlagerer wird dem Übertritt von Hochfrequenz auf den Summer, durch einen sehr kleinen mit dem Mikrophon in Reihe geschalteten Kondensator und durch sehr lose Kopplung mit dem Gleichrichterrohr dem Übertritte von Niederfrequenz in den Hochfrequenzkreis vorgebeugt. Verändert man die Kapazität des Mikrophons, so beschreibt der Anodenstrom des Gleichrichterrohres, der an einem Milliamperemeter abgelesen werden kann, eine Resonanzkurve; man stellt den festen Schwingungskreis nach Riegger bei nur an Gleichspannung liegendem Mikrophon auf halbe Höhe der Resonanzkurve

Abb. 8

ein, wodurch sich kleine Frequenzänderungen proportional in Amplitudenänderungen verwandeln. Auf das Gleichrichterrohr folgt wieder eine Hochfrequenzdrossel und ein dreistufiger Widerstandsverstärker. Sind V_0 und V_1 die erregenden Gleich- und Wechselspannungen, so ist die auf die Membran wirkende Druckamplitude $p_{eff} = k \cdot 2 V_0 V_1$. Die Konstante k wird bestimmt, indem man einen auf die Membran wirkenden gemessenen

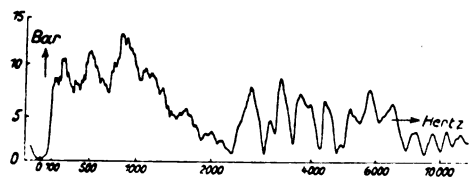


Abb. 8 *a*.

konstanten Druck p_0 durch eine Gleichspannung V_0 kompensiert; es ist dann $k = p_0/V_0^2$.

Eine besondere Untersuchung wurde der Wirkung des Luftpolsters auf das Mikrophon gewidmet, welche zeigte, daß die Membran im Vakuum nur die ihren theoretisch errechenbaren Eigenschwingungen entsprechenden scharfen Resonanzspitzen aufwies, wogegen der spitzenfreie Verlauf der oben beschiebenen Spannungskurve dem Luftpolster zuzuschreiben ist. Die verbleibende Unregelmäßigkeit konnte durch eine an Stelle

[2]) Phys. Review, 19, S. 498, 1922.

Digitized by Google

des Anodenwiderstandes der vorletzten Verstärkerstufe des vorbeschriebenen Schallaufnahmegerätes eingeschaltete Reihenschaltung aus Widerstand und Induktanz fast vollkommen kompensiert werden, so daß zwischen 40 und 10 000 Hertz die Frequenz-Schalldruckkurve bei Erregung mit konstanter Wechselspannung nur mehr sehr flache Schwankungen von ± 5 vH aufwies. Der auf das Schallaufnahmegerät folgende „Gleichrichter" bestand aus einer Verstärkerröhre B 0 von S. & H., bei der das Gitter mit der Anode verbunden wurde, so daß sie als einfache Ventilröhre wirkte. Das Ventilrohr bildete mit zwei in Reihe geschalteten Widerständen zusammen einen Stromkreis. An den Enden des einen Widerstandes von 100 000 Ohm waren die Ausgangsklemmen des Schallaufnahmegerätes angeschlossen, an die des anderen Widerstandes der Galvanometerkreis mit Vorschalt- und Nebenschlußwiderstand zur Einstellung der passenden Empfindlichkeit. Diese wurde so niedrig gewählt (auf 10 cm Lichtzeigerweg je 11 V oder noch mehr), daß die untere Krümmung der Röhrencharakteristik möglichst unterdrückt und ein der Wechselspannung proportionaler Ausschlag erzielt wurde. Die Abb. 5, 6, 7 liefern die Frequenz-Schalldruckkurven von drei verschiedenen, mit konstanter Spannung erregten Telephonen, und zwar eines großen elektromagnetischen Fernhörers niedriger Ohmzahl, eines hochohmigen elektromagnetischen Rundfunkhörers und eines elektrostatischen Kopfhörers, unter denen der letztere einen erheblichen Fortschritt bedeutet. Abb. 8 und 8 *a* zeigen das Schallfeld ein und desselben Lautsprechers in und außer der Achse und lassen sehr deutlich die Richtwirkung auf die hohen Frequenzen erkennen. R. H.

(Elektr. Nachrichten-Technik, Bd. 4, H. 5, 1927.)

Drei Demonstrationsversuche auf dem Gebiete der Schwingungstechnik beschreibt Helmut Sell. 1. Ein mechanisches Analogon der Zieherscheinungen gekoppelter elektrischer Schwingungskreise. Die Resonanz eines Schwingungskreises mit einer Eisen enthaltenden Spule besitzt keine feste Lage, da die Induktivität von der Amplitude abhängt; nähert man sich von den niedrigen Frequenzen ausgehend dem Resonanzpunkt, so weicht er gewissermaßen nach höheren Frequenzen hin aus. Ist nämlich eine Stromstärke erreicht, bei der die mittlere Permeabilität mit wachsender Stromstärke abnimmt, so nimmt auch die Induktivität ab und die Resonanzfrequenz erhöht sich. Schließlich wird der Resonanzpunkt erreicht, da das Anwachsen der Stromstärke und die Abnahme der Induktivität nicht unbegrenzt fortschreiten kann. Läßt man nun die Frequenz wieder sinken, so bleibt die Resonanz in einem größeren Frequenzbereiche bestehen, da nunmehr der Wiederabnahme der Stromstärke eine Zunahme der Permeabilität und Induktivität, also eine Senkung des Resonanzpunktes entspricht. Die Resonanz verschwindet dann erst bei einer niedrigeren Frequenz als jene war, bei der sie auftrat. Die gleiche Erscheinung tritt auch in mechanischen Schwingungssystemen, zum Beispiel bei einem wechselstromdurchflossenem, in einer Vakuumröhre geradlinig ausgespannten Wolframglühfaden auf, dessen Mitte sich im Felde eines Hufeisenmagnets befindet. Ein solcher an beiden Enden eingespannter Faden von 60 cm Länge kann zum Beispiel in einem Frequenzbereiche von mehreren Oktaven des erregenden Wechselstromes mit fünf Bäuchen schwingen, ohne daß sich hiebei etwas anderes als die Amplitude ändert. Da durch diese die mittlere Fadenspannung bedingt wird, ist auch hier die Abhängigkeit der Eigenfrequenz von der Amplitude die Ursache der Erscheinung. Auch wenn man bei ungeänderter Frequenz die Stromstärke und damit wegen der Wärmeausdehnung auch die Fadenspannung ändert, bleiben die fünf Bäuche bestehen. (Da die Amplitude im echten Resonanzfalle dadurch bedingt ist, daß die zugeführte Energie eben die Verluste deckt, dürfte auch die Form der Abhängigkeit der Verluste von der Amplitude beim „Ziehen" eine wesentliche Rolle spielen, weil sonst die Energiebilanz eine Phasenverschiebung erfordern, also nicht mehr echte Resonanz bestehen würde. D. Ber.)

2. Die Schalldüse als hochempfindliche elektrische Meßmethode. Bringt man vor einer Telephonmembran eine Luftkammer mit einer düsenartigen Öffnung an, so erzeugen die Schwingungen der Membran eine kräftige Blaswirkung, die man durch die Ablenkung eines mit einem kleinen Flügel versehenen Zeigers, oder besser durch Abkühlung eines Bolometerdrahtes messen kann. Während nämlich die eingesogene Luft aus allen Richtungen nach der Düse strömt, wird der ausgeblasene Strahl nahe der Düsenachse zusammengedrängt, da die lebendige Kraft der bewegten Luft seiner Ausbreitung entgegenwirkt. Benützt man als Schallquelle ein Resonanztelephon mit einer sehr leichten, stark gespannten Membran aus 0·02 mm starker Bronzefolie, in deren Mitte eine kleine Eisenscheibe aufgelötet ist, und erregt das Telephon mit einer Frequenz, die etwa der halben seiner Resonanzkurve entspricht, so setzen sich Frequenzänderungen fast proportional in Amplitudenänderungen um, die mittels der vorerwähnten Blaswirkung gemessen werden können. Ist die Wechselstromquelle ein Röhrengenerator, so bewirken kleine Induktivität- oder Kapazitätsänderungen kräftige Änderungen der Bolometerausschläge. Abb. 9 zeigt den Röhrengenerator mit Resonanztelephon und Düsenbolometer in der vom Verfasser verwendeten Schaltung für kleine Induktionsänderungen. *E* ist die Erregerspule des Resonanztelephons, *R* die Resonanzmembrane, *D* die Düse, mit H_1, H_2 sind geheizte Platinspiralen, mit r_1, r_2 Kompensationswiderstände bezeichnet, B_h ist die Heizbatterie. Der Niederfrequenztransformator trägt drei Wicklungen, von denen eine durch eine kleine Induktionsspule, die „Meßspule" geschlossen ist. Das „Demonstrationsinstrument" mit 0·5 m Skalenlänge besitzt einen Meßbereich von 15 mA bei 20 Ohm innerem Widerstande. Die Annäherung einer kleinen Messingscheibe von 1 mm Stärke und 30 mm Durchmesser bringt einen den obigen Meßbereich weit überschreitenden Ausschlag hervor. Leitfähigkeitsvergleiche lassen sich nach Kompensation des Grundausschlages leicht vornehmen; der Unterschied zwischen Kupfer und Blei entspricht etwa dem vollen Ausschlage des Instrumentes. Ebenso empfindlich ist der Apparat für Permeabilitätsänderungen von Eisendrähten, die in die Meßspule eingeführt werden. Die Permeabilität kann dabei durch Annäherung eines permanenten Magneten oder durch Erwärmung mittels eines durch den Eisendraht fließenden Stromes geändert werden. In letzterem Falle kann man die ganze Permeabilitätskurve bis über den Curiepunkt hinaus aufnehmen, muß jedoch hiezu die Empfindlichkeit des Instrumentes stark verringern. Höhere Empfindlichkeit erhält man durch die Verwendung eines Überlagerungsgenerators aus zwei Hochfrequenzgeneratoren an Stelle des einen Tonfrequenzgenerators. Bringt man den Kondensator des einen Hochfrequenzgenerators in ein geschlossenes Gefäß, in dem man den Luftdruck mittels eines Gummiballons etwas ändern kann, so zeigt sich die die Druckerhöhung begleitende Kapazitätserhöhung deutlich durch den Bolometerausschlag an. Der Vergleich der Dielektrizitätskonstanten von Gasen erscheint hiedurch sehr erleichtert.

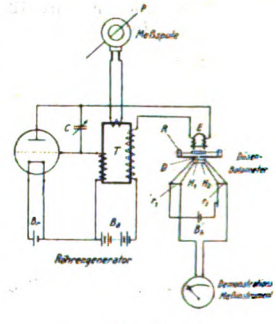


Abb. 9.

3. Demonstrationsversuche mit leichten Membranen. Leichte Membranen, denen eine Luftkammer mit einer durch einen Schieber kontinuierlich veränderlichen Öffnung vorgelagert wird, werden durch diese Luftkammer sehr erheblich in ihrer Eigenschwingung und Dämpfung beeinflußt. Der Verfasser benutzte eine stark gespannte Phosphorbronzefolie von 0·01 mm Stärke, die in der Mitte ein kleines Eisenplättchen trug und daher eine sehr ausgeprägte Eigenschwingung zeigte. Die Membran wurde durch einen Telephon-

Digitized by Google

magnet in Schwingungen versetzt, die mit Hilfe eines der Membran gegenübergestellten Mikrophons durch Rückkopplung erzeugt wurden. Das Ausklingen der so erregten Schwingungen und damit die Dämpfung und Eigenfrequenz der Membran wurde mit dem Oszillographen aufgenommen. Bei ganz geöffneter Luftkammer tritt die Eigenfrequenz der Membran auf und die Dämpfung ist gering, da das Luftpolster in diesem Falle unwirksam ist. Wird die Öffnung der Luftkammer verengt, so wird die Dämpfung durch die Luftreibung erhöht und die Eigenfrequenz wird zunächst immer tiefer. Bei ziemlich kleiner Öffnung wird das System sogar aperiodisch, so daß die Anregung der Membran nicht mehr gelingt. Verschließt man die Öffnung jedoch ganz, so wird die Dämpfung wieder gering und der Eigenton höher als bei ganz offener Kammer, da das Luftpolster in diesem Falle nur durch die Erhöhung der elastischen Kraft wirkt. Bei einem Trichterlautsprecher ist der Eigenton der Membran ohne Trichter viel höher, als mit Trichter. Ein Spezialtelephon von S. & H. für Schwerhörige, das eine Folienmembran mit Luftreibungsdämpfung besitzt, erwies sich als so gut gedämpft, daß der Eigenton schon nach 6 Perioden abgeklungen war, während bei einem gewöhnlichen Rundfunkhörer mehr als 50 Perioden hiezu erforderlich waren. R. H.

(Z. f. Techn. Physik, Nr. 6, 1927.)

Patentbericht.

Kondensatoren für Schwachstrom.

(Schluß aus Heft 13, Seite 123.)

Veränderliche Kondensatoren.

Eine Erfindung von G. K. Johanson in Skärsätra (Schweden) betrifft ein Verfahren zur Herstellung solcher Kondensatoren, die aus zwei Bändern aus leitendem Material bestehen, die in Spiralen aufgewickelt sind, welche mehr oder weniger ineinandergeschoben werden können. Die bisher bekannten Kondensatoren dieser Gattung werden in der Weise hergestellt, daß jede Spirale an einer Metallplatte befestigt wird, die zu diesem Zweck mit einer Spiralnut ausgerüstet ist, in die die Spirale eingesetzt wird. Dieses Verfahren ist aber sehr zeitraubend und daher teuer. Gemäß der Erfindung werden Bänder 1, 2 (Abb. 5) an einer Kante zusammen mit Zwischenlagen 3, 4 aus Drähten oder schmaleren Bändern aufgewickelt, so daß die Zwischenschenlagen die Spiralwindungen in den richtigen gegenseitigen Abständen halten. Die Zwischenlagen können aus leitendem Material bestehen, so daß sie unmittelbare leitende Verbindungen zwischen den Spiralwindungen bilden, und schließlich können die Bänder nach der Aufwicklung mit den Zwischenlagen zusammengelötet werden, so daß zwei Scheiben mit aus ihnen hervorragenden Spiralwindungen gebildet werden. Mit Hilfe des Handgriffes 10 kann die Spirale 1 in die Spirale 2 hineingeschoben werden. Durch die Stange 11, die auch als Führungsstange für die Spirale 1 dient, wird eine Drehung dieser Spirale verhindert. (D. R. P. Nr. 429874.)

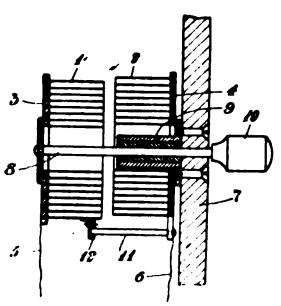


Abb. 5.

Einen Drehkondensator mit Feineinstellung hat Dr. Moritz Fichman in Wien angegeben. Es sind Vorrichtungen zur Feineinstellung bekannt, bei denen entweder die Verdrehung der Platten durch einen besonderen Antrieb feinfühlig gestaltet wird, oder es ist eine besondere Zusatzplatte erforderlich, die gesondert verdrehbar und einstellbar ist. Um die Einstellung bei Drehkondensatoren gegenüber den bekannten Ausführungen noch feinfühliger zu gestalten und die Feineinstellung in der einfachsten Weise zu bewirken, ist gemäß der Erfindung die Anordnung derart getroffen, daß der Zwischenraum zwischen der obersten Platte des festen Plattensatzes und der benachbarten Platte des drehbaren Plattensatzes fein einstellbar ist. Zu diesem Zweck ist die oberste Platte des festen Plattensatzes an einem ihrer Stützpunkte frei und nach aufwärts gebogen, so daß sie sich federnd gegen einen verstellbaren Anschlag stützt, der durch eine Schraube gebildet wird. Durch Verdrehen der Schraube wird die Feineinstellung betätigt. Die Vorrichtung kann auch in fertige Kondensatoren eingebaut werden.

(Ö. P. Nr. 106680.)

Die bekannten Drehkondensatoren mit Grob- und Feineinstellung besitzen den Nachteil, daß beim Übergang von Fein- auf Grobeinstellung besondere Umschaltungen oder dergleichen notwendig sind, wodurch die Bedienung erschwert wird. Auch werden Feststellvorrichtungen benötigt, die das bewegliche Plattensystem in einer bestimmten Stellung festhalten. Nach einer Erfindung der Firma Siemens & Halske A.-G. (Dipl. Ing. Otto Weber) (Abb. 6) werden diese Nachteile unter wesentlicher Vereinfachung des Aufbaues und der Bedienung des Kondensators dadurch beseitigt, daß die Oberseite der federbelasteten losen Scheibe 3 eines

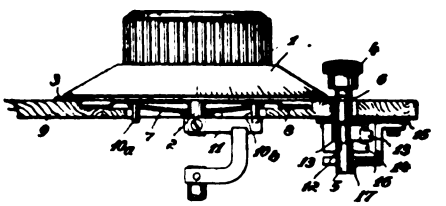


Abb. 6.

Reibungsgetriebes für die Feineinstellungsvorrichtung mit der Unterseite des Einstellknopfes 1 der Grobeinstellungsvorrichtung in ständiger Reibungskupplung steht und der Rand der Scheibe 3 mit der Achse 5 der Feineinstellungsvorrichtung entweder ebenfalls durch Reibung oder durch Stirnräderverzahnung ständig gekuppelt ist. Dabei legt sich eine den Kupplungsdruck der losen Scheibe 3 erzeugende Sattelfeder 7 gegen den die Kupplung mit dem Drehsystem bewirkenden Mitnehmer 11 des Einstellknopfes 1 an. Die Achse 5 ist einerseits in einer Lagerplatte 15 schwingbar gelagert und andererseits in einem Schlitz 17 geführt, wobei sie durch die Spannung einer quer zu ihr angeordneten Bandfeder 13 in die Kupplungsstellung gedrückt wird.

(Ö. P. Nr. 106587.)

Bei Drehkondensatoren wird die Drehbewegung der um eine gemeinsame Achse beweglichen Lamellen überwiegend mittels Anschlagstifte begrenzt, von denen der eine an der Achse und der andere an der Deckplatte befestigt ist. Diese Begrenzung hat den Nachteil, daß eine genaue Einstellung der Anschläge sehr schwer und ein nachträgliches Justieren unmöglich ist. Eine Erfindung der Firma Laissle & Rieker G. m. b. H. in Berlin beseitigt diese Mängel. Zu diesem Zweck ist an dem Lager, das in der Deckplatte ruht, selbst der Gegenanschlag vorgesehen. Das Lager trägt zum Beispiel in einer Aussparung einen Ringteil, gegen welchen sich der Anschlagstift der Achse legt. Man kann also jederzeit, auch wenn der Kondensator zusammengebaut ist, den Anschlag dadurch verstellen, daß man das Lager in der Deckplatte um ein geringes dreht und dann erst festzieht. (D. R. P. Nr. 442087.)

Die bei Drehkondensatoren benützten Feineinstellungen haben den Mangel, daß die Feineinstellungsbewegung nicht bei jeder Stellung des Grobkondensators gleiche prozentuale Änderungen der Kapazität hervorruft. Vielmehr bleibt die von der Feineinstellungsbewegung bewirkte Änderung der Kapazität ihrer absoluten Größe nach konstant, wechselt also in ihrem prozentualen Verhältnis zu der mit der Grobeinstellung zunächst eingestellten Gesamtkapazität in außerordentlich weiten Grenzen. Es verändert sich also die Empfindlichkeit der Feineinstellung. Aufgabe einer Erfindung der Firma Neufeldt & Kuhnke (Conrad Hermannsen) in Kiel ist es, einen Drehkondensator mit einer Feineinstellung zu versehen, die bei gleicher Größe der Feineinstellungsbewegung stets proportionale Änderungen in der Gesamtkapazität hervorruft. Diese

Digitized by Google

Aufgabe ist dadurch gelöst worden, daß mindestens eine der außenliegenden Kondensatorplatten in der Achsrichtung des Drehkondensators beweglich angeordnet ist. Es ist zum Beispiel die äußerste Platte des bei der Grobbewegung feststehenden Plattensatzes in einem durch Schneiden gebildeten Scharnier gelagert. Sie trägt einen über diese Lagerung hinausreichenden Arm, der zur Übertragung der Feineinstellungsbewegung auf die Platte dient. Man kann also die Platte der ihr gegenüberstehenden Belegung nähern oder sie von ihr entfernen. Bei Drehkondensatoren mit etwa 500 cm Kapazität ermöglicht schon die Beweglichkeit einer Endplatte eine Kapazitätsänderung in der Höhe von über 3 vH, die für die Feineinstellung vollkommen ausreicht. (D. R. P. Nr. 432278.)

Bei Drehkondensatoren mit Feineinstellung mit zwei drehbeweglichen Plattensystemen, bei welchen die Drehachse des einen Plattensystems als Hohlachse ausgebildet ist und zur Führung des anderen Plattensystems dient, ist es bekannt, Bremsvorrichtungen, beispielsweise Bremsfedern, einzubauen, um zu verhindern, daß infolge der auftretenden Reibung zwischen den beiden Drehachsen beim Verstellen des einen Drehplattensystems das andere Drehplattensystem mitverstellt wird. Durch diese Bremsfedern werden das eine oder das andere Drehplattensystem oder auch die Drehplatten des Grob- und des Feinkondensators abgebremst. Ferner ist es bekannt, zur Stromzuführung von einem Drehplattensystem zu einem festen Anschlußkontakt eine Schleifkontaktfeder zu verwenden, welche die Drehachse dieses drehbeweglichen Systems umschließt. Nach einer Erfindung von Ernst Glaser in Charlottenburg wird die Schleifkontaktfeder gleichzeitig als Bremsfeder zum Abbremsen des Drehplattensystems des Feinkondensators ausgebildet. Zu diesem Zwecke wird die die Drehachse des Feinkondensators umschließende Ausbohrung der Feder ausgestülpt, so daß sie sich mit dieser Ausstülpung bremsend gegen die Drehachse des Feinkondensators anlegt.

(D. R. P. Nr. 430100.)

Bei den meisten der bisher bekannten Konstruktionen von Drehkondensatoren wird Luft als Dielektrikum verwendet. Um zu verhindern, daß die festen Platten mit den beweglichen in Berührung geraten, darf der Abstand zwischen beiden Plattenarten nicht zu klein sein, was die Kapazität ungünstig beeinflußt. Dieser Abstand wird durch Zwischenlagen an den Verschraubungsstellen zu erhalten gesucht, wobei eine umständliche und kostspielige Montage nötig wird. Auch bei den Drehkondensatoren, bei welchen die Platten in ein festes Dielektrikum eingebettet sind, ist dieselbe Art des Aufbaues angewendet. Eine Erfindung (Abb. 7) von Dr. Ing. Arthur Sommerfeld in Freiburg i. Br. besteht darin, daß das Dielektrikum, in dem die festen Platten *a* eingebettet sind, als Scheibe *b* mit umlaufendem Rand ausgebildet ist und in dem durch den umlaufenden Rand gebildeten Raum die bewegliche Platte *d* untergebracht ist. Der Abstand zwischen den Platten *a* und *d* wird hiedurch sehr klein und wird auch, da die bewegliche Platte eine gute Auflage findet, sicher eingehalten, ohne daß ein Kontakt zwischen beiden Plattenarten eintreten kann. (D. R. P. Nr. 445622.)

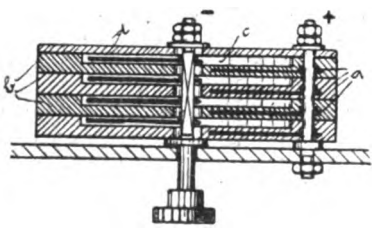


Abb. 7.

Ein von Franz Pavlan in Wien angegebener Kondensator besitzt an Stelle der Plattenpakete Schraubenflächen, durch deren Ineinanderdrehen die Kapazitätsänderung erreicht wird. Die Statorschraube *St* (Abb. 8) und die Rotorschraube *R* sind in die Dose *D* aus Isoliermaterial eingebaut. An der ebenfalls aus Isoliermaterial bestehenden Achse *X* und an der inneren Zylinderfläche der Dose *D* sind zwei gleichlaufende, um den einzuhaltenden Flächenabstand voneinander entfernte Schraubengewinde *Gr* und *Gst* eingeschnitten, welche den inneren und äußeren Rändern der Schraubenflächen als Führungsnuten dienen. Die Statorschraube *St* ist auf ihrer ganzen Länge in die Führungsnut *Gst* eingeschraubt und mit der Anschlußschraube *Ast* leitend verbunden. Die Rotorschraube *R* ist nur mit ihrem vordersten Teil einen Schraubengang tief in die Führungsnut *Gr* eingedreht. Der übrige Teil der Rotorschraube ist in den unter dem Deckel *E* befindlichen gewindelosen Teil der Dose mäßig zusammengedrückt und mit der Anschlußschraube *Ar* leitend verbunden. Durch Drehen des Deckels *E* schraubt sich die Rotorschraube in die Statorschraube hinein und die Kapazität nimmt zu.

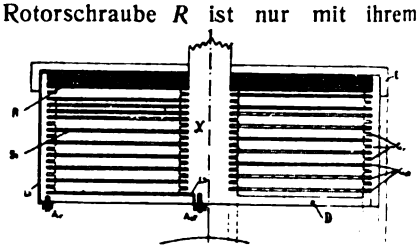


Abb. 8.

(Ö. P. Nr. 106420.)

Funktechnische Gesellschaft in Wien.

Ende November d. J. fand nach mehrmonatlichen Vorbereitungen die Gründung der Funktechnischen Gesellschaft in Wien statt. Die Gesellschaft bezweckt, alle auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik tätigen Kräfte der Wissenschaft und der Industrie zusammenzufassen und durch Vorträge, Publikationen usw. den interessierten Kreisen die Kenntnisse auf diesem Gebiete der Technik zu vermitteln.

In der gründenden Versammlung hob Ing. Jung die Bedeutung der Hochfrequenztechnik als jüngsten Zweig der technischen Wissenschaften hervor und erläuterte die Ziele, welche die Funktechnische Gesellschaft anstrebt. Nach Genehmigung der Statuten wurde zum Vorsitzenden der Gesellschaft Ing. Dr. Robert Pollak-Rudin gewählt. In den engeren Arbeitsausschuß wurden die Herren entsendet: Ing. Richard Adler, Oberst Ing. Anderle, Ing. Friedr. Stadler-Wolffersgrün, Ing. Walter Steuer und Major a. D. Eduard Wettendorfer.

Hierauf hielt Captain Otto Fulton einen Vortrag über den von ihm konstruktiv durchgeführten „Fultograph", den ersten praktisch brauchbaren Amateur-Radiobildempfänger. Nach Erläuterung der Grundlagen der Bildübertragung und des Systems Baker[1]), aus dem der Fultograph hervorgegangen ist, wurden eine Sende- und eine Empfangsstation — im Vortragssaal aufgestellt— im Betriebe vorgeführt. Eine Reihe von auf diese Weise übertragenen Bildern zeigte die ausgezeichneten Ergebnisse der mit diesem System erzielten Bildübertragung.

Im Anschluß daran hielt Ing. R. Adler einen Vortrag „Über die Organisation der Elektronenröhrenfabrikation". An Hand von zahlreichen Lichtbildern gab er ein anschauliches Bild über die Herstellung der Röhren. Interessant waren einige statistische Daten über die Erzeugung und den Verkauf von Elektronenröhren in Österreich. P.

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 32.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS

ELEKTRIZITÄTSWERK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT
Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 1 **23. Jänner 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Die Elektrizitätswerke und die Bedeutung der Lichtwirtschaft. Von A. G. Arnold, Oberingenieur, Berlin. S. 1. / Die Lage der deutschen Elektrizitätsindustrie. Von Dipl-Ing. Dr. Arthur Hamm, Charlottenburg. S. 9. / WIRTSCHAFTLICHE NACHRICHTEN. S. 12.

Die Elektrizitätswerke und die Bedeutung der Lichtwirtschaft.

Von A. G. **Arnold**, Oberingenieur, Berlin[1]).

Inhaltsangabe: Ausgehend von der Stromversorgung für die Beleuchtung, wandte sich die Elektrizitätswirtschaft bald der Kraftversorgung zu. So verschob sich das Schwergewicht der Elektrizitätswirtschaft nach der Versorgung des Kraftabnehmers. Als dieser Zustand erkannt worden war, suchte man ihn zu begründen und zu stützen, indem man auf die Schwierigkeiten des Beleuchtungsproblems hinwies, und die Wirtschaftlichkeit der Stromversorgung für die Beleuchtung anzweifelte.

Die Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätswerke wird vor allem durch folgende Maßnahmen beeinflußt:

1. Die Absatzsteigerung.
2. Die Strompreisgestaltung.
3. Der Kundendienst.
4. Die Spannungsnormung.
5. Die elektrischen und thermischen Verluste, das Verhalten der Kraftwerke und die Abschreibung.
6. Die Verbilligung des Kraftwerkbaues und der Verteilungsanlagen.
7. Zusammenschluß von Kraftwerken, die Hebung der Benutzungsdauer.

Um die Rentabilität der Elektrizitätswerke zu heben, reicht die Kraft des einzelnen Werkes kaum aus, auf jeden Fall wird die Wirtschaftlichkeit der Arbeit durch Zentralisierung der Maßnahmen und Gemeinschaftsarbeit aller wesentlich gefördert. Über die Wahrscheinlichkeit des Erfolges der zentralisierten Gemeinschaftsarbeit gibt folgende Statistik einen Anhaltspunkt:

42 vH der möglichen Kraftanschlüsse, aber nur 7 vH der möglichen Haushaltungsanschlüsse sind in den Vereinigten Staaten laut Electrical World, Bd. 88, Nr. 1, ungefähr erreicht. Trotzdem kommen 67 vH der Bruttoeinnahmen der Elektrizitätswerke der Vereinigten Staaten auf Licht respektive Haushaltungsstrom. Dieser Erfolg, mit dem sich Europa vorläufig nicht vergleichen kann, beruht auf der Rückkehr zum Ausgangspunkt der Elektrizitätsversorgung, auf dem Beleuchtungsstrom und der systematischen Ausbildung des Lichtdienstes.

Eine Reihe von Ländern sind bereits diesem Beispiel gefolgt und haben nationale Gesellschaften für Lichtwirtschaft gegründet. Der Gedankengang ist: Fußend auf der wirtschaftlichen Befriedigung des Verbrauchers, alle beteiligten Kreise der Elektroindustrie und der angrenzenden Gebiete, sowie Behörden und Institute in einer zentralen Bewegung und Organisation in der Deutschen Gesellschaft für Lichtwirtschaft zusammenzufassen.

[1]) Vortrag, gehalten vor den Vertretern der Elektrizitätswerke am 12. Juni 1926 im Lichthause der Osram G. m. b. H., Kom. Ges., Berlin.

1. Die Entwicklung der Elektrizitätswerke aus der elektrischen Beleuchtung.

Mit der Erfindung der Kohlenfadenlampe setzt die Elektrizitätsversorgung in größerem Umfange ein. Das elektrische Licht war also der Grundstein des gewaltigen Aufbaues der Elektrizitätsversorgung. Die erste Zentrale wurde von Edison selbst im Jahre 1882 in Chicago gebaut. Aus ihr hat sich eines der gewaltigsten Elektrizitätsversorgungswerke der Welt entwickelt. Heute rechnet man mit einer Zentralenleistung von fast 1 Mill. kW in Chicago und über 3 Milliarden kWh jährlicher Abgabe.

Imposante Erfolge, und trotzdem werfen wir die Frage auf: Wie weit ist die Elektrifizierung der Vereinigten Staaten bisher gediehen? Man möchte beinahe als Antwort geben, sie ist noch in den Kinderschuhen! Der mögliche Anschlußwert in den V. St. A. wird mit über 400 Mill. kW angegeben, wovon zur Zeit rund 43 Mill. kW angeschlossen sind, also ganze 10 vH, wobei die Maximalbelastung etwa 16 Mill. kW beträgt. Hochinteressant ist hierbei die Verteilung der möglichen

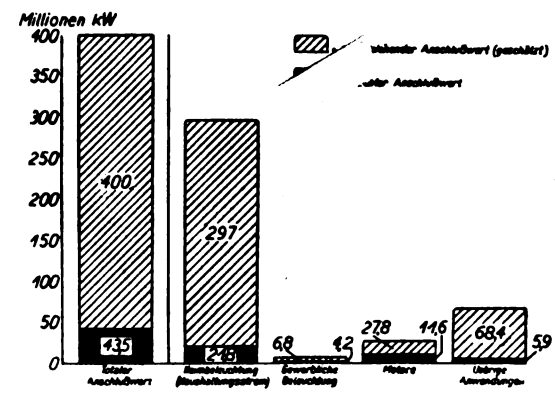


Abb. 1. Stand der Elektrifizierung in den Vereinigten Staaten.

Anschlußwerte auf die verschiedenen Verwendungsgebiete der Elektrizität. Allen voran stehen die Haushaltungen mit 75 vH des möglichen Anschlußwertes, also rund 300 Mill. kW. Ihr jetziger Anschlußwert wird dagegen zu rund 21 Mill. angegeben, beträgt also nur 7 vH (Abb. 1).

Ganz anders steht es mit der Belastung durch Motoren. Die mögliche Belastung beträgt schätzungsweise 28 Mill. kW, von denen fast 12 Mill. kW bereits angeschlossen sind, also rund 42 vH. Hieraus geht deutlich hervor, daß die Intensivierung des Haushaltungsstromverbrauches in den V. St. A. viel größeren Erfolg zu versprechen scheint als die Werbung von

Digitized by Google

Motorenanschlüssen, ganz abgesehen davon, daß für den Haushaltungsstrom ein, wenigstens absolut gesprochen, viel höherer Preis erzielt wird, als für den Kraftstrom. Um dem Einwand von vornherein zu begegnen, Haushaltungsstrom sei überwiegend Kraft- und Wärmestrom und nicht Lichtstrom, führen wir Luckiesh an, wohl die größte Autorität auf diesem Gebiet. Er gibt an, daß rund 17 vH Kraft- und Heizstrom in den Haushaltungen, dagegen 83 vH Lichtstrom verbraucht werden. Der Beginn der Elektrizitätsversorgung war also der Haushaltungsstrom, welcher ausschließlich für die Versorgung mit künstlichem Licht gebraucht wurde. Das damalige Konkurrenzprodukt, die Gasbeleuchtung, war daher naturgemäß für die Strompreispolitik richtunggebend. Hieraus erklärt sich die erste Preisgestaltung für den elektrischen Strom, welche sich aus einer rohen Schätzung aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten durch Vergleich mit der Gasbeleuchtung entwickelte, wobei außerdem keine Rücksicht auf nur begrenzt mögliche Speicherungsfähigkeit der Elektrizität genommen wurde. Auf den Vergleich der elektrischen mit der Gasbeleuchtung sei hier erlaubt, kurz hinzuweisen. Die seit alters her gebräuchliche Vergleichsrechnung, auf rein energetisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten fußend, ist vollkommen verfehlt. Es kommt nicht auf den insgesamt ausgesandten Lichtstrom an, der allein in der energetisch-wirtschaftlichen Rechnung berücksichtigt und somit verglichen wird, sondern die psycho-physiologischen Grundlagen des Sehens müssen an erste Stelle gerückt werden, mithin die folgenden Fragen:

1. Wie ist die Blendung zu bewerten respektive zu vermeiden.
2. Wie ist die korrekte Schattigkeit zu erreichen, das heißt: die Nachahmung der Schatten, wie wir sie beim Tageslicht gewohnt sind.
3. Welche spektrale Zusammensetzung hat die künstliche Lichtquelle.
4. Welche Gleichmäßigkeit der Beleuchtung wird erzielt.

Wir können wohl — ohne auf Widerstand zu stoßen — sagen, daß künstliche, zweckmäßige, sichere, hygienisch einwandfreie, ausreichende und gefällige Beleuchtung kaum durch eine andere Beleuchtungsart als die des elektrischen Lichtes überhaupt erreichbar ist. Man erinnere sich nur an das Fehlen entsprechender Armaturen oder die Unerreichbarkeit der nötigen Lichtstärken, der Lichtfarbe usw.

Zu uns wurde die Edisonsche Erfindung durch E. Rathenau in weitschauender Erkenntnis der Entwicklungsmöglichkeiten dieser neuen Lichtquelle getragen, als er im Jahre 1881 die Weltausstellung besuchte. Das elektrische Licht machte damals das größte Aufsehen. Man versprach sich von ihm eine derartige Umwälzung der künstlichen Beleuchtung, daß man bald die Nacht besiegen und in den Tag verwandeln zu können glaubte. Zwei große Hemmnisse zeigten sich aber:

1. die falsche Strompreispolitik, die auf unrichtiger Grundlage berechnet, bald der elektrischen Beleuchtung den Beinamen „Luxusbeleuchtung" eintrug, und
2. die technische Unmöglichkeit, einfache, große und wirtschaftliche Einheiten zu schaffen.

Erst im Jahre 1900 war man so weit, 100 kerzige Kohlenfadenlampen bauen zu können, welche „nur" 3·1 W für die Hefner-Kerze, horizontal gemessen, benötigten.

Ein dritter Grund ist nicht von der Hand zu weisen. Eine elektrische Zentrale erforderte damals ein sehr hohes Anlagekapital. Es war etwa dreimal so hoch wie heute. Ein Vergleich der damaligen Gestehungskosten der elektrischen Beleuchtungsstunde mit den heutigen Kosten dürfte deshalb interessieren. Wir legen daher unserer Rechnung die Jahre 1900 und 1926 zugrunde und wählen die Berliner Elektrizitätswerke als Vergleichsbasis. In Berlin wurden im Jahre 1900 rund 1·64 kg Kohle je kWh verbraucht. Die Jahresbenutzungsdauer der Berliner Elektrizitätswerke betrug etwa 2600 Stunden (2570 Stunden). Berücksichtigt man ferner, daß die Kohle über 7200 kg-Kalorien hatte, während unsere heutige Steinkohle nur mit rund 6500 kg-Kalorien gerechnet wird, ferner, daß eine kWh im Jahre 1926 in den modernsten Anlagen nur rund 4000 Wärmeeinheiten benötigt, so erhalten wir folgendes Bild (Abb. 2).

Wir sehen, daß man im Jahre 1900 auf einen thermo-dynamischen Wirkungsgrad von 6 vH stolz war, während wir heute über 21 vH in den modernen Kraftanlagen erreichen. Welcher Erfolg in diesen zwei Zahlen steckt, ist von selbst klar. Die Entwicklung der Glühlampe setzt sich diesem Fortschritt mindestens gleichwertig an die Seite. Die Temperatur des Leuchtfadens hat sich von rund 1800° C auf 2500° erhöhen

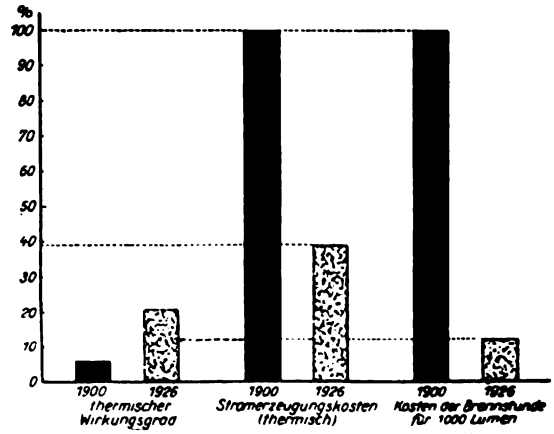


Abb. 2. Vergleich der Kosten für die Stromerzeugung und die Glühlampenbrennstunde in Deutschland.

müssen. Wir benötigten im Jahre 1900 für 1000 Lumenstunden zirka 0·31 kWh. Heute erreichen wir dagegen denselben Effekt mit einer glattfädigen Wolframlampe mit 0·097 kWh. (Die Rechnung mit Lichtströmen führt bis auf etwa 3 vH zu dem gleichen Ergebnis.) Die Glühlampenindustrie kann also heute eine 3·6 fache Ersparnis einer 3·5 fachen Verbesserung des thermodynamischen Wirkungsgrades der Kraftwerke an die Seite stellen.

Noch in die Augen springender wird der Erfolg der Geistesarbeit, welche in den letzten 26 Jahren geleistet wurde, wenn wir die Kosten für 1000 Lumenstunden der Kohlenfadenlampe im Jahre 1900 mit 1000 Lumenstunden der glattfädigen Wolframlampe vergleichen. Wir erhalten auf der einen Seite ungefähr

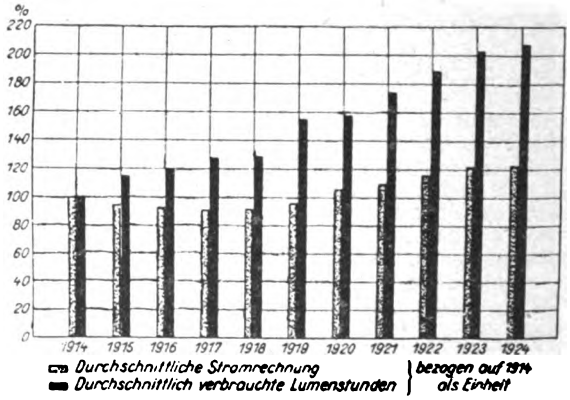


Abb. 3. Lichtverbrauch und Stromkosten für Heimbeleuchtung in den Vereinigten Staaten von Amerika (nach Proceedings 1924. Nela).

2·5 Preiseinheiten im Jahre 1900, während wir heute mit 0·3 Preiseinheiten dieselbe Lichtmenge kaufen. Wir haben mithin eine achtfache Ersparnis erzielt! Wir sehen also, daß die Elektroindustrie nicht geruht hat, sondern sich die 3·5 fache thermodynamische Ersparnis zu Nutze gemacht hat und trotz der thermischen Verschlechterung der handelsüblichen Kohle dem Kunden ein neues Geschenk an Ersparnis in den Schoß gelegt hat. Interessant dürfte hier folgendes

Digitized by Google

Resultat aus den Vereinigten Staaten sein. Vergleichen wir dort die durchschnittliche Stromrechnung für das Heim mit der durchschnittlich verbrauchten Lumenstunde und beziehen das ganze auf das Jahr 1914 als Einheit, so sehen wir auf Abb. 3 wie die durchschnittlich verbrauchte Lumenstunde sich über das Doppelte des Verbrauches im Jahre 1914 hebt, während sich die Stromrechnung nur um 23 vH gesteigert hat.

Bedenken wir nun, daß das Durchschnitts-Familieneinkommen in den Vereinigten Staaten sich bis zum Jahre 1924 um rund 90 vH gehoben hat (Bezugsjahr 1914), so sehen wir, welche minimalen Beträge selbst der Amerikaner für seinen Strombedarf im Heim ausgibt, von seinem Totaleinkommen höchstens 1 bis 1·5 vH. Welche durchschnittlichen Beträge man in Deutschland für die vielleicht wunderbarste Erfindung des Menschengeistes, die Elektrizität mit ihren sich stets häufenden Anwendungsmöglichkeiten, ausgibt, ist mangels statistischer Angaben leider zur Zeit ohne umfangreiche Arbeiten noch nicht feszustellen. Um uns jedoch restlos für die große Aufgabe der Lichtwirtschaft zu begeistern, genügen die obigen Angaben der Vereinigten Staaten. Vielleicht ist hier die Bemerkung erlaubt, daß diese Methode, die Erfolge der anderen als Ideal hinzustellen, von vielen Völkern betrieben wird. Wir gelten, wie der Verfasser sich kürzlich auf einer Auslandsreise überzeugen konnte, für manches Land als

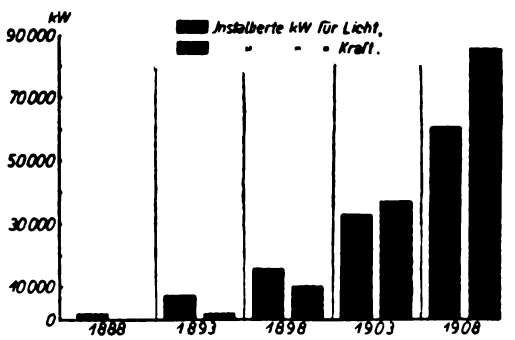


Abb. 4. Verhältnis der in Berlin 1888 bis 1908 installierten kW für Licht und Kraft.

Schulbeispiel des industriellen Erfolges. Man hört die Bemerkung, Deutschland hat einen Weltkrieg verloren, aber finanziell gewonnen. Wie leicht ersichtlich, gilt dieses für Länder, die nach einer Stabilisierung ihrer Währung ringen.

2. Überwiegen der Kraftversorgung.

Merkwürdige Entwicklungssprünge hat die Elektrizitätsversorgung zu verzeichnen. Aus der Lichtversorgung entwickelte sich rasch die Kraftversorgung (Abb. 4), bis dieselbe zu einem derartigen Überwiegen kam, daß man heute von zweien unserer größten Elektrizitätswerke (dem Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk und den Vereinigten Elektrizitätswerken Westfalens) sagen kann, daß sie ungefähr 94 vH ihres Stromes für Kraft und Wärme abgeben und nur etwa 6 vH für Beleuchtung. Länderdurchschnitte für Beleuchtungsstrom liegen in Europa bei etwa 8 bis 15 vH, in den Vereinigten Staaten bei 25 bis 30 vH, also bei mindestens dem Doppelten. Bedenken wir ferner, daß die künstliche Beleuchtung sich in der Größenlage von höchstens etwa einigen Hundert Lux bewegt, während das Tageslicht bis auf 50 000 Lux und mehr hinaufgeht, so sehen wir, welche Aufgabe noch vor uns liegt.

3. Die Schwierigkeiten des Beleuchtungsproblems.

a) Benutzungsdauer, Verschiedenheitsfaktor und Belastungsfaktor.

Allgemein muß über die Benutzungsdauer gesagt werden, daß natürlich alle Kosten des Elektrizitätswerkes, wie Verwaltung, Bedienung, Reparaturen, Kohlenkosten und Kapitalsdienst usw., die kWh mit zunehmender Stundenzahl geringer und geringer belasten. Es ist das alte Gesetz: je höher der Absatz, um so niedriger die Gestehungskosten des Produktes. Betrachten wir jetzt den Spezialfall der Benutzungsdauer des Kleinabnehmers. Viel hat man gegen diesen geschrieben. Aber wir möchten fast sagen, instinktiv hat man ihn trotz seiner geringen Benutzungsdauer nicht ganz vernachlässigt. Zwar hört man zuweilen noch die Behauptung, daß die geringe Benutzungsdauer des Lichtabnehmers, trotz der zum Teil nicht billigen Beleuchtungsstrompreise, für das Elektrizitätswerk die Stromlieferung unrentabel mache und die Kraftkonsumenten für den Ausfall, der dem Elektrizitätswerk erwüchse, aufkommen müßten, aber die Unhaltbarkeit dieser Behauptung ist längst erkannt worden. Ein wichtiger Gesichtspunkt in diesem Fragenkomplex ist der Unterschied zwischen der Benutzungsdauer beim Abnehmer und der im Kraftwerk resultierenden Benutzungsdauer. Es ist von vornherein klar, daß nicht jeder Konsument zu gleicher Zeit sein Licht in Anspruch nimmt. Interessante, wenn auch nur theoretische Untersuchungen über den Ausgleich der Einzelbelastungen bei den Elektrizitätswerken hat Prof. Dr. Dettmar erscheinen lassen[2]). Eine dankbare Aufgabe wird es sein, die mittlere Benutzungsdauer des kW-Maximums an Licht festzustellen. Allerdings ist es nicht leicht, ja oft unmöglich, die Trennung von Licht-kWh und Kraft-kWh beim Einzelverbraucher zu machen.

Welche Bedeutung dem Verschiedenheitsfaktor zukommt, sehen wir aus folgendem praktischen Resultat:

Das Elektrizitätswerk Kiel hatte durch Einführung eines Grundgebührentarifes eine Zunahme an Licht-kWh von 90 vH in einem Jahre zu verzeichnen, während die Zunahme der Spitze nur 40 vH betrug. Gerade von diesem Gesichtspunkte aus ist es so besonders wichtig, wenn ein Zusammenschluß der Elektrizitätswerke herbeigeführt wird. Auch hier sollte gelten: Gemeinschaftsarbeit, Gemeinschaftsstromversorgung und nicht Verfolgung von Selbständigkeitsinteressen.

Der Zusammenschluß der Werke ist eine Notwendigkeit, um den Ausgleich der Benutzungsstunden verschiedener Arten von Abnehmern zu erreichen, also einen höheren Belastungsfaktor zu erzielen, woraus eine bessere Ausnutzung des Werkes, mithin eine bedeutende Verbilligung der Gestehungskosten der kWh folgt. Die Betriebszentrale wird jedesmal den Strom aus dem zur Zeit billigst arbeitenden Werke oder Werken nehmen, wird den günstigsten Leistungsfaktor einstellen können, wird die Betriebssicherheit auf ein Maximum treiben können und schließlich die Reservestellung billiger gestalten können. Auch hier wollen wir eine Zahl aus dem Betrieb nennen, die recht drastisch die Bedeutung des Zusammenschlusses von Elektrizitätswerken vor Augen führt. Innerhalb des letzten Jahres haben sich drei der größten Stromlieferungsunternehmen in den Vereinigten Staaten zusammengeschlossen. Dieselben ersparen seit ihrer Gemeinschaftsarbeit rund RM 125 000 im Monat. Diese Ersparnisse ergeben sich insbesondere daraus, daß die Stromabgabe mit einer Leistung von 30 000 kW erfolgen konnte, ohne daß eine neue Maschine aufgestellt zu werden brauchte.

b) Kapital und Kapitaldienst.

Das Kapital: Der Hauptanreiz für das Kapital, sich an der Elektrowirtschaft zu beteiligen, liegt in deren gesunder wirtschaftlicher Lage. Gerade der Grundgebührentarif vermag hier von vornherein eine feste Gewinnbasis zu schaffen, weil er außer dem psychologischen großen Werbemoment die Grundgebühr als sicheres Einkommen liefert.

Eine gründliche Kostenanalyse, unterteilt in Abnehmergruppen, ist für jedes Elektrizitätswerk das Fundament für seinen wirtschaftlichen Aufbau. Die Trennung der Kapitalsanlagen nach Gruppen von Abnehmern von den Sammelschienen des Kraftwerkes über das Netz bis zu dem einzelnen Kunden und die Gestehungskosten des Stromes sind die Grundpfeiler der Selbstkostenberechnung. Hieraus lassen sich die Brutto- und Nettoverdienste je Gruppe über die verflossenen Geschäftsjahre aufstellen und vergleichen und

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, Seite 122.

Digitized by Google

damit wichtige Schlüsse auf die Verteilung von neuen Kapitalsanlagen ziehen. Auch Ergebnisse einzelner Gruppen lassen sich hieraus mit einiger Sicherheit voraussagen und somit etwas beeinflussen. Die Wachstums-Charakteristik des Geschäftes jeder Gruppe läßt sich aufstellen und man braucht sich nicht mit Durchschnittsverdienstwerten zu begnügen. Die Finanzleute werden so in der Lage sein, aus den Selbstkostenaufstellungen der einzelnen Gruppen von Abnehmern ein Urteil über verschiedene Verwaltungsmethoden und Ergebnisse zu gewinnen.

Ein sorgfältiges Abwägen des investierten Kapitals nach Maßgabe der Verteilung der Betriebsstörungen auf die einzelnen Betriebselemente erscheint ferner ratsam. Wenn man bedenkt, daß rund über 90 vH aller Betriebsstörungen nach einer eingehenden amerikanischen Statistik auf das Maschinenhaus fallen, während das investierte Kapital im Maschinenhaus höchstens rund 40 vH beträgt, so scheint hier vielleicht eine Abänderung am Platze. Das Kesselhaus mit Kohlenförderanlage hat einen hohen Sicherheitsgrad erreicht, das Maschinenhaus sollte recht bald folgen. Auch ist, wie bekannt, ein bedeutender Unterschied zwischen der Betriebssicherheit des thermischen Maschinenhauses gegen das hydraulische Maschinenhaus zu verzeichnen. Das Verhältnis der Betriebssicherheiten liegt in der Größenlage von $^1/_2$: 1. Hieraus scheint sich ein fernerer Grund zu ergeben, den Ausbau der uns zur Verfügung stehen-

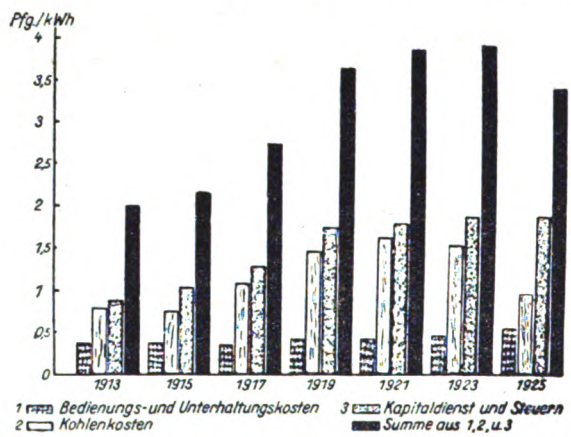


Abb. 5. Analyse der Stromkosten in Dampfkraftwerken in den Vereinigten Staaten von Amerika (Mittelwerte von 22 Kraftwerken über 60000 kW).

den Wasserkräfte zu forcieren, um die Verbilligung der kWh und die Sicherheit des Betriebes weiter zu treiben.

Der Kapitaldienst: Aus der beigefügten Säulenstatistik sieht man, daß bei den amerikanischen Werken der Kapitaldienst der erzeugten kWh heute über 80 vH größer als der Kohlengestehungspreis ist (Abb. 5).

Es scheint zunächst daraus zu folgen, daß der heutige Kraftwerkerbauer seine Aufgabe darin sehen muß, mehr an Kapital zu sparen, als weitere Ersparnisse an Kohle herbeizuführen, denn die letzteren sind wiederum zwangläufig an hohe Anlagekosten geknüpft. Das Augenmerk des projektierenden Ingenieurs richtet sich daher vor Allem auf Installierung von großen und größten Einheiten, welche möglichst gleichmäßig zu belasten sind.

c) Die Gestehungskosten der Licht-kWh.

Eingehende neuere Untersuchungen über die Gestehungskosten der Licht-kWh sind dem Verfasser nicht bekannt. Vielleicht dürften sie in vielen Werken infolge der Großabnehmerverträge usw. überhaupt nicht mehr genau festzustellen sein. Fraglos ist eine Anzahl von wichtigen Faktoren bei der Bewertung der Gestehungskosten der Licht-kWh zu berücksichtigen, von denen die Kohlenkosten vielleicht einen recht geringen Teil ausmachen. Wir nennen folgende Belastungen der Licht-kWh:

1. Das Ablesen der Zähler, Ausstellen der Rechnungen und Einziehen der Rechnungsbeträge.
2. Zählerrevisionen, welche natürlich besonders bei Überlandwerken beträchtliche Kosten verursachen. Reparaturen sowie Auswechseln der Zähler.
3. Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals für Zähler und Zählerwerkstätten.
4. Betrieb der Zählerwerkstatt und des Eichraumes.
5. Verluste im Netz.
6. Verzinsung und Tilgung der Anlagewerte der Verteilungsanlagen.
7. Eigen-Verbrauch.
8. Ausfälle, nicht bezahlte Rechnungen.

Diese größere Anzahl von geldlichen Belastungen der Licht-kWh drückt sich naturgemäß in dem höheren Verkaufspreise des Beleuchtungs- bezw. Haushaltungsstromes aus, da die Begründung des höheren Wertes, den der Kunde diesem Strom beimißt oder gar die fast nicht mehr vorhandene Konkurrenz durch andere Lichtquellen für den Verkaufspreis nicht ausschlaggebend sein können. Die Höhe des Preises des Beleuchtungsstromes muß also — roh gesprochen — durch etwa dasselbe Verdienstverhältnis bestimmt werden, das man aus dem Kraft- und Wärmestrom herauswirtschaften muß, um das Werk betriebs- und entwicklungsfähig zu gestalten.

Fragen wir vergleichshalber, zu welchem Preise wird in anderen Ländern der Beleuchtungs- bezw. Haushaltungsstrom geliefert, so nennen wir die Elektrizitätswerke der Vereinigten Staaten, die rund 32 Pfg. je kWh im Durchschnitt verlangen. Um jedoch diesen Preis mit unseren Verhältnissen vergleichen zu können, muß man natürlich die Kaufkraft des einzelnen Abnehmers berücksichtigen. Zieht man die zwei Hauptfaktoren

1. die Kosten der Lebenshaltung in Deutschland und den Vereinigten Staaten,
2. den Durchschnittslohn der gelernten Arbeiter in den beiden Ländern

in Betracht, so kommt man auf einen Preis der Licht-kWh von etwas über 20 Pfg. in den Vereinigten Staaten.

4. Rentabilität der Elektrizitätswerke.

Die Rentabilität der Elektrizitätswerke ist als Bruttoeinnahme, dividiert durch Anlagekapital, definiert. Der Durchschnittswert der Rentabilität für die Elektrizitätswirtschaft der Länder liegt bei etwa 20 vH. Man sieht also deutlich, daß der Umsatz des investierten Kapitals sehr gering ist, denn die meisten anderen kaufmännischen und industriellen Betriebe haben einen Umschlag ihres Kapitals in der Größenlage von 100 bis 200 vH. Hier gilt es also, den Hebel anzusetzen. Um einen Maßstab zu gewinnen, wie gefährlich ein Absinken der Rentabilität unter 20 vH sein kann, führen wir die Rentabilität der Landeselektrizitätsversorgung in Norwegen an. Diese beträgt 11 vH. Der Jahresverlust, der sich hieraus für 1924 ergeben hat, betrug etwa 7 vH.

Um die Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätswerke zu heben, besitzen wir, da wir zur Zeit auf Kapitaldienst und Kohlenkosten nur wenig Einfluß haben, folgende Hauptmethoden:

a) Absatzsteigerung.
b) Tarife.
c) Kundendienst.
d) Spannungsnormung.
e) Herabminderung der thermischen und elektrischen Verluste.
f) Verbilligung des Kraftwerksbaues und der Verteilungsanlagen.
g) Zusammenschluß von Kraftwerken, Hebung der Benutzungsdauer.

a) Absatzsteigerung.

Die Absatzsteigerung gibt uns die Möglichkeit, bei gleicher Leistungsfähigkeit des Werkes eine größere Stromabgabe zu erzielen und damit die Rentabilität des ganzen Unternehmens zu heben. Mit ihr eng verbunden ist die Werbung. Ohne intensive Werbung kein erhöhter Umsatz, aber ohne angemessenen Strompreis wird selbst die intensivste Werbung nur geringen Erfolg zeitigen. Die Lichtwirtschaft verlangt und bietet

Digitized by Google

objektive, systematische Werbung und darum kann der Erfolg nicht ausbleiben.

b) Tarife, Streiflichter[3]).

Auf das engste mit der Rentabilität der Werke verbunden ist die Preisgestaltung der elektrischen Arbeit, der Tarif.

Die Werbekraft der Tarife müssen wir bei ihrer Beurteilung an die Spitze stellen und hier ist es der Grundgebührentarif, der allen Tarifen an Werbekraft überlegen ist. Das psychologische Moment, daß nur die Arbeitsgebühr als Strompreis genannt wird, ist von großer Bedeutung. Die Grundgebühr wird vergessen und könnte zweckmäßigerweise wie die Wasserumlage in der Miete mitverrechnet werden. Die Arbeitsgebühr sollte etwa höchstens 20 Pf. je kWh betragen. Der anzustrebende Normalwert dürfte bekanntermaßen bei 10 bis 15 Pf. je kWh liegen. Im angemessenen Strompreis haben wir das größte Werbemittel für die Elektro- und Lichtwirtschaft in Händen. Ein zu hoher Strompreis schiebt deswegen einen Riegel vor die Einführung der elektrischen Beleuchtung, weil der Abnehmer die Feuersicherheit, die Blendungsfreiheit, die Annehmlichkeit der Bedienung, das Wegfallen der Lichtverschlechterung, die Möglichkeit, bei elektrischer Beleuchtung zu ästhetisch schönen Beleuchtungskörpern zu kommen usw., nicht in Rechnung stellt, sondern allein den wirtschaftlichen Gesichtspunkt, während ein zu niedriger Strompreis zwar für den Abnehmer sehr günstig ist, für das Elektrizitätswerk aber keinen Anreiz bietet. In weitgehender Weise lassen sich durch den Grundgebührentarif die Gestehungskosten des Elektrizitätswerkes berücksichtigen. Ausdrücklich hervorgehoben sei jedoch, daß wir in der Tariferörterung hier stets den Kleinabnehmer im Sinne haben, also letzten Endes die allgemeine Formel der Stromrechnung:

$$P = x + ay + bz,$$

worin x die Kundengrundgebühr, y die Leistungsgebühr je kW, z die Arbeitsgebühr je kWh und a und b Faktoren bedeuten.

An zweiter Stelle nennen wir Zeittarife, welche sehr beweglich sind und fraglos sehr viel zur gleichmäßigen Belastung der Zentralen beitragen. Vor allem sei an ihre Werbekraft für Nachtstromverbrauch erinnert.

An dritte Stelle setzen wir den Pauschaltarif mit Überverbrauchszähler. Er ist ein Grundgebührentarif, der die Verwendungszeit durch den Überverbrauchszähler berücksichtigt. Es ist möglich, jeden Kunden durch die hohe Arbeitsgebühr für den Überverbrauch, zum Beispiel 60, 70 und 80 Pf. für die kWh, zum Sparen während der Lichtspitze zu erziehen. Die Bereitstellungsgebühr ist hier möglichst niedrig einzusetzen. Dem Haupteinwurf gegen den Pauschaltarif kann man mit modernen Zählern begegnen, indem man denselben durch geringe Mehrkosten so einrichtet, daß er die normalen kWh, also die im Bereich des zugelassenen Maximums liegenden elektrischen Arbeitsstunden zählt. Die Verluste der Verteilung im Netz sind also damit bestimmbar.

Der Grundgebührentarif legt Gewicht auf eine billige Arbeitsgebühr, auf jeden Fall unter 20 Pf. je kWh. Die Leistungsgebühr ist vom Gesichtspunkt des Elektrizitätswerkes aus hoch zu bemessen, vom Gesichtspunkte des Kunden wieder möglichst niedrig. Hier steht also die Verwaltung im Widerspruch mit den Wünschen des Kunden. Im Falle der Staffelung der Leistungsgebühr nach Zählerleistung ist daher Vorsicht geboten, da der Kunde respektive sein Installateur sich leicht die Überlastbarkeit der Zähler zunutze machen werden.

Lichtwirtschaftlich gesprochen, benötigen wir einen Mindestlichtstrom je m² Bodenfläche der Wohnungen. Hierauf basierend ließe sich leicht die Grundgebühr nach den in Frage kommenden Bodenflächen der Wohnungen festsetzen. Man könnte sich denken, daß gesetzlich eine Mindestwattzahl je m² eingeführt wird, wie zum Beispiel gesetzliche Bestimmungen über Mindesthöhen von bewohnten Räumen existieren[4]).

Von Bedeutung ist ein Nachttarif für die Einführung der Schaufenster- und Reklamebeleuchtung, der nach der Lichtspitze eine besondere Vergünstigung dem Verbraucher bietet. Eine ganze Reihe von deutschen Werken sind für diese Zeit auf die Hälfte ihres Lichtstrompreises und darunter gegangen.

Nicht unerwähnt möchten wir die Münzzähler lassen, die folgende bekannten Hauptvorteile haben:

1. Jede Stromverrechnung fällt fort,
2. der Stromverbrauch wird im Voraus bezahlt,
3. der Konsument bleibt im Unklaren über die Höhe seiner Zahlungen.

Die Erhebung einer Grundgebühr ist beim Münzzähler anzuraten. Man hat es dann in der Hand, erst nach Zahlung der Grundgebühr Strom entnehmen zu lassen. Die modernen Münzzähler besorgen diese Funktion automatisch. Eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Stromkosten auf die Monate des Jahres wird durch die Grundgebühren erreicht. Man hat es ferner in der Hand, beim Verkauf von Phantasiemünzen, welche vom Elektrizitätswerk bezogen werden können, beim Absatz größerer Mengen Rabatt zu geben.

c) Der Kundendienst.

Früher oder später wird jeder Geschäftsmann zu dem Schluß kommen, daß der Verkauf ohne den guten Willen des Kunden trotz aller Anstrengungen der Werbung nicht den gewünschten Erfolg haben wird. Diese Einsicht in den Mechanismus des Angebotes und der Nachfrage hat man Kundendienst genannt. Wir setzen daher an die Spitze die Werbung um den guten Willen des Kunden. Auf den Kundendienst näher einzugehen, behalten wir uns an anderer Stelle vor, hier würde es zu weit führen.

d) Spannungsnormung.

Die Spannungsnormung gehört zur Rationalisierung unserer Industrie. Sie ist ein wichtiger Bestandteil des gewaltigen Programms, welches vor uns liegt. Um ein Beispiel der Schwierigkeiten der ungenügend vorgeschrittenen Spannungsnormung zu geben, führen wir die Herstellung der Zählertypen und elektrischen Lampen an. Man kann zurzeit rund mit 4000 bis 5000 Zählertypen und fast 6000 Lampentypen rechnen. Welche Ver-

[3]) Ausführliche Darstellung, s. Arnold, Elektro-Journal v. 25. April 1926.

[4]) Hier sei es dem Verfasser erlaubt, einige Bemerkungen anzuknüpfen. Die Lichtwirtschaft beschäftigt sich mit einem Sinn, dem Auge. Entwickeln wir diesen Gedanken weiter, so kommen wir allgemein zu der Wirtschaft der Sinne. Im modernen Großstadtleben wird zum Beispiel das Ohr überbeansprucht, gerade wie das Auge zum Beispiel durch die Blendung bei falsch angebrachtem, künstlichem Lichte überlastet wird. Die sehr primitive Art, wie sich beispielsweise das einzelne Gefährt im Verkehr bemerkbar macht, sei erwähnt. Ein Geräusch wird von dem anderen übertönt. Hieraus wäre die letzte Konsequenz die, daß Autos schwere Blindschüsse mitführen würden und diese im gegebenen Moment abfeuern. Eine Bewirtschaftung wird also auch in diesem Gebiet zu einer zwingenden Notwendigkeit werden.

Wir führen als zweites Beispiel den Geruch an. Die Entwicklung der Großstädte und Industriezentren mit ihren angehäuften Fabrikschornsteinen haben bereits zu gewissen baupolizeilichen Vorschriften Veranlassung gegeben. Die in Westeuropa vorherrschenden westlichen Winde werden die Ursache gewesen sein, daß der Westen der Großstädte als Wohngebiet höher bewertet wird als der Osten. Die Frage, ob auf die Dauer eine nachteilige, gesundheitsschädigende Wirkung auf die Bewohner der östlichen Teile unserer Großstädte zu verzeichnen ist, gehört in dieses Gebiet. Auch die gesetzliche Vorschrift über Mindesthöhe von Wohnräumen beschäftigt sich mit dem Atmungsprozeß.

Digitized by Google

einfachung und Verbilligung der Herstellung sowie der Lagerhaltung für alle Elektroapparate durch Normung der Spannung erreicht werden kann, ist einleuchtend. In Abb. 6 und 7 sehen wird die Spannungsnormung Deutschlands und der Vereinigten Staaten über eine Anzahl von Jahren nebeneinandergestellt.

Wenn auch die Inflationsperiode das Ergebnis für Deutschland trübt, so müssen wir doch in den fünf Hauptspannungen bei uns gegenüber nur drei Hauptspannungen in den Vereinigten Staaten einen Nachteil sehen. Ein wesentlicher Vorteil unserer Spannungsnormungsbestrebungen gegenüber denen der Vereinigten Staaten dürfte jedoch darin liegen, daß wir uns für 380/220 V und nicht für 115 V entschieden haben.

Über die Aufrechterhaltung der normalen Spannung, welche ein wesentlicher Gesichtspunkt für jeden

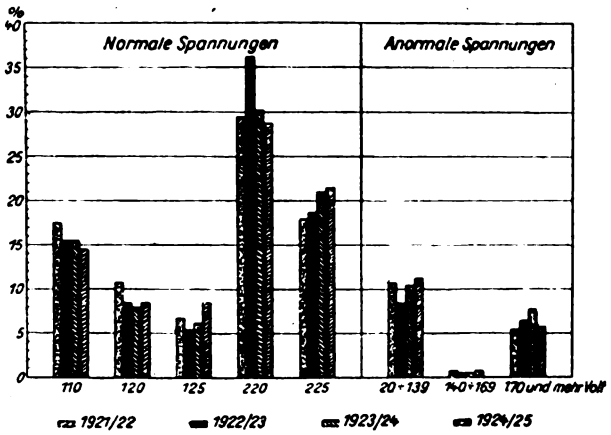


Abb. 6. Entwicklung der Spannungsnormung in Deutschland. Darstellung auf Grund der Lampenlieferungsstatistik.

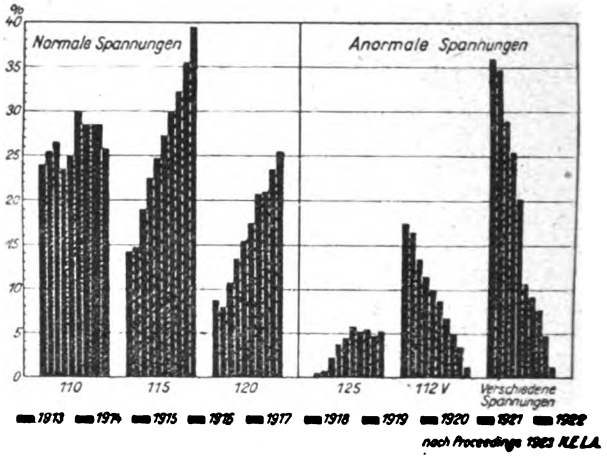


Abb. 7. Entwicklung der Spannungsnormung in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Leiter eines Elektrizitätswerkes ist, seien einige Worte gestattet. Da die Werke durch den Krieg respektive die Inflationsperiode stark in ihrer Entwicklung gehemmt waren, so ist der Ausbau der Netze eine unumgängliche Notwendigkeit. Außer der reinen Netzverstärkung kommt sehr oft als zweckmäßiger der Bau von neuen Unterstationen bezw. die Kombination beider Methoden in Frage. Aber auch in der Zentrale ist die ausgebaute Leistung noch bis auf das äußerste nach der Inflationsperiode angespannt gewesen. Daraus erklärt sich die Spitzenangst. Wir gehen wohl kaum in der Behauptung fehl, daß die Spitzenangst proportional dem Reservefaktor ist. Mit fortschreitender Entwicklung wird diese Angst eines natürlichen Todes sterben.

e) Die elektrischen und thermischen Verluste, das Veralten der Kraftwerke und die Abschreibungen.

Die elektrischen und thermischen Verluste:

Die verschiedenen Methoden sind bekannt, die sich unter Betriebskontrolle und richtige Wahl und Dimensionierung der elektrischen Straßen und Wege zusammenfassen lassen. Auch für die thermischen Verluste ist es die Betriebskontrolle, die bei gegebener Apparatur die Verluste bedeutend einschränken kann.

Das Veralten der Kraftwerke und die Abschreibungen:

Was den thermischen Wirkungsgrad anbelangt, so sehen wir in Abb. 8 die kg-Kalorien, je kWh aus dem Durchschnitt von 22 Kraftwerken mit einer Maschinenleistung je über 60 000 kW verbraucht, dargestellt.

Ein Werk ist unwirtschaftlich, also veraltet, wenn der Kapitaldienst etc. für neuzeitliche Maschinen mindestens durch die Kohlenersparnis, welche nach dem Umbau erreicht wird, ausgeglichen wird. Aus der obigen Kurve können wir also als ersten Versuch eine Veraltungskurve der Zentralen ableiten; denn die jährliche Änderung der kg-Kalorien, welche für eine kWh verbraucht werden, ist ja ein Maßstab für die Veraltung der Kraftwerke. Dieses Maß erhalten wir durch die Differentiation der Kurve und Auftragen der Differentialkurve. Wir sehen, daß eine Veraltung der Kraftwerke, vom thermo-dynamischen Standpunkte beurteilt, in gewissen Jahren überhaupt nicht zu verzeichnen ist, in anderen Jahren könnte man so weit gehen, zu behaupten, daß bereits in wenigen Jahren ein Kraftwerk aus dem ersten Rang in den zweiten geglitten ist. Hier können wir gleich eine praktische Anwendung des gefundenen Veraltungsmaßstabes anschließen. Wenn die Abschreibungen der Werke auf einem linearen Verlauf der Veraltung basieren, dann haben wir hier den Beweis vor uns, daß ein geradliniger Verlauf auch nicht annähernd zu verzeichnen ist.

Mit Recht kann man daher wohl die Frage stellen: Welches ist das wirtschaftliche, nützliche Lebensalter eines Kraftwerkes? Schätzungen dürften hier kaum am Platze sein, da die üblichen bedeutenden Rücklagen einen wesentlichen Faktor in der geldlichen Belastung der kWh ausmachen werden oder können. Jedenfalls ist es eine dankbare Aufgabe, durch eingehende statistische Ermittlungen und Überlegungen

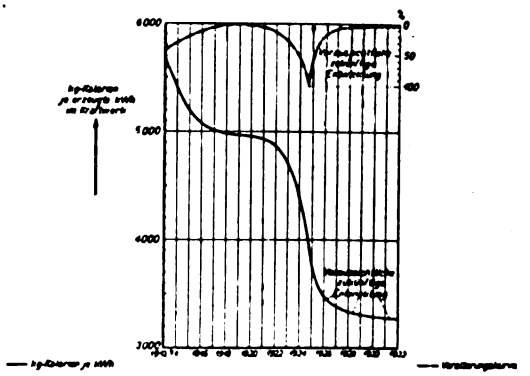


Abb. 8. Mittlere thermische Charakteristik und theoretische Veraltungskurve der Kraftwerke. (22 Werke über 60 000 kW in den Vereinigten Staaten).

hier Klarheit über die Höhe des Abschreibungskontos zu schaffen. Folgende Faktoren sind in dieser Frage vor allem maßgebend:

1. Die Entwertung der Anlagen durch Erfindungen.
2. Die Entwertung der Anlagen durch die Zeit, also Abnutzung, Elektrolyse, Verstaubung, Verkohlung usw.
3. Die Entwertung der Anlagen durch sinkende Kaufkraft der Währung.

Eine einwandfreie Veraltungstheorie der Elektroanlagen muß diese drei Faktoren, sie gegeneinander

Digitized by Google

abwägend, berücksichtigen und für die Rücklagen die Frage stellen: Muß eine Gesellschaft nach einer Anzahl von Jahren das investierte Kapital wieder herauswirtschaften? Die Strompreisgestaltung und damit das Tempo der Elektrifizierung, ja letzten Endes unsere Handelsbilanz, hängen innig mit diesen Fragen zusammen.

f) Verbilligung des Kraftwerkbaues.

Man kann — wie bekannt — davon ausgehen, daß die Gestehungskosten der kWh mehr und mehr vom Kapitaldienst beeinflußt werden, weniger vom thermo-dynamischen Wirkungsgrad. Die Konsequenz wäre also möglichste Verbilligung des Kraftwerkes und damit möglichst große Einheiten. Demgegenüber kann man den Gesichtspunkt der möglichen Schonung der Kohlenlager vertreten, woraus eine Erhöhung des thermo-dynamischen Wirkungsgrades im Rahmen der wirtschaftlichen und technischen Möglichkeit folgen würde. Aber sehr bald schiebt das Gesetz der abnehmenden Erträge einen Riegel vor die Erhöhung des thermo-dynamischen Wirkungsgrades. Das Kapital zehrt rasch mehr Zinsen und Amortisation auf, als durch erhöhten thermo-dynamischen Wirkungsgrad an Kohlen gespart wird. Vergessen wir doch nicht, daß unser Kapitalmarkt auf das Äußerste angespannt ist, während unsere Bergwerke seit Jahren nicht voll beschäftigt waren. Als ein wichtiger Gesichtspunkt erscheint noch die Erhöhung der Lebensdauer der Maschinen und ihre Betriebssicherheit. Hier ist, wie wir wissen, das Wasserkraftwerk dem Dampfkraftwerk zurzeit weit überlegen.

g) Zusammenschluß von Kraftwerken, Hebung der Benutzungsdauer.

Wie bekannt, sind nicht nur Verbindungsleitungen zwischen Kraftwerken, sondern auch zwischen den großen Kraftzentren notwendig. Deutschland dürfte die drei Hauptzentren seiner Kraftquellen, das Rhein-Ruhr-Gebiet, Süd- und Mitteldeutschland durch 400 000 V-Leitungen untereinander verbinden, um so eine denkbar günstigste Ausnutzung seiner Naturschätze zu erreichen.

5. Die Gemeinschaftsarbeit. Die deutsche Gesellschaft für Lichtwirtschaft.

Um die Rentabilität der Elektrizitätswerke zu heben, reicht die Kraft des einzelnen Werkes kaum aus, auf jeden Fall wird die Wirtschaftlichkeit der Arbeit durch Zentralisierung der Maßnahmen und Gemeinschaftsarbeit aller wesentlich gefördert.

Die Absatzsteigerung ist das Fundament der Entwicklung einer jeden Industrie. Auf die Elektrizitätsversorgung angewandt, heißt es also, wie bekannt, die Täler in der Belastungskurve auszufüllen und den kWh-Verbrauch je Kopf der Bevölkerung zu heben. Durch Absatzsteigerung des Wärme- und Kraftstromes hat man dieses seit einiger Zeit systematisch zu erreichen versucht. Aber man ist wegen der scharfen Konkurrenz anderer Wärme- und Kraftquellen genötigt, sich mehr und mehr den Gestehungskosten der elektrischen Arbeit zu nähern. Dieses Prinzip — Verbilligung des kWh-Preises für gewisse Stromanwendungen — ist trotzdem absolut gesund, denn gerade die Verkaufskurve des Wärmestromes — definiert durch kWh-Abgabe als Funktion des kWh-Preises — steigt sehr rasch nach Überschreitung eines mit den örtlichen Verhältnissen sich ändernden Wertes. Aber aus dem Vergleich mit den eingangs erwähnten Zahlen dürfte hervorgehen, daß Hand in Hand mit der Werbung von mehr Kraft- und Wärmestromabgabe ein wohl größeres und darum dankbareres Feld auf dem Gebiete der Anschlußbewegung des Stromes für Beleuchtungszwecke liegt, vor allem, wenn man bedenkt, daß die Stromabgabe für Licht in den europäischen Ländern bei ungefähr 10 bis 15 vH, in den Vereinigten Staaten dagegen bereits bei 27 vH liegt. Außer dem absoluten Werte kommt noch bei der Steigerung des Stromabsatzes für Beleuchtung der wesentliche Unterschied gegen Wärme- und Kraftstrom hinzu, daß fast keine Konkurrenz vorhanden ist und daher der Strompreis eigentlich nur durch den Wert bestimmt ist, welcher den höchsten Absatz und daraus den höchsten Gewinn für das Elektrizitätswerk liefert. Welche Strompreise für das Licht zum Beispiel in den Vereinigten Staaten erzielt worden sind, sehen wir aus Abb. 9. Ein Absinken des Durchschnittsstrompreises für die Licht-kWh von 1914 bis 1924 ist deutlich sichtbar. Der Durchschnittsstrompreis betrug im Jahre 1924 rund 32 Pf. je kWh. Er liegt, wenn man die Kaufkraft des Amerikaners berücksichtigt, trotzdem gewiß nicht hoch.

Wir wenden uns jetzt der Verteilung der Abgabe von Licht-, Kraft- und Bahnstrom zu und den aus ihnen erzielten Bruttoeinnahmen, um einen

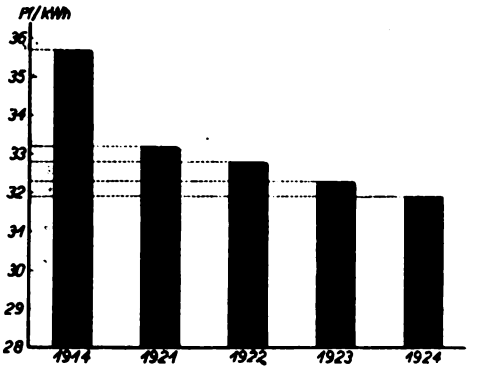


Abb. 9. Durchschnitts-Strompreis für Licht-kWh in den Vereinigten Staaten.
(Verbrauch in den Haushaltungen. Nach El. World, 1926, 1.)

Ausblick in die Zukunft zu gewinnen. Zunächst die prozentuale Verteilung der jährlich abgegebenen kWh auf die Licht- und Kraftanlagen sowie Bahnen! In Abb. 10 erhalten wir hierüber Aufschluß.

Wir sehen, daß in den Vereinigten Staaten im Jahre 1924, wie oben bereits erwähnt, etwa 27 vH der Jahres-kWh für Licht, etwa 58 vH für Kraft und etwa 16 vH für Bahnen abgegeben wurden. Die Licht-kWh machen also bisher nur einen verhältnismäßig geringen Prozentsatz der total abgegebenen kWh im Jahre aus. Wie steht es aber mit den Bruttoeinnahmen aus der

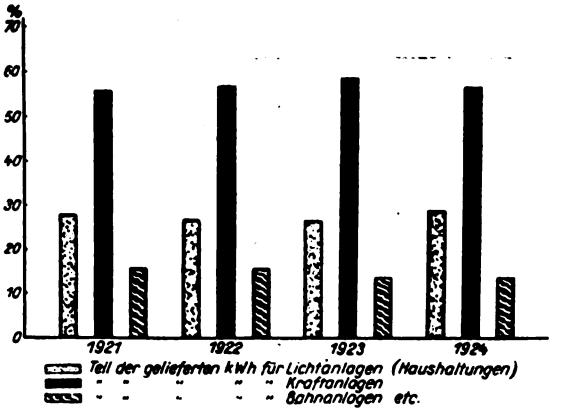


Abb. 10. Verkaufsstatistik der Kraftwerke in den Vereinigten Staaten.
(Nach Electrical World, 1926, 1.)

Stromabgabe für Licht, Kraft und Bahnen? Diese sind in Abb. 11 dargestellt.

Im Jahre 1924 wurden 67 vH der Bruttoeinnahmen aus Lichtabgabe erreicht, etwa 23 vH aus Kraft und etwa 10 vH aus Bahnen, ein sicher überraschendes Ergebnis. Wie ist nun dieses erzielt worden? Nur durch systematisches Zusammenarbeiten Aller! Die systematische Arbeit der Elektrizitätswerke, der Elektrofabrikanten und der Installateure hat seit einigen Jahren in den Vereinigten Staaten eingesetzt. Die Erfolge haben wir oben gesehen. Die alte Wahrheit, daß steigender Bedarf die Ware verbilligt und daß jeder, der an dem steigenden Bedarf der abgesetzten kWh beteiligt ist, höhere Gewinne erzielen wird, hat die Amerikaner bewogen, gewaltige Geldsummen der syste-

Digitized by Google

matischen Werbung für ihren Lichtdienst „Lighting Service" zur Verfügung zu stellen. So wird die Elektrizitätsversorgung selbst dem Staate und damit der Volkswirtschaft zu einem Hauptpfeiler und naturgemäß wird der Bankier willig seine Geldmacht ihr zu billigen Sätzen zur Verfügung stellen. Halten wir uns nochmals vor Augen, daß die künstliche Beleuchtung sich in der Größenlage von im allgemeinen höchstens einigen Hundert Lux bewegt, während das Tageslicht auf weit über 50 000 Lux hinaufgeht, ferner, wie wir eingangs erwähnten, daß erst wenige Prozent des möglichen Lichtanschlußwertes ausgebaut sind, während der Prozentsatz der Kraft- und Wärmeanschlüsse wesentlich höher liegt, so sehen wir aus der Parallele, welche Aufgaben noch vor uns liegen. Durch systematische Aufklärung, Forschung und Werbung, gesunde Finanzpolitik und Rationalisierung soll eine neue Ära des Wohlstandes der Elektroindustrie hervorgebracht werden. Da aber dem Einzelnen nur beschränkte Zeit und beschränkte Mittel zu dieser großen Aufgabe zur Verfügung stehen, so haben wir folgerichtig die Idee einer zentralen Stelle der Aufklärung und Gemeinschaftsarbeit entwickelt: Die Deutsche Gesellschaft für Lichtwirtschaft.

Die Kunde von der Lichtwirtschaft soll in jedes Haus getragen werden. Mit dem erhöhten Stromabsatz wird eine Rückwirkung auf die Stromerzeugungskosten erfolgen, und da jeder Exportartikel einen Prozentsatz Stromkosten enthält, so folgt, daß je geringer der Preis der elektrischen Arbeit in dem betreffenden

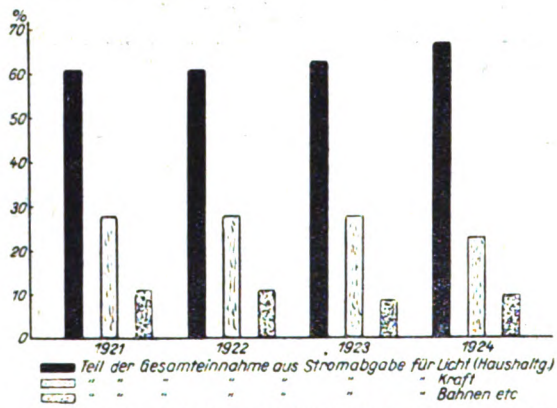


Abb. 11. Einnahme-Statistik der Kraftwerke in den Vereinigten Staaten von Amerika.
(Nach Electrical World, 1926, 1.)

Lande, um so billiger das fertige Exportgut. Wir können also die These aufstellen, daß, gleiche Verhältnisse vorausgesetzt, das bestbeleuchtete und elektrisch bestversorgte Land auch das konkurrenzfähigste auf dem Weltmarkt sein wird.

6. Schluß.

Wer Licht in die Finsternis bringt, ist ein Wohltäter der Menschheit. Der Verwaltungs- und Betriebsingenieur des Elektrizitätswerkes schafft so ein höheres Kulturniveau. Der gute Wille seiner Abnehmer wird ihm eine hoch zu bewertende Beigabe sein und er erreicht zugleich höheren Umsatz, größere Gewinne und Hebung der ganzen Elektroindustrie. Nicht genug kann hervorgehoben werden, daß es nicht nur eine Wirtschafts-, sondern ebenso eine Kulturfrage ist, den Absatz von Beleuchtungsstrom zu steigern. Große Naturschätze stehen uns zur Verfügung. Über die Zeit der Entwicklung der restlosen Ausnutzung der Steinkohle hilft uns die Braunkohle hinweg. Während wir 10 bis 15 vH der Steinkohlenproduktion der Welt haben, besitzen wir fast 80 vH der Weltproduktion der Braunkohle. Man wird einwenden, die Braunkohle ist wärmetechnisch gesprochen minderwertig. Das ist ohne Frage der Fall, aber, wenn wir die Wärmeeinheiten je Jahr und Kopf des Arbeiters von Braunkohle und Steinkohle gegenüberstellen, so erhalten wir das bekannte erfreuliche Ergebnis, daß über 50 vH mehr Wärmeeinheiten von dem Arbeiter an Braunkohle als Steinkohle gefördert werden, mithin wird also unser Strom aus Braunkohle billiger als aus Steinkohle. Mit Naturschätzen sind wir also reich bedacht, die wir durch unsere gut entwickelte Hochspannungstechnik auf immer größere Entfernungen unserer Industrie und dem Heim wirtschaftlich zur Verfügung stellen können.

Viel ist in Deutschland bereits erreicht worden. Wir stehen an zweiter Stelle in dem Weltbild der Elektrizitätsversorgung. Abb. 12 gibt einen Anhalt über die öffentliche Stromversorgung in den einzelnen Ländern. Nur die Vereinigten Staaten sind uns also an Be-

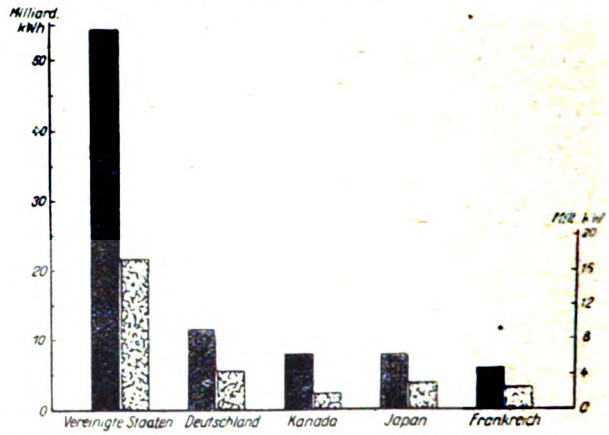


Abb. 12. Die öffentliche Stromversorgung in den einzelnen Ländern.
(Vergleichsjahr 1924.)

deutung in der Stromerzeugung überlegen. Auf die relative Bedeutung der öffentlichen zur privaten Stromversorgung gehen wir nicht ein, da einwandfreie Unterlagen bisher kaum erhaltbar sind.

Wir fragen uns, welche Mittel haben die Vereinigten Staaten angewandt, um eine derartig große Entwicklung der Stromversorgung ins Leben zu rufen, denn auch umgerechnet auf den kWh-Verbrauch je Kopf der Bewölkerung sind sie uns trotz ihrer geringen Bevölkerungsdichte überlegen. Einen bedeutenden und stets breiteren Raum nimmt dort die Werbung für sich in Anspruch und in dieser besonders die Werbung für mehr Beleuchtungsstrom. Außer den Vorteilen für das Heim und das Geschäft, sowie für die

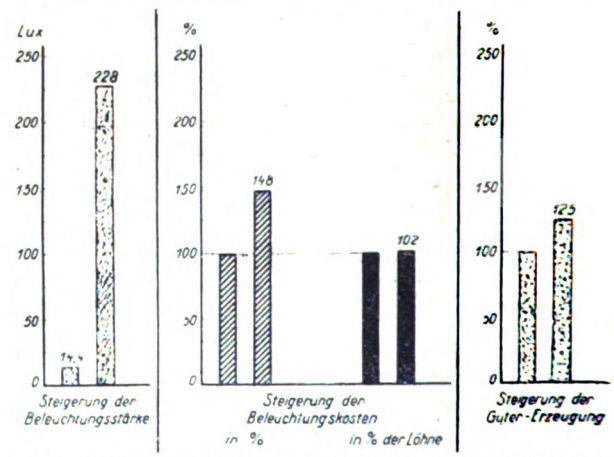


Abb. 13. Einfluß und Bedeutung der Beleuchtung für die Industrie.

Reklame und die Straßen hat man rasch erkannt, daß mehr Licht auch mehr Produktion bedeutet. Nur ein Beispiel sei hier aus einer Kolbenfabrik in Chicago angeführt, welche ihre Produktionssteigerung durch bessere Beleuchtung $1^1/_2$ Jahre lang untersucht hat. Die Endergebnisse sehen wir in Abb. 13 vor uns, auf der linken Seite die Ursache, auf der rechten Seite die Wirkung.

Nachdem die Beleuchtungsstärke von 14 Lux auf 228 Lux gesteigert war, erhielt die Fabrik eine

Digitized by Google

Produktionssteigerung von 25 vH. Mit Recht wird man fragen: Welche Mittel erforderte diese bedeutende Steigerung der Beleuchtung? Die Mehrkosten der Beleuchtung betrugen, wie wir in der Mitte der Abb. sehen, 48 vH. Wenn man jedoch diese Mehrkosten in Verhältnis zu den aufgewendeten Löhnen betrachtet, so sieht man, daß nur eine 2prozentige Steigerung eingetreten ist, aber eine 25prozentige Steigerung der Produktion. Der wirtschaftliche Erfolg ist also überwiegend auf der Seite des Fabrikanten.

Jeder Fortschritt der Technik ist mittelbar oder unmittelbar eine Steigerung der täglichen Arbeitsleistung des Einzelnen durch Maschinen, Licht, Rationalisierung usw. Ein Schlaglicht hierauf werfen folgende ungefähre Zahlen. Mit 230 000 Arbeitern liefert ein deutscher Industriezweig 1·2 Milliarden Mk. Waren jährlich. Die entsprechende amerikanische Konkurrenz erzeugt mit etwa derselben Anzahl von Arbeitern für 1·3 Milliarden Doll. Güter, also über viermal so viel je Kopf des Arbeiters. Die verschiedene Kaufkraft der beiden Länder spielt in diesem Vergleich kaum eine Rolle, obwohl die einzelne Ware in den Vereinigten Staaten teuerer bezahlt wird, auf dem Weltmarkt aber die entsprechende amerikanische Ware unter unserem Weltmarktpreis feilgeboten wird. Auch der Kampfruf: „Licht in die Finsternis" ist ein wesentliches Mittel in der Steigerung des Wirkungsgrades der Wirtschaft eines Volkes. Gerade in dem Absatz an Beleuchtungsstrom übertreffen uns die Vereinigten Staaten bedeutend. Sie haben frühzeitig das Licht als Werkzeug erkannt und behandelt. Es ist das bewußte sich Besinnen auf den Ursprung der Elektrizitätsindustrie. Dadurch wird der Beleuchtungsstrom dort immer mehr zum Hauptpfeiler der Elektrizitätsversorgung. Daß der eingeschlagene Weg richtig ist, beweisen die oben angeführten Zahlen.

Um den Fortschritt der Elektrizitätsversorgung messend verfolgen zu können, bedürfen wir einer Reihe von Maßstäben. Erst wenn wir diese für die verschiedenen Länder zur Verfügung haben, sind wir in der Lage, den Pulsschlag der gesamten Elektroindustrie zu prüfen. Man denke nur an

1. kWh-Abgabe je Mark investiertes Kapital,
2. kWh-Abgaben, je ein kW installierte Leistung
3. investiertes Kapital je ein kW installierte Leistung,
4. der kWh-Verbrauch je Kopf und der kWh-Verbrauch je Abnehmer,
5. das Einkommen aus den verschiedenen Kategorien von Abnehmern, unterteilt nach Licht, Kraft, Bahnen und Wärme.

Mit dem Zählen der Pulsschläge messen wir die Kraft der Völker. Erst hierdurch werden wir dann in der Lage sein, aus dem Vergangenen ein ungefähres Bild der Zukunft zu entwerfen. Schätzungen der Entwicklung der Elektroindustrie sind in anderen Ländern an der Tagesordnung, damit das große Ziel der Elektrowirtschaftsentwicklung nicht aus dem Auge verloren wird. Erst hierdurch konnte man zum Beispiel feststellen, daß selbst die Vereinigten Staaten noch im Anfang der Elektrifizierung stehen.

Die Frage, ob zu der Erreichung des Endzieles der Länder-Elektrifizierung eine Zusammenfassung wenigstens gewisser Befugnisse der Elektroversorgung durch das Reich stattfinden muß, lassen wir offen. Das Elektro-Rationalisierungsproblem ist treffend von Dr. Curtius kürzlich skizziert worden. Eine gründliche Bearbeitung des hier in Frage kommenden Aufgabenkomplexes ist zur Zeit im Gange. Die Fragen lauten:

1. Sind behauptete Mißstände der Strompreispolitik vorhanden?
2. Sind sie typisch?
3. Wie vergleichen sich Strompreise in Deutschland mit der Vorkriegszeit und mit dem Ausland?
4. Welche gesetzgeberischen Maßnahmen sind im Ausland getroffen?
5. Sind solche für Deutschland nötig?

Dr. Curtius sagt, durch die Gesetzesvorlage der englischen Regierung erwarte man durch zentralisierte Elektrizitätsversorgung eine Ersparnis von mindestens 44 Mill. Pfd. jährlich. Das ist fast 1 Millarde Goldmark je Jahr. Curtius geht soweit, zu sagen, daß die in Aussicht genommenen Maßnahmen Englands eine so erhebliche Verbilligung des elektrischen Stromes dort zur Folge haben werden, daß dadurch die Wettbewerbsfähigkeit der englischen Industrie auf dem Weltmarkt in einer für Deutschland gefährlichen Weise gehoben werde. Er stellt sich daher an die Spitze aller Bestrebungen, die in Deutschland auf eine Rationalisierung und Hebung der Elektrizitätswirtschaft abzielen.

Wie das Reich nicht achtlos an der Elektrizitätsversorgung vorübergehen kann, sondern dieselbe auf das Schärfste beobachten und fördern muß, so ist es für uns eine unabweisbare Aufgabe und Pflicht, die Behörden, die Elektrizitätswerke, die Elektrofabrikation im weitesten Sinne und den Verbraucher zu der großen Aufgabe der Hebung der Beleuchtung zusammenzufassen. Arbeitsgemeinschaften dieser Gruppen, zu denen noch die Industrie hinzuzuziehen ist, sollten in jedem größeren Elektroversorgungsgebiet geschaffen werden. Diese Zusammenfassung hoffen wir vorbildlich auch für andere Industriezweige zu gestalten. Nicht nur zu fabrizieren gilt es, sondern die beste und weitgehendste Anwendung der Fabrikationsprodukte wollen wir uns angelegen sein lassen. Die Deutsche Gesellschaft für Lichtwirtschaft wird dann die Aufgabe haben, zu erkennen und dem Verbraucher zu vermitteln, wie er sich Licht wirtschaftlich und kulturell zu seinem und dem Gedeihen des ganzen Volkes nutzbar machen soll.

Die Lage der deutschen Elektrizitätsindustrie.

Von Dipl.-Ing. Dr. Arthur **Hamm**, Charlottenburg.

Während die deutsche Industrie im Jahre 1925 unter den Wirkungen einer ungewöhnlich schweren Krise litt, die sich in zahlreichen Konkursen und Geschäftsaufsichten äußerte, bedeutete dasselbe Jahr für die Elektrizitätswerke eine Periode ungewöhnlichen Aufschwunges. Bis zum Herbste schien es so, als sollte die Erzeugung des Jahres 1924 um durchschnittlich etwa 50 vH übertroffen werden. Erst vom Oktober an trat ein Rückschlag ein, der die erwarteten Ergebnisse nicht voll zur Wirklichkeit werden ließ. Trotzdem blieb die allgemeine Steigerung der Erzeugung außerordentlich hoch. Sie betrug im Geschäftsjahr 1924/25 oder 1925 gegenüber dem Vorjahre zum Beispiel beim RWE 57·9 vH, bei den Vereinigten Elektrizitätswerken Westfalen 27·5 vH, beim Badenwerk 22 vH, bei den Neckarwerken 42·8 vH, bei den Berliner Städt. Elektrizitätswerken 36 vH, bei den Elektrowerken 12·5 vH, beim Märkischen Elektrizitätswerk 28 vH, bei dem Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt 21 vH, bei den Sächsischen Werken 45 vH, bei den Hamburgischen Elektrizitätswerken 41·4 vH, beim Elektrizitätswerk Schlesien 36·8 vH, bei den Oberschlesischen Elektrizitätswerken für die Gesamtanlage 45·5 vH, für den deutschen Teil 15·5 vH. Eine Vollständigkeit erstrebt diese Aufstellung nicht, jedoch umfassen die hier genannten Werke rund 60 vH der gesamten Stromerzeugung durch öffentliche Elektrizitätswerke in Deutschland, sodaß mit Wahrscheinlichkeit darauf geschlossen werden kann, daß die übrigen Werke kein wesentlich abweichendes Bild zeigen. Wenn freilich auch die Erzeugung der privaten, industriellen Werke statistisch erfaßt werden könnte, dürfte sich das Gesamtbild doch erheblich verschieben, leider fehlt eine solche Statistik vollständig. Ein bestimmtes Gesetz über die Verteilung der Stromzunahme auf städtische, ländlich-agrarische und industrielle Werke läßt sich aus den mitgeteilten Zahlen nicht ab-

Digitized by Google

leiten, Werke, die ein sehr annähernd gleichmäßiges Gebiet versorgen, wie die Elektrowerke, das Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt und die Sächsischen Werke weisen höchst verschiedene Werte der Zunahme auf. Teilweise liegen wohl Umstände besonderer Art vor, die die Steigerung erklären. Die ganz besonders hohe Zunahme der Erzeugung beim REW zum Beispiel ist auf die lange Stagnation, die die unmittelbare Folge des Ruhreinbruches war, zurückzuführen, gegenüber der vorher höchsten Erzeugung im Geschäftsjahre 1922/23 beträgt die Zunahme nur 11 vH, was als ein ganz normaler Wert anzusprechen ist.[1])

Diese Steigerung des Umsatzes bedeutet jedoch keineswegs eine entsprechende Steigerung des Gewinnes oder auch nur des Rohüberschusses, denn die Strompreise haben eine stark rückläufige Tendenz gezeigt. Teilweise ist sogar trotz starker Steigerung der Erzeugung ein Stillstand (Neckarwerke) oder gar ein Rückgang der Überschüsse (Oberschlesische Elektrizitätswerke —6·9 vH) festzustellen. Im allgemeinen sind sie in weit geringerem Ausmaße gestiegen, als die Erzeugung, wie die folgenden Zahlen beweisen, die nur für solche Gesellschaften mitgeteilt werden, deren Geschäftsjahr mit dem Kalenderjahr zusammenfällt, da bei den anderen das vorhergehende Geschäftsjahr noch teilweise in die Inflationszeit fällt und daher unvergleichbar ist. So betrug die Steigerung der Überschüsse bei den Elektrowerken nur 3·8 vH, beim Elektrizitätswerk Schlesien 30 vH, bei den Berliner Elektrizitätswerken 10 vH und nur bei den Sächsischen Werken übersteigt diese Zahl mit 71 vH die Steigerung der Stromerzeugung mit 45 vH ganz erheblich. Die Erscheinung des Rückganges der Strompreise ist angesichts des Zustandes der deutschen Wirtschaft im Jahre 1925 natürlich verständlich, jedoch ist zu sagen, daß manche Großabnehmer unter Ausnutzung ihrer Machtmittel sich den Strom zu einem Preise zu verschaffen verstehen, der die notwendige Rücksicht auf die Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Lieferwerkes vermissen läßt und dieses zwingt, einen Ausgleich im Preise des Licht- und Kleinkraftstromes zu suchen.

Seit Oktober vorigen Jahres hat sich die industrielle Konjunktur, wie bereits erwähnt, nun auch in der Elektrizitätsindustrie geltend gemacht. Die letzten Monate des vergangenen Jahres brachten Erzeugungsziffern, die hinter den Voranschlägen oft erheblich zurückblieben und im laufenden Jahre hat sich die rückläufige Bewegung noch verstärkt; nicht bei allen Werken, manche erhalten die vorjährige Erzeugung aufrecht, manche haben sogar eine kleine Steigerung (bis etwa 10 vH) aufzuweisen. Im großen Ganzen aber ist die Bewegung rückläufig, wozu noch die ebenfalls sinkende Tendenz der Strompreise kommt, während die Ausgaben die Neigung haben zu steigen, trotz sinkender Erzeugung. Alles das schränkt die erzielbaren Überschüsse ein und wird zur Folge haben, daß die Werke, die nicht sehr vorsichtig disponiert oder ihr Kapital stark zusammengeschnitten haben, die vorjährige Dividende nur schwer werden aufrecht erhalten können.

Hierzu kommt noch der Umstand, daß infolge des Ansturmes auf elektrischen Strom, den die beiden letzten Jahre brachten, viele Werke zu beträchtlichen Erweiterungen der Kraftwerke und des Leitungsnetzes gezwungen waren, die oft nur mit Hilfe von Anleihen durchzuführen waren. Unter den Gesellschaften, die im Auslande, namentlich in Amerika, Anleihen aufgenommen haben, sind besonders viele Elektrizitätswerke. Für diese Erweiterungen fehlt es nun zunächst vielfach an Beschäftigung, sodaß sie im Geschäft nicht mitarbeiten können, während die Anleihezinsen bezahlt werden müssen. Das ist besonders erschwerend für jene Gesellschaften, die ihre Anleihen frühzeitig aufnommen haben, als die Bankbedingungen und Zinsen noch recht hoch waren. Solche Gesellschaften werden wohl noch auf mehrere Jahre hinaus schwer zu tragen haben.

Schon die oben mitgeteilten Tatsachen und Erzeugungsziffern lassen erkennen, daß der Zusammenhang zwischen wirtschaftlicher Konjunktur und Stromerzeugung nicht einfach sein kann. Neuerdings sind nun Versuche gemacht worden, die Erzeugung der öffentlichen Elektrizitätswerke zur Konjunkturanalyse heranzuziehen, wozu das Vorbild die Veröffentlichungen von „Electrical World" lieferten, die fast in jeder Nummer ihr „Konjunkturbarometer", noch unterteilt für die verschiedenen Staatengruppen der Union bringt. In ihrem gegenwärtigen Entwicklungszustande ist die Stromerzeugung der deutschen Elektrizitätswerke indessen wenig geeignet, für solche Versuche eine geeignete Unterlage zu liefern. Die stürmische Aufwärtsbewegung des Jahres 1925 verdankt ja ganz anderen Ursachen als einer wirtschaftlichen Hochkonjunktur ihren Ursprung, und die schwere Depression, die dieses Jahr kennzeichnete, fängt erst jetzt an, sich in der Elektrizitätsindustrie auszuwirken, wo die anderen Industrien teilweise schon eine leichte Besserung verspüren. Wie trügerisch Schlüsse aus dem Auf- oder Niedergang der Stromerzeugung sein können, beweist als Spezialfall die Lage der Oberschlesischen Elektrizitätswerke. Gerade im ostoberschlesischen Gebiete, das von der polnischen Industriekrise geradezu verheert worden ist, ist die Zunahme der Erzeugung besonders stark. Die Ursache ist gerade die Schwere der Krise. Der Strombedarf der einzelnen Hütten und Gruben ist so gesunken, daß die Inbetriebnahme und Unterhaltung ihrer eigenen Kraftwerke nicht lohnt, der Strom ist billiger vom öffentlichen Elektrizitätswerk zu haben. Bei besserwerdender Konjunktur kann die Folge leicht sein, daß die Stromerzeugung des Elektrizitätswerkes sinkt, was dem Konjunkturforscher, der diese Zusammenhänge nicht kennt, natürlich seltsam erscheinen würde. Anders liegen die Dinge eben in Amerika, das solche Zustände der Instabilität noch nicht kennen gelernt hat. Hier hat man seit vielen Jahren eine mittlere Zunahme der Stromerzeugung von 11 vH jährlich festgestellt, man kennt auch dank einer eingehenden statistischen Durcharbeitung die Zunahme auf den Gebieten der einzelnen Industrien, der Bahnen, des häuslichen Verbrauches, da hat dann ein Steigen oder Sinken des Stromverbrauches eine ganz andere Bedeutung als unter unseren augenblicklichen Verhältnissen. Natürlich ist anzunehmen, daß auch wir einmal zu einer solchen Stabilität kommen werden, aber bis dahin hat es noch gute Wege. Bei dem jetzigen Zustande unserer Elektrizitätswirtschaft wäre jeder Schluß aus ihren Zahlen unsicher. Das gilt auch von so eingehenden Untersuchungen, wie sie das Institut für Konjunkturforschung veranstaltet und in seinen Vierteljahrsheften veröffentlicht. Namentlich das Fehlen einer Statistik über die Erzeugung der industrieeigenen Werke, deren Leistungsfähigkeit ja ein Mehrfaches der öffentlichen Elektrizitätswerke beträgt, macht den Wert solcher Leistungen ziemlich illusorisch.

Die Öffentlichkeit beschäftigt sich indessen neuerdings nicht nur mit den wirtschaftlichen Verhältnissen der Elektrizitätswerke, sondern die ganze Industrie, die früher gewissermaßen stillschweigend ihrer wirtschaftlichen Pflicht nachkam, ist neuerdings in eine Debatte hineingezogen worden, die stark politischen Charakter hat und in deren Zusammenhang dann auch das Wort „Elektrizitätspolitik" geprägt wurde. Diese Debatte dreht sich zum Teil um die Frage des Staats- oder Privatbetriebes, teils um das Verhältnis der Elektrizitätswirtschaft als Ganzes zu den öffentlichen Gewalten. Den Wert des Privatbetriebes gegen den des öffentlichen Betriebes abzuwägen, ist in Deutschland nun freilich eigentlich müßig, denn der ganz überwiegende Teil der Stromerzeugung ist in der öffentlichen Hand. Einem sachlichen Urteil kann das weder als ein besonderer Vorteil, noch als ein Nachteil erscheinen, beide Verwaltungen haben Wertvolles und Anerkennenswertes geleistet. Da aber der Deutsche, nach Treitschkes treffendem Worte aus der Not nicht nur eine Tugend,

[1]) Nach dem nach Abfassung dieser Arbeit erschienenen Geschäftsbericht für das Jahr 1925/26 war in diesem die Stromerzeugung nur unmerklich größer als 1924/25.

Digitized by Google

sondern gleich eine Theorie macht, so haben einige Enthusiasten diesen Zustand der Dinge als besonders ideal darstellen wollen und die kräftige Entwicklung einiger solcher Werke als Verdienst des Besitzers, das heißt der öffentlichen Hand gerühmt. Hiermit ist aber der Boden der Sachlichkeit bereits verlassen, einem nüchternen Urteile wird es so erscheinen, als ob die Besitzer (Aktionäre) dieser Werke um deren Entwicklung kein größeres Verdienst hätten, als die Aktionäre anderer Unternehmungen auch. Das eigentliche Verdienst kommt gewöhnlich ganz bestimmten Persönlichkeiten zu, die manchmal dem Aufsichtrate, manchmal dem Vorstande angehören, zuweilen auch nur in einem beratenden Verhältnis zu dem betreffenden Werke stehen. An dem gewaltigen Aufschwunge, den zum Beispiel das RWE genommen hat, haben doch die zahlreichen Kommunalverbände, in deren Händen die Aktien sind und deren Vertreter den Aufsichtsrat bilden, kaum einen nennenswerten Anteil, während dem verstorbenen Minderheitsaktionär Hugo Stinnes ein ganz überragendes Verdienst zukam, ebenso wie einigen bekannten Herren des Vorstandes. Das Gedeihen des Bayernwerkes ist vor allem der einzigartigen Persönlichkeit Oskar von Millers zu danken, dem auch die Sächsischen Werke zu großem Danke verpflichtet sind. Wie selbst in ungünstigen Verhältnissen ein Unternehmen zu hoher Blüte gelangen kann, wenn es die geeigneten Persönlichkeiten gewinnt, hat die kräftige Entwicklung des Märkischen Elektrizitätswerkes gezeigt, seitdem G. Warrelmann an seiner Spitze steht. Auch hier wird man von einem besonderen Verdienste der den Aufsichtsrat bildenden märkischen Landräte nicht reden können. Solche Unternehmungen als Beweis für die Überlegenheit des staatlichen oder kommunalen Betriebes anzuführen, hat keinen Sinn, oder gar die Größe einzelner Kraftwerke wie Goldenbergwerk, Golpa usw., Golpa beispielsweise ist doch eine reine Schöpfung Klingenbergs, der spätere Übergang des Besitzes an das Reich hat es gar nicht beeinflußt. Der Umstand, daß fast alle Unternehmungen der öffentlichen Hand die Form der Aktiengesellschaft angenommen haben, ist ebenfalls nicht geeignet, die Lehre von der Überlegenheit des staatlichen Betriebes zu stützen. Die leidenschaftliche Feindschaft, die sich in den Vereinigten Staaten gegen government's ownership regt, ist in Deutschland, wo die staatliche Verwaltung durchaus Anerkennenswertes geleistet hat, gewiß nicht am Platze, aber man muß sich auch hüten, in den entgegengesetzten Fehler zu verfallen. Man muß im Gegenteil sagen, daß der staatliche Besitz an wirtschaftlichen Produktionsmitteln, die mit solchen der Privatindustrie konkurrieren, insofern sehr bedenklich ist, als die Versuchung gegeben ist, die staatlichen Machtmittel zur Förderung der eigenen Unternehmungen einzusetzen. Die Erfahrung zeigt, daß diese Versuchung recht wohl besteht und nicht immer die Kraft vorhanden ist, ihr Widerstand zu leisten. In Schlesien, wo der Staat außer einer Beteiligung an dem noch in der Entwicklung begriffenen Überlandwerk Oberschlesien keine eigene Unternehmung besitzt, wollten die OEW und das EW Schlesien, die zusammen 84·5 vH des Strombedarfes der Provinz erzeugen, ihre Leitungsnetze durch eine Höchstspannungsleitung, die später durch ein eigenes Kraftwerk gespeist werden sollte, verbinden. Der preußische Staat wollte aber das dazu notwendige Enteignungsrecht nur bewilligen, wenn diese Leitung von einer besonderen Gesellschaft ausgeführt würde, in der er oder die von ihm bezeichneten Kommunalverbände 51 vH der Aktien besäßen. Irgend eine sachliche Begründung war für diese Forderung gar nicht vorhanden, die Gesellschaften lehnten denn auch ab und begnügten sich damit, ihre vorhandenen Kraftwerke zu erweitern, sie verzichteten auf die höchste Wirtschaftlichkeit, um die Unabhängigkeit zu bewahren. Ähnliche Hemmungsversuche hat, wie bekannt, auch das RWE zu bekämpfen gehabt.

Die Tatsache, daß heute die meisten Länder eigene Elektrizitätswirtschaft betreiben, macht das Verhältnis der Elektrizitätswirtschaft zum Ganzen der deutschen Wirtschaft eben nicht leichter. Solche Schwierigkeiten wie sie sich in Schlesien, gegenüber dem RWE und auch anderswo gezeigt haben, im Interesse der Gesamtwirtschaft aus der Welt zu schaffen oder garnicht erst entstehen zu lassen, sollte — nach einem im Elektrizitätsbeirat eingebrachten Antrage — die Aufgabe einer übergeordneten Reichsstelle sein. Ob dieser Antrag, der zweifellos sehr nützlich wirken würde, jemals Gesetz wird, muß allerdings bezweifelt werden, der Widerstand der Länder wird kaum zu besiegen sein. Es bliebe allerdings auch noch abzuwarten, wie eine solche Reichsstelle arbeiten würde. In Amerika gibt es ja ähnliche Stellen in großer Zahl, die meisten Staaten haben ihre Power commissions, zuweilen auch noch besondere Water power commissions, daneben gibt es besondere Interstate power commissions und endlich über allen die Federal power commission. Die Befugnisse dieser Kommission sind sehr weitgehend, sie erstrecken sich durchaus nicht auf die Konzessionierung allein, aber über ihr Wirken herrscht keineswegs ungeteilte Begeisterung, weder bei den Elektrizitätswerken noch bei der Öffentlichkeit, deren Interessen zu schützen sie bestimmt sind. Die Last, die sie für die Werke bilden, scheint in der Tat außerordentlich groß zu sein. Die United Edison Companies of New-York wiesen für 1925 einen Betrag von nicht weniger als 2·648 Mill. Dollar als regulatory commission expenses aus, das sind 4·75 vH ihrer Gesamteinnahme. Man möchte doch nicht eine ähnliche Belastung für Deutschland wünschen, sie wäre völlig unerträglich.

Von viel größerer Tragweite, weil mit naturgesetzlicher Kraft sich vollziehend, sind dagegen die technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen, die gegenwärtig innerhalb der deutschen Elektrizitätswirtschaft vor sich gehen. Die seinerzeit vorgesehene Zusammenfassung ganzer Gebiete zu Elektrizitätsprovinzen hat sich inzwischen von selbst vollzogen, sie wird auch da kommen, wo sie bisher, wie zum Beispiel in Schlesien, durch äußere Einflüsse gehemmt worden ist. Die Verkupplung dieser Provinzen durch Leitungen höchster Spannung ist bereits im Gange. Hiermit ist das RWE bahnbrechend vorgegangen. Die nach Süddeutschland zu gebaute Leitung, die gegenwärtig bis in die Frankfurter Gegend führt und später bis in den Wirkungsbereich der süddeutschen Wasserkräfte vorgetrieben werden soll[2]), wird einen Ausgleich zwischen den Braunkohlenkraftwerken am unteren Rhein und den deutschen und schweizerischen Wasserkräften am Oberrhein und in Vorarlberg vermitteln. Ein sehr weitausschauendes Programm, dessen Durchführung ganz ungewöhnliche finanzielle Opfer verlangt, die noch lange hinaus ohne jeden Ertrag bleiben müssen. Man kann vielleicht sogar daran zweifeln, ob das in dieser Leitung angelegte Kapital sich überhaupt jemals angemessen verzinsen wird, denn die Ergiebigkeit der süddeutschen und österreichischen Wasserkräfte ist nicht so außerordentlich, daß sie imstande sein sollten, wirklich bedeutende Mengen an Überschußenergie zu liefern, zumal nachdrückliche Versuche gemacht werden, die erzeugte Energie durch Ansiedlung von elektrochemischer Industrie restlos an Ort und Stelle zu verbrauchen. Zudem sind ihre Ausbaukosten meistens ziemlich hoch, sodaß die erzeugte Energie nicht ganz billig wird. Bedenkt man dabei die Entwicklung, die die Wärmetechnik im letzten Jahrfünft genommen hat, die die Brennstoffkosten der kWh in wenigen Jahren auf etwa 45 vH des früheren Betrages gedrückt hat, während die Anlagekosten der Dampfkraftwerke nur um 20 vH gestiegen sind, sodaß Dampfstrom heute zu 55 vH der früheren Kosten erzeugt werden kann, so kommt man zu keiner günstigen Voraussicht für die weitere Entwicklung dieser Wasserkräfte. Die Verteuerung der Leihkapitalien wirkt in derselben Richtung einer Entwertung der Wasserkräfte. Bei den gegenwärtigen Kohlenpreisen braucht die Erzeugung einer kWh in den frachtlich am günstigsten gelegenen Teilen Süddeutschlands kaum 0·5 Pf. mehr zu kosten als Wasserstrom

[2]) Ist inzwischen Tatsache geworden.

Digitized by Google

aus einem bequem auszubauenden Werk, und der Dampfstrom bietet doch sehr beachtliche technische und wirtschaftliche Vorteile. Ist das Wasserkraftwerk genötigt, um die Schwankungen der Wasserführung unschädlich zu machen, ein Reservedampfkraftwerk zu erbauen oder eine kostspielige Verbindungsleitung zum Netz eines leistungsfähigen Dampfkraftwerkes zu erbauen, so schwindet auch dieser letzte Preisvorteil. Auch lassen die Ausnutzungsverhältnisse der Wasserkraft sich kaum noch wesentlich verbessern, da ihr Geamtwirkungsgrad heute bereits etwa 92·5 vH beträgt, während der Gesamtwirkungsgrad der Dampfkraftanlagen noch der weitestgehenden Verbesserungen fähig ist. Das Committee on Power Generation des A. I. E. E. rechnet denn auch mit einer weiteren Senkung des Kohlenverbrauches um etwa 28 vH in den nächsten 6 Jahren. Freilich wirkt die zunehmende Senkung des Landeszinsfußes wiederum günstig für die Wasserkraftwerke. Aber selbst für ein Land mit stabilem Zinsfuße, wie es die Vereinigten Staaten sind, sprach der leitende Ingenieur der vornehmlich mit Wasserkraft arbeitenden Southern California Edison Co., Mr. Barre, auf der Frühjahrsversammlung der American Society of Mechanical Engineers aus: „Nachdem die Wärmetechnik es erreicht hat, wie die Kraftwerke Seal Beach und Long Beach erweisen, die kWh mit einem Brennstoffaufwand von 1 Pf. herzustellen, kommt ein Ausbau von Wasserkräften ohne Speichermöglichkeit praktisch nicht mehr in Frage, und selbst Speicherwasserkraftprojekte sind viel sorgfältiger zu prüfen, als es bisher geschehen ist." Gilt das für Amerika, wo die kleineren Wasserkräfte von der Größenordnung unserer größten sind, so wohl erst recht für Deutschland. Man muß auch daran denken wie nachdrücklich Klingenberg immer auf die geringe Bedeutung der Wasserkräfte hingewiesen hat. Sie aber auszubauen, um die unersetzlichen Kohlen zu schonen, heißt nichts anders, als der lebenden Generation Lasten aufzuerlegen zugunsten einer um 1 bis 2000 Jahre später lebenden, von deren technischen Möglichkeiten wir gar keine Vorstellung haben. Hier ist nur ein streng wirtschaftlich orientiertes Denken am Platze, die Entscheidung kann nur lauten: wie erzeuge ich die benötigte Energie am billigsten? Und daß so betrachtet die Entwicklung grosso modo zuungunsten der Wasserkräfte fortschreitet, ist nicht zu leugnen.

Wirtschaftliche Nachrichten.

„Newag", Niederösterreichische Elektrizitätswirtschafts-A.-G.[1]) Im Jahre 1925 wurden Industrieanschlüsse mit 320 kVA, Anschlüsse an fremde Elektrizitätswerke mit 210 kVA und Anschlüsse an 33 Gemeinden mit 965 kVA Anschlußwert hergestellt. Die Hochspannungsleitungen am Semmering und im Groß-Grußbacher Gebiete sowie die Ortsnetze, zu deren Anlegung die Gesellschaft vertraglich verpflichtet war, sind vollendet worden[2]). In den eigenen Wasserkraftanlagen wurden 40·86 Mill. kWh (24·83 im Vorjahre) erzeugt, in den Wärmekraftanlagen 1·63 (3·56) Mill. kWh, an Fremdstrom wurden 4·73 Mill. kWh (4·89) bezogen. Verkauft wurden 38·79 Mill. kWh (26·76), wofür im eigenen Absatzgebiet 5·07 Mill. S (3·05) und vom St. E. W.-Wien 0·27 Mill. (0·42) eingingen. Die Gemeinde Wien bezog rund 40 vH des Stromes zu sehr niedrigen Preisen, je 15 vH bezogen St. Pölten und Wiener Neustadt, 9 vH die Mariazeller Bahn und den Rest etwa 18 000 Konsumenten. Der Preis für Lichtstrom stufte sich seit der letzten Preisregelung am 15. März 1925 von 36 bis 54 Goldheller ab, der Kraftstrom von 12 bis 18 Goldheller je kWh. Für $^3/_4$ der Stromlieferung sind aber die Preise auf Grund von Sonderabkommen mit den beteiligten Industrien viel niedriger. Beschäftigt wurden 180 Arbeiter und 78 Angestellte. Die Kosten für die Stromerzeugung und den Stromvertrieb in dem großen Überlandnetz betrugen 1·75 Mill. S, jene für den bezogenen Strom 331 000 S. Unter den Ausgaben ist die größte Post Passivzinsen mit 2·8 Mill. S. Die Jahresrechnung für 1925 schließt mit einem Verlust von 363 000 S ab, welchem Betrag eine Ausgabe von 518 064 S für die statutarische Abgabe an Wien und Niederösterreich gegenübersteht. Im Jahr 1926 haben sich die Erzeugung und der Konsum erhöht. Größere Investitionen wurden nicht vorgenommen, doch wurden die Netze ständig erweitert, wobei aber die Neuanschlüsse (etwa 1000 kVA) nicht mehr von der Newag bezahlt werden. Das Unternehmen verfügt derzeit über drei Hauptstromerzeugungsstätten, und zwar die beiden Wasserkraftwerke an der Mariazellerbahn mit zusammen 11 000 PS Leistung, ferner die Wasserkraftanlagen an der Schwarza, an der Piesting und am Mirabach mit Wärmekraftreserveanlagen, zusammen 12 000 PS und schließlich die Werke in St. Pölten und im Traisental, zusammen etwa 5000 PS, je zur Hälfte Wasser- und Wärmekraftanlagen. Alle drei Gruppen sind durch eine 130 km lange 60 kV Leitung verbunden, wozu noch ein Netz von 1543 km 20 kV Leitungen mit Transformatorenstationen von zusammen 27 800 kVA (ohne Werktransformatoren) kommt. Ende 1925 waren insgesamt 641 Gemeinden in Niederösterreich angeschlossen. Vereinbarungen wegen Stromlieferung sind mit der Gemeinde Wien getroffen. Die Mehrheit der Aktien (51 vH) ist im Besitze der Länder Wien und Niederösterreich. In der Golderöffnungsbilanz per 1. Jänner 1925 wurde ein Eigenvermögen von 8·3 Mill. S ausgewiesen, je die Hälfte in Aktienkapital und in Rücklagen. Die Anlagen wurden nach sehr reichlichen Abschreibungen mit 41 Mill. S bewertet, die Wertpapiere auf 1500 S abgeschrieben. Auf der Passivseite erscheinen von größeren Beträgen noch 21·3 Mill. Dollarobligationen. Die Eröffnungsbilanz schließt auf beiden Seiten mit 47·18 Mill. S. Die Schlußbilanz per 31. Dezember 1925 zeigt nur wenig veränderte Zahlen, abgesehen von den Kreditoren und Debitoren, wo 14·2 Mill. S als Gegenwert der neuen 2 Mill. Dollaranleihe verrechnet sind. Dementsprechend sind auch die Bilanzsummen auf 59·3 Mill. S gestiegen. J.

Aus der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft und -Industrie. (Nach dem Berichte des Handelsamtes für September 1926.) Die Commonwealth Edison Co. in Chicago, der größte Lieferer auf der Erde von durch Dampfkraft erzeugtem Wechselstrom, hat eine installierte Maschinenleistung von über 1 Mill. kW. — Die Washington Power Co. hat den Bau einer 108 km langen 110 kV-Leitung von Spokane nach Coeur d'Alene vollendet. — Für das Conowingo Kraftwerk werden 2 Turbinen von je 54 000 PS bei etwa 27 m Gefälle gebaut. Für diese Anlage hat die General Electric ferner 13 Transformatoren von je 26 667 kVA mit über 99 vH Wirkungsgrad in Arbeit. — In den Vereinigten Staaten ist etwa 60 vH der Industrie elektrisiert. Im Jahre 1924 wurde von der Industrie für Motoren von 13·5 Mill. PS der Strom bezogen und für Motoren von 9 Mill. PS in eigenen Werken erzeugt. — Die Gesamteinnahmen der Kraftwerke für verkauften Strom waren im Juni 132·7 Mill. Dollar, das sind 14·4 vH mehr als im Vorjahr bei einer Steigerung der Erzeugungskosten um 11·1 vH. J.

[1]) Die Bilanzen, Beilage z. Österr. Volkswirt, Nr. 10, 1926.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, TWN, Seite 291, 382.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

· DAS

ELEKTRIZITÄTSWERK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 2 **13. Februar 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: cos φ im Stromtarif. Von F. Niethammer, Prag. S. 13. / Die Elektrizitätswerke in Jugoslawien. Von Dipl. Ing. E. Kürschner, Zagreb. S. 14. / RUNDSCHAU. S. 16. / LITERATURBERICHTE. S. 18. / CHRONIK. S. 19. / GESCHÄFTSBERICHTE und BETRIEBSERGEBNISSE S. 20.

cos φ im Stromtarif.

Von F. **Niethammer**, Prag.

Der Stromtarif, namentlich der für Großkonsumenten, soll sich den tatsächlichen Selbstkosten möglichst anpassen, er soll aber nicht verwickelte Meßinstrumente erfordern. Es soll gezeigt werden, wie sich beim bekannten Grundgebührentarif, der auf Zähler mit Höchstverbrauchzeiger aufgebaut ist, der Einfluß des cos φ berücksichtigen läßt, was heute zu einer wirtschaftlichen Notwendigkeit geworden ist.

Die Anlagekosten des nichtelektrischen (thermischen oder hydraulischen) Teiles eines Überlandwerkes hängen von der gesamten Wirkleistung P in kW, die des elektrischen Teiles aber von der Scheinleistung $II = P/\cos\varphi$ ab, weshalb die Grundgebühr (Leistungsgebühr) in einen Wert a_w Mark je Wirk-kW$_{max}$ für den thermischen (hydraulischen) Teil und einen Wert a_e Mark je kVA (oder kW) Scheinleistung für den elektrischen Teil zu zerlegen ist. Die Kupferverluste in den Generatoren, Transformatoren und Leitungen wachsen mit dem Stromquadrat I^2, das heißt mit $(P/\cos\varphi)^2$. Weiter ist zu beachten, daß die Kosten des elektrischen Teiles proportional

$$II^{3/4} = (P/\cos\varphi)^{3/4}$$

wachsen. Für einen Großabnehmer, der eine (viertelstündige) Höchstleistung p_m Wirk-kW und jährlich z kWh abnimmt, belaufen sich nach diesen Voraussetzungen die Jahreskosten K auf[1])

$$K = \left\{a_w \,.\, p_m + a_e \frac{p_m}{(\cos\varphi_m)^{3/4}}\right\} + z \,.\, b_0\,(1 + \alpha/\cos^2\varphi_d) \quad (1),$$

worin b_0 die beweglichen Kosten pro kWh bei $\cos\varphi = 1$, also im wesentlichen die Kohlen- und Ölkosten sind. Wenn man $\beta = a_e/a_w$ setzt, so kann man die Jahreskosten auch schreiben:

$$K = a_w\left\{1 + \beta/(\cos\varphi_m)^{3/4}\right\} p_m + z \,.\, b_0\,(1 + \alpha/\cos^2\varphi_d) \quad (2).$$

In allen diesen Formeln ist φ_m der cos φ bei der Höchstleistung p_m und cos φ_d der quadratische Mittelwert über die ganze Betriebszeit, wofür man meist genügend genau den einfachen Mittelwert setzen kann.

Will man den totalen mittleren Kilowattstundenpreis c (Arbeitspreis je kWh) feststellen, so hat man einfach Gl. (2) mit z zu dividieren, also mit $z/p_m = t =$ jährliche Benützungsdauer

$$c = a_w/t\left\{1 + \beta/(\cos\varphi_m)^{3/4}\right\} + b_0\,(1 + \alpha/\cos^2\varphi_d) \quad (3).$$

Es mag noch erwähnt sein, daß man praktisch $\beta = 2$ bis 3 für thermische und $\beta = 0{\cdot}5$ bis 1 bei hydraulischen Anlagen sowie $\alpha = 0{\cdot}1$ setzen kann.

Den cos φ_m kann man nur mit Hilfe von schreibenden Instrumenten ermitteln, was meist viel zu umständlich ist. Die einfachste Meßmethode bleibt die Aufstellung eines Wirk-Kilowattstunden-Zählers für die Messung von z Wirk-kWh mit Höchstverbrauchzeiger für p_m und eines Blind-kWh-Zählers, der x Blind-kWh messen möge. Dann ist der Mittelwert

$$\operatorname{tg}\varphi_d = x/z$$

und

$$\cos\varphi_d = 1 : [1 + (x/z)^2]^{1/2} = ca.\ 1 : [1 + {}^1/_2\,(x/z)^2] \quad (4).$$

Benützt man diese drei Meßwerte z, x und p_m, so ergeben sich bei der Vereinfachung $\varphi_m = \varphi_d$ aus Gl. (2) die jährlichen Stromkosten zu

$$K = a_w\left\{1 + \beta\,(1 + x^2/z^2)^{3/4}\right\} p_m + z \,.\, b_0\left\{1 + \alpha\,(1 + x^2/z^2)\right\} \quad (5).$$

In erster Annäherung, so lange cos φ größer als 0·5 bleibt, gilt auch für die Jahreskosten

$$K = a_w \,.\, p_m\left\{1 + \beta\,(1 + 3\,x^2/8\,z^2)\right\} + z \,.\, b_0\left\{1 + \alpha\,(1 + x^2/z^2)\right\} \quad (6).$$

Noch weiter zusammengezogen mit der gesamten Grundgebühr $a = a_w\,(1 + \beta) = a_w + a_e$ werden die Jahreskosten

$$K = a\left(1 + \frac{\beta}{1+\beta}\,\frac{3}{8}\,\frac{x^2}{z^2}\right) p_m + z\,b_0\left(1 + \alpha + \alpha\,\frac{x^2}{z^2}\right) = \sim a\,p_m\left(1 + 0{\cdot}2\,\frac{x^2}{z^2}\right) + b_0\,z\left(1{\cdot}1 + 0{\cdot}1\,\frac{x^2}{z^2}\right) \quad (7).$$

Die totalen Kosten c je kWh erhält man wieder mittels Division durch z, also

$$c = (a/t)\left(1 + \frac{\beta}{1+\beta}\,\frac{3}{8}\,\frac{x^2}{z^2}\right) + b_0\,(1 + \alpha + \alpha \,.\, x^2/z^2) \quad (8)$$

Setzt man $\beta = 1$ und $\alpha = 0{\cdot}1$, so wird der totale kWh-Preis

$$c = (a/t)\left(1 + 0{\cdot}2\,\frac{x^2}{z^2}\right) + b_0\left(1{\cdot}1 + 0{\cdot}1\,\frac{x^2}{z^2}\right) \quad (9).$$

Für praktische Zwecke kann man diesen Ausdruck noch zusammenziehen in

$$c = (a/t + b_0)\left(1 + \gamma\,\frac{x^2}{z^2}\right) = c_0\left(1 + \gamma\,\frac{x^2}{z^2}\right) \quad (10)$$

mit γ = etwa 0·1 bis 0·2.

Aus den Formeln (5) bis (9) lassen sich nun zwei vereinfachte Tarifformen entwickeln:

a) der Tarif mit Scheinleistungsgebühr (je kVA Scheinleistung) aus (5) bis (7),

b) der kombinierte Wirk- und Blind-Kilowattstunden-Tarif nach Gl. (9) und (10).

Beim Tarif *a)* wird einfach die Grundgebühr je kVA Scheinleistung verrechnet und, weil das etwas zu hoch ist, der Zuschlag auf den Arbeitspreis b_0 weggelassen, das heißt bei diesem Tarif sind die Jahreskosten

$$K = a \,.\, p_m\sqrt{1 + x^2/z^2} + b_0 \,.\, z$$

oder angenähert

$$K = a \,.\, p_m\left(1 + \frac{1}{2}\,\frac{x^2}{z^2}\right) + b_0 \,.\, z \quad (11).$$

Dieser Tarif wird mit Erfolg von den Nordböhmischen Elektrizitätswerken Bodenbach benützt, wobei der Wert $\sqrt{1 + x^2/z^2}$ als Verrechnungszah

[1]) Der Einfachheit halber habe ich in den nachstehenden Formeln nur dem cos φ den Exponenten $^3/_4$ gegeben.

Digitized by Google

bezeichnet und in Abhängigkeit von x/z aus einer Tabelle entnommen wird.

b) Anstelle der Gleichung (10) wird in praxi beim kombinierten Wirk- und Blind-Kilowattstunden-Tarif eine Gleichung von der Form

$$c = (a/t + b_0)(1 + \varepsilon x/z) \quad \ldots\ldots (12)$$

oder

$$K = (a/t + b_0)(z + \varepsilon x) \quad \ldots\ldots (12\,a)$$

benützt, worin also das quadratische Glied x^2/z^2 durch ein lineares x/z ersetzt ist, was natürlich nur in engen Grenzen richtig sein kann. Im Rheinisch-Westfälischen Tarif von Direktor Bussmann ist in Formel (12) $\varepsilon = 0{\cdot}1$ bis $0{\cdot}2$ gesetzt. Man verrechnet eine Blind-kWh wie $0{\cdot}1$ bis $0{\cdot}2$ Wirk-kWh.

Nach obigen eingehenden Studien berücksichtigt der erste Tarif *a)* mit einer Scheinleistungs-Grundgebühr $a\sqrt{1 + x^2/z^2}$ den Einfluß des $\cos\varphi$ richtiger als der kombinierte Wirk- und Blind-kWh-Tarif, der durch Benützung eines quadratischen Zusatzgliedes x^2/z^2 an Stelle von x/z richtig gestellt werden könnte.

Ein solcher $\cos\varphi$-Tarif soll vor allem dem Abnehmer die Mittel liefern, seine Anlage so weit als möglich zu kompensieren. Er sollte sich aber auf eigentliche Großkonsumenten beschränken, denn nur bei größeren Motoren, die als Asynchronmotoren mit Gleichstrom- oder Drehstrom-Erregermaschinen auszuführen sind, ist die Kompensation auf $\cos\varphi = 1$ oder gar eine Überkompensation wirklich lohnend. Die kleineren Motoren sollten immer mehr mit Kurzschlußanker, womöglich mit Rollenlagern ausgeführt werden und dürften wohl in Zukunft mit angebauten statischen Kondensatoren kompensiert werden. Solche statischen Kondensatorkisten eignen sich auch zur Aufstellung in den Ortstransformatorenstationen, um die Blindleistung der Ortsnetze zu kompensieren[3]).

[3]) Ausführlich habe ich die ganze Frage der Phasenverschiebung in den Mitt. Verein. Elektrizitätswerke XX/1921, Nr. 298 behandelt.

Die Elektrizitätswerke in Jugoslawien.

Dipl. Ing. E. **Kürschner**, autorisierter Zivilingenieur, Zagreb.

Die Energiewirtschaft gehört zu den wichtigsten Fragen der Gegenwart. In den industriereichen Ländern ist diese Erkenntnis bereits Allgemeingut geworden. In Jugoslawien dagegen mit seinem bis jetzt vorwiegend landwirtschaftlichen Charakter hat die Idee der einheitlichen und planmäßigen Energieversorgung noch kein allgemeines Interesse zu erwecken vermocht. Nur in den Kreisen der Ingenieure ist man sich der Tragweite einer großzügigen Energieversorgung wohl bewußt. Das beweisen die beiden letzten Jahresversammlungen des Verbandes Jugoslavischer Ingenieure und Architekten, auf welchen die Fragen der Elektrifizierung sehr eingehend erörtert wurden, weiters die auf Veranlassung des Verbandes erfolgte Teilnahme an der Londoner Weltkraftkonferenz und nicht zuletzt auch die Herausgabe des Verzeichnisses der Elektrizitätswerke in Jugoslawien[1]).

Von seiten des Staates wurde dagegen bisher nur wenig getan.[2]) Das Bautenministerium, in dessen Arbeitsfeld die Elektrizitätsversorgung fällt, beschränkte sich lediglich auf die Herausgabe von Vorschriften. Vor allem wurden Stromart und Spannungen normalisiert. Für die Verteilungsnetze öffentlicher Elektrizitätswerke darf lediglich Drehstrom von 220/380 V gebraucht werden. Für Fernleitungen sind die Spannungen von 3, 10, 35 und 110 kV festgelegt. Im übrigen wurde Anwendung der VDE-Vorschriften verordnet. Die strenge Beachtung der VDE-Vorschriften ist jedoch erst in neuester Zeit durchgeführt, da durch Ministerialerlaß bestimmt wurde, daß bei sämtlichen Anlagen, die eine gewisse Grenze in bezug auf Größe und Spannung überschreiten, die Projektierung und Ausführung unter der Leitung eines staatlich autorisierten Elektroingenieurs zu erfolgen hat. Das Ministerium für Landwirtschaft und Gewässer bereitet einen Gesetzentwurf für Wasserkraftausnützung vor und es werden darum auf Grund der verschiedenen Landesgesetze, die in einzelnen Teilen des Staates noch in Geltung sind, nur ausnahmsweise Konzessionen erteilt. Dieser Zustand dauert bereits einige Jahre und ist natürlich für den Ausbau der Wasserkräfte nicht förderlich.

Über den jetzigen Stand der Elektrizitätsversorgung kann man sich auf Grund des erwähnten Verzeichnisses ein ungefähres Bild schaffen, trotzdem das Buch, da es zum erstenmal erscheint, keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann. Es sind darin 270 öffentliche und private Elektrizitätswerke verzeichnet mit einer Gesamtleistung von etwa 250 000 PS. Davon sind in den Jahren 1919 bis 1924 insgesamt 87 Werke in Betrieb gekommen. Die meisten Zentralen sind zur Versorgung einzelner Orte und zur Befriedigung des Eigenbedarfes von Fabriken bestimmt und haben in überwiegender Mehrzahl Leistungen von weniger als 1000 PS. Nicht mehr als 34 Anlagen überschreiten diese Grenze. Zur richtigen Überlandzentrale hat sich nur das Wasserkraftwerk Fala entwickelt, welches ein Gebiet von etwa 80 km Radius versorgt.

Betrachtet man etwas eingehender die Art des Betriebes, so erkennt man, daß noch keine richtige Anpassung an die vorhandenen Energiequellen besteht.

Die Wasserkraft müßte an erster Stelle stehen. Nach den angestellten Berechnungen verfügt Jugoslavien bei Mittelwasser über etwa 8·5 Mill. PS.[3]) Davon werden zur Zeit in etwas weniger als 100 Wasserkraftwerken nur rund 170 000 PS ausgenützt, was bei der guten Ausbauwürdigkeit der Wasserläufe ganz unbedeutend ist. An der Spitze der Wasserkraftwerke steht jetzt noch Fala,[4]) nicht nur in bezug auf die ausgebaute Leistung von 42 000 PS, sondern auch mit Rücksicht auf die allgemeine Stromversorgung. Das Werk ist an der Drau, stromaufwärts von Marburg (Maribor), errichtet und versorgt außer der großen chemischen Fabrik in Ruše noch verschiedene Ortschaften längs der Hochspannungsleitungen, die einerseits bis Trbovlje und andererseits bis Ormož auf der Mur-Insel reichen. Das Werk ist bestrebt, sein Konsumgebiet immer mehr zu vergrößern, und sucht auch Anschluß an Wärmekraftwerke zwecks Reserve und Energieaustausch. Bisher ist das Dampfkraftwerk des Kohlenunternehmens Trbovlje an das Netz angeschlossen.

An zweiter Stelle steht Gubavica mit 36 000 ausgebauten PS, doch ist eine Erweiterung auf 100 000 PS bereits in Angriff genommen. Die Kraft wird in der Hauptsache für eigene chemische Industrie verbraucht und nur ein kleiner Teil wird an die Stadt Split geliefert.

Ausschließlich für den Eigenbedarf chemischer Industrie arbeitet auch Manojlovac 24 000 PS an der Krka[5]) in Norddalmatien, sowie Jajce, 9000 PS.

[1]) „Verzeichnis der Elektrizitätswerke in Jugoslawien", herausgegeben vom Klub der Maschinen- und Elektroingenieure des Verbandes J. I. A., Sektion Zagreb, bearbeitet von Ing. I. Ledvinka und Ing. K. Majcen.

[2]) Vgl. D. Sernez. Die Elektrizität im Königreich S. H. S., E. u. M. 1922, S. 469 ff.

[3]) Vgl. Dipl. Ing. E. Kürschner: „Die Energiewirtschaft Südslaviens" E. T. Z. 1923, S. 382 und „The power resources of Yougo-Slavia" in „Transactions of the first World Power Conference" Vol. I.

[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 716 ff.

[5]) Über die Wasserkraftausnutzung der Krka, vgl. H. Tenzer, E. u. M. 1919, S. 173 ff.

Digitized by Google

in Bosnien. Dagegen versorgt Skradin, 7000 PS, neben chemischer Industrie auch die Stadt Šibenik.

Für den allgemeinen Bedarf dienen Žirovnica, 3000 PS, an einem Nebenfluß der Oberen Save und Ozalj, 3000 PS, an der Kupa als städtisches Elektrizitätswerk von Karlovac. Von den größeren Wasserkraftwerken folgen noch Tetovo, 2500 PS, in Südserbien und Zeleni Vir, 1100 PS, in Westkroatien.

Aus dem eben Gesagten ist zu ersehen, daß die aus Wasserkraft gewonnene Energie, die an sich schon verhältnismäßig gering ist, nur zum kleinsten Teil für die öffentliche Stromversorgung dient. Fast alle großen Werke arbeiten vorwiegend für ihre eigene chemische Industrie. Für eine ganze Reihe weiterer Wasserkraftwerke mit Einzelleistungen bis 250 000 PS bestehen mehr oder weniger durchgearbeitete Projekte, doch kommt es, vor allem wegen Kapitalmangel, zu keinen Ausführungen. Eine Ausnahme dürfte vielleicht das für die Stadt Zagreb bestimmte, an der Save bei Krško (stromaufwärts von Zagreb) gelegene Wasserkraftwerk für rund 20 000 PS bilden, das der Verwirklichung entgegen geht.

Kohle ist die zweitwichtigste Energiequelle Jugoslawiens. Es werden jährlich 4 bis 4·5 Mill. t — vorwiegend Braunkohle — gefördert und verbraucht. Die Kohlenvorräte sind zum Teil noch vollkommen unerforscht und werden auf etwa 8·5 Milliarden t geschätzt. In der Hauptsache kommt bessere Braunkohle von 4000 bis 5000 WE vor, etwas weniger Lignit von 3500 bis 4000 WE und am wenigsten hochwertige Steinkohle von 6500 bis 8500 WE. Die am Verbrauchsort errichteten Dampfkraftwerke müssen daher mit Braunkohle rechnen. Größere, dem allgemeinen Bedarf dienende Werke am Erzeugungsort der Kohle, die das minderwertigste Material verfeuern könnten, gibt es fast überhaupt nicht. Bei der Wahl der Feuerung wurde früher nicht immer auf die örtlichen Verhältnisse gebührend Rücksicht genommen. Die neueren Kesselanlagen sind jedoch für Braunkohlenbetrieb eingerichtet. Kohlenstaubfeuerungen und Hochdruckkessel sind noch nicht zur Anwendung gekommen.

Von den im Verzeichnis angegebenen 96 Dampfkraftwerken entfällt die Mehrzahl auf mittlere und kleinere Werke. Von Großkraftwerken kann überhaupt keine Rede sein, denn das größte, das städtische Elektrizitätswerk von Zagreb, verfügt über eine Leistung von 12 000 PS und wird nach der jetzt vorgenommenen Erweiterung 22 000 PS aufweisen.

Das städtische Elektrizitätswerk von Beograd verfügt über eine Leistung von 6000 PS. Es folgen noch an Dampfkraftwerken über 1000 PS Novi Sad mit 3000 PS und Ljubljana mit 1600 PS als öffentliche und 11 industrielle mit Leistungen bis 4000 PS, die zum Teil etwas Strom an dritte abgeben. Keines der Dampfkraftwerke hat den Charakter einer Überlandzentrale.

Für die kleineren Ortszentralen werden Dieselmotoren sehr häufig verwandt, so daß im Verzeichnis 35 solcher Zentralen zu finden sind. Meistens ist für die Wahl ausschlaggebend die Transportfähigkeit des Brennstoffes und die stete Betriebsbereitschaft, das letztere vornehmlich bei aussetzendem Betrieb. Gegenüber den betriebstechnischen Vorteilen steht der Nachteil, daß Jugoslavien keine Treiböle erzeugt und man daher auf Einfuhr angewiesen ist. Bei entsprechender Verarbeitung könnte jedoch die einheimische Braunkohle im Braunkohlenteer- und Paraffinöl einen guten Ersatz für ausländische Treiböle bieten.

In den waldreichen Gegenden Jugoslawiens werden mit Vorteil Sauggasanlagen, sei es für Holzkohle oder Holzabfälle verwandt. Im Verzeichnis sind 16 solche Anlagen verzeichnet.

Es gibt auch Elektrizitätswerke mit verschiedenartigen Antriebsmaschinen, so Wasserkraftwerke mit Wärmekraftreserve oder in einzelnen Ausbauperioden infolge geänderter Verhältnisse mit verschiedenen Maschinen ausgestattete Werke. Interessant ist das Elektrizitätswerk der Stadt Sarajevo, welches einen Teil der Kraft (1000 PS) aus der Trinkwasserleitung gewinnt. Die Quellen der Wasserleitung liegen etwa 900 m höher, als der Wasserbehälter. Zur Vernichtung dieses Gefälles wird das Trinkwasser über Peltonräder geführt und so zur Kraftgewinnung nutzbar gemacht. Die Generatoren laufen dauernd mit Vollast, so daß jede Regelung entfällt. Alle Belastungsschwankungen übernimmt der Dampfkraftteil.

Von den im Verzeichnis angeführten Werken arbeiten 157 mit Drehstrom, davon 90 mit der vorgeschriebenen Spannung von 220/380 V. Im übrigen zeigen aber die älteren Elektrizitätswerke ein buntes Bild von Spannungen und Stromarten. Man findet Gleichstrom, Einphasenstrom und Drehstrom, die beiden letztgenannten mit 42 und 50 Per/s. Einzelne Netze, wie zum Beispiel das der Stadt Zagreb, werden auf 220/380 V umgebaut.

Die Tarifpolitik der meisten Zentralen entspricht den modernen Ansichten ganz und gar nicht. Der Stromverbrauch wird im allgemeinen nach Einheitstarifen berechnet, wobei in manchen Fällen die Preise je kWh für einzelne Verbrauchergruppen von Lichtstrom, wie Privatwohnungen, Büros und Lokale, verschieden festgesetzt sind, ebenso für einzelne Gruppen von Kraftstrom, wie Gewerbe, Kleinindustrie und Großindustrie. Die Preise bewegen sich zwischen 1·— und 15·— Dinar je kWh. Staffeltarife oder Berücksichtigung der Maximalbelastung, Benutzungsdauer und ähnliche Faktoren findet man nur in ganz vereinzelten Fällen. Man trifft auch, besonders bei Wasserkraftwerken, Pauschaltarife an, die jedoch, wie die Erfahrung bei mehreren Zentralen lehrt, zur Verschwendung Anlaß geben. Man ist aus diesem Grunde bereits bei einigen Zentralen, die ursprünglich Pauschaltarife einführten, zur Zähleranwendung übergegangen.

In der letzten Zeit sind an mehreren Orten Neugründungen kommunaler Elektrizitätswerke zu verzeichnen. Es handelt sich dabei vorwiegend um Leistungen unter 100 kW, da aus lokalpolitischen Gründen Ortszentralen bevorzugt werden gegenüber Überlandwerken, die größere Gebiete und mehrere Orte versorgen. Solche kleine Ortszentralen, die vornehmlich mit Dieselmotoren betrieben werden, können natürlich infolge ihrer geringen Leistung und hohen Erzeugungskosten des Stromes keine industriellen Konsumenten aufnehmen. Reiner Lichtkonsum mit etwas Kleingewerbe verringert noch weiter die Wirtschaftlichkeit. Die geringeren Errichtungskosten kleinerer Ortszentralen werden also durch höhere Strompreise bezahlt. Neben den bereits erwähnten lokalpolitischen Gründen erschwert auch die allgemeine Wirtschaftskrisis den Ausbau größerer Überlandzentralen, da das nötige Kapital schwer zu beschaffen ist.

Die eben geschilderten Verhältnisse können nicht ohne Einfluß auf die Elektroindustrie bleiben. Zur Zeit der ersten stürmischen wirtschaftlichen Entwicklung in Jugoslawien hat insbesondere die österreichische und deutsche Elektroindustrie hier ihre Niederlassungen in größerem Umfange ausgebaut, sieht sich aber jetzt gezwungen, eine mehr oder minder starke Reduktion vorzunehmen. Unter den heutigen Umständen hat das Absatzgebiet zu geringe Aufnahmsfähigkeit, um sämtlichen Elektrofirmen genügende Arbeit zu bieten. Eine Besserung könnte nur mit der allgemeinen wirtschaftlichen Gesundung eintreten.

Digitized by Google

Rundschau.

Das Elektrizitätswerk Klosters der A. G. Bündner Kraftwerke, Chur, 1920 begonnen, nützt die Wasserkräfte des Davoser Sees und seiner Zubringer, sowie die Zuflüsse der Landquart aus, indem ein 7 m hoher, 300 m langer Staudamm den See auf eine maximale Höhenkote von 1568 m staut, sodaß bei einer Absenkung von 28 m ein Nutzinhalt von 14·9 Mill. m³ zur Verfügung steht. Die Winterwassermenge beträgt 22 Mill. m³, das Bruttogefälle 366 m, die ausnützbare Wassermenge 1·2 bis 9·1 m³/s. Der Erstausbau ergibt 10 000 PS, die später auf 30 000 PS erhöht werden sollen. Ein automatisches Überfallswehr für 15 m³/s erhält den Seespiegel konstant. Ein 5 km langer Druckstollen mit 0·3 vH Sohlenneigung führt über ein Sanduhrwasserschloß zur Apparatekammer und zur einsträngigen Druckleitung von 1·6 bis 1·4 m Durchmesser, an die sich die auf 1 m verjüngende Verteilleitung anschließt. Die 10 000 PS Freistrahlturbine für 2·74 m³/s, 500 U/min und 330 m Nettogefälle ist mit dem 10 000 kVA, 10 000 V Drehstromgenerator von 50 Per/s direkt gekuppelt. Der 10 000 kVA Transformator übersetzt auf 50 kV. Eine 200 PS Hilfsturbine versorgt den Eigenbedarf des Werkes. Der 630 m lange Unterkanal, von dem 180 m als 1·9 m weites Betonrohr mit 0·3 vH Sohlengefälle, 450 m als offener Trapezkanal mit 1·5 vH Gefälle ausgeführt sind, mündet im Ausgleichsbecken des Kraftwerkes Küblis. Das Werk arbeitet mit Küblis parallel in die Netze der nordostschweizerischen Kraftwerke A. G. und nach Zürich. Die Jahreserzeugung beträgt derzeit 15 Mill. kWh, im späteren Vollausbau 25 Mill. kWh. *β.*

(Schweiz. Wasserwirtschaft, 18. Jahrg., Nr. 9, 1926).

Die Wasserkraftanlagen in Niederländisch-Indien. Auch in diesem tropischen Gebiet macht, wie der vorliegende 8. Jahresbericht lehrt[1]), der Ausbau der Wasserkräfte zur Elektrizitätsversorgung trotz der außerordentlichen Inkonstanz der Wasserführung und des Fehlens von Industriegebieten bedeutende Fortschritte. Der Dienst, der ein Personal von 78 Beamten und Hilfskräften beschäftigt, hat außer der im Anfang stehenden Anlegung eines Wasserkraftkatasters, die Durchführung hydrometrischer Messungen (72, davon 44 selbstregistrierende Pegel), die Vorbereitung von staatlichen Wasserkraftwerksbauten und Elektrizitätsversorgungsanlagen, im Berichtsjahre besonders in West-, Mittel- und Ost-Java besorgt. Ferner wurde der Bau zweier staatlicher Wasserkraftwerke, Kratjak (2 × 5500 kW) und Oebroeg (2 × 5400 + 2 × 200 kW) fortgesetzt, Plengan (3 × 1050 kW) und Bengkok (3 × 1050 kW) fertiggestellt, Lamadjian (2 × 6400 kW) erweitert, Unterstationen in Buitenzorg und Weltevreden vollendet, bei zwei anderen mit dem Bau begonnen. Eine 30 kV Leitung mit Stahlaluminiumseilen, 31 mm², Stahlkern 4·44 mm² (1 : 6), Tragmaste mit Stütz-, Eck- und Abspannmaste mit Kettenisolatoren, auf 16 km Leitungslänge bei 400 m Mastabstand 39 Maste aus verzinktem Profileisen wurde errichtet. Die elektrischen Staatseisenbahnen, welche den Strom von dem staatlichen Wasserkraftwerk Oebroeg beziehen, haben im Berichtsjahre den Betrieb aufgenommen. Zu den größten Stromabnehmern gehört mit rund 3000 kW Maximalabnahme der staatliche Radiobetrieb. Das vom Dienste unterhaltene Laboratorium führte ein Anzahl von Untersuchungen aus, an staatliche Stellen, Gemeinden und Private wurden technische Auskünfte erteilt, Stromversorgungsvorschläge erstattet und Tarifverhandlungen gepflogen; ferner wurden statistische Aufstellungen verfaßt, die Anwendung normalisierter Spannungen unterstützt, technische Vorschriften herausgegeben, Ausstellungen beschickt. Derselben Behörde obliegt auch die Begutachtung angesuchter Wasserkraft- und Stromlieferungskonzessionen, die teils langfristig, auf 40 Jahre, teils bei kleineren Anlagen für Eigenbedarf auf Widerruf verteilt werden. Die Gesamtleistung der Elektrizitätsanlagen in Niederländisch-Indien betrug Ende 1925 166 900 kW, davon 54 800 kW in Wasserkraftanlagen. Es wurden zweckmäßige Typen von Armaturen und Aufhängungen für elektrische Straßenbeleuchtung, welche in den Tropen wesentlich anderen Anforderungen zu entsprechen haben als in Europa (große Flächen, dunkler Hintergrund) entwickelt. Von Interesse sind die Ergebnisse einer Untersuchung zwecks Festlegung der Temperaturgrenzen, welche der Durchhangsrechnung zugrunde zu legen sind Die tiefste Temperatur wird für den Leiter (gleich der der umgebenden Luft) mit $t = 15° - 0{\cdot}0055\,h$, wobei h die Seehöhe in m ist, angenommen. Als höchste Temperatur soll mit + 60° C gerechnet werden, wobei angenommen wird, daß bei einer Lufttemperatur von 38·6° C als Maximum durch die Sonnenbestrahlung eine Übertemperatur von 21·5° C entsteht, da dies jedoch nur kurzzeitig im ungünstigsten Falle vorkommen kann, wird von einer möglichen zusätzlichen Erwärmung des Leiters durch Stromdurchgang, die unter solchen Umständen 10° und darüber betragen kann, abgesehen. (Die Annahme von 60° erscheint für die Tropen auffallend niedrig, da bekanntlich unter Sonnenbestrahlung bei uns nur um einige Grad niedrigere Temperaturen beobachtet werden. Allerdings geht die Grenztemperatur der Sicherheitsvorschriften mit + 40° auch ganz wesentlich unter diese herab. Der Ber.) Der Bericht enthält auch eine Reihe übersichtlicher Tabellen und Diagramme der Betriebsergebnisse von 11 Wasserkraftwerken. Gn.

[1]) Achtste Jaarverslag 1925, herausgegeben vom Dienst voor Waterkracht en Electriciteit in Nederlandsch-Indië. Weltevreden 1926, VII und 85 S. Vgl. a. E. u. M. 1924, S. 41; 1926, „Das Elektrizitätswerk", H. 9, S. 83 ff.

Land-Elektrisierung in den Vereinigten Staaten. Von G. C. Neff. Die in der Landwirtschaft 1924 geleisteten 30 Milliarden Menschen-Stunden wurden, nach dem Ertrage der Landwirtschaft berechnet, mit durchschnittlich nur 40 cts./h bezahlt. Eine Erhöhung des Einkommens des Einzelnen muß stattfinden, und zwar durch stärkere Verwendung von Maschinen. Daß hiedurch die Löhne gehoben werden können, zeigt das Beispiel der Industrie. Auch die Landwirtschaft des maschinell besser eingerichteten Nordens zahlt höhere Löhne als der mehr auf Handarbeit angewiesene Süden. Wenn auch gegenwärtig nur 4 vH der Landwirtschaften elektrisiert sind, so bedeutet das doch eine Zahl von 100 000 Farmen. Durchschnittlich entfallen drei Landwirtschaften auf die Meile (1600 m) Freileitung. Hieraus ergibt sich eine Gesamtlänge von rund 53 000 km Landleitungen. Zur Erforschung der Betriebsbedingungen der Landelektrisierung bestehen in 17 Staaten Versuchsleitungen. Sehr wesentlich erscheinen die Vorarbeiten zur Elektrisierung, denen unbedingt ein auch landwirtschaftlich vorgebildeter Mann vorstehen soll. Aus dem angeführten Programm einer großen Elektrisierung in Wisconsin ist zu ersehen, welche außerordentliche Sorgfalt auf die Aufklärung und auf die Vorbereitungen in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht gelegt wird, die geradezu wie ein Feldzugsplan anmuten. Die Gesellschaft legt größten Wert auf die Mitarbeit der Landwirte. Es wird bei ihr eine verhältnismäßig höhere jährliche Gebühr für die Transformatoren verlangt, aber ein geringer Preis für den Strombezug, um Anreiz für erhöhten Stromverbrauch, der die Kosten für die Einheit ermäßigt, zu geben. Für die Einführung und Zuleitung leistet die Gesellschaft einen einmaligen Beitrag. Man erhofft sich von der Landelektrisierung ein für beide Teile vorteilhaftes Geschäft und glaubt, daß die Elektrisierung des Landes später, mehr noch als die der Stadt, eine Selbstverständlichkeit werden wird. V. H.

(Journal of A. I. E. E., Bd. 95, Heft 8, 1926.)

Zur Verbesserung des Ausnützungsfaktors in der Landwirtschaft, Von Ach. Delamarre. Ausgehend von der schlechten Ausnützung elektrischer Motoren in der Landwirtschaft (durchschnittlich wird die angesprochene Kraft nur durch 200 Stunden im Jahr be-

Digitized by Google

nützt) wird oft verlangt, daß die Elektrizitätswerke auf eine erhöhte Ausnutzung, insbesondere durch Verwendung schwächerer, aber länger belasteter Motoren hinarbeiten sollten, wodurch sie infolge der geringeren Leerlaufverluste und besseren Ausnützung der Kraftquellen billigere Strompreise erstellen könnten. Es genügt jedoch, wie der Verfasser an einem Beispiel zeigt, die Verbilligung, ja selbst kostenlose Lieferung des Stromes in den meisten Fällen weitaus nicht, um die Kosten hereinzubringen, welche dadurch entstehen, daß die schwächeren Motoren für dieselbe Arbeit länger als die starken laufen müssen und daher länger den Bedienungsmann brauchen. Man muß daher trachten, die Menschenkraft durch weitestgehende Automatisierung überhaupt entbehrlich zu machen. Erst dann kann man statt der starken, nur kurzzeitig laufenden Maschinen, langsam aber länger laufende nehmen, wobei aber immer auf einen der Kaufkraft angemessenen Preis Rücksicht zu nehmen ist. Die Aufgabe ist daher umgekehrt, wie es meist geschieht, anzupacken: erst die selbsttätige Arbeitsmaschine herausbringen, was wohl bei manchen Verrichtungen seine Schwierigkeiten haben wird, und dann erst auf die Verwendung schwächerer, aber lang belasteter Motoren zu dringen. V. H.

(Revue gén. Electricité, Bd. 20, Heft 6, 1926.)

Einige Bemerkungen über die Wirtschaftlichkeit der Verteilung elektrischer Energie. Von J. M. Kennedy. Im Zusammenhang mit dem englischen Elektrizitätslieferungsgesetz[1]), wonach viele Erzeuger- und Verteilunternehmungen nur mehr für die Verteilung in Betracht kommen werden, gewinnt die Frage der wirtschaftlichen Verteilung erhöhte Bedeutung. Derzeit sind von den in der Elektrizitätswirtschaft angelegten Geldern 55 vH (106 Mill. Pfd.) für die Verteilung ausgegeben, welcher Satz noch im Steigen begriffen ist, während die hieraus erzielten Einnahmen verhältnismäßig im Fallen sind. Das ist noch nicht besorgniserregend, da die Anzahl der abgegebenen kWh für ein in der Verteilung angelegtes Pfund im Steigen begriffen ist; sie beträgt derzeit 47 kWh, die man in fünf bis zehn Jahren auf 70 kWh zu bringen hofft. Vergleichsweise wird angeführt, daß bei der Elektrizität eine Abgabe von 40 000 WE, beim Gas aber 380 000 WE auf ein Pfund Verteilungskosten kommen. Den Zusammenhang zwischen Preis und Verbrauch zeigt ein aus Mittelwerten vieler Unternehmungen erhaltenes Schaubild, wonach bei einem Preis von 10 d ein Verbrauch von nur 20 kWh je Kopf, bei 30 d ein solcher von 60 kWh, bei 1½ d ein solcher von 170 kWh und schließlich keine Gesellschaft, die unter 1¼ d verkaufte, einen geringeren Verbrauch als 200 kWh aufweist. Mit der Zusammenlegung der Kraftwerke wird der Anteil der Verteilungskosten, der jetzt 36·5 vH der Ausgaben beträgt, wahrscheinlich auf 50 vH steigen. Als Rohstoff (im Großen) sollte die Energie dem Unternehmer zu einer Grund- und einer Leistungsgebühr verkauft werden, wobei letztere möglichst nieder angesetzt werden sollte, um zu größerem Verbrauch anzureizen; zum Beispiel 4 Pfd. je kW des größten Bedarfes und 0·2 d je kWh. Diese Energie wird dann als niedergespannter Strom weiterverkauft, und zwar dürfte dem Unternehmer an Umformungskosten für Wechselstrom an Anlagekosten für eine Unterstation ein Betrag von 4 Pfd./kW, für Gleichstrom ein solcher von 10 Pfd./kW erwachsen, so daß ein durchschnittlicher Anlagepreis für die Gestamtverteilung von 20 Pfd./kW herauskommen wird. Zur Grundgebühr kommen noch die Verteilkosten und die Verluste, die zu dem kWh-Preis hinzuzurechnen sind. Die Kosten betragen bei einem durchschnittlich ausgenützten Netz für die Hauptübertragung 0·5 Pfd./kW, die Verluste dabei 3 vH, für Wechselstromtransformierung 0·4 Pfd. bezw. 7 vH, für Gleichstromumformung 1·3 Pfd. bezw. 14 vH, für die Niederspannungsverteilung 2·2 Pfd. bezw. 9 vH. Nimmt man einen Verschiedenheitsfaktor von 1·33 an, so ergibt sich ein Preis für das kW zu $\frac{4 + 3\,\text{Pf}\,19\,\text{s}}{1{\cdot}33} = 6$ Pfd. bei Wechselstromverteilung und für die kWh ein solcher zu 0·2 + 20 vH = 0·24 d. Eine Tafel zeigt, daß 44 vH des Gesamtverbrauches auf den Haushalt entfällt. Die Gewinnung höherer Anschlußziffern wird für wertvoller gehalten als die Neuerwerbung von Abnehmern. Die Furcht, daß niedrige Preise für Koch- und Heizstrom durch die dadurch hervorgerufene größere Abnahme sich als unwirtschaftlich erweisen werden, wird an Hand amerikanischer Erfahrungen widerlegt. Man kann überdies die Stromkreise so schalten, daß entweder nur der Koch- oder nur der Heizstrom eingeschaltet sind. Auf diese Weise wurden Ausnützungszahlen von 60 vH erreicht. Ein Zweifachtarif (Grundgebührentarif) wird für die Verbraucher als zu verwickelt abgelehnt, für vorteilhafter wird die Bemessung nach der Grundfläche der versorgten Räume oder nach der Höhe des Erträgnisses (Zinsen) derselben gehalten. Wichtig erscheint die Berücksichtigung des cos φ bei Verbrauchern mit Motoren und die Zählung nach kVA. Bei Kleinverbrauchern kommt dies nicht in Betracht, da ihr Stromverbrauch ohnehin ohne Phasenverschiebung erfolgt. Dem Einwand, daß es unwirtschaftlich ist, die Kohle erst in Elektrizität umzuwandeln und dann erst zu verbrauchen, wird damit begegnet, daß der thermische Wirkungsgrad in der Zentrale von rund 21 vH durch einen Leitungsverlust von 15 vH nur auf 18 vH in der Gesamtanlage sinkt, daß aber diese Art der Kohlenverwertung die Verbrennung minderwertiger, billiger Kohlen ermöglicht. Oft kommt es vor, daß die Versorgungsgebiete zu klein sind, um ein wirtschaftliches Verteilen zu ermöglichen. Sie müssen dann sich entweder erweitern oder mit anderen zusammenschließen. V. H.

(Engineering, Bd. 122, Heft 3161, 1926.)

Die Wirtschaftlichkeit von Stromverteilungsnetzen. J. M. Kennedy. Vom Standpunkte des Anlagekapitals ist die Energieverteilung gegenüber der Energieerzeugung in den überwiegenden Fällen von Anlagen das Wichtigere. Das Anlagekapital für die Energieverteilung bewegt sich um 21 Pfund für je 1000 verkaufte kWh und es ist zu hoffen, daß sich diese Ziffer mit zunehmendem Belastungsfaktor der Anlagen auf 12 bis 14 Pf. senken wird. Dies entspricht etwa 70 bis 80 kWh verkaufter Energie pro 1 Pf. in den Verteilanlagen investierten Kapitales. Es ist von größter Wichtigkeit, letztere Ziffern so hoch als möglich zu bringen. Gegenwärtig hat man mit etwa 48 verkauften kWh pro 1 investiertes Pf. zu rechnen, was bei Annahme eines Ertrages von nur 15 vH für Verzinsung, Amortisation, Reparaturen, Erhaltung, Abgaben und Leitung bedeutet, daß eine Ausgabenlast von 36 d von 48 verkauften kWh zu tragen ist, was einem Strompreis von 0·75 d (9·4 g) entspricht. Hiezu kommen noch die Kosten der Erzeugung. Je geringer der Strompreis, desto größer die Zahl der pro Kopf verkauften kWh. Letztere beträgt zum Beispiel bei einem Strompreis von 2 d 110, bei einem Strompreis von 1·5 d hingegen schon 170 und bei einem Strompreis von 1·25 d mindestens 200. Es könnte eingewendet werden, daß der niedrige Strompreis eine Folge des höheren Konsums sei; dem muß aber entgegengehalten werden, daß der hohe Konsum nur auf dem Wege über einen niedrigen Strompreis erreichbar ist. Die Initiative liegt also auf Seite der Stromlieferanten. Über 44 vH der Gesamteinnahmen werden von den Haushalten bestritten. Ein durchschnittlicher Kleinhaushalt verbraucht 5 bis 8 kWh für Kochzwecke. Selbst bei dem hohen Strompreise von 1 d pro kWh ergibt dies eine Wochenauslage von nur 4 s, was im Vergleiche mit anderen Kochverfahren als günstig bezeichnet werden muß. Neben dem elektrischen Kocher ist der elektrische Wasserwärmer ein wertvoller Stromverbraucher, bei dessen Einführung sich der Belastungsfaktor eines jeden Netzes besonders heben müßte. Um die Belastung eines so ausgestatteten Haushaltes zu begrenzen, kann ein Zweiwegschalter montiert werden, um das gleichzeitige Einschalten des Kochapparates und des Wasserwärmers unmöglich zu machen. Auf diese Weise kann der Belastungsfaktor, der in einem Wohnbezirk gewöhnlich 15 bis 20 vH beträgt, bis auf 40 oder 50 vH gehoben

[1]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1926, S. 65.

Digitized by Google

werden. Um den Stromkonsumenten einen Anreiz zu bieten, ist es von Wichtigkeit, den Strompreis desto niedriger zu stellen, je besser der Belastungsfaktor ist. Bei Erstellung der Strompreistarife von Wechselstromanlagen ist der Leistungsfaktor ebenfalls zu beachten. Größere Konsumenten sind nach Möglichkeit zu verhalten, ihre Anlagen in der Weise abzuändern oder zu vergrößern, daß der Leistungsfaktor möglichst nahe an 1 gebracht wird. Ein gut aufgebauter Tarif trägt zur Hebung des Belastungsfaktors bei und es kann die Bedeutung dieses Umstandes nicht genug betont werden. Zusammenfassend hebt der Verfasser hervor, daß England noch vor einer sehr ausgedehnten Entwicklung der Verwendung der elektrischen Energie steht, die der sorgfältigsten und befähigtesten Führung bedarf.

Ad.

(Electrical Review, Bd. 99, Nr. 2542, 1926.)

Die Erzeugung elektrischer Energie in Italien. Prof. G. de Marchi macht in „Annali dei Lavori publici", Bd. 64, Nr. 7, 1926, folgende Angaben betreffend das Jahr 1925[1]):

Provinz	Wasserkraftwerke			Wärmekraftwerke		
	Installierte Leistung in 1000 kW	Erzeugte Energie in Mill. kWh	Betriebsstunden	Installierte Leistung in 1000 kW	Erzeugte Energie in Mill. kWh	Betriebsstunden
Piemont und Ligurien	640·4	1947·7	3041	105·5	67·7	644
Lombardei	468·1	1713·0	3659	105 0	89·2	849
Venezien	245·8	747·6	3041	25·0	4·4	176
Emilia	76·7	153·0	1994	11·9	5·8	487
Toskana	40·1	106·9	2665	86·4	100·0	1157
Marken und Umbrien	166·2	697·9	4119	20·2	5·1	252
Latium	75·9	197·5	2622	37·1	10·0	269
Abruzzen und Molise	87·1	380·4	4367	—	—	—
Süditalien und Inseln	111·4	249·4	2238	90·4	69·3	766
Summe bezw. Mittel	1911·1	6193·4	3240	481·0	351·5	730

Bei den Wärmekraftwerken entfallen bei einer registrierten Erzeugung von 272·2 Mill. kWh (gegenüber der Gesamterzeugung von 351·5 Mill. kWh) auf Steinkohle 187·6 Mill. kWh oder 69 vH, auf Rohöl 48·7 Mill. kWh oder 18 vH, auf Braunkohle 24·7 Mill. kWh oder 9 vH, auf Torf 11·6 Mill. kWh oder 4 vH. Pro kWh wurden 1·35 kg Kohle, 0·73 kg Rohöl verbraucht. Unter Zugrundelegung eines mittleren Brennverbrauches von 1·1 kg/kWh entspricht daher die Erzeugung der Wasserkraftwerke einer Brennstoffmenge von $\frac{6193{\cdot}4 \times 1{\cdot}1}{1000} = 7{\cdot}5$ Mill. t.

Über die Energieerzeugung in Wasserkraftwerken i. J. 1926 sind die Angaben von Bedeutung, die Direktor C. Bonomi (Aniel) kürzlich in einer lesenswerten Schrift macht[2]).

Wird eingangs ein allgemeiner Überblick über das Gesamtbild der Wasserkraftnutzung Italiens geboten, dienten hienach zum Beispiel Ende 1925 331 Kraftwerke mit mehr als 300 PS Einzelleistung zur Erzeugung von elektrischer Energie im Gesamtbetrage von 1 484 843 PS, und zwar:

67	Werke	von	300	bis	499	PS mit insgesamt	25 485 PS,
66	„	„	500	„	999	„ „ „	46 986 PS,
46	„	„	1000	„	1 999	„ „ „	66 716 PS,
61	„	„	2000	„	4 999	„ „ „	189 461 PS,
47	„	„	5000	„	9 999	„ „ „	344 033 PS,
27	„	„	10000	„	19 999	„ „ „	353 852 PS,
17	„	„	20000	und mehr	PS	„ „	458 310 PS,

so waren zu Beginn des Jahres 1926 außerdem 775 375 PS im Bau. Einer speziellen Beschreibung namhafter, älterer und neuerer Werke, wie zum Beispiel Trezzo an der Adda mit zehn Maschinensätzen von je 1000 kW bei 6, bezw. 8 m Gefälle, Vizzola am Ticino mit zehn Maschinensätzen von je 2000 PS bei 28·56 m Gefälle, Turbigo am Naviglio grande mit fünf Maschinensätzen von je 15 000 PS bei 8·27 m Gefälle, der 14 allerdings teilweise erst geplanten Kraftwerke im Niederschlagsgebiet des Toce mit einer Jahreserzeugung von 856·1 Mill. kWh, der 8 Kraftwerke des oberen Oglio mit einer Jahreserzeugung von 750 Mill. kWh usw. schließt sich eine Zusammenfassung der Verbindungsnetze der italienischen Wasserkraftwerke an.

Dr. Baudisch.

Elektrizitätswirtschaft in Dänemark. Nach der Statistik für das Jahr 1924/25[1]) belief sich die Zahl der städtischen Zentralen und Überlandwerke auf 126, die Zahl der kleineren und kleinen ländlichen Zentralen auf 353. Es ist also gegen das Vorjahr[2]) eine kleine Verminderung in der Zahl der Werke eingetreten, die Gesamtleistung aller Kraftmaschinen (1067) in den Werken stieg aber auf 239 668 PS, darunter sind 33 Dampfturbinen mit 119 378 PS und 22 Kolbendampfmaschinen mit zusammen 11 715 PS, ferner 631 Dieselmotoren mit 86 473 PS und 97 Wasserkraftmaschinen mit 12 889 PS. Von der Gesamtleistung der Stromerzeuger in den städtischen und Überlandwerken mit 187 191 kVA entfallen 132 569 kVA auf Wechselstrom und der Rest auf Gleichstrom, die ländlichen Zentralen hatten insgesamt nur 17 800 kW Leistung. Die vorherrschende Netzspannung ist 220 V. Die Gesamtstromerzeugung der Werke war 251 Mill. kWh, wobei auf Kopenhagen 92 Mill. entfallen. Abgegeben wurden 262 Mill. kWh (einzelne Werke beziehen noch Fremdstrom). Zu den angeführten öffentlichen Werken kommen noch 518 private (größtenteils industrielle) Stromerzeugungsanlagen mit zusammen 55 000 kW installierter Leistung, die etwa 90 Mill. kWh erzeugen. An Brennstoffen wurden 180 000 t Kohlen und 29 000 t Öl verbraucht. Das Leitungsnetz im ganzen Lande ist auf fast 29 000 km erweitert worden. Die Zahl der Zähler ist 592 097 für Licht und 87 954 für Kraft, angeschlossen sind 8 Mill. Glühlampen mit 324 000 kW Anschlußwert und Kraftstromverbraucher mit 551 000 kW. Es ist also auch im letzten Berichtsjahre ein stetiges Fortschreiten der Elektrizitätsversorgung Dänemarks festzustellen. J.

Literaturberichte.

3441 **Berliner Städtische Elektrizitätswerke A. G.** Jahresbericht der Betriebsdirektion 1925. Veröffentlichungen der Bewag, Reihe II/Band 1, 101 Seiten und 59 Abb. Berlin, 1925.

Die gewaltige Steigerung des Bedarfes der Stadt Berlin an elektrischer Energie war Ursache für den Ausbau der 6- und 30 kV-Kabelnetze der Bewag. In der vorliegenden Zusammenstellung berichtet die Betriebsdirektion über die aus den bisherigen Erfahrungen und unter besonderer Berücksichtigung[3]) der amerikanischen Praxis entwickelten Gesichtspunkte, welche bei der Modernisierung der Kraftwerke bezw. dem Bau der neuen Transformatoren- und Schaltstationen 30/6 kV leitend war.

Im Hauptteil werden die wesentlichsten Punkte an je einem Beispiel ausführlich geschildert, so für die Kraftwerke am Umbau der Zentrale Charlottenburg[4]) und für die Umspannwerke an der Station Cottbuser Ufer. Charakteristisch ist für alle Schaltanlagen die prinzipielle Abmauerung aller jener Apparate, welche Verqualmung

[1]) Vgl. bezüglich 1924 E. u. M. 1926, Heft 3, Seite 63.

[2]) „Stand der hydroelektrischen Energieerzeugung in Italien zu Beginn des Jahres 1926." Von Ing. C. Bonomi, 68 Seiten, 22 × 31 cm, mit 79 Textabb. und 3 Karten. Verlag von E. Calamandrei & Co., Mailand.

[1]) Statistische Mitteilungen, 4. Reihe, Bd. 74, Heft 5. Kopenhagen 1926, Bianco Lunos, Buchdruckerei. Preis 1 K.

[2]) Vgl. hiezu E. u. M. 1926, S. 127.

[3]) Vgl. Rühle, E. u. M. 1926, S. 405.

[4]) Vgl. Ohlmüller, E. u. M. 1926, Das Elektrizitätswerk, S. 33.

Digitized by Google

bewirken können von der Sammelschienen- und Trennschalterhalle. Auch Meßwandler und Kabelendverschlüsse sind getrennt angeordnet. Die Trennschalter sind mit Fernsteuerung versehen und werden ebenso wie die Ölschalter von der Kommandostelle, der „Warte" aus, geschaltet. Ebenso sind in der Warte alle für die Betriebskontrolle erforderlichen Überwachungs- und Signalisierungsrelaisapparate zentralisiert angebracht. In einem Anhang des Berichtes ist das „Pflichtenheft", eine Zusammenfassung der Richtlinien für die Projektierung der neuen Umspannwerke, zum Abdruck gekommen. Die Schlußkapitel des Buches enthalten kurze Angaben über die Umformerwerke und Zusammenstellungen über den Umfang der verschiedenen Netze sowie über die Leistungskapazität der Anlagen.

Die Durchsicht dieser Veröffentlichung der Bewag bietet mannigfache Anregungen und soll allen, welche Umspannwerke zu projektieren haben, angelegentlichst empfohlen werden. E. Groß.

3425 **Die Schaltungsarten der Haus- und Hilfsturbinen.** Ein Beitrag zur Wärmewirtschaft der Kraftwerksbetriebe von Dr. Ing. Herbert Melan. 119 Seiten mit 33 Abb. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1926. Preis geh. Mk. 10·50, geb. Mk. 12·—.

Die Frage des Antriebes der Hilfsmaschinen in Dampfturbinenkraftwerken wird bekanntlich seit längerer Zeit in Zeitschriftenaufsätzen sehr viel erörtert und es überwiegt immer mehr die Ansicht, daß im Allgemeinen der elektrische Antrieb vorzuziehen ist. Trotzdem werden aber noch immer aus verschiedenen Gründen sehr viele Dampfturbinenantriebe ausgeführt und mit der Zunahme der Größe der Kraftwerke hat außerdem die sogenannte Hausturbine erhöhte Bedeutung gewonnen. Eine kritische, zusammenfassende Erörterung der verschiedenen Schaltungsarten von Hilfs- und Hausturbinen fehlte bisher und diese Lücke füllt die vorliegende Schrift aus. Sie zerfällt in drei Abschnitte, über die Arbeitsweise und Regelung der Hilfsturbinen, über die Schaltungsarten der Hilfsturbinen untereinander und über die Schaltungsarten der Hilfsturbinen im Kraftwerksbetrieb. Bei allen Schaltungsarten wird gezeigt, wie sich die Wirtschaftlichkeit gestaltet, insbesonders werden auch überall die Vorteile der Speisewasservorwärmung mit Abdampf oder Anzapfdampf besprochen. Sowohl für den Dampfturbinenbau als auch beim Entwurf von Kraftwerken wird das Buch sehr gute Dienste leisten. Jellinek.

Chronik.

Landesverband Oberösterreich-Salzburg des Verbandes der Elektrizitätswerke. Am 18. Dezember 1926 fand in Linz die dritte ordentliche Vollversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke — Landesverband Oberösterreich-Salzburg, unter dem Vorsitz des Obmannes Gen.-Dir. Ing. Schlosser statt und unter Teilnahme von Ing. Hartmann in Vertretung des Präsidenten des Verbandes der El.-Werke Dir. Ing. Karel, Dir. Ing. Heller der Tiwag, Ing. Richter (Steiermark). Aus dem Tätigkeitsbericht für das Geschäftsjahr 1926 ist zu erwähnen: die Bestrebungen zur Verlängerung der Schiedsgerichtsverordnung, zur Verlängerung und Novellierung des Elektrizitätsförderungsgesetzes, zur Verlängerung der Verordnung betreffend die Durchführung begünstigter Bauten, zur Pauschalierung der Abgabe vom Verbrauche mechanischer und elektrischer Energie, Zusammenarbeit mit den Schwesterverbänden in den benachbarten Bundesländern und im Deutschen Reiche, Zusammenarbeit mit den Abnehmergenossenschaften und Propaganda zur Vermehrung des Stromabsatzes, insbesondere in der Landwirtschaft. Zu den bisherigen Vorstandsmitgliedern wurden Ing. Schuster (E. W. Stern & Hafferl A.-G.) als 1. Obmannstellvertreter, Herr Ing. Reisinger (Safe) und Herr Dir. Ing. Kvetensky (Oweag) hinzugewählt. Im Anschluß an den Tätigkeitsbericht berichtete Dir. Ing. Heller, daß bei Verhandlungen über die Führung von Hochspannungsleitungen in Tirol lebhafte Proteste aus Kreisen erhoben wurden, welche dem Luftverkehr nahestehen, mit der Begründung, daß durch die Leitungsführung die Anlage von Notlandungsplätzen an den Luftverkehrslinien behindert würde.

Am Nachmittage des gleichen Tages wurde eine Reihe von Vorträgen abgehalten. Ing. Klaus (TEG Linz) sprach über „Kupplung von Kraftwerken mit Beispielen aus der amerikanischen Praxis" und wies besonders auf die großen Ersparnisse an Anlagekosten und die dadurch mögliche Herabsetzung der Strompreise hin, welche durch den Zusammenschluß von Kraftwerken (insbesondere Dampf- und Wasserkraftwerken) erzielt werden können. Amerika ist in dieser Richtung vorbildlich, doch haben wir auch in Österreich bereits ein geschlossenes Stromnetz vom Großglockner bis Wien und weiter an die Landesgrenze sowie zurück bis zum Semmering. Dr. Kotschi (E. W. Stern & Hafferl A.-G.) sprach über „Ziegeleien als Stromabnehmer" und zeigte an Hand von Tabellen den Stromverbrauch bei gut und schlecht eingerichteten Ziegeleien. Gerade auf diesem Gebiete macht sich die ungünstige Wirtschaftslage und die dadurch bedingte geringe Bautätigkeit, sowie die enge Begrenzung des Absatzgebietes hemmend bemerkbar. Obering. Nietsch (E. W. Stern & Hafferl A.-G.) sprach über „Transformatoren- und Schalteröle" und erläuterte an Hand zahlreicher Lichtbilder das Verhalten der verschiedenen Ölsorten bei der Erprobung und im Betrieb und gab unter Hinweis auf die strengen Prüfvorschriften in der Schweiz und auch in Deutschland mit Zustimmung des Verbandes die Anregung, der Elektrotechnische Verein in Wien möge für Österreich Vorschriften über die Beschaffenheit und Prüfung von Transformatoren- und Schalterölen ausarbeiten. K.

Internationale Vereinigung der Elektrizitäts-Werke. (Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique). Im September d. J. fand in Rom die erste Tagung dieser Vereinigung statt, zu der sich über 300 Mitglieder eingefunden hatten. Die technischen Vorträge umfaßten nach einem Bericht der „Electr. Review" folgende Gegenstände. Jean de Casanova (Paris) behandelte die Kohlenstaubfeuerung und die Schwierigkeiten, die die hohen Verbrennungstemperaturen bereiten. In der Wechselrede wies G. Orrok (New York) darauf hin, daß die wirtschaftlichen Vorteile besonders bei minderwertiger Kohle zur Geltung kommen. — M. Hervy berichtete über die Erfahrungen mit Dampf von 50 at in der Zentrale Langerbrugge[1]) (Belgien). Trotzdem das Hochdruckaggregat nur 1750 kW hat, ist der Dampfverbrauch der von 50 at, 442° auf 20 at 330° arbeitenden Hochdruckturbine nur 4·7 kg/kWh, der Kohlenverbrauch 0·513 kg/kWh bei 7000 Cal. Heizwert. Für die 6600 kW Niederdruckturbine gelten die Zahlen 4·9 kg/kWh, bezw. 0·687 kg/kWh. — Prof. Soleri (Turin) sprach über Höchstspannungskabel[2]) nach den Systemen von Höchstädter, Emanueli, Silbermann und Soleri. Es wurden die Vor- und Nachteile der Einleiter- und der Drehstromkabel besprochen. — Boissonas berichtete über französische Erfahrungen mit Gleichstrom-Hochspannungs-Kabeln. Zwischen Moutiers und Lyon, wo das System Thury verwendet wird, sollen demnächst Gleichstromkabel für 300 kV Außenleiterspannung Verwendung finden. — M. J. Siegler (Frankreich) berichtete über die Wirtschaftlichkeit von Kokereianlagen[3]). — R. Dubois und M. Brylinsky (Frankreich) behandelten die Methoden zur Verständigung zwischen Kraftwerken und Unterwerken. Es wurde die große Bedeutung dieser Frage für einen störungsfreien Betrieb auseinander-

[1]) Siehe E. u. M. 1926, TWN, S. 171; BBC-Mitteilungen 1924, Heft 8.

[2]) Siehe E. u. M. 1923, S. 490, 545, 662; 1924, S. 608, 687; 1925, S. 164, 491; 1926, S. 869; ETZ 1924, S. 335, 461, 879, 1413; 1925, S. 1700, 1740.

[3]) Siehe ETZ 1925, S. 1663; Power, Bd. 62, 1925, S. 308.

Digitized by Google

gesetzt und vorgeschlagen, sowohl telegraphische, als auch telephonische Systeme zu verwenden. Erstere geben gute Kontrollmöglichkeiten, weil die Nachrichten gleich niedergeschrieben werden. — Die Gesetze zur Förderung der Elektrizitätswirtschaft behandelte Civita (Italien). Er gab einen Überblick über die Gesetze von sechs Staaten und erklärte schließlich, daß die liberalste Gesetzgebung die Italiens sei, wo der Staat ohne selbst einzugreifen, die privaten Bestrebungen förderte, sodaß bis heute vier Milliarden Lire für die Elektrizitätswirtschaft investiert wurden. f. f.
(The Electr. Review 1926, Bd. XCIX, Heft 2549 u. 2550).

Geschäftsberichte und Betriebsergebnisse.

Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk A.-G., Essen. Die Gesellschaft verteilt nach der „Frankfurter Zeitung" wieder 8 vH Dividende auf ihre Mk. 140 Mill. A.-K. Die Entwicklung von Produktion und Gewinnrechnung zeigt folgende Zusammenstellung:

Prod. u. Absatz	1924/25	1925/26	Gewinnrechnung (in Mill. RM)	1924/25	1925/26
			Rohgewinn	30·00	37·34
Kraftstr. Mill. kWh	1038	1083	Unkosten	7·26	13·77
Lichtstr. „ „	62	75	Abschreibungen .	10·71	11·55
Strom . . Mill. kWh	1100	1158	Reingewinn	12·03	12·04
			Dividende	11·38	11·38
Gas . . . . . Mill. m³	?	75	Dividende in vH	8	8
dav. eigen. „ „	62	70	Tantième	0·64	0·64

Die Gesamtkapazität der Zentralen von 475 000 kW wurde nicht verändert, da einem Abbruch zweier kleiner veralteter Anlagen 8000 kW Zugang durch Erneuerung in Essen gegenüberstand. Das Verteilungsnetz wurde erweitert um 172 km 100 kV-Leitungen und entsprechende Umspannstationen und Regulierungseinheiten; weitere 130 km sind noch im Bau. Wesentliche Fortschritte machte die Ausdehnung nach Süden und der Anschluß an süddeutsche Verteilungskomplexe. Für die 220 kV-Leitung standen am Abschlußtermin die Masten bis zum Main und mit der Beseilung (42 mm Durchmesser) war in drei Teilabschnitten begonnen. Die Durchführung durch Hessen wurde mit dem hessischen Staat und der Hessischen Eisenbahn A.-G. geregelt und der Zusammenschluß mit dem Badenwerk, und durch dieses mit oberrheinischen und Schweizer Wasserkräften in Rheinau bei Mannheim, sowie der Stromaustausch zunächst mit dem Badenwerk vereinbart. Bis Rheinau hofft man in Kürze die Leitungen in Betrieb nehmen zu können. Eine Fortsetzung zum Zusammenschluß mit dem Großkraftwerk Württemberg, das bereits mit dem Bau einer entsprechenden Leitung begonnen hat und durch dieses mit den im Ausbau befindlichen Vorarlberger Illwasserkräften ist geplant. Zusammen mit den Elektrowerken A.-G. in Berlin wurde die Dreiviertelmehrheit der Braunschweigischen Kohlenbergwerke A.-G. in Helmstedt erworben, da deren Vorkommen zum Teil für die zukünftige Versorgung der Unternehmungen des R. W. E. in Westfalen und Hannover von Bedeutung ist. Ein vorher angebotenes gleichartiges Zusammengehen hat der Preußische Staat ausgeschlagen, der überhaupt bisher nicht diejenige Förderung gewährt hat, die man als größtes öffentliches Unternehmen mit öffentlicher Mehrheit hätte erwarten können. Man hofft, daß die noch schwebenden Abgrenzungsverhandlungen zum Ziele führen, wobei die elektrowirtschaftliche Selbstverwaltung der westlichen Land- und Stadtkreise und Provinzen ohne ein hinderndes Dazwischentreten der Staaten erhalten bleiben sollte. In der Bilanz vom 30. Juni 1926 stehen die Betriebe mit 250 Mill. Mk. zu Buche, die Beteiligungen mit 69 Mill. Das A.-K. beträgt 140 Mill., die Reserve 30 Mill., die Anleihen 44 Mill. und an Abschreibungen werden auf der Sollseite 112 Mill. Mk. ausgewiesen.

Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke (OEW) Biberach a. d. Riss. Im Geschäftsjahr 1925 (1. Jänner bis 31. Dezember 1925) wurden insgesamt 79·1 Mill. kWh erzeugt und bezogen (55·8 Mill. kWh i. J. 1924). Neben zahlreichen Neuanschlüssen von Großabnehmern ist die Steigerung von 42 vH in erheblichem Maße auch auf Abnahme aus Kleinabnehmerkreisen, insbesondere durch Verwendung von Elektrowärme in Haushalt, Landwirtschaft und Gewerbe zurückzuführen. Auch im laufenden Jahr setzt sich die Entwicklung fort. Zur Sicherung der Stromlieferung über das Umspannwerk Niederstotzingen und zur Entlastung des Dampfkraftwerkes in Ulm wurde ein neuer Vertrag mit der Bayernwerk A.-G., München, abgeschlossen und bestehende Verträge mit Nachbarwerken ergänzt. Die Vorarlberger Illwerke G. m. b. H. in Bregenz, die sich den Ausbau der großen Wasserkraftspeicherwerke in den Vorarlberger Alpen zum Ziel gesetzt hat und an welcher die O. E. W. wesentlich beteiligt sind, hat im April 1925 den Ausbau des sogenannten Vermuntwerkes und des Lünersees als wirtschaftliche Einheit mit zusammen etwa 230 Mill. kWh Jahreserzeugung beschlossen und die Bauarbeiten für das Vermuntwerk aufgenommen. Im Berichtsjahr wurden umfangreiche Erneuerungen und Erweiterungen an den älteren Erzeugungsanlagen in Angriff genommen. Das Wolfegger Ach-Projekt sieht eine speicherfähige Wasserkraft mit einer Ausbauleistung von rund 3000 kW vor. Die Bauarbeiten an der Illerstufe IV „Unterdettingen" (9000 kW) und die Ausführung der zugehörigen Kanalstrecke sind begonnen. Im Unterwerk Donautal wurden neue Transformatoren (5 mit 9000 kVA. 1 mit 2000 kVA Gesamtleistung) zur Aufstellung gebracht. Über eine provisorische Schaltstation bei Tannheim mit einer Leistung von 2000 kVA wurde der Zusammenschluß des Hochspannungsnetzes mit dem Netz der Lech-Elektrizitätswerke A.-G. Augsburg bewerkstelligt und die 55 00 V Leitung Trochtelfingen-Bieringen zur Versorgung des Bezirksverbandes Heimbachkraftwerk Freudenstadt und der Württ. Sammelschienen A.-G. Stuttgart in Betrieb gesetzt werden. Die von Ulm nach Biberach führende 38 km lange Leitung (5000 V) wurde zu einer 55 000 V Doppelleitung mit Hängeisolatoren umgebaut. Zwischen den Unterwerken Biberach und Trochtelfingen dient eine neue leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonanlage. Die ins Netz eingeleitete elektrische Energie verteilt sich: auf eigene Wasserkrafterzeugung mit 68·5 Mill. kWh, auf eigene Wärmekrafterzeugung mit 4·46 Mill. kWh, Fremdstrombezug aus Wasserkraftwerken 2·01 Mill. kWh, Fremdstrombezug aus Wärmekraftwerken 4·15 Mill. kWh. Die Jahresbenützungsdauer der höchst vorgekommenen Spitzenlast von 22 300 kW betrug demnach 3550 h (i. J. 1924 3280 h). An Überschußarbeit wurden über die Württ. Landeselektrizitäts-A.-G. an die Stadt Stuttgart und die Neckarwerke A.-G. Eßlingen 14·9 Mill. kWh abgesetzt gegenüber 13 Mill. kWh im Vorjahr. Der Verband verfügte zu Ende 1925 über Wasserkraftanlagen mit 17 710 kW und Wärmekraftanlagen mit 22 057 kW Maschinenleistung, über ein Leitungsnetz von 2517 km (398 km für 55 kV, 1825 kV für 15 kV, den Rest für 3, 5, 10 und 25 kV) und über 738 Transformatorenstationen mit 874 Transformatoren von zusammen 36 199 kVA Leistung. Die Anlagen stehen mit rund 17 Mill. Mk. zu Buch. Die Einnahmen aus dem Stromverkauf betrugen 5·65 Mill. Mk., der Reingewinn nach Abschreibungen von über 2·9 Mill. Mk. 39 115 Mk.

J.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS

ELEKTRIZITÄTSWERK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT
Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 3 | 20. März 1927 | 4. Jahrgang

INHALT: Österreichs Energiewirtschaft. Von Dr. P. Beck, Wien. S. 21. / Bayerns Großkraftwirtschaft. Von Dr. A. Reithinger, Berlin. S. 25. / RUNDSCHAU. S. 27. / LITERATURBERICHTE. S. 31. BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG. S. 32.

Oesterreichs Energiewirtschaft[1]).

Von Dr. P. Beck, Wien.

Die vollständige Zerreißung nicht nur der politischen, sondern auch aller wirtschaftlichen Bande, welche die Länder der früheren österreichisch-ungarischen Monarchie miteinander verknüpft haben, die der unglückliche Ausgang des Weltkrieges zur Folge hatte, hat das heutige Österreich zu einer gänzlichen Neugestaltung seiner Wirtschaft gezwungen. Der Willkür der Siegermächte preisgegeben mußte es überdies in den ersten Nachkriegsjahren als unfreiwilliger Erbe des Kaiserstaates auch noch die unfreundliche Einstellung der neu entstandenen Nationalstaaten erdulden, welche sich unter anderen mehr in einer vollständigen wirtschaftlichen Absperrung geltend machte, wodurch der größte Teil der bis dahin fast uneingeschränkt zur Verfügung gestandenen Rohstoffquellen versiegte. Als eine der dringendsten Aufgaben galt es daher in jener Zeit, einen möglichst baldigen und vollwertigen Ersatz für diese zu schaffen, unter denen die Kohle, als der bis dahin in überwiegendem Maße benutzte Energieträger eine hervorragende Rolle spielte, war doch für die rascheste Wiederaufrichtung der industriellen Produktion, des vollständig lahmgelegten Verkehres und zum Teil auch der Landwirtschaft die Verfügbarkeit ausreichender Kraftmengen mit eine Hauptbedingung. Dieserart hat sich auch die wiedererwachende Lebenskraft des neu geschaffenen Staates schon bald nach dem Zusammenbruche in den Wasserkraftbauten geäußert, die berufen waren, die uns verbliebenen Naturkräfte der Volkswirtschaft dienstbar zu machen und auf diese Weise für eine möglichst weitgehende Autarkie auch auf dem Gebiete der Kraftversorgung den Weg zu bahnen. Wiewohl in der Folge die Gesetze der Wirtschaft sich auch in diesem Falle mächtiger als politische Stimmungen erwiesen haben und seither die Verhältnisse, abgesehen von der im Vorjahre durch den englischen Kohlenarbeiterausstand verursachten Knappheit, sich in der Richtung ständig vorhandenen und ausreichenden Kohlenangebotes entwickelt hatten, werden die einheimischen Wasserkräfte ihre führende Stellung, gleich wie in anderen kohlenarmen und mit Wasserkräften von der Natur bedachten Ländern (Schweiz, Skandinavien, Finnland, Italien usw.), für absehbare Zeit beibehalten und aus Gründen, die hier zu erörtern umso überflüssiger ist, als sie schon Gemeingut sind, immer mehr zum Rückgrat unserer Kraftversorgung sich entwickeln.

Es war nur selbstverständlich, daß die nach dem Kriege einsetzende Ausbaubewegung mit einer eingehenden und ausgiebigen Erörterung aller einschlägigen Fragen im technischen und wirtschaftlichen Schrifttum Hand in Hand ging, da es notwendig war, nicht nur den Gedanken an sich zu popularisieren, um auch auf diese Weise im Interesse der damals besonders schweren Kapitalsbeschaffung zu wirken, sondern es mußten auch die notwendigen technischen, wirtschaftlichen und statistischen Grundlagen für den raschen und möglichst planmäßigen Ausbau geschaffen werden. Auf diese Weise entstand eine große Zahl von Arbeiten, welche teils die verfügbaren Kraftquellen nach Lage, Ergiebigkeit und Ausbauwürdigkeit zu erfassen trachten, teils sich mit der Ermittlung des Bedarfes und dessen Deckungsmöglichkeit aus den verfügbaren Wasserkräften beschäftigen. Es hat aber trotz dem großen Wert, der einzelnen dieser Arbeiten zukommt, bis jetzt an einer zusammenfassenden Darstellung dieser grundlegenden Fragen gefehlt. Diese empfindliche Lücke auszufüllen, ist das von Dr. J. Ornig und mehreren hervorragenden Fachleuten als Mitarbeiter herausgegebene Buch, „Österreichs Energiewirtschaft" berufen. Wenn auch das Erscheinen des Werkes auf einen Zeitpunkt fällt, wo die anfänglich stürmische Bewegung eine fühlbare Verlangsamung erfahren hat, so gereicht es andererseits zum Vorteil, daß heute, wo die erste Sturm- und Drangperiode schon vorüber ist und die ganze Bautätigkeit in geregelte Bahnen gelenkt erscheint, sowohl das bisher Erreichte sich kritisch schon überblicken läßt, als auch ein Zukunftsprogramm auf gesicherter Grundlage entwickelt werden kann. Bei der großen Bedeutung, welche den in diesem Buche behandelten Fragen nach allen Richtungen hin zukommt, erscheint, eine etwas eingehendere Beschäftigung mit demselben an dieser Stelle gerechtfertigt, wobei auch die wichtigsten Folgerungen und Ergebnisse, zu welchen die Verfasser auf Grund ihrer Untersuchungen gelangt sind, wiedergegeben werden sollen, um dieselben solcherart einem möglichst weiten Kreise zugänglich zu machen.

Den Kern des Werkes bildet der erste, vom Herausgeber Dr. Ornig selbst verfaßte Abschnitt, welcher die Fragen der österreichischen Energiewirtschaft in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, zum Teil auch schon auf die in den folgenden, wichtige Einzelfragen behandelnden Abschnitten gezogenen Schlüsse gestützt in zusammenfassender Form behandelt. Entsprechend dem gesteckten Ziel, eine Darstellung der gesamten Energiewirtschaft zu liefern, findet, wie wohl die Wasserkraftsfragen ihre von der

[1]) Österreichs Energiewirtschaft. Von Ing. Dr. J. Ornig. Auf Veranlassung des Wasserwirtschaftsverbandes der österreichischen Industrie. In Verbindung mit Ing. P. Dittes, Ing. H. Grengg, Ing. L. Kallir, Ing. Dr. O. v. Keil-Eichenthurn, Dr. G. Pokorny und Dr. E. Wiglitzky. 285 Seiten mit 21 Textabb., sowie 2 farbigen Karten, 32 Tabellen und 3 Tafeln. Verlag von Julius Springer, Wien 1927.

Das Werk ist für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines in Wien zum Vorzugspreis von S 45·90 (statt S 61·20) durch die Geschäftsstelle des Vereines zu beziehen.

Digitized by Google

Natur aus ihnen zugewiesene führende Stellung behaupten auch die Kohlenwirtschaft im Rahmen der angestellten Betrachtungen ihren angemessenen Platz, zumal der Verfasser auch der einheimischen Kohle wichtige Aufgaben innerhalb der von ihm als oberstes Ziel einer rationellen Energiebewirtschaftung hingestellten Verbundwirtschaft zuweist. In der einleitenden, kurzgefaßten geschichtlichen Darstellung der bisherigen Entwicklung wird insbesondere der in den unmittelbaren Nachkriegsjahren geleisteten Arbeiten gedacht, welche der damals besonders nachdrücklich betonten partikularistischen Einstellung entsprechend zur Bildung der großen, vorwiegend auf gemischt-wirtschaftlicher Grundlage aufgebauten Landesgesellschaften führten, die nunmehr als Grundpfeiler für den Aufbau der bundesstaatlichen Gesamtversorgung zu dienen haben werden. Nicht genügend hoch kann das Verdienst der führenden Persönlichkeiten dieser Gesellschaften angesetzt werden, die es verstanden haben, den an und für sich aus den damaligen Zeitverhältnissen verständlich erscheinenden Wünschen der Länder Rechnung tragend, die Anlagen doch gleichzeitig so auszuführen, daß sie sich in die spätere Gesamtversorgung möglichst zwanglos einfügen. So tritt schon in dieser Periode die spätere Bundessammelschiene in ihren Umrissen in Erscheinung, deren Rückgrat die west-östliche 110 kV Leitung Partenstein — Linz — Wien und die süd-nördliche 60/110 kV Leitung Graz — Bruck — Ternitz, die nur mehr einer verhältnismäßig kurzen Fortsetzung bis Wien zwecks Zusammenschluß mit der ersteren bedarf, zu bilden berufen sind. Auch in dieser, bereits von der Natur aus vorgezeichneten Entwicklung kommt die Tatsache sinnfällig zum Ausdruck, daß ein großzügiger, energiewirtschaftlicher Zusammenschluß nur für die nordöstlichen Länder mit Wien an ihrer Spitze in Betracht kommt, an welche sich vielleicht zu einem späteren Zeitpunkt noch Kärnten angliedern dürfte, wogegen Tirol und Vorarlberg auch in der Zukunft eigene, selbständige Kraftwirtschaftsgebiete bleiben werden, deren etwaige Überschüsse im Export Verwertung finden könnten, in welcher Richtung bereits vielversprechende Anfangsschritte durch die zwischen der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. und dem Bayernwerk, sowie den Vorarlberger Illwerken und den süd-westdeutschen Interessenten vereinbarten Stromlieferungsverträge gemacht erscheinen. Diese Erkenntnis führt den Verfasser in der Folge dazu, daß die weiteren Betrachtungen vornehmlich den unter dem Namen Nord-Ostgruppe zusammengefaßten Gebieten gewidmet sind.

Die große volkswirtschaftliche Bedeutung, welche der Erschließung und rationellen Bewirtschaftung der einheimischen Kraftquellen auch vom Standpunkt der weiteren Gestaltung der Handelsbilanz innewohnt, erhellt aus der vom Verfasser ausführlich dargestellten Tatsache, daß auf diesem Wege einerseits eine entsprechende Verringerung der direkten Kohlenimporte (Wert im Jahre 1925 GK 175 Mill.) und indirekte Ersparnisse bei den Lebensmittelimporten (Wert für 1925 GK 716 Mill.) erzielt werden können, wenn die Energiequellen der Intensivierung der Landwirtschaft dienstbar gemacht werden, andererseits die gesteigerte Darbietung billiger Energie uns in die Lage versetzen würde, statt der jetzt noch bedeutenden Ausfuhr von Rohstoffen und Halbfabrikaten die vielfach höherwertigen Fertigfabrikate auszuführen. Von diesem Gesichtspunkte aus kommt in erster Reihe die noch jetzt sehr bedeutende Holz- und Roheisenausfuhr in Frage. Allerdings darf nicht übersehen werden, daß die wirtschaftliche Produktionsmöglichkeit auch von einer Reihe anderen wichtigen Faktoren abhängt, welche vom Verfasser nicht weiter berücksichtigt werden, doch kann zweifellos auch auf diesem Wege mit an einer Besserung gearbeitet werden. Endlich ist die Möglichkeit, auf dem Wege der direkten Stromausfuhr, welche laut Vorstehendem in den westlichen Bundesländern gegeben erscheint, das Handelsbilanzpassivum zu verringern, nicht zu übersehen, zumal auch auf diesem Wege sehr namhafte Einnahmen erzielbar sind, wie dies das Beispiel der benachbarten Schweiz zeigt, die schon jetzt aus 500 Mill. nach dem Ausland verkauften kWh eine jährliche Einnahme in der Höhe von über 20 Mill. Frk. zieht. Daß nur solche Kraftmengen zur Ausfuhr gelangen dürften, für welche im Inlande keine Verwendung gefunden wird, ist selbstverständlich; das Schweizer Beispiel zeigt, daß dieser Forderung auch Genüge geleistet werden kann.

Das Endziel der Energieplanwirtschaft erblickt Ornig in der Verbundwirtschaft, durch welche die wichtigen Erzeuger und Verbraucher zusammengeschlossen werden, was zu einem Ausgleich der in der Erzeugung und im Verbrauch naturgemäß auftretenden Schwankungen in weitgehendem Maße führt und damit eine Verbilligung der Erzeugung durch erhöhte Inanspruchnahme der Anlagen und Ausnützung sonst nicht verwendbarer, zeitweise nur auftretender Überschüsse ermöglicht. Auch wird dann die zeitliche Anpassungsfähigkeit einzelner Industrien, vor allem der Holzstoffindustrie an die jeweils verfügbaren Kraftmengen eher ausnützbar sein. Die Art der Zusammenarbeit ist hiebei von ihm in der Weise gedacht, daß die Wasserkraft-Laufwerke die jeweilige Grundbelastung, die mit Inlandkohle arbeitenden Wärmekraftwerke, welche in der Regel in unmittelbarer Nähe der Brennstoffgewinnungsstellen selbst errichtet werden, die Mittelbelastung liefern, wogegen die Spitzendeckung den Wasserkraft-Speicheranlagen und wo solche in wirtschaftlicher Entfernung nicht errichtet werden können, den in der Nähe der großen Verbrauchsgebiete erbauten Dampfwerken zufällt. Zum Jahresausgleich sind dagegen in der Hauptsache die Dampfanlagen berufen, da die Schaffung von ausreichend leistungsfähigen Speicheranlagen für den Jahresausgleich in der Nord-Ostgruppe aus technischen und wirtschaftlichen Gründen kaum möglich sein wird. Zum Beweis der Richtigkeit dieser Überlegung wird vom Verfasser eine Einzeluntersuchung für die wichtigsten Kraftwerke der Nord-Ostgruppe durchgeführt, welche ein gesamtes Arbeitsvermögen von 1 Milliarde kWh aufweisen. Dieselbe zeigt, daß durch die Verbundwirtschaft ein Gewinn von 50 Mill. Winter-kWh und mindestens dieselbe Menge an Sommer-kWh erzielt werden kann, wobei auch gleichzeitig eine entsprechende Verringerung der Leistung und Inanspruchnahme der Dampfanlagen eintritt. Letztere hätten in der Verbundwirtschaft bei einem Spitzenausgleich auf 100 000 kW je nach den jeweiligen Wasserführungsverhältnissen bis zu 60 Mill. kWh, bei Ausgleich auf 110 000 kW höchstens 90 Mill. kWh zuzuschießen gegenüber 120 bezw. 150 Mill. kWh bei Einzelwirtschaft.

Für die Aufstellung eines geeigneten Bau- und Wirtschaftsplanes bedarf es einer möglichst zutreffenden Verbrauchsschätzung. Bei einem derart großen und vielgestaltigen Absatzgebiet, wie es selbst das heutige Österreich darstellt, können unmittelbare Erhebungen nicht mehr zum Ziele führen, zumal solche auch sehr kostspielig und doch mit vielen Unsicherheiten in Hinblick auf die künftige Entwicklung behaftet sein würden. Deshalb hat der Verfasser den Weg gewählt, seine Schätzung auf in anderen Ländern bereits festgestellte und der Eigenart der Bevölkerung angepaßte Ziffern aufzubauen, wobei der industrielle Großverbrauch zunächst nicht einbezogen wurde. Er nimmt hiebei drei Entwicklungsstufen an, deren erste ungefähr dem heutigen Zustand entsprechen, die dritte das Endziel, wo die Sättigung erreicht ist, darstellen soll und die zweite einem zwischenliegenden Zustand entspricht. Für den erhöhten Verbrauch der Städte mit vorwiegend industriell tätiger Bevölkerung wird ein Sonderzuschlag gemacht. Die derart je Einwohner angenommenen Jahresverbrauchsziffern zeigt die Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

Entwicklungsstufe	Städte mit über 5000 Einwohner kWh	Städte mit v. 2000 b. 5000 Einwohner kWh	Siedlungen mit 500 b. 5000 Einw. kWh	Flaches Land kWh	Zuschl. für Industriebevölk. kWh
I	250	150	50	—	100
II	350	250	100	10	150
III	500	350	150	25	200

Digitized by Google

Diese Schätzung führt zum Ergebnis, daß der noch nicht gedeckte Bedarf der nordöstlichen Gruppe gegenwärtig 200, in der zweiten Entwicklungsstufe 500 und in der letzten 1000 Mill. kWh beträgt. Die Ziffern zeigen, daß in dieser Gruppe noch nicht einmal jener Verbrauch erreicht ist, welcher nach der kulturellen Entwicklung und Lebensart der Bevölkerung nach dem Beispiel anderer Länder erwartet werden müßte. Bemerkenswert ist es dagegen, daß der heutige Bedarf in Kärnten, Tirol und Vorarlberg schon jenem nahekommt, welcher auf Grund dieser Berechnung erst in der dritten Stufe zu erwarten wäre, das heißt daß in diesen Ländern dank den von der Natur geschaffenen günstigen Verhältnissen und einer entsprechenden Unternehmungstätigkeit die Sättigung schon jetzt beinahe erreicht ist, daher die Verwertung der gerade dort noch reichlich vorhandenen Kräfte nur durch Schaffung neuer Absatzmöglichkeiten, oder auf dem Wege des Exportes erzielbar sein dürfte, zumal diese zufolge der großen Entfernung zur Bedarfsdeckung in der Nord-Ostgruppe kaum herangezogen werden können.

Als Großverbraucher, deren Bedarf überdies noch der Deckung harrt, kommen zunächst die Bahnen mit ihren für die Elektrisierung geeigneten und hiefür auch bestimmten Linien in Frage, soweit deren Umwandlung noch nicht durchgeführt, bezw. in Angriff genommen ist, mit einem Bedarf von 320 Mill. kWh. Der Bedarf der Eisen- und Stahlindustrie ist auf Grund der später noch zu erwähnenden Untersuchungen von Dr. Keil mit 160, 300 bezw. 500 Mill. kWh, jener der Papierindustrie mit 150, 280 bezw. 400 Mill. kWh für die drei angenommenen Entwicklungsstufen anzusetzen. Der mögliche Verbrauch der chemischen Großindustrie ist besonders schwer abzuschätzen; in der Aluminiumindustrie ist mit einem weiteren Zuwachs zunächst nicht zu rechnen, da dieselbe mangels einer vollen Absatzmöglichkeit ihrer Produkte im Inlande, schon jetzt auf die Ausfuhr angewiesen ist und einen schweren Kampf gegen die unter günstigeren Bedingungen arbeitende ausländische Konkurrenz zu bestehen hat; die Frage aber, ob die Deckung des zweifellos vorhandenen bedeutenden Stickstoffbedarfes der Landwirtschaft mit nach einem große Kraftmengen benötigenden Verfahren gewonnenen Produkt erfolgen wird, ist heute schwer zu beantworten. Deshalb wird für diese Zwecke nur mit einem künftigen Bedarf von 100 bezw. 200 Mill. kWh in der zweiten, bezw. dritten Entwicklungsstufe gerechnet. Endlich wurden noch jene Strommengen berücksichtigt, die zum Ersatz von derzeit in den öffentlichen Elektrizitätswerken verfeuerter Importkohle heranzuziehen sind, die mit 150 Mill. kWh anzusetzen wären und der Ersatz der in den Eigenanlagen von Fabriken verbrauchten Kohlenmengen, die ersetzbar sind und die mit 100, 200 bezw. 250 Mill. kWh eingesetzt wurden. Derart gelangt Ornig zu den in der Zahlentafel 2 ausgewiesenen Bedarfsziffern, welche auf die dort gleichfalls angeführte Weise gedeckt werden sollen.

Zahlentafel 2.

	Stufe I			Stufe II			Stufe III		
	Nordost-Gruppe	Südwest-Gruppe	Summe	Nordost-Gruppe	Südwest-Gruppe	Summe	Nordost-Gruppe	Südwest-Gruppe	Summe
	Millionen Kilowattstunden								
Bedarf	720	40	760	1630	90	1720	2800	220	3020
Deckung: Bauten bis 1929	80	50	130	80	50	130	80	50	130
Erhöhte Ausnützung bestehender Werke, Überschußkraft der Wärmegroßverbraucher, Deckung aus Dampfanlagen und aus Erweiterung bestehender Wasserkraftanlagen	250	10	260	450	40	490	720	110	830
Neubauten	390	—	390	1100	—	1100	2000	60	2060

Als nach dieser Ermittlung notwendige Neubauten, die fast ausschließlich zur Deckung des Bedarfes der Nord-Ostgruppe zu dienen haben, kommen naturgemäß nur Wasserkräfte in Frage und wird noch in dieser Richtung die geeignete Auswahl unter der großen Zahl von projektierten Mittel- und Großanlagen zu treffen sein. Nach Ornigs Ansicht dürften in nächster Zeit eher Mittelanlagen mit etwa je 100 Mill. kWh jährlicher Darbietung zur Ausführung kommen, da deren Finanzierung verhältnismäßig leichter sichergestellt werden kann. Als solche kämen die Murprojekte und die an der oberöstereichischen Enns geplanten Anlagen in Betracht. Zu einem etwas späteren Zeitpunkt wird dann das große Ennswerk im Gesäuse zu erbauen sein, neben dem gegebenenfalls noch Anlagen an der Donau und der unteren Traun in Berücksichtigung zu ziehen sein werden.

An diese energiewirtschaftliche Gesamtstudie reihen sich die, wichtige Einzelfragen behandelnden weiteren Abschnitte an, deren Reihe die Arbeit von Ing. H. Grengg über die natürlichen Grundlagen der Wasserkraftnutzung in Österreich eröffnet. Ausgehend von den geographischen, geologischen und klimatischen Einflüssen auf die Niederschlags- und Abflußverhältnisse wird zunächst gezeigt, daß gewisse Verschiedenheiten derselben eine, wenn auch nur beschränkte gegenseitige Ergänzung erwarten lassen, welche im Verbundbetrieb mit Vorteil ausgenützt werden kann. Anschließend werden interessante Vergleiche in Hinblick auf die in der Talbildung beobachtbaren Verschiedenheiten angestellt, welche eine Wertung der Kräfte zulassen. Hier wird auch, unseres Wissens das erstemal der Versuch gemacht, ein Bild über die verfügbaren und wirtschaftlich verwertungswürdigen natürlichen Speicherräume zu gewinnen, wobei gezeigt wird, daß an solchen insgesamt mit einem Nutzinhalt von 645 Mill. m³ bei 410 m Durchschnittsgefälle, entsprechend einem Arbeitswert von 529 Mill. kWh im Jahre bei einmaliger Abarbeitung gerechnet werden kann. Hievon sind Speicher mit rund 130 Mill. kWh Arbeitswert bereits in Betrieb oder in Bau begriffen, wogegen die restlichen 400 Mill. kWh noch der Erschließung harren. Diese Feststellung bekräftigt die von Ornig vertretene Ansicht, daß die künftige Planwirtschaft in der Nord-Ostgruppe der Mitarbeit von Dampfanlagen umso weniger wird entraten können, als fast zwei Drittel der Speicherkräfte auf Kärnten, Tirol und Vorarlberg entfallen, daher für die Versorgung der erwähnten Gruppe, in welcher nach der vorangegangenen Feststellung fast ausschließlich ein großer Bedarf vorhanden ist, nicht in Frage kommen. Bemerkenswert erscheint auch der Hinweis auf die zufolge Fehlens eines entsprechenden Gefälles mangelnde nennenswerte Speicherfähigkeit der Seen des Salzkammergutes und Kärntens (bei letzteren mit Ausnahme des Weißensees).

Im folgenden, von Ing. L. Kallir bearbeiteten Abschnitt werden die Fragen der elektrischen Großkraftübertragung behandelt, durch deren geeignete Lösung erst die Großwirtschaft überhaupt möglich wird. Im ersten Teil dieser Arbeit wird der bis heute erreichte Entwicklungszustand geschildert und gezeigt, wie bis heute schon in zielbewußter Arbeit die Grundlagen für die künftige Bundessammelschiene gelegt wurden. Erwähnenswert erscheint die Zusammenstellung aller bestehenden mit Spannungen von über 40 kV betriebenen Leitungen, aus welcher hervorgeht, daß deren Trassenlänge die in Ansehung der Größe des Staates immerhin bedeutende Ziffer von fast 1000 km erreicht hat, wovon auf 110 kV Leitungen allein 414 km entfallen. Hiebei wäre noch ganz besonders hervorzuheben, daß fast 850 km, darunter sämtliche 110 kV Leitungen erst nach 1920 erbaut wurden, wodurch die kräftige Bautätigkeit der letzten Jahre erst in das richtige Licht gerückt erscheint. Weitere fast 4500 km macht die Trassenlänge der mit zwischen 10 und

Digitized by Google

40 kV liegenden Spannungen betriebenen Hochspannungsleitungen aus. Die Leistung aller in den Umspannwerken eingebauten Transformatoren für Spannungen von 40 kV aufwärts beträgt rund 432 000 kVA, hievon 189 000 kVA für 110 kV; die in den, den Kraftwerken selbst angegliederten Umspannwerken aufgestellten Transformatoren sind hier mit inbegriffen. Der zweite Teil der Studie befaßt sich mit der zukünftigen Entwicklung, wobei in der Hauptsache die für die Übertragung der in Wien in Hinkunft zusätzlich zu verbrauchenden Wasserkraftenergie notwendige Ausgestaltung des Höchstspannungsnetzes untersucht wird. Hiebei wird der von Ornig als zweite Stufe bezeichnete Entwicklungszustand zugrundegelegt und zunächst berechnet, daß bei Erreichung desselben Wien rund 400 Mill. kWh bei einem Höchstverbrauch von etwa 110 000 kW benötigen wird. Zu dieser Kraftmenge wird nach den gemachten Annahmen das Ennswerk im Gesäuse je nach der sonstigen Inanspruchnahme 60 000 bis 85 000 kW beizusteuern haben, wogegen der Rest aus den oberösterreichischen Ennsstufen und gegebenenfalls aus am Unterlauf der Traun zur Errichtung gelangenden Werken und den Murwerken zu beziehen wäre. Die Übertragung der letzteren, verhältnismäßig kleinen Leistungen ist über das schon bestehende und noch entsprechend zu ergänzende 110 kV Netz unschwer möglich; dagegen bedarf es einer sorgfältigen Überlegung, ob auch die Ennsenergie noch mit dieser Spannung fortgeleitet werden soll, oder aber schon die Errichtung einer eigenen 220 kV Übertragung hiefür wirtschaftlich und technisch gerechtfertigt erscheint. Die auf alle wesentlichen Einzelheiten sich erstreckende Untersuchung ergibt, daß zwei 110 kV Doppelleitungen mit zusammen 4×120 mm² Kupferquerschnitt je Phase den gestellten Anforderungen am besten genügen, daher die Einführung einer neuen, höheren Übertragungsspannung nicht notwendig sein dürfte. Hiemit ist gleichzeitig auch der Beweis erbracht, daß die Wahl von 110 kV als Übertragungsspannung für die derzeitige Fernversorgung von Wien auch bei Rücksichtnahme auf die zukünftige Entwicklung richtig war. Eine gewisse, wenn auch nicht einschneidende Richtigstellung der gegenständlichen Überlegungen wird vielleicht notwendig sein, wenn die Bahnversorgung abweichend von den gemachten Annahmen, nicht aus eigenen Kraftwerken, bezw. aus in den der Gesamtversorgung dienenden Werken aufgestellten Einphasenmaschinen erfolgen wird, sondern aus vom allgemeinen Drehstromnetz gespeisten Umformeranlagen, wie dies schon derzeit in Schweden zum Teil der Fall ist und für die Elektrisierung der großen süddeutschen Transversallinie München—Stuttgart—Karlsruhe—Kehl dem Vernehmen nach aus wirtschaftlichen Gründen und auch zwecks Beschleunigung des Überganges auf elektrischen Betrieb in Aussicht genommen ist.

Der vierte Abschnitt behandelt die wichtigsten Energieverbraucher vom Standpunkt ihres Bedarfes und der Möglichkeit ihrer Elektrizitätsversorgung. Ing. P. Dittes schildert zunächst die Bahnelektrisierung, das ist jenes Gebiet, auf welchem bisher die größten Fortschritte gemacht wurden, was nicht zuletzt der schon in früheren Jahren erfolgten, äußerst sorgfältigen Vorbereitung zu danken ist, durch welche es ermöglicht wurde, sofort nach gefaßtem Entschluß und Sicherstellung der für die Inangriffnahme der Arbeiten notwendigen Mittel zur Tat zu schreiten. Den Männern, die in selbstloser Begeisterung die oft ganz aussichtslos erscheinende Aufgabe nicht fallen ließen und auch alle Hemmungen der Inflation überwindend, das stolze Werk des elektrischen Betriebes auf der Arlberglinie und der Salzkammergutbahn schufen, an welche in Kürze die Linie Innsbruck—Salzburg und die Brennerbahn hinzutreten werden, gebührt unser Aller Dank. Hoffen wir, daß letztere nicht einen Schlußpunkt bis auf Weiteres bedeuten, sondern ihre Fortsetzung im östlichen Netz bald finden werden, deren Überführung auf elektrischen Betrieb, wie dies die gegenständlichen Ausführungen zeigen, ebenfalls gründlichst vorbereitet ist und nur der Ausführung harrt.

Die Studie von Dr. O. v. Keil-Eichenthurn unterrichtet über die derzeitigen Verwendungsmöglichkeiten der Elektrizität in der Eisenindustrie und zeigt, daß die elektrische Roheisenerzeugung für unsere Verhältnisse zufolge noch bestehender technischer Schwierigkeiten nicht in Aussicht genommen werden kann, zumal auch unsere Wasserkräfte keine so günstigen Ausbaukosten haben, daß der wirtschaftlich derzeit noch notwendige, äußerst niedrige Strompreis zugestanden werden könnte. Anders steht es in der Stahlindustrie, bei welcher soweit mit Schroteinsatz gearbeitet wird, sich gute Aussichten eröffnen. Die Elektrostahlerzeugung ist ja schon heute gut entwickelt. Im Schmelzprozeß kann demnach mit der Zeit mit einem Zuwachs von 300 Mill. kWh gerechnet werden. Eine weitere Verwendungsmöglichkeit eröffnet sich schon heute beim Glühprozeß, wofür etwa 142 Mill. kWh verwertbar wären. Die aus diesen beiden Titeln erzielbare Kohlenersparnis kann mit rund 160 000 t angenommen werden (umgerechnet auf Kohle von 6500 kcal.).

Ornig untersucht die Aufnahmefähigkeit der Papierindustrie mit Einschluß der zugehörigen Rohstoffgewinnung und tritt für eine weitgehende Veredlung des Holzes vor der Ausfuhr ein, um die derart erzielbare Wertsteigerung der inländischen Wirtschaft zu sichern. Da die Papierindustrie großer Mengen von Heizdampf nicht entraten kann, eröffnet sich die Möglichkeit durch Erzeugung von hochgespanntem Dampf und Abarbeitung in Hochdruckvorschaltturbinen bis auf den für den Fabrikationsprozeß selbst notwendigen Druck, beträchtliche, für die Verbundwirtschaft verfügbare Kraftmengen ohne nennenswerten Brennstoffmehraufwand zu gewinnen. Seine Rechnung ergibt als Endbilanz einen sehr erheblichen Gewinn, wodurch die Überlegungen auch von rein finanziellem Standpunkt aus richtig erscheinen.

Eine wertvolle Ergänzung bilden die beiden letzten Abschnitte deren erster, von Dr. E. Wiglitzky bearbeitet, über die wasserrechtliche Gesetzgebung Aufschlüsse gibt, der zweite, aus der Feder von Dr. G. Pokorny die Kenntnis der wichtigsten Bestimmungen der Elektrizitätsgesetzgebung (Elektrizitätswegegesetz und Elektrizitätsförderungsgesetz) vermittelt.

Von allergrößtem Wert ist das mit aufgenommene und in Form von übersichtlichen Tabellen und Merkblättern gesammelte statistische Material. Neben den, in den Textteil eingefügten Tafeln, von welchen insbesondere die von Grengg zusammengestellte über Speicherräume hervorzuheben ist, bringt Ornig ein nach dem Stande von 1925/26 zusammgestelltes, alles Wissenswerte enthaltendes Verzeichnis aller österreichischen Wasserkraftanlagen mit über 500 PS Ausbauleistung, wobei auch die in Bau befindlichen Anlagen und aussichtsreichen Projekte mit berücksichtigt erscheinen. Ergänzt wird dasselbe durch die Merkblätter der Wasserkraftanlagen über 5000 PS, welche eine kurzgefaßte, jedoch alle wesentlichen Angaben enthaltende technisch-wirtschaftliche Beschreibung derselben beinhalten; die Angaben über die Kraftwerke der Österr. Bundesbahnen stammen von Dittes, über die übrigen Werke von Ornig. Der derzeitige Stand der Wärmekraftwirtschaft wird durch die ebenfalls von Ornig bearbeitete Zusammenstellung aller Wärmekraftanlagen von über 2000 PS (Elektrizitätswerke und Industrieanlagen) beleuchtet. Die von Kallir verfaßten Merkblätter der Schalt- und Umspannwerke über 40 kV unterrichten über die der Kraftübertragung dienenden Anlagen, ebenso die von ihm zusammengestellte Tafel der Höchstspannungsleitungen über 40 kV. Endlich darf noch die dem Buche beigegebene Landkarte der Wasserkraftnutzung in Österreich und die von Ornig entworfene Energiewirtschaftskarte nicht unerwähnt blieben: erstere gibt über die örtliche Lage und Größe der Wasserkräfte Aufschluß, letztere enthält die bestehenden Kraftwerke und Hochspannungsleitungen nebst Umspannwerken. Alle diese Behelfe füllen schon längst schwer empfundene Lücken aus, für

Digitized by Google

welche ein jeder, der mit den einschlägigen Fragen sich zu beschäftigen hat, dankbar sein wird.

Die Lösung technisch-wirtschaftlicher Aufgaben läßt sich mit den Methoden der exakten Wissenschaft, auf deren Grundlage der Techniker zu arbeiten gewohnt ist, nicht finden; sie wird von allzuviel Zufälligkeiten beeinflußt; auch bildet unsere Heimat nur ein kleines Glied im europäischen Wirtschaftsgebiet und kann sich nicht autochton entwickeln, da unsere Abhängigkeit von den Nachbarländern allzu groß ist. Niemand vermag es heute zu sagen, ob das Heil unserer Kraftwirtschaft gerade auf dem hier gezeigten Wege zu erlangen sein wird, doch unter allen Umständen, wenn auch die Entwicklung mit Erfolg andere Wege nehmen sollte, als sie in diesem Buche vorgeschlagen werden, bleibt die Herausgabe desselben eine wichtige Tat, dem uneingeschränktes Lob gespendet werden muß und bleibt nur zu wünschen, daß dasselbe jene große Verbreitung findet, welche es mit Fug und Recht verdient.

Bayerns Großkraftwirtschaft.

Von Dr. A. **Reithinger**, Berlin.

Mit dem Übergang von der systemlosen Selbstversorgung der privaten Energieverbraucher zur Großkraftwirtschaft, das heißt der planmäßigen Erzeugung großer Kräfte an günstig gelegenen Energiezentren und deren Verteilung über ganze Landesteile hin, ist die Frage der Energieversorgung ausgedehnter Wirtschaftsgebiete zu einem Problem von erhöhter Bedeutung geworden[1]).

Während sich im Westen Deutschlands, ausgehend von den Kraftzentralen der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke und der Rheinischen Elektrowerke im Braunkohlengebiet A.-G., schon frühzeitig eine das ganze Industrierevier mit ihren 100 000 V-Leitungen umspannende Großkraftversorgung herausbildete, der sich im Norden Deutschlands das aus den Bedürfnissen der Kriegswirtschaft heraus fast binnen Jahresfrist geschaffene und um das Kräftedreieck Zschornewitz, Trattendorf, Lauta gruppierte Energiezentrum der Elektrowerke A.-G. mit seinen über Mitteldeutschland und bis Berlin ausstrahlenden Hochspannungsleitungen ebenbürtig an die Seite stellt, ist man an die Entwicklung des dritten großen im Bayernwerk zusammengefaßten Stützpunktes elektrischer Fernkraftversorgung im Süden nur zögernd und erst verhältnismäßig spät herangegangen. Dieses Zögern findet in den besonders gelagerten geographischen und wirtschaftlichen Verhältnissen in Bayern rechts des Rheins seine Erklärung. Denn während sich im Westen und Norden Deutschlands bei dem raschen Anwachsen des Energiebedarfes der Aufbau einer eigenen Großkraftwirtschaft unter Beibehaltung des altgewohnten Energieträgers Kohle in der Hauptsache durch eine rein wirtschaftliche Konzentrationsbewegung von in diesen Gebieten investiertem Anlagekapital ermöglichen ließ, mußten im Süden ganz neuartige Wege beschritten werden.

Sollte die Entwicklung einer eigenen Großkraftversorgung in Bayern den gegebenen Verhältnissen und wirtschaftlichen Bedürfnissen des Landes angepaßt werden, so mußte man sich zu einer großzügigen Umstellung von der auswärtigen Kohlenbasis auf die einheimische Wasserkraftbasis entschließen, über deren technische Bedingtheiten nur verhältnismäßig junge Erfahrungen zur Verfügung standen und deren wirtschaftliche Vorbedingungen noch auf Schätzungen beruhten[2]). Nicht nur die Tatsache, daß der Ausbau von Wasserkräften ungleich mehr volkswirtschaftliches Anlagekapital bindet als der Ausbau gleich großer Dampfzentralen, und daß zur Erzielung einer einheitlichen Großstromversorgung gleichzeitig an den Vollausbau großer Fluß- und Speicherkräfte herangegangen werden mußte, sondern vor allem die Ungewißheit über den Energiebedarf des Landes und dementsprechend über den voraussichtlichen Energieabsatz und die Wirtschaftlichkeit der neuen Großkraftwerke und Stromverteilungsanlagen machten hier ihren hemmenden Einfluß geltend. Es wird deshalb nicht uninteressant sein, sich ein zahlenmäßiges Bild von den energiewirtschaftlichen Grundlagen Bayerns rechts des Rheins zu geben[3]), das in den letzten Jahren aus der Unzulänglichkeit seiner Brennstoffversorgung zu einer zielbewußten, auf der Grundlage seines Wasserreichtums aufgebauten Großkraftwerkwirtschaft gekommen ist.

Die bayrische Wirtschaft stützte sich bis vor kurzem bei einem Energiegesamtbedarf von nicht ganz 8 Mill. t Normalkohle[4]) noch zu etwa $^3/_4$ auf die Kohle, von welcher nur etwa 12 vH aus der eigenen Wirtschaft zur Verfügung gestellt werden konnten. An zweiter Stelle stand das in energiewirtschaftlicher Beziehung häufig unterschätzte Brennholz mit einem Verbrauch von rund 1·5 Mill. t Normalkohle, dessen Deckung allein die einheimische Erzeugung zu übernehmen in der Lage ist. Torf mit nicht ganz 200 000 t und Mineralöle mit rund 150 000 t folgen als minder wichtige Energieträger erst in erheblich größeren Abständen. Bei Torf halten sich Bedarf und einheimische Deckung die Wage, während der gesamte Verbrauch an Mineralölen durch Einfuhr bestritten werden muß. Dagegen betrug der Verbrauch an Wasserkräften mit im Jahre 1921 etwas über 0·5 Milliarde kWh erst einen kleinen Bruchteil der wirtschaftlich ausbaufähigen und unter Abzug aller Stromverluste für die Wirtschaft verfügbaren hydroelektrischen Jahresarbeit von rund 7·5 Milliarden kWh.

Der gesamte Energiebedarf in Bayern rechts des Rheins und die mögliche eigene Energiegewinnung in den letzten Jahren ist für die Brennstoffe in die Vergleichsheit der Normalkohle umgerechnet in den beiden nachfolgenden Übersichten gegenübergestellt.

Der bayrische Energiebedarf in 1000 t Nk und 1 000 000 kWh (Abb. 1).

Jahr	Kohle[5])	Holz	Torf	Mineralöle	Summe Brennstoffe	Wasserkräfte[6])
	t	t	t	t	t	kWh
1913	6129	1500	78	190	7896	392
1920	4791	1494	179	127	6591	541
1921	5483	1492	173	148	7297	541
1922	5939	1502	189	141	7771	669

[1]) Vgl. van Heys, Einiges über Großkraftwerkwirtschaft in Deutschland. Glasers Annalen 1925, Heft 3, 4, 6 und 8.

[2]) Vgl. Die Wasserkraftwirtschaft in Bayern. Denkschrift der bayrischen Wasserkraftabteilung, München 1921.

[3]) Vgl. Heft 105 der Beiträge zur Statistik Bayerns, Dr. Reithinger, „Die volkswirtschaftliche Bedeutung der bayrischen Wasserkräfte, eine statistische Untersuchung über die energiewirtschaftlichen Grundlagen der bayrischen Volkswirtschaft", München 1925. Lindauersche Universitätsbuchhandlung.

[4]) Zu 7000 WE/kg (Wärme-Einheiten je kg).

[5]) Ohne Zechenselbstverbrauch der Bergwerke (etwa 100 000 t pro Jahr).

[6]) Tatsächliche Erzeugung bezogen mit 20 vH Stromverlust auf einen durchschnittlichen Verbrauchsort.

Digitized by Google

Die mögliche bayrische Energiegewinnung in 1000 t Nk und 100 000 kWh.

Jahr	Kohle[7])	Holz	Torf	Mineralöle	Summe Brennstoffe	Wasserkräfte[8])
	t	t	t	t	t	kWh
1913	764	1505	75	—	2344	7538
1920	688	1505	182	—	2375	7538
1921	720	1505	177	—	2403	7538
1922	777	1505	196	—	2479	7538

Der Gesamtenergiebedarf verteilt sich zu nahezu gleichen Teilen auf den Kraftbedarf und auf den Wärmebedarf, während etwa 0·5 Mill. t Normalkohle für sonstige Zwecke[9]) verbraucht wurden. Als Hauptenergieverbraucher kommen in Betracht die Industrie mit einem Energiebedarf von etwa 3·4 Mill. t in der Hauptsache an Kohle und der Hausbrand mit über 2·8 Mill. t zur größeren Hälfte an Brennholz, zur kleineren an Kohle. Die Eisenbahn mit einem Bedarf von über 1·25 Mill. t fast ausschließlich hochwertiger Steinkohle folgt erst an dritter Stelle.

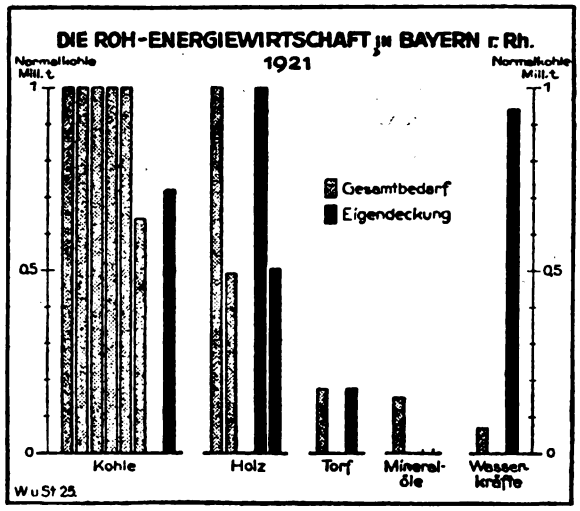


Abb. 1.

Dabei ist zu beachten, daß Nordbayern einen weitaus stärkeren Energiebedarf aufweist als Südbayern, was auf den fast doppelt so großen Energiebedarf der nordbayrischen Industrie gegenüber dem schwächeren südbayrischen Gewerbe zurückzuführen ist. Der Hausbrand verteilt sich ziemlich gleichmäßig auf beide Gebiete, während der Bedarf der Eisenbahn mit seiner größeren Hälfte nach dem gebirgigen Südbayern neigt. Der bisherige Verbrauch an Wasserkräften trat vor allem in den Elektrizitätswerken und Industrieanlagen Südbayerns auf, das mit einer wirtschaftlich verwertbaren hydroelektrischen Jahresarbeit von rund 6·4 Milliarden kWh nahezu 90 vH der bayrischen Wasserkräfte und fast die Hälfte der gesamten deutschen Wasserkräfte besitzt.

Die nachfolgende Übersicht stellt die Gliederung des Energiegesamtbedarfes in Bayern rechts des Rheins nach ihrem Verbrauchszweck und den Hauptverbrauchergruppen dar.

Angesichts dieser Verhältnisse ist schon frühzeitig die Forderung nach einer Umstellung der bayrischen Wirtschaft von der auswärtigen Kohlenbasis auf die einheimische Wasserkraftbasis laut geworden. Diese Umstellung, die zur Zeit in vollem Gange ist, wird das Wesen der bayrischen Energiewirtschaft grundlegend verändern.

[7]) Ohne Zechenselbstverbrauch der Bergwerke (etwa 100 000 t pro Jahr).

[8]) Bei 7000 stündiger Ausnutzung im Jahr und bezogen mit 20 vH Stromverlust auf einen durchschnittlichen Verbrauchsort.

[9]) Gaswerke, Karbid- und Kalkstickstoffwerke.

Die Gliederung des bayrischen Energiegesamtbedarfes im Jahre 1921 in 1000 t Nk und 1 000 000 kWh.

Verbrauchergruppe	Kohle	Holz	Torf	Mineralöle	Summe Brennstoffe	Wasserkräfte
	t	t	t	t	t	kWh
a) Kraftbedarf	3233	—	—	147	3380	541
Davon:						
Industrie	1962	—	—	147	2110	539
Eisenbahn	1271	—	—	—	1271	2
b) Wärmebedarf	1911	1492	173	—	3577	—
Davon:						
Industrie	663	—	87	—	779	—
Hausbrand	1249	1492	87	—	2828	—
c) Sonstiger Bedarf	498[10])	—	—	—	498	—

Gegenwärtig sind in Bayern rechts des Rheins ausgebaut oder sehen ihrer Fertigstellung entgegen Wasserkraftwerke mit einer Gesamtleistung von rund 338 000 kW, welche bei möglicher 7000 stündiger Ausnutzung im Jahr und unter Abrechnung aller Stromverluste eine für die Wirtschaft nutzbare elektrische Jahresarbeit von fast 2 Milliarden kWh ergeben. Damit stellt sich das südlichste, auf Wasserkraft basierende Zentrum deutscher Großkraftwerkswirtschaft mit seinen 1000 km langen 100 000 V Hochspannungsleitungen den beiden in der Hauptsache auf der Braunkohle liegenden elektrischen Großkraftzentren im Westen und im Norden des Reiches ebenbürtig an die Seite, die zusammen bei einer installierten Maschinenleistung von fast 0·75 Mill. kW auf nicht minder ausgedehnten Starkstromleitungen ihren Versorgungsgebieten eine elektrische Jahresarbeit von rund 2·5 Milliarden kWh zur Verfügung stellen[11]).

Von der für das bayrische Verbrauchergebiet aus den Wasserkräften verfügbar gemachten elektrischen

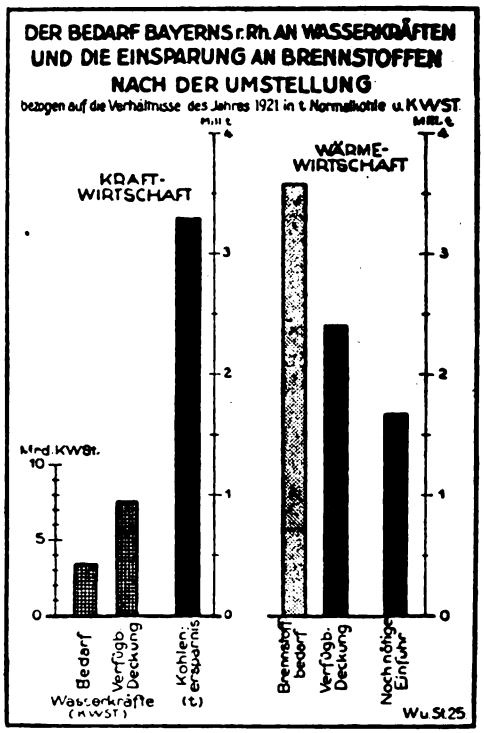


Abb. 2.

Jahresarbeit von rund 2 Milliarden kWh sind außer den noch vorhandenen Dampfreserven mehr als die Hälfte der Versorgung der Industrie und des Gewerbes und der fortschreitenden Elektrisierung der Eisenbahnen

[10]) Bedarf der Gaswerke und Karbidwerke.

[11]) Vgl. a. C. Reindl, Deutsche Energiewirtschaft. E. u. M. 1926, Heft 43.

Digitized by Google

vorbehalten, während rund 0·75 Milliarden der Erzeugung von Aluminium und Kalkstickstoff dienen. Der Rest kommt für die Versorgung der Landwirtschaft und des städtischen Lichtbedarfes oder als Ausfuhrstrom zur Verwertung (Abb. 2).

Nach vollzogener völliger Umstellung des wirtschaftlich umstellbaren Kraftbedarfes würde sich der gesamte Bedarf Bayerns rechts des Rheins an hydroelektrischer, aus den Wasserkräften bereit zu stellender Energie bezogen auf normale Verhältnisse auf jährlich etwa 3·5 Milliarden kWh oder rund 45 vH der verfügbaren Wasserkräfte belaufen. Als wirtschaftlich umstellbarer Kraftbedarf kommt dabei der Kraftbedarf der Bahnen und derjenigen Industrien in Frage, bei denen mangels genügender Abwärmeverwertung der Wasserkraftstrom mit der Kohle oder anderen Brennstoffen erfolgreich in Wettbewerb treten kann. Mit dieser elektrischen Arbeit dürfte Bayern in der Lage sein, einen Lichtbedarf von rund 300 Mill. kWh, den Kraftbedarf seiner Bahnen mit etwa 850 Mill. kWh, den größten Teil seines gewerblichen und industriellen Kraftbedarfes von rund 1·5 Milliarden kWh, seinen landwirtschaftlichen Kraftstrombedarf mit reichlich 100 Mill. kWh und in besonders gelagerten Fällen auch geringe Teile seines Wärmebedarfes zu decken. Die hierbei einsparbaren Brennstoffmengen würden sich auf etwa 3 Mill. t guter Steinkohle oder mehr als die Hälfte des derzeitigen Gesamtkohlenbedarfes belaufen.

Der Wärmebedarf der bayrischen Wirtschaft wird auch künftig in der Hauptsache mit Brennstoff befriedigt werden müssen. Da bei der weitaus günstigeren Ausnützung der Brennstoffe zur direkten Wärmeerzeugung die hydroelektrische Energie hier nur in seltenen Fällen wettbewerbsfähig sein dürfte. Die Deckung dieses Bedarfes vermag das Land jedoch bei fortschreitender Ausnutzung der wärmewirtschaftlichen Errungenschaften der letzten Jahre in der Hauptsache aus eigenen Kräften sicherzustellen. Der nach einer völligen Umstellung des wirtschaftlich umstellbaren Kraftbedarfs noch verbleibende Energiebedarf der rechts-rheinischen bayrischen Wirtschaft würde noch eine zusätzliche Einfuhr von etwa 1·5 bis 2 Mill. t guter Steinkohle erfordern. Jedoch steht hier dem Lande als Ausgleich dieser noch nötigen Einfuhr an Brennstoff die mögliche Ausfuhr seines überschüssigen Wasserkraftstromes in die benachbarten Gebiete zur Verfügung.

Rundschau.

Bau des Großkraftwerkes Rummelsburg. Die Berliner Städtischen Elektrizitäts-Werke A.-G. (Bewag) haben die gesamte Projektierung und Bauleitung des neuen Großkraftwerkes Rummelsburg der AEG übergeben, da die rasche Fertigstellung eines solchen Werkes eine Organisationsfrage ist, zu deren günstigen Lösung ein großangelegter Verwaltungsapparat erforderlich war, den die Bewag nicht besaß und auch in kurzer Zeit nicht schaffen konnte. Die knappe Zeitspanne von Anfang Juli 1925, wo mit der Projektierung begonnen wurde, bis Spätherbst 1926, zu welchem Zeitpunkte die Anlage in Betrieb kommen sollte, mußte auf das intensivste ausgenützt werden, um den gestellten Termin einhalten zu können. Mitte Juli 1925 waren die Ausschreibungsgrundlagen für die Bauarbeiten fertig und Anfangs September 1925 erfolgte die Vergebung der Fundament-, Tief- und Hochbauarbeiten sowie der Eisenkonstruktionen. Mitte August konnte mit der Kies- und Zementanfuhr auf dem Wasserwege begonnen werden, Mitte September standen bereits zwei Gleisstränge zur Verfügung und Mitte Oktober war der Grundwasserspiegel an allen Baustellen abgesenkt. Dazu dient eine eigene Wasserhaltungsanlage, bestehend aus fünf Pumpstationen mit zusammen 200 Brunnen von 10 m Tiefe. Ebenso war bereits ein eigenes Umspannwerk für 1280 kVA in Betrieb, das sämtliche Baustellen mit Strom versorgen konnte. Mitte September 1925 begann die Ausschachtung der 6 bis 7 m tiefen Baugruben mittels eines 2 m³ Löffelbaggers, zwei 1 m³ Dampfbaggern und einem 2 m³ Dampfgreifer. Das Aushubmaterial wurde auf der Spree verführt und zur Ausgleichung von Untiefen im Spreebett verwendet. Es wurden täglich im Durchschnitt 2000 m³ Boden ausgehoben. Die Baugruben wurden nicht abgesteift, sondern abgerammt, wobei 400 Träger NP 24 bis NP 30 Verwendung fanden, die mittels Dampframmen eingeschlagen wurden. In der ersten Oktoberhälfte begann das Rammen der Betonpfähle unter den Turbinengrundplatten, und zwar wurde dasjenige System verwendet, bei welchem eine Eisenblechhülse mit besonders ausgebildeter Spitze in den Boden getrieben und dann mit Eisenbeton ausgefüllt wird. Auf je 2 m² Grundplattenfläche kam ein solcher Betonpfahl, dessen Tragfähigkeit mit 50 t angenommen war. Im ganzen wurden 840 über 10 m lange Pfähle in der Zeit von fünf Wochen eingeschlagen. Die Betoneisen der Pfähle reichen in die Grundplatte und deren Armierung wieder reicht in die eigentlichen Turbinenfundamente, so daß der Pfahlrost, die Grundplatte und die eigentlichen Fundamente einen einzigen Körper bilden. Die Betonierungsarbeiten (insgesamt 21 000 m³ Beton) wurden mit Hilfe einer eigenen Anlage durchgeführt, die aus zwei 55 m hohen Hauptaufzugstürmen mit Material- und Betonbunkern und zwei Gießtürmen bestand. Die Materialien wurden mittels Schrägaufzug zu den beiden Mischmaschinen (jede 750 l Trommelinhalt) gebracht, das Gemisch in den Haupttürmen hochgezogen und von da in Rinnen zu den Gußtürmen befördert, von wo es mit Hilfe von schwenkbaren Rinnen auf die einzelnen Baustellen verteilt wurde. Infolge frühzeitig auftretenden Frostes versagte jedoch diese Einrichtung, da das zum Transport notwendige Überschußwasser einfror. Man mußte sich dann durch Aufstellung mehrerer Mischmaschinen an den einzelnen Baustellen behelfen. Ein weiterer Nachteil des Gießens war, daß in dem langen Rinnensystem leicht ein Entmischen des Betons eintrat.

Die Gebäude haben Eisengerippe, was eine schnelle Montage und auch nachträgliche Änderungen ermöglicht. Die Kesselanlage des Großkraftwerkes besteht aus 16 Kesseln, die in zwei Kesselhäusern untergebracht sind. Die Kessel haben etwa 1750 m² Heizfläche und erzeugen Dampf von 37 atü und 415°; sie sind mit Kohlenstaubfeuerungen, Ekonomisern und Luftvorwärmern ausgerüstet. Die Rauchgase von je zwei nebeneinanderliegenden Kesseln werden einer gemeinsamen Saugzuganlage zugeführt, die mit dem Blechschornstein zusammengebaut ist und zwischen den beiden Kesseln liegt. Es sind sowohl Steilrohr- als auch Sektionalkessel vorhanden, deren Aufbau grundlegend von dem üblichen abweicht. Die Kesseltrommeln, das Rohrsystem und die Überhitzer sind an der Dachkonstruktion aufgehängt, während das Kesselgerüst und die Einmauerung auf einem mit der Eisenkonstruktion des Gebäudes verbundenen Tragrost steht. Alle Kessel haben den gleichen Aufbau und die gleichen Hauptabmessungen. Die Trommeln wurden teils an angeschmiedeten oder angenieteten Pratzen, teils an Bügeln aus Vierkanteisen oder an breiten Bändern aufgehängt. Die Siederohre wurden ganz besonders sorgfältig sowohl bei der Abnahme in den Walzwerken als auch an der Baustelle geprüft. Stn.

(AEG-Mitteilungen, Nr. 1 bis 5, 1926.)

Über den Ausbau der Saale-Wasserkräfte lesen wir in der „Frankf. Zeitg." von Ende November v. J. das Folgende. Die Wasserkräfte der oberen Saale von Hirschberg bis Eichicht sollten ursprünglich in drei Staustufen ausgebaut werden. Es wurden Talsperren in Aussicht genommen am Katzenhammer bei Blankenstein, am „Kleinen Bleiloch", einer Talenge etwa 6 Flußkilometer unterhalb Saalburg, und

Digitized by Google

bei dem Dörfchen Hohenwarte oberhalb von Eichicht. Das Land Thüringen hat im Jahre 1921 die Vorarbeiten auf seinem Gebiete übernommen. Das Projekt der Katzenhammersperre ist fallen gelassen worden. Die Hohenwarte-Sperre Preußens befindet sich zurzeit im Stadium des Konzessionsverfahrens. Die Errichtung einer Talsperre am „Kleinen Bleiloch" ist im Herbst 1925 von der von Thüringen gegründeten Aktien-Gesellschaft „Obere Saale" in Angriff genommen worden. Beide Sperren sollen neben der Krafterzeugung in Trockenzeiten Zuschußwasser für die Elbe zur Aufhöhung des Wasserstandes mit Rücksicht auf den Mittellandkanal geben und in Hochwasserzeiten die größten Hochwasserspitzen auffangen. Die aus der Bleilochsperre nutzbar zu gewinnende jährliche Energiemenge wird auf rund 50 Mill. kWh hochwertigen Tagesspitzenstromes berechnet, die ausschließlich der Thüringer Elektrizitätsversorgungs A.-G. „Thüringen-Werk" überlassen werden soll[1]), das in den nächsten Jahren eine Spitzenleistung bis etwa 30 000 kW erreichen wird, bei einem Gesamtstrombedarf von rund 140 000 kW, der durch vorhandene oder zu erweiternde Elektrizitätswerke und durch Wasserkraftwerke gedeckt werden soll. Die Bleiloch-Sperre soll dabei die Tagesspitzenkraft allein übernehmen, das heißt zirka acht Stunden am Tage als Spitzenkraftwerk arbeiten, während die Grundbelastung von den vorhandenen Dampfkräften und Laufwerken getragen werden soll.

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Errichtung einer nordböhmischen Sammelschiene bespricht Ing. G. W. Meyer im „Anzeiger für Industrie und Technik". Von dem Umstande ausgehend, daß das neue Wasserkraftwerk der Stadt Kaaden[2]) bei einer Jahresleistungsfähigkeit von 45 Mill. kWh nur etwa 1/5 davon nutzbringend verwerten kann, während andere nordböhmische Städte mit veralteten Werken arbeiten müssen und nicht über den für die Industrie nötigen Strom verfügen, schlägt er die Schaffung einer 110 kV-Leitung vor, an welche unter anderen die Wärmekraftwerke Neusattl (11 000 kW), Eger, Karlsbad, Teplitz, Brüx, Komotau (Poldihütte), Seestadtl (derzeit 30 000 kW, Vollausbau 45 000 kW), Türmitz (30 000 kW), Gablonz, Engelberg bei Reichenberg (20 000 kW) und Parschnitz (24 000 kW) und von Wasserkraftwerken außer Kaaden noch Schreckenstein (im Bau, 18 000 kW), Tannwald-Schumburg u. a. anzuschließen wären. Nach Süden zu käme ein Anschluß an das E.-W. Pardubitz und über die Werke Oslawan, Prerau und Märisch-Ostrau mit den geplanten großen Wasserkraftwerken bei Znaim und Frain in Frage. Eine derartige Verbundwirtschaft würde die Stromversorgung eines großen Teiles der Tschechoslowakei sehr verbessern. J.

Gesichtspunkte für Betrieb und Planung beim Zusammenschluß von Elektrizitätswerken mit Großversorgungsnetzen geben E. M. K. Sommer und Erich Frensdorf, Dresden, an. Die Verteilung der Wirkleistung ist einfach durch Regelung an den Turbinen zu erreichen. Die Abgabe der Blindleistung hängt mit der Spannungsfrage innig zusammen. Bei einem cos φ unter 0·5 nähert sich die Betriebsweise schon der eines dampfangetriebenen Phasenschiebers: in diesem Falle ist genau zu prüfen, ob ein rein elektrischer Phasenschieber nicht billiger arbeitet. Bei $\cos\varphi = 0$ hat ein dampfangetriebener Phasenschieber Verluste von ungefähr 14 vH in kW der abgegebenen Blindleistung, eignet sich also als reiner Phasenschieber in keiner Weise; außerdem ist beim Generator die abgegebene Blindleistung durch die Erregerleistung begrenzt. Die Verbesserung des cos φ muß am vorteilhaftesten in der Nähe der Stelle erfolgen, wo die Blindlast zufällt. Was die Spannungsregelung betrifft, muß das Niveau der Spannung des stromliefernden Werkes am Übergabepunkt festgelegt werden, das Änderungen während der Tages- und Nachtstunden und auch für die einzelnen Wochentage aufweist. Verlangt ein Abnehmer ganz besondere Spannungsverhältnisse, so muß ihm unter Umständen eine eigene Sammelschiene zugestanden werden. Zur Veränderung des Übersetzungsverhältnisses bedient man sich mehrerer Anzapfungen, die grundsätzlich über Deckel schaltbar ausgeführt werden sollten. Wo bei der Gesamtheit der angeschlossenen Verbraucher die Verhältnisse gleichartig liegen, wird man Regelglieder in den Verteilungsstationen aufstellen. Verlangen einzelne Abnehmer besondere Spannungsverhältnisse, so müssen entsprechende Maßnahmen beim Verbraucher selbst getroffen werden. Die Vereinigung von in Betrieb schaltbaren Regelgliedern mit Phasenschiebern gestattet, mit optimalem cos φ und mit befriedigenden Spannungen bei allen praktisch vorkommenden Belastungsfällen zu liefern. Ist das anzuschließende Werk auf reinen Strombezug eingestellt, so genügt es, bei gemeinsamer Erörterung des Überstromschutzes nur die Einstellung der Freileitungsrelais in der Stromübernahmsstelle des einzubeziehenden Werkes zu vereinbaren und im übrigen festzulegen, daß im Netz des Abnehmers Auslösestrom und -Zeiten nicht niedriger eingestellt werden. Bei parallel arbeitenden Werken müssen darüber hinaus noch alle zwischen Bezug und Erzeugung liegenden Relais gemeinsam behandelt werden. Die jeweiligen Relaiseinstellungen werden am besten in Relaisplänen zusammengefaßt. Bei strahlenförmig ausgebauten Netzen und bei Werken, die mit Einfachleitung angeschlossen werden, kommt man meist mit gestaffelten Maximalzeitrelais aus, bei engvermaschten Netzen muß man eines der auf den Markt gebrachten neuen Selektivschutzsysteme verwenden. Bei Doppelleitungen ist der Einbau eines Differentialschutzes notwendig. Es empfiehlt sich zur Abschaltung bei Kurzschlüssen zwei voneinander unabhängige Stromauslösungen zu verwenden; bei schweren Kurzschlüssen schaltet das eine, auf sehr hohe Stromstärken und kürzere Zeit eingestellte Relais, während das andere bei geringerem Überstrom erst nach sehr langer Zeit (man kann hier bis 30 sec gehen) auslösen soll. Fällt nun ein wichtiges Speisewerk heraus, so würden auch die Nebenwerke lösen, weil die übrigbleibende Belastung für diese zu groß wäre. Es sind daher Schaltungen gefunden worden, die in solchem Falle einzelne, weniger wichtige Streckenschalter auslösen, so daß nur noch so viele von den wichtigsten Anschlüssen verbleiben, wie von den laufenden Generatoren beliefert werden können. Bei der Erdschlußlöschung kann man die verschiedenen Systeme im selben Netz ohne weiteres parallel arbeiten lassen; beim Überspannungsschutz ist ein gemeinsames Vorgehen schon deshalb wünschenswert, weil man durch den Anschluß dem Einflusse von Gegenden ausgesetzt wird, die oft andere klimatische Verhältnisse (Gewitterreichtum) haben als das bisherige.

Für die Nachrichtenübermittlung sind Fernsprechfreileitungen zu verwenden, die allerdings gerade bei Unwetterstörungen im Hochspannungsnetz versagen; bessere Erfahrungen wurden mit leitungsgerichteter Hochfrequenztelephonie gemacht. Für sehr wichtige Verbindungen bevorzugt man Kabelleitungen.

Für die Errechnung der Kurzschlußleistung eines Kraftwerkes ist der Verbrauch des betreffenden zu versorgenden Landes innerhalb absehbarer Zeit (20 Jahre) zu schätzen. Nimmt man zum Beispiel einen Verbrauch von 650 kWh je Einwohner und Jahr an, bei 330 Einwohnern je km² (Sachsen), so ergibt sich ein Verbrauch von rund 215 000 kWh/km² und Jahr. Nimmt man nun an, daß ein Umspannwerk oder ein Bezirkskraftwerk ein Teilgebiet von rund 2500 km² speist, so ergeben sich bei Verwendung nur eines Umspanners im Unterwerk eine größte Kurzschlußleistung von 150 000 kVA, während bei zwei Umspannern die doppelte Abschaltleistung nicht überschritten wird. Die Versorgung aus kleineren Bezirkskraftwerken ist in Bezug auf die Abschaltleistung ungünstiger als die Versorgung aus Höchstspannungsnetzen. Es läßt sich also im allgemeinen sagen, daß man womöglich Schalter mit einer Abschaltleistung von 300 000 kVA verwenden soll, nur in Ausnahmsfällen solche mit halber Abschaltleistung.

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 585.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 444.

Digitized by Google

aber auch in diesem Falle sollte man die geringen Mehrkosten nicht scheuen und wenigstens die Zellen baulich bereits für die größere Type erstellen. Beim Schaltbild ist auf eine Längstrennung der Sammelschienen besonderes Gewicht zu legen, weil dadurch die Kurzschlußleistung ganz erheblich reduziert werden kann, Arbeiten an den Sammelschienen leichter durchgeführt werden und auch in Störungsfällen diese auf einzelne Netzteile leichter beschränkt werden können. Bei den Meßeinrichtungen soll man nicht zu sparsam sein, besonders bei mitarbeitenden Werken. Für die ganze Anlage sollen die Meßbereiche einheitlich sein. Für die Signalanlage muß als Mindestmaß die Signalisierung gelten von: 1. Schalterfall, 2. Erdschluß in den Speise- und Verteilleitungen und 3. Durchbrennen der Sicherungen in den Auslöseleitungen der Schalter. Ci.

(Elektrizitätswirtschaft, Jahrg. 25, Heft 415 und 416.)

Die Elektrizitätsversorgung Badens. Von Reg. Baum. a. D. K. Köbler, Wertheim i. B. Die Stromversorgung Badens[1]) zeigt im wesentlichen folgendes Bild: Nord- und Mittelbaden bis etwa Baden-Baden ist Interessengebiet des Badenwerkes mit einem in sich geschlossenen Ableger am Bodensee; Südbaden bis gegen Lahr ist das Interessengebiet der Oberrheinwerke Rheinfelden und Laufenburg, ein größeres, einwandfrei versorgtes selbständiges Gebiet ist die Gegend um Mannheim mit dem Dampfgroßkraftwerk gleichen Namens, außerdem bestehen noch kleinere, teils Wasserkraft-, teils Dampfwerke. Die Versorgung Nord- und Mittelbadens erfolgt zum Teil durch Kohle, ferner durch das Neckar- und Murgwerk, die Südbadens überwiegend durch Wasserkraft. Baden gehört zu den an Wasserkraft reichsten Ländern Deutschlands, dennoch ist hier der Konkurrenzkampf zwischen weißer und schwarzer Kohle besonders scharf. Der Norden steht unter dem Einfluß der billigen am Rhein verfrachteten Kohle, während der Süden, 300 km vom Stützpunkt der schwarzen Kohle entfernt, reichlich Wasserkräfte am Rhein und im Schwarzwald hat. Die Rheinstrecke Konstanz—Basel weist auf 166 km Länge ein Gefälle von 111 m auf. Die mittlere Wasserführung beträgt an der Ausmündung des Bodensees 350 m³/sec, unterhalb der Aaremündung 980 m³/sec. Die Kraftnutzung und Schiffbarmachung soll in 15 Kraftstufen erfolgen; die kleinste Stufe (Rheinklingen) weist 5 m, die größte (Rheinfall Schaffhausen) weist 32·5 m Gefälle auf. Von diesen Stufen ist der Rheinfall Schaffhausen und das Werk Rheinfelden teilweise, die Werke bei Eglisau, Laufenburg und Augst-Wyhlen vollständig ausgebaut. Die gesamte ausbauwürdige Leistung beträgt rund 750 000 PS bei 3·82 Milliarden kWh Jahreserzeugung, in die sich Schweiz und Baden ungefähr gleich teilen. Im günstigen Gegensatz zu dem Alpenflußcharakter aufweisenden Rhein mit seinem Niederwasser im Winter, zeigen die Schwarzwaldflüsse und der Neckar den Hauptabfluß im Winterhalbjahr; außerdem ist bei den hohen Gefällen im Schwarzwald an manchen Stellen die Möglichkeit gegeben, künstliche, durch Pumpen gespeiste Speicher anzulegen und so die Sommerüberschußenergie für den Winter zu retten. Das Murg-[2]) und Schwarzenbachwerk[3]) ist eine derartige Anlage, das insgesamt 123·5 Mill. kWh im Jahr liefert. Unter den vom Badenwerk geplanten Anlagen nimmt das Schluchsenseewerk eine besondere Stellung ein, sowohl seiner Größe und seiner einschneidenden Bedeutung für die gesamte Wasserwirtschaft weiterer Flußgebiete des Südschwarzwaldes, als auch wegen seiner energiewirtschaftlichen Bedeutung über die Grenzen des Landes hinaus. Der Schluchsensee kann durch eine Sperrmauer mit einer Kubatur von nur 64 000 m³ zu einem mächtigen rund 180 Mill. m³ fassenden Staubecken umgewandelt werden, das 116 vH des Jahresabflusses zu fassen vermag. Das Werk ist ein Sammelbegriff für drei zwischen der oberen Alb und der Wutach gelegenen Kraftzentren, daher nicht nur wegen des äußerst günstigen Staubeckens sehr ausbauwürdig. Es wird im Vollausbau eine mittlere Jahreserzeugung von rund 500 Mill. kWh haben. Von ausschlaggebender Bedeutung für die Gesamtversorgung war es, als sich das Badenwerk entschloß, die schon längst geplante 110 kV-Nord-Süd-Leitung zur Verbindung von Mannheim mit dem Schluchsenseewerk und dem Oberrhein zu bauen. Eine durchgehende Ost-West-Leitung besteht zur Zeit noch nicht, dagegen ein Anschluß mit 110 kV an die Pfalzwerke; die Verbindung mit Württemberg ist an drei Stellen mit 110 kV-Leitungen geplant und damit auch der Anschluß an Bayern und Vorarlberg vorgesehen. Das Land Baden hat mit einem Überlandverbrauch von rund 500 Mill. kWh eine Kopfverbrauchszahl von rund 220 kWh (ohne chemische Industrie), wovon die Hälfte noch mit Dampf gedeckt wird. An Wasserkraft ist dagegen eine Kopfquote von 1635 kWh vorhanden, so daß Elektrizität ausgeführt werden könnte. Ein Hauptverbraucher Badens wird die Reichsbahn werden, da allein die Strecke Basel—Mannheim—Heidelberg rund 125 Mill. kWh benötigt. Ci.

(ETZ, Bd. 47, Hefte 43 und 44, 1926.)

Die Kraftversorgung Schlesiens. Von Oberbaurat K. Baritsch, Hamburg. Die Kraftversorgung Schlesiens besteht in moderner Ausnützung aus: 1. der Braunkohle im Ober- und Niederlausitzer Gebiet, 2. den Wasserkräften der Oder und ihrer Gebirgszuflüsse, 3. der Steinkohle aus dem mittel- und niederschlesischen Gebiet, sowie aus dem oberschlesischen Gebiet, welch letztgenanntes nur zu einem Fünftel noch deutsch ist, endlich 4. der Gaserzeugung aus dem mittelschlesischen (Waldenburger) Revier. Im Braunkohlengebiet der Lausitzer Heide sind die modernen Elektrizitätswerke und Überlandzentralen der Elektrowerke A.-G.[1]) entstanden, die Großkraftwerke Golpa, Lauta, Zschornewitz und Trattendorf mit einer jährlichen Stromlieferung von 1·5 Milliarden kWh. Ein ausgedehnter Interessen- und Zweckverband von Elektrizitätsunternehmungen des schlesischen Wirtschaftsgebietes sind die „Kommunalen Elektrizitätswerke Schlesiens m. b. H.", Breslau, 1921 gegründet. Das Gebiet der zehn Gesellschafter erstreckt sich von der Grenze Ost-Oberschlesiens bis nach der Niederlausitz und setzte 1922/23 insgesamt 500 Mill. kWh ab. Vom Osten beginnend sind zunächst die Oberschlesischen Elektrizitätswerke mit der deutschen Zentrale Zaborze (Hindenburg), die 104 Mill. kWh abgaben. Die Zusammenarbeit mit dem größeren, heute auf polnischem Gebiet liegenden Werk Chorzow ist durch die Losreißung Oberschlesiens gestört, doch soll es nach Zeitungsmeldungen wieder in deutsche Verwaltung zurückgegeben werden. Das Elektrizitätswerk Schlesien A.-G. schließt auch die Stadtgemeinde Breslau ein und hat 1923 106 Mill. kWh verkauft. Nach einer Meldung der „Frankfurter Zeitung" soll eine Verbindungsleitung zum Werk Trattendorf beschlossen sein. Der im Süden und Westen anschließende Provinzialverband Schlesien hat sich in seinen Elektrizitätswerken zur Hauptsache die Ausnutzung der Wasserkräfte der linksufrigen Nebenflüsse der Oder gemacht. Es wurden 13 größere Talsperren errichtet, die zusammen 111 Mill. m³ Stauraum ergeben. Die Gesamterzeugung dieses Gebietes betrug 1924 55 Mill. kWh. Bekannt ist, daß auch die Reichs- und Privatbahnen weite Strecken dem elektrischen Betrieb übergeben haben. Das ungefähre Verhältnis der Kraftquellen für die Elektrizitätsversorgung ist: Kohle 60 vH, Braunkohle 25 vH, Wasserkraft 15 vH. Ci.

(Elektrojournal, 6. Jahrg., Heft 24, 1926.)

Die Zukunft der Elektrizitätsversorgung in Großbritannien. F. C. Snell. In Großbritannien werden, abgesehen von den privaten Kraftwerken, ungefähr 7 Milliarden kWh jährlich erzeugt (Strom für Bahnen und Straßenbahnen inbegriffen). Man rechnet mit einer Steigerung in den nächsten 15 Jahren bis auf 21 Milliarden kWh und auch mehr, wenn eine ausgedehntere Bahn-

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1921, TWN. S. 156.
[2]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 123.
[3]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 642.

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 33, 330, 505; 1921, TWN., S. 115; 1924, TWN, S. 300.

Digitized by Google

elektrisierung Platz greifen sollte. Der Verbrauch pro Kopf wird für das Jahr 1950 mit 940 kWh (in den V. St. A. mit 1651 kWh) geschätzt. Der überwiegende Teil dieser künftigen Energiemenge wird in kalorischen Anlagen erzeugt werden müssen. Von den in Großbritannien vorhandenen Wasserkräften dürften sich mindestens 400 000 kW nutzbringend verwerten lassen. Was die Ausnützung von Ebbe und Flut anbelangt, so könnten 260 000 kW in der Severnbucht ausgebaut werden. Bei einem modernen Kraftwerk mit einem Belastungsfaktor von 40 bis 50 vH können die Stromerzeugungskosten wie folgt aufgeteilt werden: Kapitalsdienst 40 vH, Kohle 46 vH, übrige Ausgaben 14 vH. Kapitalsdienst und Kohlenkosten sind daher die wichtigsten Posten. Große Kraftwerke mit großen Maschinensätzen und das Zusammenarbeiten von Werken (auf eine gemeinsame Sammelschiene) werden die Kapitalskosten pro installiertes kW herabdrücken. Die Anwendung hoher Dampfspannungen, Erhitzung des Dampfes in den unteren Turbinenstufen usw. erzielen einen besseren Wärmewirkungsgrad und damit kleinere Kohlenkosten, so daß in wenigen Jahren mit einem Erzeugungspreis von 0·3 d oder weniger pro kWh bei modernen Zentralen zu rechnen sein wird. Hiezu kommen ungefähr 10 vH für die Verteilung der Energie, wobei mit einem Belastungsfaktor von etwa 33 vH zu rechnen ist. In England dürften sich kaum so billige Hochspannungsleitungen durchführen lassen wie etwa in Amerika. Bei Drehstromkabeln ist die höchste in Verwendung stehende verkettete Spannung 66 000 V. Bei Verwendung von einphasigen Kabeln wird sich diese Spannung auf 132 000 V (zwischen den Phasen) erhöhen lassen. Was die Verwendung elektrischer Energie in der Landwirtschaft anbelangt, so wird dieselbe bei Arbeiten auf dem Felde in England kaum fühlbar in Betracht kommen. Ad.

(Electrical Review, Bd. 99, Nr. 2542, 1926.)

Den wirtschaftlichen Wert reiner Blindleistungsmaschinen und kompensierter Motoren untersucht R. Rolland. Die Größe einer Blindleistungsmaschine, die den Leistungsfaktor einer Anlage von cos φ auf cos φ_s verbessert, beträgt in Hundertteilen der Wirkleistung

$$(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi_s) \,.\, 100.$$

Die Jahresausgaben für diese Blindleistungsmaschine bezogen auf 1 kW Belastung betragen

$$P_1' = (\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi_s)\left(\frac{K\,n}{100} + \frac{100-e}{100} \,.\, b\,\frac{z}{100}\right).$$

darin ist:

K = Preis der Blindleistungsmaschine je kVA,
n = Prozentsatz für Verzinsung und Abschreibung,
b = Benutzungsdauer der Blindleistungsmaschine,
z = Strompreis je kWh gültig bei cos φ_s.
$e = \dfrac{\text{kVA}}{\text{kVA} + \text{Verluste}} \,.\, 100$ für die Blindleistungsmaschine.

Drückt man diese Ausgaben in Hundertteilen des Strompreises z aus, so wird

$$P_1 = (\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi_s)\left(\frac{K\,n}{b\,z} + \frac{100-e}{100}\right) \text{vH}.$$

Für das Kraftwerk bedeutet das Vorhandensein der Blindleistungsmaschine freiwerdende Generatorleistung bis zum Erreichen des Nennleistungsfaktors; bei diesem gilt der Strompreis z, bei jedem kleineren cos φ ergibt sich der anteilige Einfluß auf den Strompreis zu

$$P_2 = \left(\frac{\cos\varphi_s}{\cos\varphi} - 1\right)\left(\frac{A}{100} + 0{\cdot}8\,\frac{BV}{100}\right) \,.\, 100 \text{ vH};$$

darin ist

A Anteil des Kapitaldienstes am Strompreis z in vH,
B „ der Brennstoffkosten „ „ „ „ „,
V Leerlaufverlustfaktor

$$V = \frac{L_1}{100} + \frac{Cu + L_2}{0{\cdot}8\,.\,100},$$

L_1 Leerlaufverluste der Turbinen bei ¾-Last in vH,
L_2 „ „ Transformatoren „ „
Cu Kupferverluste in vH.

Der wirtschaftliche Wert der Blindleistungsmaschine ist dann: $P_2 - P_1$.

Er wird für $z = 3$ Pf., $b = 3000$, $e = 96$ und cos $\varphi_s = 1$ und cos $\varphi_s = 0{\cdot}8$ mit folgenden Werten errechnet:

cos φ =	1	0·8	0·6	0·4	
cos $\varphi_s = 1$	—	9	28	70	vH von z
cos $\varphi_s = 0{\cdot}8$	—	0	15	49	vH von z

Aus den mit diesen Werten gezeichneten Kurven wird deutlich, daß bei einem cos φ von 0·85 und darüber Blindleistungsmaschinen keinen wirtschaftlichen Vorteil mehr bieten, liegt der Leistungsfaktor aber erheblich darunter, so tritt dies in großem Maße ein, ihr Wert wird oft noch dadurch erhöht, daß sie für die Spannungsregelung Verwendung finden können.

Der geschäftliche Wert der Blindleistungsmaschinen ergibt sich als Differenz zwischen P_1 und den durch die cos φ-Verbesserung erzielbaren Ersparnissen am Strompreis, die von der Tarifgestaltung des Stromlieferers abhängen. Die RWE heben bei schlechterem cos φ als 0·8 für jede darüber hinausgehende Blind-kVA-Stunde einen Aufschlag von 12 vH des Strompreises ein. Diese Klausel entspricht genau der Formel für P_1, wenn darin $K = 30$ Mk/kVA, $n = 15{\cdot}5$ vH, $e = 93$ und $b = 3000$ gesetzt wird. Eine solche Blindleistungsmaschine bringt also keinen geschäftlichen Vorteil, erst die Verwendung besserer Maschinen mit $e = 96$ bis 96·5 läßt bedeutendere Ersparnisse erzielen. Wasserkraftwerke in Bayern verrechnen für das viertelstündige kVA-Maximum eine Jahresgebühr von 48 Mk., außerdem für jede kWh 4·5 Pf. und für jede kVAh 1 Pf. Bei diesem Tarif ist der geschäftliche Wert der Blindleistungsmaschinen sehr beträchtlich (bei cos $\varphi = 0{\cdot}6$ schon 30 vH des Strompreises), so daß ein starker Druck auf die Abnehmer ausgeübt wird, einen cos $\varphi = 1$ anzustreben.

Werden statt Blindleistungsmaschinen kompensierte Motoren verwendet, so beträgt die jährliche Mehrausgabe für diese Motoren

$$P_3 = K' \,.\, a \,.\, n,$$

worin

K' den Preis des normalen Motors je kW,
a (= zirka 0·3) die Mehrkosten des kompensierten Motors in Bezug auf den normalen,
n die Verzinsung in vH bedeuten.

$$x = \frac{P_1}{P_3}$$

gibt dann die Grenze für die Gesamtleistung der kompensierten Motoren, ausgedrückt in Vielfachen der Werksbelastung, unterhalb welcher Grenze die kompensierten Motoren, oberhalb welcher die Blindleistungsmaschinen wirtschaftlicher sind. Mit $K = 30$, $K' = 65$ Mk., $b = 2000$, $z = 6{\cdot}1$ Pf., $a = 0{\cdot}3$, $n = 15{\cdot}5$ vH errechnen sich folgende Werte für x

für cos φ =	0·8	0·6	0·4	
bei $e = 93$	3·3	5·8	9·9	bei cos $\varphi_s = 1$
bei $e = 96$	2·3	4·2	7·1	

Aus den Betrachtungen lassen sich je nach den vorhandenen Verhältnissen die Anwendungsgebiete von Blindleistungmaschinen und kompensierten Motoren schon annähernd abgrenzen. Zu berücksichtigen sind freilich meistens noch die Mittelspannungsanlagen und Ortsnetze, die unter Umständen sehr wesentlichen Einfluß auf die errechneten Zahlen haben können. A. Fr.

(ETZ, Bd. 48, Heft 42, 1926.)

Kostenaufteilung bei der Elektrizitätsversorgung. Col. C. F. Lacombe, einer der führenden Männer in der Elektrizitätswirtschaft der Vereinigten Staaten, hat die Wahrnehmung gemacht, daß der Absatz an elektrischer Energie dort nicht gleichen Schritt hält mit dem in Kraftanlagen und Leitungsnetzen investierten Kapital und der verfügbaren Generatorleistung und befürchtet deswegen nachteilige Wirkungen für die ganze Elek-

Digitized by Google

trizitätsindustrie. Der durchschnittliche Lichtverbrauch aller industriellen Abnehmer ist bis zum Jahre 1923 gestiegen, gegenwärtig aber um 10 vH niedriger als damals. Die Möglichkeit einer Besserung wird in gestaffelten Tarifen gesehen, die einen Mehrverbrauch begünstigen und so gestaltet sind, daß ein wirksamer Belastungsausgleich durch sie herbeigeführt wird; besonders soll dabei der häusliche Verbrauch für Koch- und Heizzwecke begünstigt werden. Der erfolgreiche Absatz der hiefür nötigen Einrichtungen hat sich nämlich auch in Amerika als vom Vorhandensein eines sehr niedrigen Strompreises abhängig gezeigt. Bis zu einem gewissen Verbrauch im Monat soll ein bestimmter Preis für die kWh gelten, darüber hinaus ein wesentlich geringerer; seine Höhe soll von der Zeit, in die der Mehrkonsum hauptsächlich fällt, abhängig sein. Um die Preisfestsetzung durchführen zu können ist die genaueste Kenntnis der Kosten, die auf den Verbrauch fällt, notwendig, wenn auch nicht allein ausschlaggebend, da auch andere, der rechnerischen Ermittlung unzugängliche Einflüsse und Gesichtspunkte mitsprechen. Ein Beispiel zeigt, daß bei verschiedenen Stromlieferungsunternehmungen die Investitionskosten, die auf verschiedene Konsumgruppen wie Wohnungsbeleuchtung, Geschäftsbeleuchtung samt Kleinabnehmern für Kraft und auf Großabnehmer entfallen, sich ganz anders aufteilen, als die Brutto- und noch mehr als die Reinerträgnisse aus diesen Absatzgebieten. Wird die genaue Aufteilung sowohl der Anlage- als der Unterhaltungs- und Betriebskosten gesondert nach den einzelnen Absatzgebieten streng mehrere Jahre hindurch durchgeführt, so kann danach die Entwicklung eines jeden einzelnen verfolgt und ein Schluß auf die künftige Gestaltung gezogen, diese also auch durch Tarifmaßnahmen beeinflußt werden. Als besondere Vorteile dieser Aufteilung sind anzusehen: die Aufteilung der gegenwärtigen Anlagekosten auf die einzelnen Verbrauchszweige, Kenntnis der Kosten des Kapitalsdienstes für jede derselben, Sichtbarwerden der zweckmäßigsten, das heißt ertragfähigsten Gebiete für neue Investitionen sowie derjenigen, wo der Absatz mit besonderen Mitteln zu steigern gesucht werden soll, Ermöglichung einer Tarifbildung in dem Sinne, daß ein möglichst gleichbleibendes Erträgnis (als Anteil der Anlagekosten) im Gegensatz zu dem vorherrschenden Rückgang desselben, erzielt wird. Es gestattet dieses Verfahren der Kostenaufteilung zu erkennen, wie sich im Laufe der Jahre die Verteilung des Reinerträgnisses und des Absatzes auf den einzelnen Absatzgebieten gestaltet und Schlüsse zu ziehen, wie es sich in Zukunft gestalten wird; bei Unternehmungen, welche auch die Gasversorgung zur Aufgabe haben, kann die Verteilung gewisser Zweige des häuslichen Verbrauches auf Gas- und Elektrizitätsverwendung beurteilt und beeinflußt werden. Für Holdinggesellschaften sind diese Ergebnisse wichtig zwecks Vergleichsmöglichkeit des Geschäftserfolges verschiedener ihnen zugehöriger unter ungleichen Absatz- und Erzeugungsbedingungen arbeitenden Stromlieferungsgesellschaften und nicht zuletzt läßt sich auf Grund derartiger Aufstellungen leicht die Berechtigung eines Tarifes in Fällen, wo er als zu hoch von Verbraucherkreisen angefochten wird und es zu einer schiedsgerichtlichen Austragung kommen sollte, nachweisen. Dadurch werden überhaupt sichere Grundlagen für nach Verbrauchszwecken und Verbrauchshöhe gestaffelte Tarife erst gegeben, was übrigens nur der Festsetzung angemessener Verkaufspreise in industriellen und Handelsunternehmungen entspricht. An den Erfolgen zweier Stromlieferungsunternehmungen mit 60 bezw. 55 Mill. Doll. Anlagekapital, deren eine die Kostenaufteilung regelmäßig, die andere dagegen erst nachträglich durchführte, werden die Vorteile des Verfahrens gezeigt. Es ergibt sich, daß die Wohnungsbeleuchtung große Anlagekosten bedingt und geringes Erträgnis abwirft, der Hauptteil des Erträgnisses rührt von der Geschäftsbeleuchtung und den Kleinkraftabnehmern her; eine starke Zunahme des Verbrauches in ersterer allein ist durch Erfordernis großer Investitionen ohne entsprechenden Ertrag imstande, die finanzielle Lage einer Gesellschaft ungünstig zu beeinflussen, wenn nicht durch andere Abnehmergruppen ein Ausgleich geschaffen wird. Ebenso müßte ein starker Verbrauchsrückgang in industriellen Betrieben, wie er durch eine Krise leicht herbeigeführt werden kann, dazu zwingen, den Einnahmenentfall durch irgendwelche Maßnahmen in der Tarifbildung für Lichtkonsum wettzumachen, was aber unter solchen Umständen kaum Erfolg bringen könnte. Im Falle der Anfechtung eines zu hohen Tarifes für Geschäftsbeleuchtung und Gewerbe fiele es einer Gesellschaft, die aus diesem Zweige den hauptsächlichen Gewinn erzielt, schwer, dessen Berechtigung nachzuweisen, wenn sich gleichzeitig herausstellt, daß auf anderem Gebiet, zum Beispiel dem der Wohnungsbeleuchtung bei weit größerem investierten Kapital ein geringeres Reinerträgnis in vH seit langem erübrigt und keine Maßnahmen getroffen wurden, diese Verhältnisse zu verbessern. Bei einem Vergleich der beiden Gesellschaften zeigt sich noch, daß die eine bei 10 vH Reinertrag vom Dollar investierten Kapitals dafür 12 kWh jährlich abgibt, während die andere bei nur 8·25 vH Reinertrag nur 6 kWh liefert, es gibt demnach die erste für jeden Dollar des Reinertrages um 65 vH mehr an kWh ab als die zweite. Ferner hat die erste 33⅓ vH Gesamteinnahmen vom Anlagekapital, setzt also ⅓ desselben im Jahre um, während die andere mit nur 23 vH nur $^3/_{13}$ also weniger als ¼ umsetzt; die „Wirksamkeit der Kapitalsanlage" ist also im ersten Fall fast um die Hälfte größer als im zweiten. Gn.

(Electrical World, Bd. 88, Nr. 9, 1926.)

Literaturberichte.

3480 **Verwertung von Abfall- und Überschußenergie.** Von Dr. Ing. E. h. de Grahl. 305 Seiten mit 290 Abb. und 74 Zahlentafeln. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927.

Nach einer Einleitung über die derzeitige Lage der Kohlenwirtschaft in Deutschland, insbesondere die für die Elektrizitätswerke nötige Braunkohlenwirtschaft, werden kurz die Deutschland zur Verfügung stehenden Energiequellen erwähnt und dann die Abfallbrennstoffe angeführt, die bei der Gewinnung und Aufbereitung der Steinkohle, bei Gaswerken und als Verbrennungsrückstände zufallen, sowie die sonstigen minderwertigen Brennstoffe, wie verschiedene Braunkohlen, Ölschiefer und Torf. Ausführlich werden die verschiedenen Wege der Nutzbarmachung der Abfallbrennstoffe besprochen, wie Mahlen, Verbrennen auf Spezialrosten, Brikettieren, sowie Vergasen, welch letzterem Vorgange ein besonders breiter Raum gewidmet ist. Bei der Erzeugung flüssiger Brennstoffe wird auf die heute noch immer bestehenden Schwierigkeiten hingewiesen. Die Überschußenergien, insbesondere in Gestalt von Abwärme, sind in Kokereien, Hüttenbetrieben und Brikettfabriken besonders groß und daher auch entsprechend gewürdigt. Den Schluß des ersten Teiles bildet eine Besprechung der verschiedenen Abwärmeverwerter, wie Abhitzekessel, Lufterhitzer und Abwärmeverwertung bei Verbrennungskraftmaschinen.

Der zweite Teil des Buches behandelt die Dampfwirtschaft und erörtert alle wichtigen Einzelheiten dieses Gebietes, insbesondere die Verwertung von Maschinenabdampf, die Wärmespeicher und deren Anwendung (Kraftwerk, Kraft- und Heizbetriebe), wie Speicherung elektrischer Abfallenergie, das Zusammenarbeiten städtischer Betriebe (eine Frage, der man, trotzdem heute kaum mehr irgend welche Schwierigkeiten bestehen, noch viel zu wenig Beachtung schenkt) und schließlich die Fortleitung der Wärme, besonders die Isolierung der Leitungen.

Das vom Verlag ausgezeichnet ausgestattete Werk, das neben sehr vielen Abbildungen von Einzelteilen und Anlagen auch schematische Darstellungen und Zahlentafeln enthält, gibt eine erschöpfende Darstellung des behandelten Gebietes und wird sein Ziel — die Mithilfe an der Verbesserung der Brennstoff- und Energiewirtschaft — sicher wohl erreichen. Ci.

Digitized by Google

3401 **Electrical Power and National Progress** by Hugh Quigley. 160 Seiten mit 18 Abb. Verlag G. Allen & Unwin, Ltd., London 1925.

England ist trotz seiner hochentwickelten Industrie und seines Kohlenreichtums hinsichtlich der Elektrisierung des Landes gegenüber vielen anderen Ländern noch sehr im Rückstand und die an der Elektroindustrie interessierten Kreise haben begreiflicherweise das Bestreben, so viel als möglich das Verständnis für die Vorteile des elektrischen Stromes zu wecken. Diesen Zweck verfolgt in erster Linie das vorliegende Buch. Es spricht in einer auch dem Nichtfachmann verständlichen Weise alle Fragen, die im Zusammenhang mit der Erzeugung, der Fortleitung und der Verwendung des elektrischen Stromes zu erörtern sind, wie bei den Kosten des Stromes die Bedeutung der Brennstoffpreise, den Einfluß der mittleren Belastung der Werke, der Werksgröße, der Lage der Werke in bezug auf die Stromverbrauchsstätten usw. Dabei beschränkt sich aber der Verfasser nicht auf die Verhältnisse in England, sondern zieht überall das fortgeschrittenere Ausland zum Vergleich heran. Auch die Verhältnisse in Österreich und den Nationalstaaten werden an mehreren Stellen berührt. Je ein eigener Abschnitt ist der Stromversorgung der Großstädte und der Großkraftversorgung in den einzelnen Ländern gewidmet und durch diese Teile, sowie den Schlußabschnitt über die Reorganisation der Stromerzeugung und -Verteilung in England, gewinnt das Buch allgemeines Interesse. Die Angaben über die Elektrisierung in den einzelnen Ländern sind zum allergrößten Teile unter Benutzung der Fachzeitschriften nach dem neuesten Stande zusammengestellt, einige kleine Irrtümer, wie zum Beispiel, daß Berlin seine Stromversorgung ausschließlich auf Fernstrom umstelle und alle seine städtischen Kraftwerke in Unterstationen umwandle, sind demgegenüber belanglos. Das auch vorzüglich ausgestattete Buch kann sowohl den beteiligten Kreisen der Elektrotechnik, als auch den Industriellen und Volkswirtschaftlern zur Durchsicht empfohlen werden. Es bietet auch für Mitteleuropa an vielen Stellen Beachtenswertes. J.

Briefe an die Schriftleitung.

Über Messung von Wirk- und Blindleistung in Drehstromnetzen mit Einphasenzählern. Von Dr. Ing. G. Tenzer. E. u. M. 1926, Heft 43, „Das Elektrizitätswerk", Heft 11, Seite 110, ferner Briefwechsel E. u. M. 1926, Heft 51, „Das Elektrizitätswerk", Heft 13, Seite 134.

Herr Dr. Tenzer gibt in seiner Veröffentlichung an, daß die Messung des Wirk- und Blindverbrauches mit nur zwei Einphasenzählern genauer sei, als mit zwei separaten Zweisystemzählern. Dem muß entgegengehalten werden, daß bei der ersten Methode der Messung des Blindverbrauches ein symmetrisches Drehstromsystem vorausgesetzt ist. Mit wachsender Ungleichheit der Netzbelastung wird, je weniger diese Voraussetzung erfüllt ist, die Messung des Blindverbrauches fehlerhafter. Das ist bei Verwendung eines Zweisystemzählers für den Blindverbrauch nicht der Fall. Es gibt heute auch bereits Blindverbrauchzähler für Aronschaltung. Blindverbrauchzähler werden hauptsächlich bei größeren Anschlußwerten, Großkonsumenten oder Ortsanschlüssen verwendet. Es kommt daher meist eine Kombination von Energieverbrauch für Motoren, Beleuchtung, Heizung usw. in Betracht, was ungleichmäßige Belastung mit sich bringt. Die modernen Drehstromzähler entsprechen den Anforderungen, welche an Elektrizitätszähler bezüglich der Fehlerkurve gestellt werden vollkommen. Der Zweisystemzähler ist einfacher zu schalten und abzulesen als zwei Einphasenzähler. Bei größeren Anlagen kommt auch die Platzersparnis in Betracht. Die Ablesung mehrerer Zähler mit der Addition respektive Subtraktion der Ablesungen ist gegenüber der Ablesung eines Zählers umständlicher und gibt größere Möglichkeit von Fehlern. Die Zweisystemzähler haben gegenüber den Einphasenzählern den Vorteil, daß von beiden Systemen nur ein Anker mit Zählwerk in Bewegung gesetzt werden muß. Werden zur Messung von Drehstromverbrauch zwei Einphasenzähler verwendet, so tritt der ungünstige Umstand ein, daß bei einem Zähler schon bei induktionsfreier Belastung der eingeführte Strom gegen die Spannung um 30° induktiv verschoben ist. Tritt im Netz Phasenverschiebung ein so sinkt das Drehmoment dieses Zählers entsprechend dem Sinusgesetz rasch und wird bei 60° Phasenverschiebung Null. Der Zähler läuft daher im ungünstigsten Teil der Fehlerkurve und registriert demgemäß ungenau. Übersteigt die Phasenverschiebung 60°, so wird das Triebmoment dieses Zählers negativ. Die Reibungskompensation wirkt nun dem Triebmoment und der Drehung des Zählers entgegen, was zu größeren Fehlern Anlaß gibt. Bei dem Zweisystemzähler wird die ungünstige Phasenlage bei dem einen System durch die günstige bei dem anderen System so kompensiert, daß ein stärkeres und positives Drehmoment erhalten bleibt.

Im übrigen ist es nicht neu, daß die Differenz der Angaben zweier in Aronschaltung verwendeter Wattmeter unter der eingangs gemachten Einschränkung nach Multiplikation mit $\sqrt{3}$ die Blindleistung ergibt. (Siehe zum Beispiel das Buch von Dr. Ing. J. A. Möllinger, „Wirkungsweise der Motorzähler und Meßwandler", Berlin J. Springer 1925. XII. 6. Fehlschaltungen und ihre Korrektionsfaktoren, Seite 200.)

Wien, 7. Jänner 1927. *Dr. A. Boltzmann.*

Erwiderung.

Herr Dr. Boltzmann verkennt den Zweck meines Aufsatzes. Es war unter Konsument lediglich der Kleinabnehmer gemeint, denn der Großkonsument kann selbstredend auch die Kosten eines zweiten Zweisystemzählers vertragen, doch ist der Einkauf eines solchen Zählers für den Kleinabnehmer eine große Last. Ich habe bereits im ersten Briefwechsel schon angeführt, daß die Belastung bei jenen Verbrauchern, welche Blindstrom abnehmen, praktisch symmetrisch ist, daher ist die von mir empfohlene Methode am Platze.

Es war mir Gelegenheit geboten, die Methode auf praktische Brauchbarkeit zu prüfen. In einem mittleren Elektrizitätswerk wurden zur Kontrolle der eingebauten Wirk- und Blindverbrauchszähler zwei Einphasenzähler eingeschaltet; die Abweichungen der Kontrollzähler von den eingebauten blieben innerhalb der Meßgenauigkeitsgrenze. Der Vorwurf, daß ein Einsystemzähler in der Nähe von 90° Phasenverschiebung falsch anzeigt, kann nicht aufrecht erhalten werden; da es heute schon Zählerkonstruktionen gibt, welche selbst bei dieser Phasenverschiebung und auch bei Rückwärtslauf richtig anzeigen. Irrtümer in der Ablesung können bei einem Zählwerk ebensogut vorkommen, wie auch bei zweien, in dieser Beziehung steht der Einphasenzähler dem Drehstromzähler nicht im mindesten nach.

Die geschilderte Meßmethode ist nicht meine Entdeckung, ich wollte nur eine in Vergessenheit geratene Meßmethode auffrischen, da die Messung der Blindströme eine zeitgemäße Frage ist.

Budapest, 12. Februar 1927.

Dr. Ing. Georg Tenzer.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS
ELEKTRIZITÄTSWERK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet
Heft 4 **10. April 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Die Qualitätseigenschaften der Anlagen zur Energieerzeugung als Faktor in der Energiewirtschaft. Von Dr.-Ing. Victor Mann, Konstanz am Bodensee. S. 33. / Die gesetzliche Regelung des Zwischenhandels von elektrischem Strom. Von Dr. Heinrich Schreiber, Wien. S. 35. / RUNDSCHAU. S. 36. LITERATURBERICHT. S. 40. GESCHÄFTSBERICHTE UND BETRIEBSERGEBNISSE. S. 40.

Die Qualitätseigenschaften der Anlagen zur Energieerzeugung als Faktor in der Energiewirtschaft.

Von Dr.-Ing. Victor **Mann**, Konstanz am Bodensee.

Die Qualitätseigenschaften der Anlagen zur Energieerzeugung[1]) bzw. ihrer einzelnen Bestandteile sind nicht nur Objekte der speziellen technischen Betätigung des Ingenieurs in bezug auf möglichst sachgemäße Anwendung konstruktiver, mechanischer, thermodynamischer und hydraulischer Regeln, sondern sie üben auch einen großen Einfluß auf die wirtschaftlichen Eigenschaften der Anlagen aus. Schon die Notwendigkeit, da und dort einen Kompromiß zwischen verschiedenen technischen Grundforderungen schließen zu müssen, legt oft nahe, bei einem solchen Kompromiß wirtschaftliche Gesichtspunkte entscheiden zu lassen. In der Tat sind diese oft von so großem Einfluß, daß es zweckmäßig erscheint, gewisse Forderungen rein technischer Art in den Hintergrund treten zu lassen.

Die Wirtschaftlichkeit einer technischen Anlage wird wesentlich von drei Faktoren berührt, dem technischen Wirkungsgrad, dem jährlichen Kapitaldienst, bedingt durch Lebensdauer und Höhe der Abschreibungssätze und drittens durch Leistungsausfall und damit zusammenhängende Reparaturen. Hohe technische Wirkungsgrade zu erreichen entspricht dem an sich berechtigten Streben des Konstrukteurs, unter Ausnutzung aller gegebenen technischen und wissenschaftlichen Erfahrungen, die denkbar vollkommenste Ausnutzung der durch die Maschine geleiteten Energie zu ermöglichen. Dieses Streben ist jedoch begrenzt durch die wirtschaftlich nachteiligen Folgen ungenügender Betriebssicherheit. Betriebsausfall und Reparaturen sind die Folge; der erste und dritte Faktor stehen somit nach einer Richtung hin in engem Zusammenhang. Man ist sich heute darüber klar, daß hohe Betriebssicherheit in wirtschaftlicher Beziehung von ausschlaggebender Bedeutung ist. In Amerika wird jene daher sowohl im Dampf- wie im Wasserturbinenbau zum obersten Grundsatz gemacht. Ebenso wie übertrieben hohe Wirkungsgrade kann übermäßig hohe Lebensdauer ohne wirtschaftlichen Nutzen, ja von wirtschaftlichem Nachteil sein. Es ist zwecklos, die Eigenschaften der Baumaterialien einer Maschine dahin auszunützen, derselben eine hohe Lebensdauer von beispielsweise 60 Jahren zu gewährleisten, wenn schon nach kurzer Zeit, sagen wir 20 Jahren, die Maschine durch eine wesentlich bessere ersetzt werden kann. Solche Erwägungen dürften häufig anzustellen sein, wobei nicht übersehen werden darf, daß die durch Verkürzung der Lebensdauer möglichen Ersparnisse nicht auf Kosten der Betriebssicherheit gehen dürfen. Im folgenden soll auf die einschlägigen Umstände näher eingegangen und auch versucht werden, dieselben zahlenmäßig zu erfassen.

Lebensalter und Kapitaldienst stehen durch Zins- und Amortisationsrate mit einander in Verbindung. Durch hohe Amortisationssätze kann der Buchwert für spätere Betriebsjahre derart herabgesetzt werden, daß eine recht fühlbare Verminderung des Kapitaldienstes eintritt. Dies kann beispielsweise von großer Bedeutung werden, wenn es sich darum handelt, ältere Anlagen zur Erzeugung von Spitzenenergie zu verwenden, da deren feste auf die Arbeitseinheit bezogenen Betriebskosten (Kapitaldienst) wegen der kleinen jährlichen Benutzungsdauer verhältnismäßig hoch sind. Aber auch rechtzeitigem Ersatz veralteter Maschinen durch neuere mit besserem Wirkungsgrad arbeitende kann dadurch Vorschub geleistet werden. Inwieweit eine solche Abschreibungspolitik sich wirtschaftlich zahlenmäßig mit der Gestaltung unter den zukünftigen Betriebsverhältnissen vergleichen und verfolgen läßt, hängt natürlich von der Möglichkeit ab, die — meist unbekannten — technischen Fortschritte in ihrer wirtschaftlichen Auswirkung erkennen zu können. Nehmen wir aber beispielsweise den Fall, daß durch Verbesserung einer Anlage die Leistungsfähigkeit derselben, somit deren Wirkungsgrad erhöht wird, so läßt eine einfache Überlegung erkennen, daß dann oft eine rechnungsmäßige Verfolgung des wirtschaftlichen Einflusses einer solchen Veränderung möglich ist. Nehmen wir beispielsweise für eine Wasserkraftanlage an, daß die Wasserturbine durch eine solche mit einem um a vH besseren Wirkungsgrad ersetzt werden könnte, so würde bei einer vor der Turbine verfügbaren Rohleistung von N_a PS und bei einer jährlichen Betriebsdauer der Turbine von T_j Stunden eine Mehrroharbeit von

$$\Delta A_a = \frac{a}{100} . N_a . T_j \text{ in PSh}$$

oder mit dem Gesamtwirkungsgrad η der Energieumsetzung (ohne denjenigen der Turbine) bis zum Verbraucher einer Mehrnutzarbeit

$$\Delta A_n = \eta . 0{\cdot}736 . \frac{a}{100} . N_a . T_j \text{ in kWh}$$

resultieren. Ist deren Verkaufswert b Pfg. je nutzbar abgegebene kWh, so repräsentiert der Arbeitsgewinn ΔA_n eine jährliche Mehreinnahme von

$$\Delta E = \frac{b}{100} . \Delta A_n . \text{RM}$$

oder bei einem Zinsfuß von p vH ein Kapital

$$K = 100 . \frac{\Delta E}{p} .$$

[1]) Vgl. den inzwischen erschienenen Aufsatz von Dipl.-Ing. C. Körfer, Essen, „Die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von Dampfturbinenanlagen“ in Heft 50, Jahgang 1926, von „Glückauf“, der die Frage für das spezielle Gebiet der Dampfturbinenanlagen behandelt.

Digitized by Google

(Die Beziehungen sind linear, so daß sie sich leicht in ein K.T.-Diagramm übertragen lassen.) Ist das Anlagekapital der zu ersetzenden Turbine noch nicht vollständig abgeschrieben, so ist für dessen Restbetrag K_e Verzinsung und wohl auch Tilgung weiterhin zu leisten, das heißt, bei einem Verzinsungs- und Tilgungssatz von zusammen p_e vH vermindert sich besagte Mehreinnahme um $\frac{p_e}{100} \cdot K_e$ auf

$$\Delta E_e = \Delta E = \frac{p_e}{100} \cdot K_e$$

und der entsprechende Kapitalbetrag ist dann nur

$$K_e = \frac{100 \cdot \Delta E_e}{p}.$$

Für den Umbau darf also äußersten Falles ein Neuanlagekapital von K bzw. K_e Mk. aufgewendet werden, wenn die Gestehungskosten je nutzbar abgegebene kWh gegenüber dem Betrieb vor dem Umbau unverändert bleiben sollen. Man erkennt aus dem Unterschied der Kapitalien K und K_e die Wichtigkeit rechtzeitiger und reichlicher Abschreibungen auf bestehende Anlagen in allen den Fällen, in welchen Ersatz bestehender Anlagen und Einrichtungen durch verbesserte zu erwarten ist. Die hier gegebene rechnerische Überlegung ist also eine Rechtfertigung der amerikanischen Abschreibungspolitik, insbesondere auch für solche Fälle, in welchen die durch die Verbesserungen zu erwartende Mehrarbeit einem dringenden Bedarf entspricht. Man erkennt aber auch die Bedeutung eines kleinen Wertes des Neuanlagekapitals K_n, dessen Höhe durch K bzw. K_e begrenzt ist. Hier kann vorsorglich schon bei der ersten Einrichtung ohne großen Mehraufwand manches getan werden. Der von der Turbine anzutreibende Generator wird ja sowieso zweckmäßig etwas überdimensioniert, um gelegentliche vorübergehende Überlastungen ohne Schaden zu ertragen. Wählt man diese Überdimensionierung so, daß damit auch einer Vergrößerung der Leistungsfähigkeit der antreibenden Turbine (bei Ersatz durch eine neuzeitlichere Maschine) Rechnung getragen wird, so kann bei einem Umbau besagter Art der alte Generator bestehen bleiben. Der Umbau beschränkt sich im wesentlichen auf die antreibende Turbine, so daß für deren Neuanlagekosten ein wesentlich größerer Spielraum besteht, als wenn gleichzeitig der Generator ersetzt werden muß. Wird mit dem Neuanlagekapital K_n der Betrag K bzw. K_e aber nicht erreicht, so ermöglicht die Kapitalersparnis eine Verbilligung der Gestehungskosten der Gesamtanlage, und zwar in umso höherem Grade, je größer die Kapitalersparnis $K - K_n$ bzw. $K_e - K_n$ ist. In gleicher Weise wie beim Generator kann spätere Mehrleistung ohne wesentlichen Mehraufwand für die Erstanlage bei den Schaltanlagen, Transformatoren usw. vorgesehen werden, indem entweder von Anfang an reichlich dimensionierte Apparate beschafft werden, oder in den Räumlichkeiten Reserven für Ergänzungsanlagen vorgesehen werden. Welchen Umfang solche Mehrleistung von neuzeitlichen Maschinen annehmen kann, dafür gibt der heutige Stand der Technik einen gewissen Anhalt. Neuzeitliche Wasserturbinen stehen bei erreichten Wirkungsgraden von 88 bis 90 vH nur noch um 12 bis 10 vH vom absoluten Maximum entfernt. Hier wird man äußersten Falles durch Verbesserung ihrer hydraulischen und mechanischen Eigenschaften eine Hebung des Wirkungsgrades auf denjenigen neuzeitlicher Großgeneratoren, also auf etwa 95 vH erwarten können. Größer ist der Spielraum bei thermischen Kraftanlagen. Hier liegt das theoretisch erreichbare Wirkungsgradmaximum (verlustfreie Kessel, Kraftmaschine und Generatoranlage) bei zirka 52·5 vH der disponiblen Energie, während bis heute (jeweils einschließlich Generator) mit Dampfkraftanlagen zirka 23 vH, mit den allerdings noch durchaus im Versuchsstadium befindlichen Quecksilberdampfturbinen etwa 28 vH, mit Verbrennungsmotoren zirka 42 vH Wirkungsgrad erreicht sind. Noch günstiger (auch bei Wasserkraftanlagen) steht es mit der Erneuerung älterer Maschinen, bei welchen der Wirkungsgradgewinn beim Ersatz durch neuzeitliche Maschinen wesentlich größer ist, andererseits entweder die Abschreibungen schon in großem Umfang erfolgt sind, oder der Endwert K_e an sich gering ist.

Einige Zahlenwerte werden die Bedeutung der vorliegenden Betrachtung anschaulicher machen. Für eine Wirkungsgradverbesserung $a = 1$ vH, eine Leistung $N_a = 1$ PS und eine jährliche Betriebsdauer $T_j = 1000$ Stunden ergibt sich eine jährliche Mehrrohleistung $\Delta A_a = \frac{1}{100} \cdot 1 \cdot 1000 = 10$ PSh; und mit einem Gesamtwirkungsgrad der Energieumsetzung (ohne den Wirkungsgrad der Turbine) von beispielsweise $\eta = 0{\cdot}6$ eine jährliche Mehrnutzarbeit $\Delta A_n = 4{\cdot}4$ kWh. Für je 1 Pfg. Erlös der nutzbar abgegebenen Mehrarbeit wird somit der Wert der jährlichen Mehreinnahme $\Delta E = 0{\cdot}044$ Mk., was mit $p = 15$ vH — denn das in den Maschinen arbeitende Kapital muß nebst den Betriebsunkosten von zirka 9 bis 12 vH des Anlagekapitals einen kleinen Gewinn bringen — kapitalisiert, einem Kapital $K = 0{\cdot}30$ Mk. entspricht. Nehmen wir ferner beispielsweise den Anschaffungswert einer neuen Wasserturbine ohne Regler (der häufig von der bereits vorhandenen Anlage übernommen werden kann) zu beispielsweise 10 Mk. je PS an, so folgt daraus, daß bei einem Erlös von nur 1 Pf. je nutzbar abgegebene kWh die jährliche Betriebsdauer mindestens $T_j = \frac{10}{0{\cdot}30} \cdot 1000 = 33\,330$ h sein müßte, wenn der Umbau wirtschaftlich sein soll. Es ergibt sich somit diesfalls für eine jährliche Betriebsdauer von $T_j = 1000$ h ein zu fordernder Mindesterlös von $33^1/_3$ Pf. je nutzbar abgegebene kWh, bei $T_j = 2000$ jährlichen Betriebsstunden von $16^2/_3$ Pf., bei $T_j = 3000$ jährlichen Betriebsstunden von $8^1/_3$ Pf., um den Umbau unter den angegebenen Voraussetzungen wirtschaftlich garantiert zu sehen.

Noch auf einen weiteren Fall läßt sich der skizzierte Rechnungsgang anwenden, nämlich dann, wenn die Leistung einer (vorhandenen oder zu beschaffenden) Kraftmaschine nicht ausreicht, um den Bedarf zu decken, der Rest also anderweitig gedeckt werden muß (Beispiel: Industriebetrieb mit eigener Wasserkraftanlage und gekaufter elektrischer Zusatzkraft). Die Frage liegt hier so, ob durch eine Wirkungsverbesserung der Wasserkraftanlage der Bezug fremder Energie ganz oder teilweise in wirtschaftlicher Weise ausgeschaltet werden kann. Hier hat man den Betriebskosten für die in der verbesserten Wasserkraftanlage erzeugte Mehrenergie, die durchschnittlich zu etwa 9 bis 12 vH der Anlagemehrkosten angenommen werden können, die Betriebskosten für die Zusatzkraft gegenüberzustellen, welche sich aus Kapitaldienst für die Anlagekosten, Bedienung, Reparaturen, Putzmaterial usw. und den Kosten für die gekaufte Energie zusammensetzen.

Ganz ähnliche rechnungsmäßige Schlüsse lassen sich für den umgekehrten Fall der Verminderung der nutzbar abgegebenen Energie durch Betriebsausfälle (Reparaturen usw.) ziehen. Jede Betriebsunterbrechung hat in wirtschaftlicher Beziehung dreierlei Folgen, erstens einen dem Ausfall an erzeugten kWh entsprechenden Einnahmeverlust E_1, zweitens die Kosten E_r für die Wiederinstandsetzung der Maschine (die eigentlichen Reparaturkosten), drittens die Kosten E_2 für den eventuellen Ersatz der ausfallenden Energie. Bedeutet schließlich E den Geldwert der verfügbaren Arbeit, so ermitteln wir den kommerziellen Wirkungsgrad der Anlage zu

$$\eta_k = \eta_t \cdot \frac{E - \Sigma E_l}{E} = \eta_t \cdot \frac{E - (E_1 + E_r + E_2)}{E},$$

wenn η_t den technischen Wirkungsgrad bezeichnet. Hieraus findet sich, falls die gekaufte Energie ebenso teuer zu stehen kommt wie die durch den Betriebsausfall verlorene, mit $E_1 = E_2$

$$\eta_k = \eta_t \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot E_1 + E_r}{E}\right)$$

oder, wenn wir die Reparaturkosten zu p_r vH des disponiblen Jahresenergiewertes ansetzen,

Digitized by Google

$$\eta_k = \eta_t \cdot \frac{E \cdot \left(1 - \frac{p_r}{100}\right) - 2 \cdot E_1}{E}$$

$$= \eta_t \cdot \left[\left(1 - \frac{p_r}{100}\right) - \frac{2 \cdot E_1}{E}\right].$$

Schließlich können wir die Energiewerte den Benutzungszeiten proportional setzen, also die disponible Arbeit E durch die disponible Jahresbenutzungsdauer $T_d = 8760$ Stunden, den Ausfallwert E_1 durch die entsprechende Ausfallzeit T_1 ersetzen, und erhalten damit

$$\eta_k = \eta_t \cdot \left[\left(1 - \frac{p_r}{100}\right) - \frac{2 \cdot T_1}{T_d}\right].$$

Hieraus läßt sich der kommerzielle Wirkungsgrad η_k für bestimmte technische Wirkungsgrade η_t und bestimmte Ausfallzeiten T_1 bestimmen. Der Unterschied der verschiedenen Betriebsbedingungen entsprechenden kommerziellen Wirkungsgrade η_k bezeichnet dann gleichzeitig den Anteil, der diesem Unterschied an den Jahreseinnahmen entspricht. Die Kapitalisierung dieses Einnahmeunterschieds bezeichnet dann wieder den Mehraufwand an Anlagekosten, der bei der teuereren Anlage zulässig ist, um dieselbe wirtschaftlich nicht ungünstiger zu stellen als die billigere Anlage. Der über den kommerziellen Wirkungsgrad führende und dadurch von dem oben angegebenen Weg etwas abweichende Rechnungsgang führt also schließlich zu demselben Ziel; er hat jedoch den Vorteil, alle Einflüsse (nämlich Wirkungsgradänderung und Betriebsausfall wie auch Ersatzkraft) gleichzeitig zu berücksichtigen.

Eine Betrachtung der Gleichung für den kommerziellen Wirkungsgrad läßt erkennen, daß der technische Wirkungsgrad nur nach Maßgabe seiner Veränderlichkeit, also im allgemeinen in mäßigen Grenzen von Einfluß sein wird. Von größerer Wichtigkeit ist der Klammerausdruck. Der Wert p_r wird bei betriebsfähigen Anlagen stets nur von geringer Größe sein und sich etwa in den Grenzen von 0·1 bis 2 vH bewegen. Demgemäß wird der Ausdruck $\left(1 - \frac{p_r}{100}\right)$ nur wenig von 1 abweichen. Den größten Einfluß gewinnt das Glied $\frac{2 \cdot T_1}{T_d}$, wie nachstehende Tabelle zeigt, welche den Wert dieses Gliedes zwischen 1 und 30 Ausfalltagen angibt. Daraus erhellt die Wichtigkeit, die Zahl der für Reparaturen benötigten und in der Energieerzeugung ausfallenden Tage möglichst zu beschränken. Die Wichtigkeit höchstmöglicher Betriebssicherheit zeigt sich hier in grellem Lichte.

Ausfalltage	1	2	5	10	15	20	25	30
$\frac{2 \cdot T_1}{T_d}$	0·00548	0·01095	0·0274	0·0548	0·0822	0·1095	0·137	0·164
für $p_r = 1$ vH ist $\eta_k = \eta_t \times$	0·98452	0·9790$_5$	0·9626	0·9452	0·9078	0·8805	0·853	0·826

Ein Zahlenbeispiel soll dies noch weiter verdeutlichen. Auf der einen Seite stehe eine neuzeitliche Francis-Turbinen-Anlage mit 88 vH $= \eta_t$ technischem Wirkungsgrad. Sie erleide einen Betriebsausfall von 20 Tagen im Jahr bei einem Reparaturkostensatz von $p_r = 1$ vH. Dann wird der kommerzielle Wirkungsgrad $\eta_k = 0{\cdot}88 \cdot ([1 - 0{\cdot}01] - 0{\cdot}1095) = 0{\cdot}775$, was gegenüber dem technischen Wirkungsgrad eine Einbuße von 10·5 vH bedeutet.

Damit werde ein durch große Betriebssicherheit charakterisiertes Peltonrad robuster Konstruktion verglichen, mit welchem die Wasserkraftanlage allerdings nur einen technischen Wirkungsgrad $\eta_t = 85$ vH erreichen läßt. Der Betriebsausfall betrage jedoch nur fünf Tage im Jahr. Dann wird der kommerzielle Wirkungsgrad $\eta_k = 0{\cdot}85 \cdot ([1 - 0{\cdot}01] - 0{\cdot}0274) = 0{\cdot}818$ bleibt also um 4·3 vH über demjenigen der erwähnten Francis-Turbine.

Legt man der Anlage eine Leistung von 10 000 PS zugrunde, so bedeutet das Leistungsmehr von 4·3 vH der Peltonrad-Anlage günstigsten Falles eine jährliche Mehrleistung von $0{\cdot}736 \cdot 10\,000 \cdot 8760 \cdot 0{\cdot}043 = 2\,770\,000$ kWh oder bei einem Preis von beispielsweise 5 Pf./kWh einen jährlichen Mehrerlös von 138 500 Mk. oder bei Berücksichtigung einer jährlichen Benutzungsdauer von nur $\beta = 0{\cdot}35 = 3066$ Stunden eine jährliche Mehreinnahme von noch 48 500 Mk. Mit wieder $p = 15$ vH kapitalisiert, entspricht diese Mehreinnahme einem Kapital von 324 400 Mk., das zugunsten der mit besserem kommerziellem Wirkungsgrad arbeitenden Maschine mehr aufgewendet werden kann, ohne an Wirtschaftlichkeit einzubüßen.

Die gesetzliche Regelung des Zwischenhandels von elektrischem Strom.

Von Dr. Heinrich **Schreiber**, Wien.

Die Stromaushilfe durch Verbundwirtschaft zwischen den Kraftwerken, sowie der Import und Export von elektrischer Energie bringen es mit sich, daß der Zwischenhandel in elektrischem Strom stärker blüht und größere Dimensionen annimmt.[1]) Bisher war der Zwischenhandel doch nur auf jene recht sporadischen Fälle beschränkt, in welchen Fernleitung und Ortsnetz verschiedenen Eigentümern gehörten, die Stromlieferungsunternehmung sohin nur über die Hauptleitung, nicht aber über die Verteilungsleitungen verfügte. Diese Kombinationen häufen sich jetzt, zumal auch die technischen Vorbedingungen sich mehren, in denen, wie eben in der Kraftaushilfe und beim Grenzübertritte, die Stromlieferungsunternehmung wechselt, der Stromerzeuger überhaupt aus der Verkehrs- und Vertragsbeziehung ausscheidet und die Stromverteilung auf den Wiederverkäufer übergeht.

Freilich ist nach der gesetzlichen Terminologie die Stromlieferungunternehmung nicht auf jenen Betrieb beschränkt, welcher die elektrische Energie erzeugt. Eine Stromlieferungsunternehmung ist auch jene Betriebsform, welche den elektrischen Strom verteilt. An beide denkt daher das Elektrizitätsgesetz bei der Ordnung des Wegerechtes (§ 1 des Gesetzes vom 7. Juni 1922, Nr. 348 B. G. Bl.)[2]) und der einschlägigen konzessionspflichtigen Belange, an beide die unterschiedlichen Wasserkraft- und das Elektrizitätsförderungsgesetz vom 3. März 1925, Nr. 149 B. G. Bl., letzeres allerdings mit der Einschränkung (§ 1, Abs. 2)[3]), daß die Leitung und Verteilung auch mit der Erzeugung sich paart. Erzeugung oder Absatz. Produktion oder Handel sind also gleichermaßen die Merkmale der Stromlieferungsunternehmung. Jedes der beiden Requisite allein, sei es die bloße Erzeugung ohne Absatz oder der bloße Absatz ohne Erzeugung deckt bereits den gesetzlichen Begriff und den technischen und wirt-

[1]) Vgl. meinen vorbereitenden Aufsatz: „Der Handel mit elektrischer Kraft" in „Wasserwirtschaft", vom 15. Dezember 1926, Nr. 24.

[2]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 337, 596.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 477.

Digitized by Google

schaftlichen Arbeitsprozeß der Stromlieferungsunternehmung; freilich aber auch dort, wo beide Tätigkeiten in den Bereich einer und derselben Unternehmung fallen.

Wie steht es daher mit einer solchen Unternehmung, die lediglich als Stromhändler und Wiederverkäufer sich betätigt, mithin den Strom nicht selbst erzeugt, sondern Fremdstrom bezieht und weiterverkauft? Die Tätigkeit ist richtig mit Zwischenhandel in elektrischem Strom zu bezeichnen und es fragt sich, welchen gesetzlichen Anforderungen ist der Zwischenhandel unterworfen, welchen hat er zu genügen und insbesondere darf er die Wegebenützung für seine Leitungen in Anspruch nehmen, ist er einer Konzessionspflicht unterworfen und hat er die Anwartschaft auf jene finanziellen Begünstigungen, die im Elektrizitätsförderungsgesetze verheißen sind?

Bei der Beantwortung dieser Fragen sind immerhin zwei Varianten auseinander zu halten. Die eine Variante geht dahin, daß eine vollwertige Stromlieferungsunternehmung, die beiden gesetzlichen Erfordernissen entspricht, also Strom erzeugt und verteilt, neben dem selbsterzeugten Strom auch noch fremden Strom bezieht, ihn in ihren Leitungen aufnimmt und zusammen mit dem Eigenstrom an die Verbraucher absetzt. Da jede Stromlieferungsunternehmung an die Konzessionspflicht gebunden ist, diese aber zwischen eigenem und fremdem Strom keinen Unterschied macht, beide Provenienzen daher unbedingt und zweifach konzessionsgemäß gesichert sind, so kann füglich die These aufgestellt werden, daß die Konzession für den Absatz des selbsterzeugten Stromes auch den Absatz des konzessionierten fremden Stromes in sich schließt. Damit löst sich auch die Erwägung hinsichtlich der Wegebenützung, die den konzessionierten Stromlieferungsunternehmungen an sich gewährleistet ist. Bezüglich der Förderungsmaßnahmen jedoch kann das nicht als ausgemacht gelten, selbst wenn das Stromwerk mit seiner Eigenerzeugung zu jenen Anlagen zählt, auf welche dieses Begünstigungsgesetz Anwendung findet. Denn wir werden sehen, daß das Förderungsgesetz die Stromverteilung nur bedenkt, wenn der Strombezug aus einer begünstigten Stromerzeugungsanlage herrührt.

Die zweite Alternative besteht darin, daß der Stromhändler nicht auch Erzeuger ist, mithin durchaus und bloß Fremdstrom aus dritter Quelle entnimmt, um ihn in eigenen Netzleitungen seinen Abnehmern zuzuführen und abzulassen. Da das Gesetz, wie erwähnt, ausdrücklich unter Stromlieferungsunternehmungen nicht allein Unternehmungen versteht, welche elektrische Energie zu gewerbsmäßiger Abgabe an andere erzeugen, sondern auch solche, welche sie an andere leiten, mithin die beiden Betätigungen paritätisch behandelt und für jede derselben die Wegebenützung und die Konzessionspflicht gilt, so ist nicht zu übersehen, daß auch der Handel mit Elektrizität diesen gesetzlichen Erfordernissen untersteht, aber auch deren Anwartschaften teilhaft wird, mithin wegeberechtigt und konsenspflichtig ist. Minder einwandfrei aber ist die Schlußfolgerung, daß der Handel in Elektrizität, wie bereits vorhin angedeutet, an sich und allein, auch die Begünstigungen des Elektrizitätsförderungsgesetzes genießt; denn dort heißt es, daß die Unternehmungen zur Leitung und Verteilung der Energie nur dann unter die Gunst des Gesetzes fallen, wenn sie dazu auch die Erzeugung in ihren Geschäftsbereich einbeziehen. Nur Erzeugung und Handel, nicht aber Handel allein, sind also auch elektrizitätsförderungsberechtigte Tätigkeiten. Es ist daher verständlich, wenn anläßlich der Novellierung des Förderungsgesetzes die Bestrebungen dahin gerichtet sind, daß auch den bloßen Verteilungsunternehmungen die Wohltat dieses Gesetzes teilhaft werde, also auch solchen, welche bloß die Leitung und Verteilung der Energie besorgen. Dies gilt natürlich vor allem dann, wenn die Energie von einer schon gesetzlich begünstigten Unternehmung bezogen wird. Von da jedoch zur Forderung, daß die Begünstigung des Förderungsgesetzes dem Händler auch dann gewährt werde, wenn er den Strom nicht von einer begünstigten Unternehmung bezieht, ist natürlich nur ein Schritt der aber, wenn die sonstigen Vorbedingungen des Förderungsgesetzes vorliegen, gewiß nicht als Fehltritt gewertet werden kann. Diese Konklusion ergibt sich daraus, daß im Sinne des Gesetzes nicht nur der Stromerzeuger, sondern auch der Stromhändler als Stromlieferer anzusprechen ist, eine Kennzeichnung, der sogar eine erhöhte Qualifikation deshalb zukommt, weil zum Unterschiede vom Stromerzeuger der Stromhändler nicht bloß Lieferer, sondern auch Bezieher, wenn auch nicht Verbraucher ist. Der Stromhändler, und sei er auch nur dort, wo die Stromerzeugung fehlt, ein Zwischenhändler, findet also bereits nach dem jetzigen Stande der Dinge die gesetzliche Beachtung und Normung. Man kann sohin sich zur Erkenntnis durcharbeiten, daß die Gesetzgebung vom Wesen des „elektrischen Kaufmannes" sich bereits die richtige Vorstellung gemacht und ihn in seinen Spezien in ihre Ob- und Fürsorge einbezogen hat.

Rundschau.

Über die Bedeutung der Wasserkräfte des Etschlandes für die Elektrifizierung Italiens unterrichtet eine Schrift des Direktors der „Aniel" C. Bonomi[1]). Die Wasserkraftwerke des Etschlandes wurden als besonders geeignet erkannt, die Ausfalls- und Spitzendeckung des immer größer werdenden Kraftbedarfes des nördlichen Italien, das seit dem Kriege immer mehr den Charakter eines Industrielandes angenommen hat, durch elektrizitätswirtschaftlichen Zusammenschluß mit den Kraftwerken zu übernehmen, die schon vor dem Kriege am Südrande der Alpen und in Ligurien bestanden. Durch die Kuppelung der am Tage des Kriegsendes bereits arbeitenden Kraftwerke des Etschlandes, deren Ausbaugröße damals etwa 70 000 PS betrug, mit den Leitungsnetzen der Po-Ebene ergaben sich bedeutsame Vorteile, die sich umso mehr dann einstellen werden, wenn die zurzeit im Etschlande im Bau stehenden und jene erst geplanten Kraftwerke (von etwa 500 000 PS) und sonstigen elektrizitätswirtschaftlichen Anlagen fertiggestellt sein werden, deren Entwürfe bereits unter weitestgehender Berücksichtigung der Anforderungen der Verbundwirtschaft durchgearbeitet wurden.

[1]) Lo sviluppo dell' utilizzazione delle Acque per produzione di potenza in Italia. Mailand, Calamandrei & Co. 1926.

Die Nutzbarmachung der Wasserkräfte des Etschlandes zwecks Belieferung der Industriebezirke Oberitaliens soll nach den Mitteilungen von C. Bonomi und nach dem auf der Basler Ausstellung Gezeigten in der Weise immer weiter ausgebaut werden, daß zu der bereits bestehenden Drehstrom-Verbindungsleitung, die bald nach Kriegsende zwischen Mori und Bussolengo in der Provinz Verona errichtet wurde, noch mehrere andere Fernleitungen hinzukommen sollen, die etwa vom Austritte der Etsch aus dem Berglande in die Ebene strahlenförmig ausgehend an bestehende Kraftnetze des alten Italiens ihren Anschluß finden. Diese Leitungen sowie die Auswertung der Großkraftwerkskonzessionen des Etschlandes gehören in das Interessengebiet der Società Generale Elettrica Tridentina. Diese für 170 kV gebaute Fernleitung setzt eine bereits vor dem Kriege bestandene, von den Wasserkraftwerken der Stadtverwaltung Trient in Dro und Fies am Sarca ausgehende, derzeit noch für eine Spannung von 70 kV dimensionierte Fernleitung, die bis nach Mori führt, gegen Süden bis Bussolengo fort. Diese Leitung, derzeit die einzige Verbindung zwischen den etschländischen und den altitalienischen Kraftwerken, hat aber, trotzdem sie auch jetzt noch blos durch die beiden obgenannten Sarcakraftwerke gespeist und zur Zeit noch ohne Verbindung mit den an den Flußläufen ober-

Digitized by Google

halb Trient gelegenen Kraftwerken ist, durch aushilfsweise Übernahme der Belastungsspitzen bis hinunter an die ligurische Küste den oberitalienischen Elektrizitätslieferungsunternehmungen in den wasserarmen Perioden der letzten Betriebsjahre wertvolle Dienste geleistet. Sie ist bestimmt, in nicht allzu ferner Zeit, auch das Etschtal aufwärts nach Norden fortgesetzt zu werden. Sie wird sodann auf ihre ganze Länge für eine Spannung von 130 kV ausgebaut, auch den Kraftstrom der übrigen in der Gegend von Rovereto und Trient im Entstehen begriffenen Wasserkraftwerke gegen Süden weiterleiten.

Eine zweite im Bau stehende Fernleitung nimmt ihren Ausgang bei Pozzolago im obersten Avisiotale und führt, die Wasserscheide zwischen dem Einzugsgebiete des Avisio und den Flüssen des westlichen Friauls übersteigend, bis nach Marano Vicentino, einer Ortschaft, die nahe bei Venedig in der „Terra ferma" genannten Landschaft gelegen ist. Dort findet diese ebenfalls für 130 kV dimensionierte Fernleitung Anschluß an das Netz der Societá Adriatica di Elettricitá, zu deren Versorgungsgebiet Venezien und ein großer Teil des friaulischen Tieflandes gehört. Durch diese Verbindung wird Energie aus den im Einzugsgebiete des Avisio im Entstehen begriffenen Kraftwerken in altitalienisches Gebiet überführt werden.

Eine dritte, ebenfalls für 130 kV bestimmte und etwa 270 km lange Fernleitung soll von Meran ausgehend, entlang dem Laufe der Etsch bis S. Polo d'Enza, (südlich der Eisenbahnlinie Parma-Reggio d'Emilia) führen. Dortselbst wird der Anschluß dieser ebenfalls durch die Societá Generale Elettrica Tridentina projektierten und von dieser auszuführenden Leitung an die ligurischen Kraftnetze in der Weise erfolgen, daß eine Verbundwirtschaft zwischen den Kraftwerken dieser Netze ermöglicht werden wird.

Endlich soll gleichzeitig mit der Inbetriebsetzung des das Gefälle der Eisak bei Waidbruck ausnützenden Kraftwerkes, dessen Ausbau durch die Societá Idroelettrica dell' Isarco gemeinsam mit der Societá Generale Elettrica Tridentina erfolgen wird, eine von diesem Eisakwerke ausgehende Fernleitung von 140 kV fertiggestellt werden. Diese soll zuerst dem Flußlaufe des Eisak, später jenem der Etsch folgen, um sodann südlich des Gardasee in westlicher Richtung fortgesetzt bis nach Sesto S. Giovanni bei Mailand zu gelangen. Hier wird der Zusammenschluß dieser Leitung mit dem Hochspannungsnetze der Societá Lombarda erfolgen, zu deren Versorgungsgebiet beinahe die gesamte lombardische Tiefebene gehört. Von Sesto S. Giovanni soll die erwähnte Leitung sodann in südöstlicher Richtung fortgesetzt, endlich den Leitungsknotenpunkt S. Polo d'Enza erreichen, womit der Ring der Sammelschienen in der Po-Ebene geschlossen und eine Verbundwirtschaft ohne die jetzt nötigen schwierigen Schaltvorgänge in diesem ganzen Gebiete möglich sein wird. Von S. Polo d'Enza ausgehend, werden inzwischen zwei Fernleitungen ausgebaut werden, die die Verbindung dieser Ringleitung mit den mittelitalienischen Netze herstellen sollen. Durch diese wird bei Chiusi der Anschluß an das umbrische und bei Florenz jener an die beiden großen toscanischen Hochspannungsnetze gefunden werden.

Ing. Kurzel-Runtscheiner.

Die Elektrizitätswirtschaft Italiens.[1]) Nach einem Berichte im „Glückauf", Heft 50 von 1926, waren im Jahre 1925/26 3·2 Mill. PS Maschinenleistung, in der Hauptsache Wasserkraftanlagen, ausgebaut, der Stromverbrauch war im Jahre 1924/25 7600 Mill. kWh gegen 780 000 PS und 1471 Mill. kW im Jahre 1910/11. Nur 1·8 vH des erzeugten Stromes wird für Licht verbraucht, der Rest für die Industrie und die Bahnen. Der Durchschnittsverbrauch je Einwohner ist von 70 kWh im Jahre 1914 auf 185 kWh im Jahre 1925 gestiegen, in Norditalien beträgt er 400 bis 500 kWh. Die Wärmekraftwerke von zusammen 580 000 PS arbeiten nur einige Hundert Stunden im Jahre, sie erzeugten 1925 nur 300 Mill. kWh. Ende 1925 besaß Italien 45 000 km Hochspannungsleitungen, 1600 km Leitungen mit Spannungen über 100 kV sind im Bau. —k.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 683, 967.

Ausfuhr elektrischer Energie aus der Schweiz. Nach einem Berichte des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft in der „Schweizerischen Bauzeitung", Bd. 88, Heft 15 vom 9. Oktober 1926 waren am 31. Dezember 1925 Ausfuhrbewilligungen für 38 120 kW nach Deutschland, für 206 529 kW nach Frankreich, für 83 993 kW nach Italien und für 70 000 kW, deren Absatzgebiet noch nicht bestimmt ist, in Kraft. 173 390 kW hievon beziehen sich auf noch nicht vollendete Kraftwerke. 11 850 kW können noch nicht ausgeführt werden, weil die erforderlichen Leitungen noch nicht fertiggestellt sind. Von den praktisch ausführbaren 213 402 kW sind 129 851 kW Winterenergie, doch wurden davon wieder nur 116 551 kW wirklich für die Ausfuhr ausgenutzt. Der Höchstwert an Stromausfuhr betrug rund 172 000 kW, die gesamte Ausfuhr im Jahre 1925 654·5 Mill. kWh, davon 305·5 Mill. Winterenergie. Von 1920 bis 1924 ist die Ausfuhr von 377 Mill. auf 567 Mill. kWh gestiegen, wovon etwas über die Hälfte auf Sommerenergie entfällt. Die durchschnittlichen Einnahmen je kWh waren 1920 1·67, 1923 2·44 und 1924 2·30 Centimes.

—

Preußische Elektrizitäts-Wirtschaft. Nachdem vor nun etwa einem Jahre im Landtag der Wunsch geäußert wurde, daß Preußen ähnlich wie seinen bergbaulichen Besitz (Preußag) auch seine Elektrizitätsinteressen in einer kommerziellen, leichter beweglichen Form zusammenfassen solle, scheint nunmehr dieser Plan vor der Durchführung zu stehen, wonach der gesamte Elektrizitätsbesitz und die Beteiligungen Preußens in einer derartigen Dachgesellschaft vereinigt werden sollen. Vermutlich wird eine A.-G. gegründet werden, die den Aktien- und Anteilsbesitz an den einzelnen Werken in ihrem Portefeuille verwaltet. Um welchen umfangreichen Komplex es sich bei dieser Neuordnung handelt, geht aus folgender Zusammenstellung hervor: Preußen besitzt die Großkraftwerke Hannover A.-G. (6 Mill. Mk. Kapital), die Nordwestdeutschen Kraftwerke zu mindestens 80 vH, die Überlandwerke und Straßenbahn Hannover, von deren 16 Mill. Mk. mehr als die Hälfte von Preußen kontrolliert wird. Dazu treten die Preußischen Kraftwerke Oberweser A.-G. (10 Mill. Mk. Kapital), die Großkraftwerke Main-Weser (51 vH des Kapitals in preußischer Hand) und 26 vH der Hessen-Nassauischen Überlandzentrale Oberscheld. Außerhalb des engeren preußischen Versorgungsgebietes ist noch eine 10 vH Beteiligung am Großkraftwerk Erfurt zu nennen, vor allem aber die Mehrheit an der Braunkohlenindustrie A.-G. Zukunft in Weisweiler (13·5 Mill. Mk. Kapital). Schließlich wurden auch noch 9 vH Aktien (12 Mill. Mk.) am Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk in die neue Gesellschaft eingebracht. Im Osten erstreckt sich das preußische Interesse auf zirka 40 vH der Ostpreußen-Werk A.-G. und etwa den gleichen Anteil der Überlandwerk Oberschlesien A.-G. — Von der Rhein-Main-Donau A.-G. hat Preußen seinerzeit zirka 15 vH der Aktien übernommen, eine kleinere Beteiligung besteht neuerdings auch bei den Lahnkraftwerken. Die Gründe, die zu dieser Neuorganisation führen, liegen in der leichteren Beweglichkeit einer kaufmännischen Verwaltung, aber außerdem — und das scheint der Hauptgrund zu sein — will man mit dieser Umgestaltung nach außen hin die Trennung zwischen den staatlichen Hoheitsrechten von seinen Wirtschaftsinteressen erreichen. So wurde der Vorwurf erhoben, Preußen nutze sein Bewilligungsrecht, an das der Aufbau von Hochspannungsleitungen gebunden ist, einseitig im Interesse seiner fiskalischen Elektrizitätspolitik aus. Allerdings wird die tatsächliche Durchführung der Trennung der beiden genannten Funktionen wesentlich davon abhängen, ob die Wahrnehmung der Allgemeininteressen in der neuen Gesellschaftsform gewährleistet ist.

(Frankfurter Zeitung.)

Digitized by Google

Die Elektrizitätswirtschaft Belgiens. Nach einem Berichte der „Times" vom 18. Dezember 1926 werden derzeit in 1223 Städten und Ortschaften über 78 vH der Bevölkerung von 120 privaten Gesellschaften (4·68 Mill. Einwohner) und 150 Gemeinden oder öffentliche Unternehmungen (1·46 Mill. Einwohner) mit Strom (143 kWh je Einwohner und Jahr) versorgt. Der größte Teil der Stromversorgung besteht erst seit dem Kriegsende. Die wichtigsten privaten Gesellschaften sind zu einem Verbande zusammengeschlossen, dessen Werke am Ende des Jahres 1925 über 630 000 kW Maschinenleistung verfügten (gegen 131 000, 156 000 und 391 000 kW zu Ende 1913, 1919 und 1922) und 790 Mill. kWh abgaben (140 bzw. 171·5 und 390 Mill. kWh in den Jahren 1913, 1919 und 1922). Das Leitungsnetz des Verbandes besteht aus 6850 km Hoch- und 10 500 km Niederspannungsleitungen. Außerdem besitzen die größeren Städte eigene Kraftwerke mit zusammen 69 338 kW Leistung zu Ende 1925 und einer Stromerzeugung von 101 Mill. kWh im Jahre 1925, in den Provinzen Limburg, Antwerpen, Ost- und Westflandern, Luxemburg und Hennegau sind von den Gemeinden und Bezirksverwaltungen Leitungsnetze zur Stromverteilung aus den privaten Werken geschaffen worden. Die kleineren Orte beziehen also zum größeren Teile Fremdstrom. Von der gesamten Leistung aller Kraftwerke Belgiens mit 1·26 Mill. kW (Ende 1925) und der gesamten Stromerzeugung von 2·275 Milliarden kWh im Jahre 1925 (292 kWh je Kopf der Bevölkerung) entfallen außer den angeführten noch auf Straßenbahnen 20 695 kW und 59 Mill. kWh, auf Koksanstalten und Kohlengruben 273 000 kW und 552 Mill. kWh, auf Hüttenwerke 182 886 kW und 579 Mill. kWh, auf Steinbrüche 17 475 kW und 33 Mill. kWh und auf andere Industrien 67 780 kW und 159 Mill. kWh. Besonders bemerkenswert ist die Vereinigung der Kraftwerke in Lüttich, die 31 Kraftwerke mit zusammen 140 000 kW Maschinenleistung (davon 55 000 kW Hochofen- und Koksofengasmaschinen, 70 000 kW Dampfturbinen und 15 000 kW Wasserkraft), 9 km Verbindungs-Leitungen und 32 Unterstationen zur Versorgung von 9 Hüttenwerken, 10 Kohlengruben, einer Straßenbahngesellschaft und vier öffentlichen Verteilungsnetzen besitzt und eine sehr gute Ausnutzung ihrer Anlagen erreicht hat, die etwa 80 Mill. kWh jährlich erzeugen. Ähnliche Anlagen sind auch in der Borinage und in der Gegend von Charleroi. Mit ganz geringen Ausnahmen werden die Stromerzeuger im ganzen Lande von Wärmekraftmaschinen angetrieben. Eine größere Wasserkraftanlage in dem von Deutschland abgetretenen Malmedygebiet, die jährlich 50 Mill. kWh erzeugen soll, steht vor der Vollendung. Zur Ausnutzung der Amblève und Ourthe ist eine 100 000 PS Anlage geplant, die 300 Mill. kWh jährlich liefern soll. Besondere Bedeutung kommt aber den Wasserkräften bei der Stromversorgung Belgiens jedenfalls nicht zu. Die Elektrifizierung des Landes ist, wie aus den vorstehenden Zahlen hervorgeht, bereits ziemlich fortgeschritten. So wird in der Hausindustrie, die bekanntlich in Belgien auf verschiedenen Gebieten auf sehr hoher Stufe steht, elektrischer Antrieb der Arbeitsmaschinen sehr viel verwendet. Auch die Landwirtschaft hat die Vorteile des elektrischen Stromes rasch erfaßt, dessen Verwendung in diesem Falle durch die ausgedehnten Verteilungsnetze begünstigt wird. Allen Verbrauchern kommen die sehr niedrigen Strompreise, 14·5 g für Kraft- und 29 g je kWh für Lichtstrom zugute, die aber mit Rücksicht auf die steigenden Stromerzeugungskosten kaum aufrecht erhalten werden können, wenn man auch ein Ansteigen auf die über doppelt so hohen Vorkriegspreise nicht für notwendig hält. Durch ein Gesetz vom März 1925 ist auch die Elektrizitätswirtschaft im allgemeinen geregelt worden, wobei für den Bau neuer Verteilungsleitungen und Anlagen Begünstigungen gewährt wurden. Auf dem Gebiete der Vollbahnelektrifizierung ist man über Projekte noch nicht hinausgekommen, während von dem Nebenbahnnetz von rund 4500 km 12·3 vH, außerdem noch 700 km Straßenbahnen elektrisch betrieben werden. J.

Elektrizitätsstatistik in England von Ende März 1925. Die Zahl der stromerzeugenden Unternehmungen ist von 535 (Ende März 1923) auf 563 gestiegen. 78 vH dieser Werke arbeiten nur oder zum großen Teil für eigenen Bedarf. Die gesamte installierte Leistung betrug 3 723 514 kW (+ 629 835 kW). Die größte angeführte Anlage (Manchester, Stuart Street) hat 106 750 kW installiert; 42 Werke haben eine Kapazität von 25 000 kW und mehr, oder 50·6 vH der gesamten installierten Leistung. Die totale Jahresabgabe betrug 6022 Mill. kWh bei einem jährlichen Zuwachs von rund 16 vH. 19 Unternehmungen (gegen 12) hatten einen Verbrauch von 300 kWh und mehr je Kopf der versorgten Stadt, 254 (gegen 248) einen solchen von weniger als 50 kWh. Der Anschlußwert betrug 6 434 942 kW (5 892 369 kW i. J. 1923). Von den finanziellen Daten sei hervorgehoben, daß die Strompreise etwas gefallen sind und auch die Verzinsung des Anlagekapitals von durchschnittlich 24·6 auf 21·1 vH zurückgegangen ist, obwohl der Verbrauch stetig gestiegen ist. C l.

Die Elektrizitätsversorgung in Großbritannien. (Sechster Jahresbericht der Elektrizitätskommissäre. 1. April 1925 bis 31. März 1926.[1]) Im Berichtsjahre wurde das Elektrizitäts-(Versorgung-)Gesetz vom Jahre 1926 im Parlament eingebracht.[2]) In der Zeit, während welcher an dem Wortlaut dieses Gesetzes gearbeitet wurde, haben die Elektrizitätskommissäre die Prüfung von solchen Projekten, vor allem von Übertragungsleitungen und Werkskupplungen in gewissen Distrikten, auf welche sich das im Entstehen begriffene Gesetz bezog, aufgeschoben. Hingegen herrschte im Berichtsjahre hinsichtlich der Stromverteilungsprojekte große Regsamkeit, da hiebei die Beziehungen zu dem erwähnten Gesetze geringer waren. Am Ende des Berichtjahres betrug die Gesamtzahl der statutarischen Stromlieferanten in Großbritannien 596; hievon waren 358 öffentliche Körperschaften und 238 Firmen. Gegenüber dem vorhergehenden Berichtsjahre sind 28 Stromlieferungsunternehmungen zugewachsen. Die Zahl der außerstatutarischen Unternehmer war 593. Gegenüber dem Vorjahre hat sich die Produktion an kWh um 9·5 vH gehoben, welcher Steigerung nur ein Mehrverbrauch an Kohle und Koks von 5·2 vH gegenübersteht. Der Verbrauch an flüssigen Brennstoffen ist sogar um 28 vH gesunken. Die Stromerzeugung hat sich gegenüber dem Jahre 1920/21 um fast 60 vH gehoben, wobei der Brennmaterialverbrauch pro kWh stetig sank. Die von den autorisierten Unternehmungen verkaufte elektrische Energie ergibt einen Stromverbrauch von zirka 44 Mill. kWh, das ist von 125 kWh pro Kopf der Bevölkerung. Hiebei ist die von den Bahnwerken und Nichtautorisierten erzeugte Energie nicht berücksichtigt. Zu Ende des Berichtsjahres waren in acht Elektrizitätsbezirken Projekte zur Verbesserung der Stromversorgung in die Tat umgesetzt. Die Elektrizitätskommissäre haben Neubauten und Vergrößerungen von Kraftwerken im Ausmaße von zirka 580 000 kW genehmigt (gegenüber zirka 480 000 kW im Vorjahre). Hievon entfallen 46 460 kW auf neue Kraftwerke. Es wurde 42 Konsensansuchen betreffend Errichtung von Übertragungsleitungen stattgegeben (hievon 16 für 33 000 V und eine für 66 000 V). 891 Ansuchen um Erlaubnis der Darlehensaufnahme standen in Behandlung, wovon 588 genehmigt wurden. Die genehmigten Anleihen beliefen sich auf 9·685 Mill. Pfd. und es entfielen hievon 31·6 vH auf maschinelle Einrichtungen. Auch wurden Ermächtigungen um Aufnahme von Betriebskrediten erteilt. Vier Ankaufbewilligungen wurden erteilt und sechs Ansuchen um Herabsetzung des Strompreises wurden eingebracht. Von 194 Ansuchen um Baubewilligung von Freileitungen wurden 187 genehmigt. Es lagen 24 Gesuche um Verleihung von Wegerechten vor, auf welche 17 Bewilligungen erteilt wurden. — Am Ende des Berichtsjahres waren 60 Angestellte beschäftigt. Die administrativen Ausgaben be-

[1]) Vgl. den 5. Bericht „Das Elektrizitätswerk", 1926, S. 53.

[2]) Vgl. „Das Elektrizitätswerk" 1926, S. 65.

Digitized by Google

liefen sich insgesamt auf 53 000 Pfd. Da mit Ende 1924 4 997 963 000 kWh verkauft waren, so entfiel auf jeden Unternehmer die Zahlung einer Jahresbeisteuer von 2·54 d je 1000 verkaufte kWh. In dem mit 31. Dezember 1925 endenden Jahre wurden 5 515 345 000 kWh, also um über 10 vH mehr als im Vorjahre, verkauft. Ad.

(The Electrician, Bd. 97, Nr. 2533, Dez. 1926.)

Kohlenförderanlagen einiger amerikanischer Großkraftwerke. Dipl. Ing. A. Rywosch unterscheidet zwischen Transport vom Schiff oder Wagen zum Speicherplatz und dem Transport vom Speicherplatz zur Kesselanlage. Je nach der örtlichen Lage wird die Ausführung verschieden.

Das Weymouth Kraftwerk[1]) (Boston, erster Ausbau 60 000 kW, Vollausbau 350 000 kW) erhält die Kohle auf Kähnen und Schiffen mit kleinen Luken. Für die Entladung sind zwei elektrisch betriebene Aufzugstürme vorgesehen mit einer Leistung von je 400 t/h. Die Türme laufen auf einer Brücke, die gleichzeitig Conveyorbänder führt, auf welche die Becher für je 2 t der Aufzugstürme ihre Kohle abgeben. Von den Conveyorbändern wird die Kohle entweder direkt dem Kraftwerk zugeführt oder auf einen Lagerplatz für 100 000 t gebracht. Letzteres geschieht durch einen 75 m Brückenkran, dessen Ausleger unter das Band der Turmbrücke greift und von diesem die Kohle ebenfalls auf ein Band übernimmt, das auf dem Brückenkran zu jeder beliebigen Stelle des Lagers verfahren werden kann. Vom Lager wird die Kohle im Bedarfsfalle durch einen 6 t Kran aufgenommen und auf den Brückenkran gebracht, der sie über einen Bunker und einen geneigten Conveyor auf das Band der Turmbrücke schafft. Dasselbe führt über eine Brecheranlage zum Kraftwerk. Die Leistung des Bandes beträgt 400 t/h, kann aber bei Vollausbau verdoppelt werden.

Das Philokraftwerk[2]) (Ohio, 35 000 kW, Vollausbau 210 000 kW) bezieht die Kohle in Güterzügen. Es besitzt ein Trockenlager für 100 000 t und ein Wasserbecken für 300 000 t, in dem leicht selbstentzündliche Kohle aufgespeichert wird. Die Zufuhr erfolgt auf vier Gleisanlagen, die zum Teil zur Ermöglichung der Aschenabfuhr das Krafthaus durchqueren. Die Entladung erfolgt durch Entladetrichter, soferne die Waggons hiefür eingerichtet sind, andernfalls durch einen Greifer-Brückenkran, der das ganze Unterwasserbecken überspannt. Dieser Kran befördert auch die Kohle vom Wasserlager zu den zwei fahrbaren Brechern, die sie dem Trockenlager über zwei schräge Bandconveyors zuführen. Die in die Entladetrichter geleerte Kohle wird durch vier flache trogförmige Conveyors zu einem Brecher transportiert, der sie auf etwa 10 cm³ Größe vorbricht. Von diesem Brecher gelangt die Kohle durch Kippvorrichtungen auf ein endloses Gummiförderband, das sich über das gesamte Trockenlager erstreckt und vom Brückenkran entleert wird. Die vom Kraftwerk benötigte Kohle wird durch die zwei Greifer des Brückenkranes dem Trockenlager entnommen und einer Brecheranlage zugeführt, die sie mit einer Leistung von 300 t/h auf eine Stückgröße von 2 cm³ bringt. Mittels eines Fördergurtes wird die Kohle über eine automatische Wage vom Brecher zum Kesselhausbunker geführt.

Beim Hudson-Avenue-Kraftwerk[3]) (150 000 kW, Vollausbau 400 000 kW) wird die Kohle von Fähren mittels Greifer gehoben und zu einem fahrbaren Bunkerturm geführt. Es sind zwei derartige Türme für eine Leistung von je 250 t/h vorhanden. Für die Aufzugsbewegung des Greifers dient ein 625 PS-Motor, für das Verfahren des Greifers ein 75 PS-Motor, zum Verfahren des Turmes ein 60 PS-Motor. Um in 24stündiger Arbeit die Leistung der beiden Türme zu ersetzen, wären 18 000 Arbeiter nötig. Von den Bunkern läuft die Kohle durch Brecher und Mahlanlagen in einen weiteren Bunker, von wo sie den Kesselhausverteilleitungen zugeführt wird. E l l.

(Fördertechnik u. Frachtverkehr, Bd. 19, Heft 23, 1926.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 35.
[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 602.
[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S 199; El.-Werk, S. 40.

Zur Frage der Kostentragung bei Umwandlung von Gleichstromnetzen in Wechselstromnetze bringt G. J. George ein Beispiel. Die Notwendigkeit, das noch mit Gleichstrom betriebene ältere Netz auf das innere Stadtgebiet einzuengen, veranlaßte die Stromlieferungsgesellschaft der Stadt Cansas City, V. St. A., bei etwa 2000 Abnehmern die Umwandlung der Einrichtung für Gleichstrom auf eine solche für Wechselstrom durchzuführen. Auf Grund von Aufzeichnungen, Preislisten und Schätzungen wurde der Originalwert der Anlagen festgestellt und durch eine gleichwertige Wechselstrom-Installation ersetzt, wobei der Abnehmer nur für die Entwertung seiner Einrichtung im Laufe des Jahres aufzukommen hatte. War zum Beispiel eine Anlage um 1000 Dollar erstanden worden und zehn Jahre im Betrieb, so wurde für eine Neuanlage im Werte von 1000 Dollar nur 500 Dollar berechnet. Die Durchführung vollzog sich im allgemeinen widerspruchslos. Diejenigen Abnehmer, die sich ursprünglich geweigert hatten, ihre Einrichtung ersetzen zu lassen, wurden durch die fortschreitende Umwandlung gezwungen, nachzugeben oder auf einen Strombezug überhaupt zu verzichten.

St. Schw.

(Electrical World, Bd. 88, Nr. 25, 1926.)

Über Elektrizitätswerbung in Amerika. Der große Fortschritt Amerikas im Reklamewesen drückt sich auch in der Elektrizitätswerbung aus. Gegenüber unserer Art der Werbung fallen gleich die Unterschiede auf. Man wirft der amerikanischen Reklame mit Unrecht vor, daß sie marktschreierisch und kindisch ist, sie ist, im Gegensatz zur unseren, fast immer psychologisch ganz ausgezeichnet abgefaßt. Behrmann in Zürich bespricht an Hand von Beispielen die amerikanische Werbung. Er findet hiebei die wesentlichste Forderung der Reklame, daß der Wunsch nach dem Besitz die Hemmung des Geldopfers überwindet, erfüllt. Hiezu müssen einerseits die Vorteile klar geschildert werden, andererseits aber auch der Preis genannt werden, wogegen sich die europäischen Erzeuger im Gegensatz zu den amerikanischen aus tausend Gründen, aber keinem stichhältigen Grunde sträuben. Die Werbung muß anschaulich die Vorteile des Erzeugnisses schildern und nie zuviel dabei voraussetzen. Für einen Haartrockner zum Beispiel genügt es nicht, ihn bloß abzubilden, es muß seine mannigfache Anwendbarkeit geschildert werden, indem man, allenfalls bildlich, zeigt, wie rasch man die Haare trocknen kann, wenn die Zeit schon drängt, daß man Strümpfe noch anziehen kann, wenn man auch erst kurz vor dem Ausgehen merkt, daß sie Kotspritzer haben, die man erst auswaschen muß, worauf das Trocknen vom Haartrockner in kürzester Zeit besorgt wird: Beweisgründe, die dem Fachmann selbstverständlich erscheinen, aber auf die Käuferschichte, die Frauen, sicher wirken. Der Hinweis, daß der empfohlene Apparat der beste ist, genügt nicht, es muß gezeigt werden, warum er es ist, wodurch er sich von der Konkurrenz vorteilhaft unterscheidet, ohne jedoch Nachteile dafür einzutauschen. Unterstützt wird diese Bewegung durch eine ausgezeichnete Fachpresse für Elektrizitätswerbung. Eine sorgfältige Statistik läßt auf die Kaufkraft und Aufnahmsfähigkeit der Bevölkerung sichere Schlüsse ziehen. So wird zum Beispiel von 31 Städten verschiedenen Charakters gezeigt, wieviel in jeder auf Nahrung, Kleidung, Möbel, elektrische Geräte, Luxuswaren, verausgabt wird. Daraus kann der Kaufmann ersehen, ob sich ein Werbefeldzug für einen gewissen Artikel überhaupt eignet und wenn, welche Menge ungefähr dafür in Betracht kommt. Die Musterschaufenster werden nicht in abgelegene Straßen, sondern in die verkehrsreichsten verlegt, ein Grundsatz, gegen den zum Beispiel eine führende deutsche Firma in Berlin verstoßen hat. V. H.

(Elektrizitätswerbung, Bd. 1, Heft 2, 1926.)

Digitized by Google

Elektrifizierung der russischen Landwirtschaft. Nach dem Bericht der Gesellschaft für landwirtschaftliche Elektrifizierung in Sowjet-Rußland „Elektrostoi" über ihre zweijährige Tätigkeit wurden bis zum 1. Oktober 1926 Aufträge für 2·1 Mill. Rubel auf Anlagen für landwirtschaftliche Zwecke ausgeführt; Aufträge über 5·2 Mill. Rubel gehen auf das nächste Jahr über. Es wurden 33 500 einzelne Bauernwirtschaften elektrifiziert, mit einer Motorenkraft von insgesamt 3800 PS. Nach den Voranschlägen sollen 1926/27 weitere 37 500 Bauernwirtschaften vollständig elektrifiziert, mit einer Motorenkraft von 4270 PS versehen und aus neuen Kraftwerken mit einer Kapazität von 3270 kW beliefert werden. Der Bau der neuen Kraftwerke soll zu je 70 vH aus einem langfristigen Kreditfonds finanziert werden. Die Baukosten der ländlichen Kraftwerke konnten im Durchschnitt von 725 Rubel pro kW in 1924 auf 700 Rubel in 1926 verringert werden.

(Elgawe-Tagesfragen Nr. 8.)

Literaturbericht.

3421 **Die deutsche Elektrizitätswirtschaft.** Von Dr. Gerhard Dehne (Finanz- und Volkswirtschaftliche Zeitfragen. Herausgegeben von Geh. Rat Prof. Dr. Georg v. Schanz und Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Julius Wolf, 91. Heft) 68 Seiten mit 5 Abb. Verlag von Ferdinand Enke in Stuttgart, 1926. Preis geh. Mk. 4·50.

Von den in Deutschland vorhandenen Energiequellen ausgehend, wird eine Übersicht über die Stromversorgung der einzelnen Teile Deutschlands gegeben, die die Leistung und Stromerzeugung der großen Kraftwerke, die Zusammensetzung der großen Stromversorgungsgesellschaften, die Hochspannungsleitungen, die wirtschaftlichen Zusammenhänge und die gegenseitige Stromlieferung umfaßt. Zum Schluß werden kurz die Konzentrationsbestrebungen, die Beziehungen zwischen den Elektrizitätswerken und dem Staat und die weiteren Aufgaben der Elektrizitätsversorgung besprochen, wobei der Verfasser an den bestehenden Verhältnissen sehr scharfe Kritik übt. Das Buch enthält sowohl technisch als auch wirtschaftlich das Wichtigste über das behandelte Thema. J.

Geschäftsberichte und Betriebsergebnisse.

Elektrizitäts- und Straßenbahn-Gesellschaft Linz. (Aus den Geschäftsberichten für 1924 und 1925.) Im Jahre 1924 wurde eine sehr bedeutende Investitionstätigkeit entfaltet, die den Buchwert der Anlagen um mehr als 21 Milliarden, den der Liegenschaften um mehr als 4 Milliarden K steigen ließ. Die Investitionen kamen fast zur Gänze den Elektrizitätsanlagen und der Stromversorgung zugute. Die Hauptausgabe erforderte der Anschluß an das Partenstein-Kraftwerk, und zwar unter anderem die Errichtung einer neuen Hauptschaltstation, die Verlegung eines 6·2 km langen unterirdischen Hauptspeisekabels, den Bau einer 6 km langen Freileitung usw. Ferner wurde der Umbau des alten Ein- und Zweiphasennetzes auf Drehstrom fortgesetzt, wobei sechs Transformatoren gegen zwölf neue ausgetauscht wurden. Für das Überlandnetz der Strecke Nettingsdorf — Enns — Mauthausen — Grein — Freistadt wurde in Wegscheid eine Transformatorenstation errichtet. Ferner wurden über 32·4 km neue 10 000 V-Leitungen geführt und Leitungen von rund 50 km Länge angekauft. Ende 1924 hatte das Hochvoltüberlandnetz eine Länge von 381·9 km, das Niedervoltverteilungsnetz von 347·7 km, das Linzer Kabelnetz 172 km. Der Gesamtanschlußwert des Netzes war im Jahr 1914 9589 kW mit nutzbar abgegebenen 6 843 742 kWh, 1925 26 056 kW mit 25 817 790 kWh. Lichtstrom kostet nun 72 g/kWh, gegen 80 Gh im Frieden, bei Pauschanschlüssen ohne Zähler 68 g für 10 W im Monat, gegen 50 Gh im Frieden, der Kraftstrom 28 g/kWh gegen 30 Gh im Frieden. Die Gesellschaft beabsichtigt, in Zukunft die Investitionstätigkeit auch der Erweiterung des Bahnnetzes zuzuwenden. Sie verfügt über eine große, nicht ausgenützte Stromreserve, so daß die erhoffte Ausdehnung ihres Stromgeschäftes die Selbstkosten weiter vermindern würde. Überdies haben die Lieferfirmen für absehbare Zeit Strompreiserleichterungen in Aussicht gestellt. Die Gesellschaft hat einen Rayonierungsvertrag mit dem Elektrizitätswerk Wels und der Firma Stern & Hafferl abgeschlossen, wodurch ihr das gesamte nördlich der Donau gelegene Oberösterreich und die Bezirke Linz, Steyr und Enns als Stromversorgungsgebiet zugewiesen sind. Den Strom bezieht sie größtenteils aus dem Großkraftwerk Partenstein der Oweag, aber auch von den genannten beiden Gesellschaften. Die eigene Dampfkraftanlage dient nur zur fallweisen Aushilfe. Die Bahnlinien, einschließlich der Pöstlingbergbahn, haben eine Gesamtlänge von 14·4 km. Ende 1925 beschäftigte die Gesellschaft 492 Personen, davon 88 Beamte. Fast drei Viertel davon entfielen auf den Bahnbetrieb. In der Goldbilanz per Ende 1925 stehen die Bahn- und Beleuchtungsanlagen mit 17·7 Mill. S zu Buch, das A.K. beträgt 12·5 Mill. S, die Kapitalsreserve 4·125 Mill. S. Aus dem Reingewinn von 512 000 S (417 500 i. J. 1924) wird eine Dividende von 4 vH verteilt (6000 K je Aktie oder 1500 vH auf das A. K. von 250 Mill. K i. J. 1924).

Elektrowerke A.-G.[1]) (Aus dem Geschäftsbericht für 1926.) Aus dem Reingewinn von 5 062 029 (5 009 421) Mk. gelangt eine Dividende von 8 vH wie im Vorjahre zur Verteilung. Vorgetragen werden 187 029 (134 421) Mk. Aus der Bilanz sind zu erwähnen unter Aktiven (in Mill. Mk.) Gruben 13·79 (11·87), Kraftwerke 87·5 (78·5), Fernleitung usw. 14·5 (12·3). Das Geschäftsjahr erbrachte neben Ausdehnung des Geschäftsbereiches der Elektrowerke und Hebung ihres Überlandabsatzes eine Verminderung der Industrienabnahme, so daß insgesamt die Stromerzeugung (1486 Mill. kWh gegen 1577 Mill. kWh i. V.) eine geringe Senkung erfuhr. Die Stromerzeugung wurde beeinflußt durch technische Umstellungen bei den größten industriellen Abnehmern der Elektrowerke, nämlich den Mitteldeutschen Stickstoffwerken. Die hierdurch verursachte Einschränkung des Strombezuges wird sich auch im neuen Geschäftsjahr noch bemerkbar machen. Dagegen ist der Absatz an die Landesversorgung gestiegen. Auch waren die Elektrowerke in der Lage bei Störungen im Betriebe ihrer Abnehmer in besonders starkem Maße durch Aushilfslieferungen einzuspringen. Die von den Elektrowerken betriebene zentrale Großversorgung hat gerade im Berichtsjahre ihren Nutzen besonders augenfällig gezeigt. Erweiterungen der Kraftwerke kamen in Betrieb. Mit diesen Erweiterungen besitzt nunmehr das Kraftwerk Zschornewitz an installierter Maschinenleistung 230 000 kW, Trattendorf 90 000 kW, Lauta 88 000 kW. Die Beteiligungen der Elektrowerke haben sich befriedigend entwickelt. Von der Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt A.-G.[2]) sind den Elektrowerken im Berichtsjahre 8 vH, von der Überlandwerk Oberschlesien A.-G. 5 vH, von den Elektrizitätswerken Liegnitz 9 vH. und von den Braunschweigischen Kohlenbergwerken 10 vH Dividende zugeflossen. Von den Kapitalserhöhungen der Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt A.-G. und der Elektrizitätswerke Liegnitz übernahmen die Elektrowerke den ihrer Beteiligung entsprechenden Anteil.

(Elgawe-Tagesfragen Nr. 20.)

Berichtigung.

Österreichs Energiewirtschaft. Von Dr. P. Beck, Wien. „Das Elektrizitätswerk", Nr. 3, Beilage zu E. u. M. 1927, Heft 12.

Die dem Buche von Dr. J. Ornig beigegebene „Energiewirtschaftskarte von Österreich" wurde nicht von dem genannten Autor, sondern ebenso wie die „Landkarte der Wasserkraftnutzung in Österreich", von Herrn Ing. H. Grengg entworfen. D. S.

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, Anz., S. 7 und 115; Das Elektrizitätswerk 1926, Seite 109.

[2]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1925, S. 322.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien. V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS
ELEKTRIZITÄTSWERK
BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.
Heft 5 | 15. Mai 1927 | 4. Jahrgang

INHALT: *Die internationale Konvention über die Kraftleitung und Kraftnutzung. Von Dr. Heinrich Schreiber, Wien. S. 41. / Kohle, Öl, Elektrizität und Gas. Von Ing. C. Reindl, München. S. 42. RUNDSCHAU. S. 48.*

Die internationale Konvention über die Kraftleitung und Kraftnutzung.

Von Dr. Heinrich **Schreiber**, Wien.

Es ist ein besonderes Kennzeichen der Distanzunternehmungen, daß sie sich nicht mit der eigenstaatlichen Normung ihres Bestandes und Betriebes begnügen können, sondern daß sie darauf angewiesen sind, beim Grenzübertritte keiner Hemmung zu begegnen und Einlaß und Gastaufnahme, Zulassung und geordnete Verhältnisse zu begehren. Diese Erwägungen und Erfordernisse bilden den Grundpfeiler zwischenstaatlicher Verkehrsbeziehungen, auf den sich der Eisenbahnverkehr, die Schiffahrt, der Luftverkehr und mancherlei Belange des Wirtschaftsverkehres usw. stützen. Dabei sei ganz davon abgesehen, daß das Bestreben nach internationaler Annäherung und Geltung auch das formale Recht verschiedentlich in seinen Bann zieht, wie die Bemühungen zur Schaffung einer internationalen Rechtsangleichung im Handelsgesetze, Strafrecht, Wechsel-, Scheckrecht, Urheberrecht und dergleichen bekunden. Mit der Befreiung der Welt, die nach dem großen, langen Kriege der Völkerbund auf sein stolzes Panier geschrieben hat, hat dieser völkerversöhnende und vermittelnde Gedanke immer weiter gegriffen und tiefe Wurzel geschlagen. Kann es da Wunder nehmen, daß auch der Wasser- und Elektrizitätswirtschaft, der ihre produktionsfördernde Fernwirkung den Wesensinhalt verleiht, die Weltgeltung zugemessen wird und daß der Völkerbund es sich angelegen sein läßt, auch hier die Grenzpfähle niederzulegen und dem internationalen Verkehre eine Gasse zu bauen? Die Wegfreiheit für elektrische Leitungen, wie sie für unser Ländergebiet das Elektrizitätswegegesetz vom Jahre 1922 so glücklich und gedeihlich begründet hat, ist eine nationale Ordnung, die internationale, die dem Flusse des elektrischen Stromes und der Auswertung der Wasserkräfte die Benutzung fremden Staatsgebietes erschließen soll, hat nunmehr der Völkerbund geschaffen. Es geschieht dies mittels zweier Übereinkommen, die in Genf zwischen den Mitgliedern des Völkerbundes schon im Jahre 1923 vereinbart worden sind, und jetzt durch die Kundmachung im B. G. Bl. vom Jahre 1927 unter Nr. 54 und 55 in Kraft gesetzt werden. Diese Staatsverträge haben einerseits die Durchleitung (die Durchfuhr) elektrischer Energie durch das Gebiet der Vertragsstaaten zum Gegenstand und andererseits die Nutzbarmachung von Wasserkräften, an denen mehrere Staaten beteiligt sind. Die Richtlinien beider Übereinkommen sind dahin abgesteckt, eine Verständigung zwischen den Teilnehmerstaaten über die Bedingungen zu erleichtern, unter welchen die Durchleitung elektrischer Energie durch ihr Gebiet gesichert und die Erhebungen und Arbeiten zur Nutzbarmachung der Wasserkräfte auf ihrem Gebiete zugelassen und geduldet werden sollen. Diese Einigung erstreckt sich bei den Leitungen auf die Errichtung und Erhaltung derselben, auf die Bestreitung der dadurch erwachsenden Unkosten und Lasten, auf die technische Aufsicht, den Meldedienst und die Schlichtung der Streitigkeiten; bei den Wasserkräften auf Bau, Erhaltung und Betrieb der Werke, auf die Gegenleistungen und Haftpflichten, auf die finanzielle Zusammenarbeit der Staaten, auf den Überwachungs- und Sicherheitsdienst, die Regelung der Wasserverhältnisse und der Schiffahrt, sowie desgleichen die Austragung von Streitfällen. Der Tenor der Abmachungen ist dahin gerichtet, daß die Vertragsstaaten sich darin unterstützen, sich jeweils zu solchen Verhandlungen bereithalten und den Willen bezeigen, gemeinsam und einträchtig vorzugehen und sich zu gegenseitigem Beistande die Hand zu reichen, um die der Planwirtschaft und der Rationalität günstigste Lösung durch Verbundwirtschaft und Sammelschienen zu suchen und alle Erwägungen zu berücksichtigen, die berechtigterweise zur zweckdienlichen Wahrung der gemeinschaftlichen volkswirtschaftlichen Interessen erhoben werden müssen. Doch ist bei der Durchleitung des Stromes die Einschränkung in den Kauf zu nehmen, daß mit der Durchfuhr nicht auch die Erzeugung, Verwertung oder Transformierung der Elektrizität mitlaufen darf und im allgemeinen ist sowohl bei der Durchleitung des Stromes wie bei der Nutzung der Wasserkräfte der Vorbehalt ausbedungen, daß dieses Einvernehmen dann aussetzen kann, wenn mit dem Anspruche eine schwere wirtschaftliche Schädigung oder nationale Einbuße eines Vertragsteiles verbunden wäre. Füglich ist auch die Reziprozität insoferne gewahrt, als die fremde Leitung oder Arbeit selbstverständlich auf keine günstigere Behandlung zählen kann, als sie dem inländischen Unternehmen zuteil wird. Vorangestellt ist somit die Oberhoheit des Ursprungslandes, die aber den nachbarlichen Verhältnissen gebührliche Konzessionen macht, wenn es gilt, dem lebendigen Verkehrsbedürfnisse, das über die Grenzen flutet und vor engstirnigen Schranken keinen Halt machen kann, freie Betätigung zu gönnen. Der hohe Wert dieser Konventionen liegt also vor allem darin, daß sie die bedeutendsten Kulturstaaten bei der Verwertung einer der gewichtigsten modernen Verkehrsgüter, wie es die Energie ist, nach freiem Willen und im gegenseitigen Einverständnisse durch einen Freundschaftsakt aneinander binden. Er liegt aber weiters darin, daß gerade die elektrische Energie und die Kraftwirtschaft es ist, der auf diese Art das Ziel gesetzt wird und die Mittel zu seiner Erreichung

Digitized by Google

geboten sind, den Zug der Wegfreiheit unbeirrt und unbehindert durch künstliche Grenzschranken und Zollmauern über weite fremdstaatliche Landstriche fortzusetzen. Wie lange hat es gedauert, bis sich unsere Volksvertretung zu einem Elektrizitätgesetze aufschwingen konnte! Welche Mühsal hat es gekostet, welche Schwierigkeiten waren zu überwinden, um das Leitungsgesetz unter Dach und Fach zu bringen! Ganze Jahrgänge unserer Zeitschrift legen Zeugnis davon ab, wieviele Enqueten, Gutachten und welche Eindringlichkeit der Sprache dazu gehörten. An der Neuordnung des Wassergesetzes, welches für die Energiewirtschaft nicht minder lebensnotwendig ist, scheitern selbst jetzt noch alle Bestrebungen. Umso höher ist es anzuschlagen, mit welcher Raschheit und wie ohne viel Aufhebens die Regelung eines internationalen Elektrizitäts- und Wasserrechtes, für welche die beiden Konventionen den passend geschnitzten Rahmen abstecken, unter der allerdings großmächtigen Patronanz des Völkerbundes vonstatten gegangen ist. Dieser Rahmen aber umschließt ein für die weitsichtige und großzügige Elektrizitätspolitik überaus anheimelndes Bild: Es wird für die natürlichen Kraftquellen und die von ihnen erzeugte Energie ein internationaler Standort und Durchgangsverkehr etabliert, es werden der Ein- und Ausfuhr von elektrischem Strom die Grenzen geöffnet und so der Energie die Freizügigkeit gewährleistet, die diesem allbeherrschenden Fluidum nach Wesen und Wirkung die Flügel strafft und spannt.

Kohle, Öl, Elektrizität und Gas.

Von Ing. C. **Reindl**, München.

Die deutsche Energiewirtschaft, und zwar gerade ihr der Kohle nahestehender Teil, geht den Weg der möglichsten Ersparnis an Kohle — das möchte fast widersinnig erscheinen — und zugleich der Konzentration oder besser gesagt der Monopolisierung der Brennstoffe.

Die gegenwärtige, durch den englischen Bergarbeiterstreik und dessen Ausnützung für Geschäfte auf längere Sicht, wenn deshalb auch nicht zu höchsten Gelegenheitspreisen, gebesserte Lage der Kohlenindustrie (Steinkohlenförderung Deutschlands 1926: zirka 139·5 Mill. t; 1925: 132·6 Mill. t; dagegen 1913: 190·1 Mill. t) wird manchmal fälschlich auf den Wasserkraftausbau zurückgeführt und gesagt, der Wasserkraftausbau sei deshalb volkswirtschaftlich ungesund und sei zu bremsen. Die Verfechter dieser Richtung bedenken aber nicht, wie wenig Einfluß die Wasserkraft-Elektrizitätsversorgung auf den Kohlenverbrauch hat: der Verbrauch der gesamten öffentlichen Elektrizitätsversorgung Deutschlands beläuft sich an Stein- und Braunkohle nur auf etwa 4 bis 5 vH des gesamten Kohlenverbrauches, wogegen die öffentliche Gasversorgung 8 bis 9 vH beansprucht, und unter Einschluß der die Allgemeinversorgung um das Dreifache übersteigenden industriellen Eigen-Elektrizitätsversorgung findet man, daß nur etwa 20 vH des Inlands-Kohlenverbrauches in elektrische Energie umgesetzt werden; darunter sind aber insbesondere für den etwa 8 vH der Gesamtmenge betragenden Teil der elektrochemischen und sonstigen chemischen Großindustrie gewaltige Mengen von schlecht oder nicht transportierbarer Kohle. Die aus Wasserkraft gewonnenen rund 3 Milliarden kWh entsprechen nur etwa 2 vH des deutschen Kohlenverbrauches. Der wichtigste Kohlenverbraucher mit einem Anteil von rund 30 vH an der deutschen Förderung ist die Eisenindustrie, und in deren verschlechterter Weltkonjunktur liegt der Grund für die Kohlenabsatzkrise als einer ebenfalls weltwirtschaftlichen Erscheinung.

Selbst wenn man, statt dem Beispiel des Kohlenlandes Amerika zu folgen, das trotz oder gerade wegen seiner beispiellosen nüchtern wirtschaftlichen Kalkulationsgabe innerhalb des dritten Quartals 1926 (Juli bis September) gegenüber dem gleichen Zeitraum 1925 bei einer Steigerung der erzeugten elektrischen Arbeit um 14·55 vH den Wasserkraftanteil daran um 18·3 vH und den Wärmekraftanteil nur um 10·9 vH erhöhte[1]), umgekehrt vorgehen und die wärmeerzeugte elektrische Arbeit um 20 vH steigern wollte, so würde trotz der völligen Ausschaltung der Wasserkraft die Förderung nur um zirka 3·5 vH zunehmen[2]).

[1]) Anteil der Wasserkraftarbeit in Deutschland zirka 17 vH, in Amerika (für 1926) dagegen 36·7 vH der Gesamt-Jahresarbeit.

[2]) Vgl. die graphische Darstellung in E. u. M. 1926, Heft 43, E.-W., Heft 11, S. 107.

Der auf die Kohle eingestellte Teil der Energiewirtschaft verfolgt immer intensiver die Ziele: Verbilligung der Kohle selbst, dadurch mittelbar Verbilligung der mit ihrer Hilfe gewonnenen Produkte, wozu auch die elektrische Arbeit gehört, ferner unmittelbare Ersparnis an Kohlenverbrauch und dadurch mittelbar Ausschaltung anderer Energiequellen — Wasserkraft — und Hebung des Kohlenverbrauches eben durch deren Ausschaltung. Daß es in diesen Bestrebungen den kohleproduzierenden Kreisen aber nicht um die Verbilligung der Enderzeugnisse, nicht um volkswirtschaftliche Gesichtspunkte zu tun ist, geht recht unzweideutig aus der Stellungnahme des Reichskohlenausschusses vom 25. Jänner 1927 hervor; im Anschluß an die Errungenschaften der Kohleverflüssigung wurde betont, „daß die zunächst übersehbaren Wirkungen dieses neuen Verfahren auf die deutsche Kohlenwirtschaft nicht überschätzt werden dürfen. Selbst wenn es gelänge, auf diesem Wege die gesamte Öleinfuhr des deutschen Reiches zu decken, würde die Deckung dieses Einfuhrüberschusses im Jahreswert von rund 175 Mill. Mk. nur den Verbrauch von etwa 3 bis 4 Mill. t in Anspruch nehmen."[3]) Das will sagen: Die Unabhängigmachung unserer Ölbeschaffung und der Wegfall an Geldabwanderung erscheinen deshalb unwichtig oder nicht empfehlenswert, weil zu wenig Kohle dafür verkauft wird!

Die Senkung der Kraft- und Wärmekosten wird als eine notwendige Voraussetzung verbilligter Produktion betrachtet. Nur von diesem Ziel sollten alle Pläne der Elektrizitätswirtschaft wie der gesamten Energiewirtschaft geleitet werden, ohne Monopolbestrebungen der Erzeugerkreise wie des Reiches hinsichtlich der Energiequellen, der Erzeugungsstellen, der Höchstspannungs- wie der Ferngasleitungen. Einheitlichkeit in der Planung, eventuell Konzessionszwang, für die Errichtung neuer Groß-Erzeugungsanlagen für Elektrizität und Gas, für die Großverteilung (Höchstspannungsleitungen, Ferngasleitungen) und sinngemäß auch für alle erheblichen Erweiterungen bestehender Anlagen, soweit sie Verschiebungen in der Erzeugung und Verteilung nach sich ziehen, wären Voraussetzungen, selbstverständlich frei von einseitig fiskalischem oder privatwirtschaftlichem Übergewicht innerhalb der begutachtenden Zentralstelle.

In der unmittelbaren Kohlenverfeuerung sind die Erfolge der Dampfturbinen- und Kesseltechniker gegenüber 1914 bekannt. Auf diesen Wegen dürfte man mit Drücken bis zu etwa 40 at und Temperaturen um 400 bis 450° auf absehbare Zeit am Ende der Entwicklung betrieblich unbedingt zuverlässiger Einrichtungen und an jener Grenzlinie angelangt sein, jenseits welcher die Mehrung der Anlagekosten und der Instandhaltung den Gewinn an Wärmekosten wieder aufzehrt. So macht Gercke in einem Vortrag am 28. Februar 1927 in

[3]) VDI-Nachrichten 1927, Nr. 5, S. 3.

Digitized by Google

München darauf aufmerksam, daß sich bei einem neuzeitlichen Dampfkraftwerk mit allen höchstgetriebenen wirtschaftlichen Einrichtungen das ausgebaute kW auf etwa 400 Mk. stellte, gegen 250 bis 300 Mk. der üblichen Vergleichsrechnungen. Dafür treten in der Energiewirtschaft anscheinend andere Richtungen in den Vordergrund.

Weiterhin gilt es einmal, die nicht transportablen Kohlensorten durch Veredlung (Brikettierung, Verkokung) in einen Zustand zu bringen, in welchem möglichst hoher Wärmeinhalt mit möglichst geringem Transportgewicht verbunden ist, dann auch die an sich einen Transport lohnenden Kohlensorten nicht mehr „einstufig" durch bloße Verbrennung unter dem Kessel auszunutzen, sondern eine „mehrstufige" Ausnutzung vorzunehmen, wobei nach Abspaltung anderer verkäuflicher Erzeugnisse (Öle, Gas, Ammoniak) schließlich noch hochwertiger Brennstoff (Koks) verbleibt. Vor allem treibt dazu die Ausbreitung der Verbrennungskraftmaschinen in ihren beiden Hauptgattungen: den Motoren für leichte Brennstoffe bis etwa 230° Siedetemperatur (Explosionsmaschinen) für die Land- und Luftfahrzeuge, und den Motoren für schwerere Brennstoffe, den stationären Verbrennungskraftmaschinen bis zu derzeit 15 000 PS bei einem Verbrauch von 240 g/kWh, den Schiffsmotoren und neuerdings Diesellokomotiven; schließlich treten dazu die Schweröle zur Verfeuerung unter Kesseln vorwiegend für Schiffe und eventuell Lokomotiven. Es sei hier nur auf den Vorteil der Ölfeuerung bei Turbinenlokomotiven hingewiesen, deren Tender mit den Kondensationsanlagen für einen Öltank ungleich bequemer werden wie für einen Kohlenvorrat.

Die Kohlenveredlung darf grundsätzlich in zwei Klassen geschieden werden, nämlich Verfahren mit großem Koksanfall und solche mit geringem oder nur den Eigenverbrauch des Verfahrens deckendem Koksanfall. Die deutschen Kokereien, welchen das Gas Nebenprodukt ist, stoßen wohl die fünffache Menge Koks aus gegenüber den Gasanstalten und die Unterbringung dieser Koksmengen bietet heute schon Schwierigkeiten, so daß die Frage nach demjenigen Kohlenveredlungsverfahren, welchem die Zukunft gehören wird, vorwiegend eine Frage der Unterbringung des Kokses nächst der Frage nach dem Maximum der Ausbeute an hochwertigen flüssigen Treibmitteln zu werden scheint.

Neben der Vergasung mit dem Hauptzweck der Leuchtgasgewinnung und der Verkokung mit dem Hauptzweck der Koksgewinnung haben zunächst die Verschwelungsverfahren[4]), das ist die Erhitzung der Kohle unter Luftabschluß bei Temperaturen unter 500° zum Austreiben der flüchtigen Bestandteile unter Rückstand von Schwelkoks von etwa 6000 bis 7000 WE Heizwert mit leichter Entflammbarkeit (zur Staubfeuerung geeignet), Beachtung und industrielle Auswertung gefunden. Die Nebenprodukte, Teer zur Weiterverarbeitung nach Farbstoffen, Benzin, Leichtöl, Paraffin und Pech, sowie das Gas und hieraus Gasbenzin, vermögen soviel einzubringen, daß nach Königsheim[5]) die Gestehungskosten der elektrischen Energie, welche für ein Kraftwerk von 45 000 kW installierter Leistung bei 4000 Stunden/Jahr mit 2·1 Pf./kW angesetzt sind, mit Schwelanlage und Teeraufbereitung bei einem Teergehalt der Rohbraunkohle von 6vH schon auf 1·25 Pf., bei 10 vH Teergehalt sogar auf 0·1 Pf./kWh sinken, wobei die Rechnung nicht optimistisch aufgemacht erscheint. Statt des Koksanfalles tritt hier der Anfall an elektrischer Energie auf im Ausmaß von 120 Mill. kWh jährlich; die Teerausbeute läßt sich zu etwa 18 000 bis 30 000 t entsprechend obigen Teergehaltsziffern schätzen, wozu etwa 750 t Benzin treten.

Die riesigen Koksmengen, welche bei diesen Verfahren[6]) den fünf- bis zehnfachen Betrag vom Gewicht der gewonnenen Öle bezw. des Teeres ausmachen, müßten den Brennstoffmarkt ins Wanken bringen und der daraus folgende Preissturz für den Koks würde alle Rentabilitätsrechnungen stürzen. Loebinger rechnet a. a. O., daß zur Erzeugung von 1/4 der im Jahre 1924 aus den deutschen öffentlichen Elektrizitätswerken gelieferten Wärmekraftarbeit (6 Milliarden kWh) nach Umstellung der anteiligen Dampfwerke auf Staubfeuerung der Koksanfall aus 6 Mill. t Rohkohle zu verfeuern wäre und auf dieser Voraussetzung der Absatzsicherung baut sich die Verallgemeinerung seiner Bevorzugung des Schwelverfahrens auf. Die Verschwelung dieser Kohlenmenge gibt aber neben dem Koksanfall für 1/4 der deutschen Dampf-Elektrizitätswerke nur etwa 300 000 t Teer zur weiteren Raffination, wogegen beim „koksfreien" Kohle-Verflüssigungsverfahren zur Gewinnung des ganzen deutschen Ölbedarfes von etwa 800 000 t nur etwa 2 Mill. t Kohle oder nur rund 13 vH der zu verschwelenden Kohlenmenge ohne Belastung des Marktes mit Koks und ohne den Zwang zur Umstellung bestehender Feuerungsanlagen zwecks Aufnahme des Koksüberschusses aufzuwenden sind.

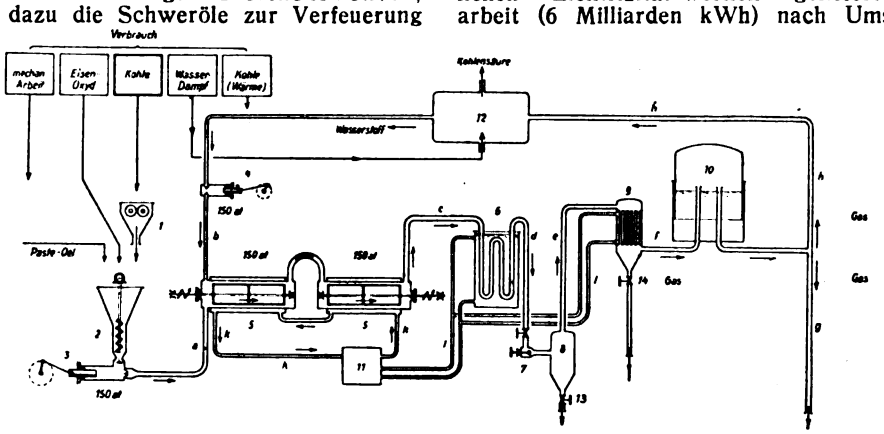


Abb. 1. Apparatur einer Bergin-Anlage mit kontinuierlichem Durchsatz.

Die koksfreie Überleitung der Kohle zum Öl ist auf mehrfachen Wegen möglich. Man kann durch Vergasung der Kohle den Kohlenstoff als Kohlenoxyd austreiben und diesem dann die gegen vorher verdoppelte Menge Wasserstoff zuführen, so daß aus dem im Verhältnis 1 : 16 stehenden festen Wasserstoff-Kohlenstoff-Gemisch „Kohle" synthetisch das im Verhältnis 2 : 16 stehende flüssige Gemisch „Öl" wird. Der entstandene Methylalkohol wird in die verschiedenen Betriebsstoffe auf bekannten Wegen umgewandelt. Über dieses Verfahren der I. G. Farbenindustrie und ein weiteres Ver-

[4]) Loebinger, „Die Auswertung der Braunkohle insbesondere durch das Schwelverfahren der Kohlenveredlungs G. m. b. H."; Die Braunkohle 1926, Heft 46 und 47, S. 992 und 1019.

[5]) Königsheim, „Der Einfluß der Schwelerei auf die Wirtschaftlichkeit von Braunkohlenkraftwerken"; Elektrizitätswirtschaft 1926, Heft 414, S. 321.

[6]) Vgl. E. u. M. 1926, Heft 50, TWN, S. 234, „Die neuen Bestrebungen zur wirtschaftlichen Ausnutzung der Brennstoffe".

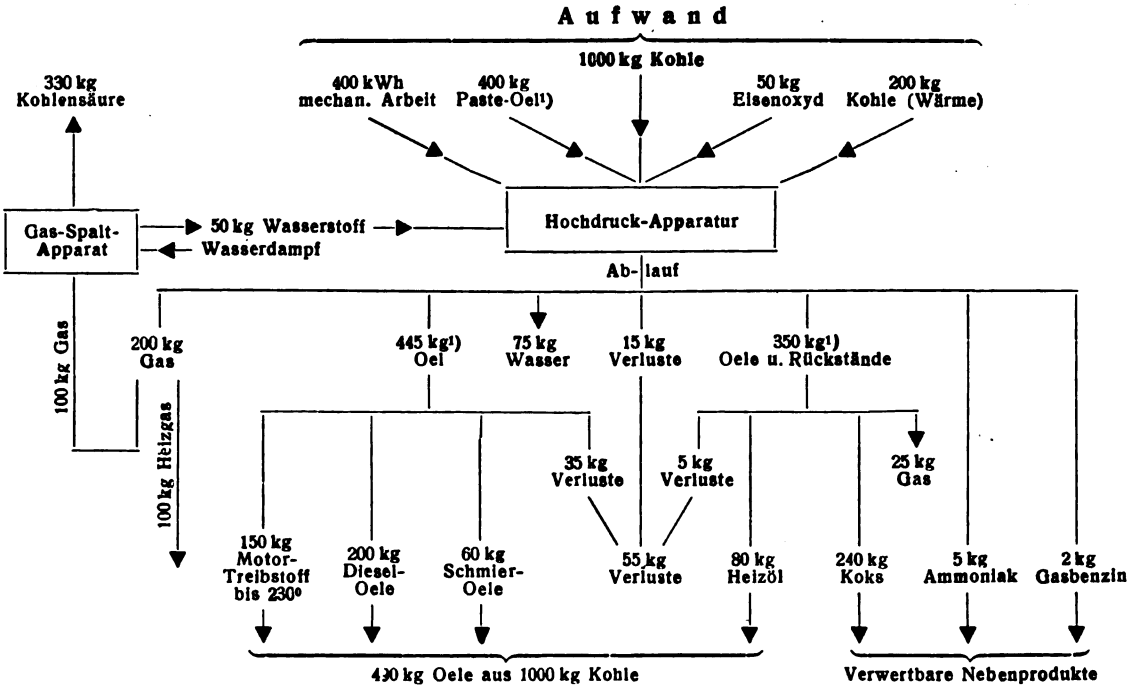
Digitized by Google

fahren, das bei Atmosphärendruck arbeiten soll, ist Näheres bisher nicht bekannt; nach Ersterem sollen bereits erhebliche Mengen Methanol seitens der I. G. Farbenindustrie erzeugt werden.

Im Vordergrund des Interesses steht, insbesondere seit dem Internationalen Kohlenkongreß in Pittsburg[7]) im November 1926, das sogenannte Hydrierungsverfahren von Prof. Dr. Bergius, welcher dort über seine Methode berichtete[8]). Er beläßt den bereits in der Kohle befindlichen Wasserstoff darin und fügt den unter einem Druck von 150 bis 160 at bei einer Temperatur von 350 bis 400° aufgeschlossenen Kohlemolekülen die restliche Menge Wasserstoffes zu. Dabei ist genaue Einhaltung von Druck und Temperatur Voraussetzung, um eine teilweise Verschwelung zu verhüten. Die wirtschaftliche Durchführung im Großen verlangt kontinuierlichen Betrieb; um nun den kontinuierlichen Durchsatz, das heißt das fortlaufende Einbringen der Kohle aus der Atmosphäre in die unter genanntem Druck stehende Apparatur einerseits und die kontinuierliche Entnahme der festen, flüssigen und gasförmigen Produkte andererseits aus der Hochdruckapparatur in den drucklosen Raum zu ermöglichen, mußten erst in langer Arbeit die Wege gefunden werden. Die Schwierigkeit wurde durch Brechen der Kohle und Vermischung mit Öl zu einer durch Pumpen förderbaren Paste überwunden. Im Prinzip ist die Apparatur, wie sie in der 1918 zu Rheinau geschaffenen Versuchsanlage mit industriellen Abmessungen im Dauerbetrieb arbeitet, in der Abb. 1 dargestellt[9]).

Die in einem Mahlwerk 1 vermahlene Kohle wird in einem Mischer 2 mit dem Zusatz von minderwertigen Ölen (etwa 30 bis 40 vH) und 5 vH Eisenoxyd (zur Verhinderung der Verschwelung) vermischt und durch eine Transportschnecke als dickflüssige Paste der Hochdruckpumpe 3 zugeführt. Von hier wird der Brei durch die Leitung *a* in die beiden hintereinander geschalteten Autoklaven 5 gepreßt, deren erstem zugleich der Gaskompressor 4 die zusätzliche Wasserstoffmenge zudrückt. Die Autoklaven stehen unter einem Druck von rund 150 at und unter einer sorgfältig gleichzuhaltenden Temperatur, die Masse wird durch den Einpressungsdruck innerhalb etwa 15 min durch die beiden Gefäße geführt und durch Rührwerke in intensiver Berührung mit dem Wasserstoff gehalten. Im ersten Apparat findet bei 300 bis 350° eine Aufschließung der Kohlemoleküle durch das Zusammenwirken von Druck und Temperatur statt, wonach im zweiten Apparat vorwiegend die Anlagerung des zusätzlichen Wasserstoffes an die Kohlenmoleküle bei zirka 420° bis zur Anreicherung auf zwei Teile Wasserstoff zu 16 Teilen Kohlenstoff erfolgt. Die Autoklaven von 8 m Länge und mehr bei einem Durchmesser von 1 m und größer besitzen Mantelheizung durch ein nicht brennbares, unter dem gleichen Druck stehendes Gas, so daß die durch den Innendruck und die hohe Temperatur stark beanspruchten und der Kontrolle unzugänglichen Mäntel der Reaktionsgefäße dadurch vom Innendruck entlastet werden. Außerdem wird eine sehr feine Regelung der Temperatur dadurch erreicht, so daß eine selbsttätige Gleichhaltung innerhalb weniger Grad möglich ist. Durch das Rohr *c* wird die hydrierte Paste weiter gedrückt, in der Kühlschlange 6 gekühlt und im Entspannungsventil 7 auf Atmosphärendruck gebracht. Dieses Reduzierventil für den Durchgang fester, breiiger, flüssiger und gasförmiger Bestandteile bot ebenfalls erhebliche konstruktive Schwierigkeiten. Die verschiedenen Konsistenzen werden in einer Vorlage 8 getrennt: die festen bis flüssigen Bestandteile verlassen die Apparatur durch den Ablauf 13, während die gasförmigen Bestandteile über die Rohrleitung *e* und den Kondensator 9 teils als Kondensat bezw. Destillat durch den Ablauf 14, teils als Gas durch die Leitung *f* zum Gasometer 10 abgehen. Ein Teil des Gases wird über *h* einer Gasspaltapparatur 12 zugeleitet, welche unter Zusatz von Wasserdampf die zum Reaktionsprozeß nötige Wasserstoffmenge geringer Reinheit abspaltet und über den Kompressor 4 in stetem Kreislauf wieder dem Prozeß zuführt. Die freigewordene Kohlensäure entweicht oder kann anderswie verwendet werden. Auch das dem Kohlepulver beizumengende Pasteöl wird aus dem Ablauf der Apparatur bei 13 entnommen und zum

Tafel I. Verlauf der Kohle-Hydrierung.



¹) Die 400 kg Paste-Oel werden im Kreislauf aus dem Ablauf der Hochdruck-Apparatur durchgesetzt.

[7]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 9, S. 80 und Heft 16, S. 332.

[8]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 912.

[9]) Vortrag von Prof. Bergius am 11. Dezember 1926 vor dem Bund der Freunde der Technischen Hochschule München. Diesem Vortrag ist das hier über das Bergiusverfahren Gesagte entnommen.

Digitized by Google

Mischer 2 zurückbefördert, also gleichfalls im Kreislauf verwendet. Ähnlich in sich geschlossen ist der Wärmekreislauf: die dem heißen Ablauf bei 6 und 9 entzogene Wärme wird durch die Kühlmittelleitungen 1·1 der Wärmeaustauschanlage 11 zugeführt und dort unter Aufwendung einer entsprechend geringeren zusätzlichen Heizmittelmenge (Abgas, Koks aus dem Ablauf des Verfahrens) zum Aufheizen des Heizgases für die Autoklaven verwendet.

Alle Meßeinrichtungen, Regulier- und Kontrollorgane der Gesamtanlage sind an einer zentralen Stelle vereinigt, von der aus die Überwachung und Regelung des Prozesses durch den diensttuenden Chemiker erfolgt. Die Räume mit den Hochdruckapparaturen sind betriebsmäßig nicht von Personal besetzt, wodurch die Unfallsicherheit aufs höchste gesteigert wird; es ist eine dem Schaltstand der Kraftwerke ähnliche Einrichtung getroffen.

Die Ausbeute des Verfahrens geht am besten aus der Tafel I hervor. Die Zahlen schwanken je nach der Kohlenart in engeren Grenzen; bisher sind in der Rheinauer Versuchsanlage mit industrieller Apparatur für Dauerbetrieb etwa 3000 Versuche durchgeführt worden. Da die Kohle ohnehin gebrochen werden muß, kann mit Vorteil geringwertige Sortierung bis zum Grus und zur Staubkohle verwendet werden; Braunkohlen ergeben im Durchschnitt eine höhere Ölausbeute als Steinkohlen. Über die Verwendung des Verfahrens für Rohbraunkohle ist Näheres noch nicht bekannt geworden. Zur Hydrierung von 1 t Kohle sind etwa 400 kWh mechanische Arbeit (Kompressoren, Rührwerke usw.) sowie der Wärmeinhalt von 200 kg Kohle (Heizgas, Koks) und 280 kg Wasserdampf aufzuwenden. Es ergibt demnach 1 t Kohle brutto (das heißt einschließlich des Eigenverbrauches) die Ausbeute nach Zahlentafel II:

Zahlentafel II.

Ergebnisse des Bergiusverfahrens.

Produkt	Ausbeute in kg	Ausbeute in kWh
Motor-Treibstoffe bis 230° Siedepunkt	136	
Schmieröle	54·5	
Ammoniak (NH_3)	4·5	
Gasbenzin	1·8	
a) flüssige Stoffe	196·8	
Dieselöl	182	760
Heizöl	72·7	115
Koks (Staubfeuerung)	218	189
Heizgas	114	204
b) flüssige Stoffe	254·7	
davon Treib- und Brennstoffe aus *a*) und *b*)	392·5	
gewinnbare elektrische Arbeit aus *b*)		1 268
ab Eigenverbrauch		364
abgebbare elektrische Arbeit außer den Stoffen unter *a*)		904

Aus 1 t Kohle, welche bei unmittelbarer Verbrennung etwa 1400 bis 1700 kWh und sonst nichts liefert, lassen sich also durch Verflüssigung entweder

rund 200 kg Brennstoffe und Schmieröle und 904 kWh Arbeit, oder

rund 455 kg Brennstoffe und Schmieröle und der Eigenbedarf des Verfahrens

gewinnen; im ersteren Falle sind dies etwas mehr als die Hälfte der bei Verfeuerung gewinnbaren Arbeit und dazu das Doppelte bis Dreifache des Preises der aufgewendeten Kohle in Form der übrigen Produkte.

Dabei wird der Koksmarkt nicht durch neue Mengen beschwert, denn einer Ölausbeute von 1 t entsprechen folgende Verbrauchs- und Abgabeziffern:

Zahlentafel III.

Bei Erzeugung von 1 t Ölen aus Kohle fallen an:

Produkt		bei Verkokung	bei Verschwelung	bei Hydrierung
Kohlenaufwand	t	20	8·5 — 33	2·5
Koks-Ausstoß	t	8	2·3 — 9	0·490
Gasabgabe	t	5·4	0·7 — 2·5	0·125
Gasbenzin	kg		21 — 80	4·1

nebst den übrigen Produkten in geringen Mengen.

Bei der Beurteilung der Perspektiven, welche sich den Kohleveredlungsverfahren eröffnen, kann von der Frage abgesehen werden, welches Verfahren — ob das Bergius'sche Hochdruckverfahren oder eine synthetische Methode mit niedrigem Druck — angewendet werden wird. Die Erfahrungen im Großbetrieb sind noch zu sammeln, dazu werden die im Bau stehenden beiden Anlagen im Leunawerk bei Merseburg (I. G. Farbenindustrie) und im Ruhrgebiet beitragen helfen, während gleichzeitig eine große Schwelanlage der A.-G. für Kohlenveredlung auf der Grube Leopold in Edderitz für rund 400 t Tagesdurchsatz an Rohbraunkohle (rund 40 t Teer) und eine Schwelanlage auf der Grube Minna Anna für 1000 t Tagesdurchsatz (rund 100 t Teer) im Bau stehen.

Auf die vorteilhafte Kupplung einer kokserzeugenden und einer koksverbrauchenden Kohlenaufschließung hat bereits Bergius hingewiesen; man hat es in der Hand den Prozeß der Hydrierung bezw. die Verarbeitung von Koks- und Gasanfall so zu regeln, daß die Hydrierungsanlage zu einem gasgebenden und koksverzehrenden Betrieb wird. Das Bergingas mit zirka 5600 WE wird dabei dem Leuchtgas zugeführt, während der Koksanfall der Leuchtgasanstalt zur Wassergasherstellung verwendet und dieses zum kleineren Teil wieder dem Leuchtgas beigemengt, zum größeren Teil in Wasserstoff zerlegt und als solcher der Hydrierungsanlage zugeleitet wird, um sich mit der Kohle zu verbinden[10]).

Daneben vermag die Verbindung von Hydrierungsanlagen mit der Elektrizitätsversorgung erhebliche Bedeutung zu gewinnen, zumal dort, wo Wasserkraft und Braunkohle beieinander liegen (zum Beispiel das Alpenvorland, Rheinland). Die Berginanlage bezw. Hydrierungsanlage vermag hochwertiges Gas zum Betrieb von Großgasmaschinen als Grundbelastungsmaschinen an das Elektrizitätswerk abzugeben und Treiböl für Groß-Dieselmaschinen als Spitzendeckung und rasche Reserve bei Leitungsstörungen bereitzustellen. Am Beispiel für das Bayernwerk gezeigt, wäre zum Beispiel im Mittelpunkt der Wasserkraftversorgung bei München und ebenso etwa bei Nürnberg der Platz für Spitzenwerke großer Leistung mit jederzeit betriebsbereiten[11]) und energiewirtschaftlich höchstwertigen Ölmaschinen gegeben, wogegen bei den Kohlengruben am Gebirge die Hydrierungsanlagen zusammen mit den koks- und gasverarbeitenden Grundbelastungswerken gelegen wären. Der Öltransport würde dabei nur auf etwa 50 km bezw. 200 km zu erfolgen haben gegenüber heute etwa 500 bis 700 km ab Hamburg nach jenen Orten. Die Frachtersparnis für das Treiböl würde den höheren Gestehungspreis der Kohle aus den Gruben des Voralpenlandes wieder ausgleichen. Muß man bei einem Dampf-Spitzenwerk immerhin mit 0·8 kg Kohle/kWh rechnen, so würde auf dem Weg über das durch Hydrierung gewonnene Öl für 1 kWh etwa 2 bis 2·5 kg Kohle aufzuwenden sein und dafür

[10]) Vgl. a. zur Nedden, „Die Gaswirtschaft als ein Teil der deutschen Energiewirtschaft"; Das Gas- u. Wasserfach 1926, Heft 22, S. 442.

[11]) Die 10 000 kW-Dieselmaschinen in Hamburg sind zum Beispiel innerhalb 8 min vom Stillstand aus synchronisiert und belastet und ergaben einen Brennstoffverbrauch zwischen Vollast und Halblast von 234·2 240 g/kWh.

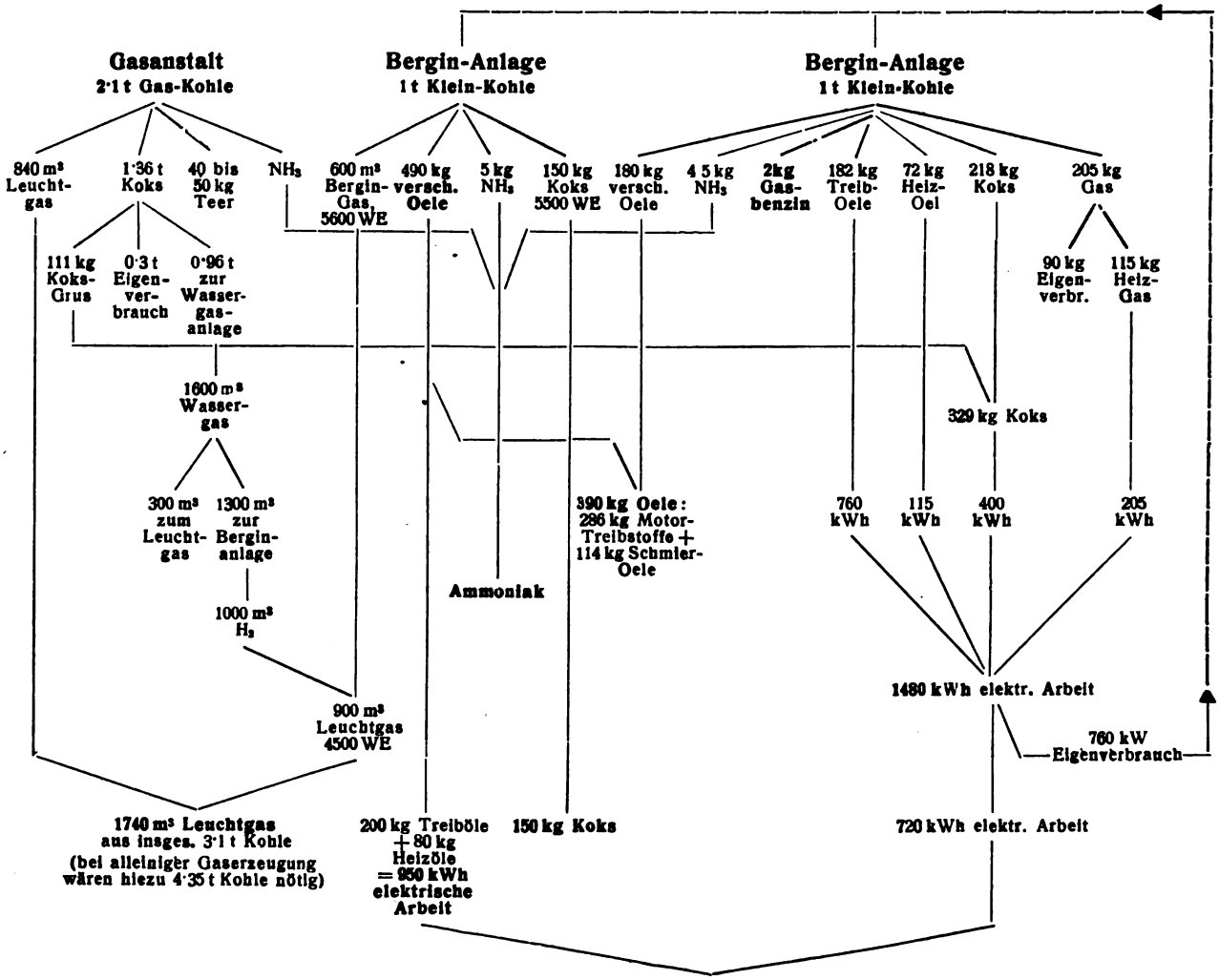
Digitized by Google

außer der hochwertigen Spitzen-kWh noch 350 g hochwertige Motorbetriebsstoffe, 150 g Schmieröle und 200 g Heizöl gewonnen werden, woraus neben dem Arbeitspreis der kWh noch etwa 20 Pf. erlöst würden.

Eine Vereinigung von Gaswerk, Hydrierungsanlage und Elektrizitätswerk habe ich in der Tafel IV darzu-

In gleichem Maße scheint dies für Bahnkraftversorgung zu gelten. Das anfallende Treiböl kann dort neben dem Betrieb von Spitzendeckungsmaschinen und Störungsreserven zur Versorgung von Ölmaschinen-Triebwagen und Diesellokomotiven auf geringer belasteten Strecken, im Vorort- und Stoßverkehr usw.

Tafel IV.



Schema einer kombinierten Gaswerks- und Bergin-Anlage. **Schema einer Bergin-Anlage mit Elektrizitätserzeugung.**

stellen versucht, welche eine nähere Erklärung wohl erübrigt. Man erkennt das Ineinandergreifen der Prozesse und die Wechselbeziehungen hinsichtlich Abgabe und Aufnahme (Verarbeitung) von Produkten der drei Verfahren unter sich, wobei der Eigenverbrauch in sich selbst Deckung findet. Ein Durchsatz von 2·46 t Kohle (1·2 t Kleinkohle und 1·26 t Gaskohle) erzeugt 1 Mill. kWh, 1·04 Mill. m³ Leuchtgas, 172 t Motorbetriebsstoff bis 230° Siedepunkt, 68·5 t Schmieröle, 90 t Koks (soweit nicht aufgearbeitet), 1·2 t Gasbenzin, 5·7 t NH_3.

Gerade im Rahmen der Wasserkraftausnützung erscheint die Kombination nach Tafel IV als wertvolle Ergänzung zu den Niedergefälle-Laufwerken und den speicherfähigen Jahreszeitenwerken für die örtliche Ausnutzung geringwertiger Kohlen und für die Spitzendeckung, Aushilfe in Jahren schlechter Wasserführung und Störungsreserve mit dem Vorteil, diese Spitzen- und Reserveanlagen in den Verbrauchsmittelpunkten — unabhängig von Fernleitungsstörungen — unterzubringen und billige Transportkosten ihres Brennstoffes über geringe Entfernungen erreichen zu können. Elektrizität als Kraft- und Lichtquelle und Gas als Wärmequelle sind dabei, wie im Gebrauch, so in der Gewinnung sich ergänzend eng verbunden.

dienen. Das Heizöl kann zur wirtschaftlichen Verfeuerung auf Dampflokomotiven nach Gegenden mit hoher Frachtbelastung der Tenderkohle zu einer verhältnismäßig geringen Fracht, auf den Heizwert bezw. auf die Arbeit am Triebradumfang bezogen, im Kesselwagen verfrachtet werden. Für die Schmieröle ist der Bahnbetrieb ebenfalls selbst Großverbraucher. Daneben treten die Binnen- und Seeschiffe immer mehr als Heizölverbraucher und als Treibölverbraucher hervor. Wenn man annimmt, daß das Heizgas und der Koks in Bahnkraftwerken verfeuert, das Heizöl ebendort oder auf Dampflokomotiven verbraucht, ferner daß $^1/_3$ des Treiböles zu Spitzen-Ölmaschinen in den Bahnkraftwerken und $^2/_3$ für Ölmaschinen-Triebwagen oder Lokomotiven verwendet werden, ergibt sich, daß 1 t Lokomotivkohle ersetzt werden kann durch 835 kg geringwertiger Kohle bei deren Hydrierung, wobei 400 kg Lokomotivkohle gleichwertig mit 120 kg Treiböl auf der Diesellokomotive (nach den Versuchsfahrten von Lomonossow) und 1 kg Lokomotivkohle auf dem Tender gleichwertig mit 0·5 kWh im Kraftwerk gerechnet sind[12]). Je nach örtlichen Kohlenvorkommen

[12]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 745.

Digitized by Google

und nach dem Absatzgebiet für Koks wird auch hier die Verschwelung mit Koksabgabe oder mit restloser Koksverfeuerung in einem Kraftwerk (zum Beispiel in Rohbraunkohlengebieten) gleichberechtigt neben der sozusagen von festen Brennmaterial-Rückständen freien Hydrierung in Gegenden mit beengtem Koksabsatz und mit Kohle hoher Ölausbeute bestehen. Nicht die Frage, welches Ölgewinnungsverfahren mehr Kohle verbraucht — wie es den kohle-produzierenden Kreisen privatwirtschaftlich wichtig wäre, jedoch hoffentlich im Gesamtinteresse nicht als maßgebend anerkannt wird — gibt den Ausschlag, sondern nächst der Größe der Ausbeute aus dem Minimum an Kohle ist die Koksfrage die „Achillesferse" der Kohlenveredlung[13]): was soll mit dem Koksanfall geschehen, der bei einigermaßen wesentlicher Erweiterung der Verschwelung frei wird? Das einzige Absatzgebiet dafür wird im Hausbrand mit 400 000 t im Jahr gesehen, dieses Absatzgebiet ist aber für weitere Mengen auch nicht mehr aufnahmefähig. Alles weist also auf die möglichst koksfreie Veredlung der Kohle hin, die aber der gesunden, fortschreitenden Wasserkraftwirtschaft keinen Riegel vorschieben will und kann, vielmehr nur ergänzend wirkt hinsichtlich Schaffung von Spitzenarbeits-Vorrat in Form flüssigen Brennstoffes. So bezeichnet es auch der zusammenfassende Bericht des Generalberichterstatters Nizzola über das Verhältnis zwischen thermischer und hydraulischer Energie (Weltkraftkonferenz Basel 1926)[14]) als namentlich „aussichtsvoll, ausgehend von den Brennstoffen, gleichzeitig chemische Stoffe (das sind Teere für die Farben- usw. chemische Industrie, sowie Kraftstoffe) und elektrische Arbeit (aus dem Schwelkoks oder aus den Treibölen) zu gewinnen und überdies die bei den heutigen thermischen Energieerzeugungsverfahren als Abfallprodukt freiwerdende Wärme auszunützen".[15])

Historisch älter als der Gedanke der Elektrizitätsversorgung über große Gebiete ist die Idee der Gasfernverteilung; W. Oechelhaeuser hat bereits in den siebziger Jahren vorgeschlagen, die Gasversorgung Berlins aus den Steinkohlenrevieren her unter Hochdruck vorzunehmen[16]). In den letzten Jahren haben sich diese Gedanken zu den Plänen eines Gasfernleitungsnetzes von der Ruhr nach Berlin, weiter zur Küste, dann von der Ruhr nach Cassel und über Leipzig nach Berlin, von Leipzig nach Cassel, ferner von Schlesien nach Berlin und nach Sachsen, schließlich von Mitteldeutschland nach München, ferner Köln, Mannheim, Stuttgart verdichtet[17]). Damit soll dem Gasanfall von rund 14 Mill. m³ der Kokereien, in welchen es sozusagen als Nebenprodukt der Eisenindustrie verfügbar ist und das Vierfache der Gaserzeugung der öffentlichen Gaswerke Deutschlands ausmacht, ein höherwertiges Verwendungsgebiet erschlossen werden. Gewisse Gedankengänge zielen dahin, dem „Vordringen der Elektrizität dadurch wirksam zu begegnen" ein energiewirtschaftlich falscher und mit größter Entschiedenheit abzulehnender Plan. Denn die Wirkungskreise der Elektrizitätsversorgung — Kraft und Licht — und jene der Gasversorgung — Wärmeerzeugung — können und müssen nebeneinander bestehen.

Ohne der zentralisierten Gasfernversorgung ihre Berechtigung und ihren Wert abzusprechen, muß wohl betont werden, daß die lokalen Gaswerke mitten in den Konsumgebieten des Kokses sitzen und daher mit billigerem Koks beliefern können als dies von den Grenzen des Reiches aus mit hoher Frachtbelastung möglich wäre. Auch auf die technischen Schwierigkeiten, in einem so großen und von verschiedenen Stellen mit Gasen von nicht völlig gleicher Zusammensetzung gespeisten Rohrnetz — dessen Bau und Betrieb an sich keine Schwierigkeiten machen würde — die Gasbeschaffenheit dauernd und überall gleichmäßig zu halten, und auf die gegenüber dem elektrischen Netz infolge der geringeren Vermaschung geringere Betriebssicherheit wird von manchen Seiten hingewiesen. Die Verbilligung des Ferngases an der entfernten Verwendungsstelle gegenüber dem Produkt der örtlichen Gasanstalt, deren wirtschaftlichste Arbeitsweise vorausgesetzt, wird zum Teil bezweifelt. Ebenso bedenklich muß aber an diesen Plänen erscheinen, daß dann die Gaserzeugung und der Koksmarkt in die Hände eines großen Syndikates der Zechenbesitzer, das sich heute schon für diesen Zweck zu bilden beginnen will, gelangt; eine solche Monopolisierung muß gerade für das Allgemeingut der Wärme unter allen Umständen abgelehnt werden. Auch die Koksschwierigkeit wird durch die Konzentration der Vergasung nur örtlich verschoben, und zwar für den Großteil der Koksverbraucher in ungünstigem Sinne, nicht aber gelöst. Nachdem die deutsche Elektrizitätswirtschaft sich gesund und monopolfrei, auch frei von staatlichem Monopol, entwickeln konnte, wäre es bedauerlich, wenn die Gerüchte wahr würden, wonach den kommunalen Gaswerken bereits Schwierigkeiten bei der Aufnahme von Anleihen in den Weg gelegt würden; in diesem Sinne spricht es allerdings auch, daß im erwähnten Ausschuß des Reichskohlenrates es „für die Gemeinden nicht als erstrebenswert" bezeichnet wurde, an den Ferngaswerken Beteiligung zu nehmen, damit sie kein Risiko auf sich nehmen müßten. Der wahre Grund könnte wohl eher in dem Bestreben der Kohlenkreise, die Führung zu behalten, liegen.

Es rollen sich also derzeit neue Probleme der Energiewirtschaft auf, die erhebliche Umwälzungen zu bringen versprechen und damit wertvolle Fortschritte in der Energiewirtschaft, soweit sie frei von Interessen einzelner Gruppen dazu benützt werden „die vielerlei Kohlenveredlungsverfahren, wie Vermahlung zu Staub, Brikettierung, Verkokung, Verschwelung, Vergasung, Hydrierung, chemische Synthese je nach Lage des Falles untereinander oder mit anderen Prozessen (Krafterzeugung, Fernheizung usw.) zu kuppeln".[18]) Zu diesem Komplex gehört noch als ebenso wichtiger Faktor die Wasserkraft.

Zu bedauern ist nur, daß diese für die allgemeine Energiewirtschaft erheblichen Vorarbeiten immer einseitig durch die der Kohle angehörenden Kreise geführt werden oder ihnen von den Reichsstellen übertragen werden. So hat nach Berichten das Reichs-Arbeitsministeriums wieder das Studium der Strompreis-Verhältnisse im In- und Ausland dem Reichskohlenrat übertragen und denselben zusammen mit Sachverständigen der Elektrizitätswirtschaft zu Gutachten über die Energiequellen und Energietransportkosten sowie die Grundlagen der Strompreisbildung aufgefordert. Ist die Wasserkraft mit ihrem (allerdings noch bescheidenen) Anteil von rund 17 vH an unserer Jahresarbeit etwa energiewirtschaftlich als nicht vorhanden zu betrachten und wird deren Ausbreitung nicht gewünscht? Sonst wäre es naheliegend, zu solchen Energiewirtschaftsfragen doch auch diejenigen Stellen und Verbände heranzuziehen, welche die Wasserwirtschaft sachverständig und unparteiisch zu vertreten berufen sind.

---

[13]) Fünfte techn. Tagung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Verein 1926; Diskussionsbeitrag Bömke (Sondertagungsheft der „Braunkohle").

[14]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 846.

[15]) Die Klammer-Bemerkungen sind vom Berichter beigefügt.

[16]) Allner, „Gasfernversorgung"; Die Braunkohle 1927, Heft 43, S. 964.

[17]) Vollversammlung des Technisch-wirtschaftlichen Ausschusses Reichskohlenrates am 25. Jänner 1927. Bericht in Braunkohle 1927, Heft 45, S. 1014.

[18]) Siehe Braunkohle, 1927, S. 1013.

Digitized by Google

Rundschau.

Zur Bewertung der wattlosen Arbeit eines Stromabnehmers mit dem Sinuszähler leitet W. Koch eine Beziehung zwischen dem Preis einerseits und den Ablesungen am kWh- und Sinuszähler andererseits ab, die mit praktischer Genauigkeit in weitem Bereich gültig ist. Werden mit c_1 die Erzeugungskosten je kWh, mit a die Verluste auf der Fernleitung je übertragenes kVA und mit c_2 der Betrag an festen Kosten (Verzinsung, Abschreibung, Erneuerung, allgemeine Unkosten und Gewinn) je kVAh bezeichnet, so stellt sich bei einer beliebig schwankenden Wattbelastung L_w und Blindlast L_b der Preis auf

$$P = c_1 \sum_0^T L_w \Delta t + c_1 a \sum_0^T \sqrt{L_w^2 + L_b^2}\,\Delta t + c_2 \sum_0^T \sqrt{L_w^2 + L_b^2}\,\Delta t \ldots . \quad (1).$$

Führt man die bekannte Näherungsformel

$$\sqrt{L_w^2 + L_b^2} = 0{\cdot}96\, L_w + 0{\cdot}4\, L_b,$$

die mit genügender Annäherung von Werten $L_w = 10\, L_b$ bis $L_w = L_b$ gültig ist, in obigen Ausdruck ein, so erhält man als Gesamtpreis, der dem Abnehmer bei Energieverkauf ab Kraftwerk anzulasten ist (das Glied mit a in Gleichung (1) verschwindet)

$$P = (c_1 + 0{\cdot}96\, c_2) \times \text{Angaben des kWh-Zählers} + 0{\cdot}4\, c_2 \times \text{Angaben des Sinuszählers}$$

und bei Abnahme ab Empfangsort

$$P = [c_1 (1 + 0{\cdot}96\, a) + 0{\cdot}96\, c_2]\, A_w + 0{\cdot}4\, (c_1 a + c_2)\, A_b.$$

St. Schw.

(ETZ, Bd. 47, Heft 45, 1926.)

Der Aufbau des Grundgebührentarifes. Dr. W. Lulofs, Amsterdam. Der Grundgebührentarif muß die wirklichen Kosten des Stromlieferanten berücksichtigen und unter Berücksichtigung des bisher in Geltung stehenden Einheitstarifes eine weniger starke Differenzierung der Strompreise anstreben. Zunächst ist die Festsetzung der gesamten Stromverteilungskosten, über die verschiedenen Hauptgruppen verteilt, notwendig. An Hand eines Beispieles (Amsterdam für 1924) wird gezeigt, daß die Hochspannungsverteilungskosten, die man auf die gesamte maximale Spitze gleichmäßig aufteilen kann, bei 57 000 kW einschließlich Verluste 17·50 fl (holl.) beträgt. Für die Niederspannungsverteilung sowie die Verwaltung (Installationsabteilung, Kontrolle, das Rechnungswesen, usw.) kann eine solche Kostenverteilung nicht mehr angenommen werden, da diese Kosten praktisch von der Anzahl der bedienten Installationen abhängig sind. Die Kosten der Niederspannungskabelanlage sind je Wohnung nicht konstant, größere Wohnungen haben mehr Kabellänge aber auch mehr Lichtverbrauch. Diese Faktoren kompensieren sich in Amsterdam derart, daß die Kapitalskosten des Niederspannungskabelnetzes für alle Arten Kleinabnehmer nahezu gleich sind. Die Niederspannungsverteilungskosten betragen 1·3 Cent je kWh, die Kosten je angeschlossene Installation 18·60 fl, der durchschnittliche Lichtverbrauch je Wohnung betrug 171 kWh, was bei 1570 Benutzungsstunden einer Maximalbelastung von 83·5 W entspricht. Aus diesen Angaben errechnen sich die gesamten Verteilungskosten je Wohnungsanschluß mit 21·66 fl oder mit anderen Worten, mit 16·5 Cent je kWh. Hiezu kommen noch die Erzeugungskosten, die in Amsterdam mit 4·1 Cent für die kWh angegeben werden. Kommt zum Lichtverbrauch noch Haushaltverbrauch hinzu, so sind dessen Erzeugungs- und Verteilungskosten zusammen nahezu in der gleichen Größenordnung wie die Erzeugungskosten beim Lichtverbrauch allein (4·2 Cent). Es ergibt sich daher, daß die durchschnittlichen Selbstkosten der Stromlieferung im Wohnhaus mit Grundgebührentarif im Jahre 1924 gleich 16·5 Cent je Licht kWh und ungefähr 4·2 Cent je insgesamt verbrauchte kWh (sowohl für Licht als auch für andere Zwecke) gewesen sind. Wenn in einer Wohnung nun x kWh Licht im Jahr verbraucht werden, während der Gesamtverbrauch der Installation im Monat n kWh beträgt, so sind die monatlichen Kosten:

$$\frac{16{\cdot}5\, x}{12} + 4{\cdot}2\, n,$$

worin das erste Glied einen monatlichen festen Betrag darstellt, während im zweiten Glied die veränderlichen Kosten je kWh berücksichtigt sind. Die Größe des ersten Faktors kann oft nicht auf Grund von Messungen bestimmt werden, man verwendet daher häufig die Größe und Zweckbestimmung des Raumes als Maßstab für die festen Kosten. Abgesehen von dieser Schwierigkeit ist nicht gesagt, daß dieser Tarif billig und gerecht genannt werden kann, außerdem ist er dort, wo Licht keine besondere Rolle spielt, wie für Kleinkraft, schwer anwendbar. Aus Statistiken wurde nun die Tatsache festgestellt, daß von dem Einkommen mit ganz unbedeutenden Abweichungen ein für alle Einkommensstufen fester Hundersatz (in Amsterdam 1·2 vH) für Elektrizität ausgegeben wird. Man könnte daher auch das Einkommen als Grundlage für die Bemessung der Grundgebühr nehmen. Ci.

(Elektrizitätswirtschaft, Jahrg. 25, Nr. 417, 1926.)

Die öffentlichen Abgaben der schweizerischen Elektrizitätswerke. Eine durch das Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke im Laufe des Jahres 1926 angestellte Umfrage bezüglich der Belastung der Werke mit öffentlichen Abgaben ergab folgende Aufstellung: An einmaligen Abgaben waren insgesamt zu leisten 4 947 094 Fr., an jährlichen Abgaben wurden 1925 insgesamt 26 817 040 Fr. abgeführt, und zwar in Form von Wasserzins 2 219 135, Gratisabgabe von Energie im Betrage von 1 227 772, Kapitalsteuer an den Staat 1 608 391, an die Gemeinden 1 061 882, Erwerbsteuer an den Staat 406 386, an die Gemeinden 522 038, an Gewinnanteil an die Kantone 1 333 271, an die Gemeinden 14 858 470 und an sonstigen Abgaben 2 098 561 Fr. Für die einzelnen Klassen von Elektrizitätswerken ergaben sich hiebei folgende Ziffern: Selbsterzeuger, die Energie hauptsächlich an Großabnehmer verkaufen, mit einer 1925 abgegebenen Energiemenge von 1185·6 Mill. kWh und 30 450 779 Fr. Einnahmen: einmalige Abgabe 1 895 889, jährliche Abgabe 3 205 950 (10·52 vH der Einnahmen) oder 0·27 Cts/kWh, Selbsterzeuger (Überlandwerke), die teils an Wiederverkäufer, teils an Selbstverbraucher verkauften, mit 798·3 Mill. kWh und 44 629 573 Fr. Einnahmen: einmalige Abgabe von 2 098 023, jährliche Abgabe 3 748 619 (8·4 vH) oder 0·47 Cts./kWh. Selbsterzeuger (Gemeindewerke), die hauptsächlich an Selbstverbraucher der eigenen Gemeinde liefern, mit 524·6 Mill. kWh und 62 536 230 Fr. Einnahmen: einmalige Abgabe 737 688, jährliche Abgabe 17 487 028 (27·9 vH) oder 3·3 Cts./kWh. Wiederverkäufer (Überlandwerke), die teils an Wiederverkäufer, teils an Selbstverbraucher liefern, mit 328·1 Mill. kWh und 23 309 064 Fr. Einnahmen: einmalige Abgabe 0, jährliche Abgabe 136 000 (0·58 vH) oder 0·04 Cts./kWh. Wiederverkäufer (Gemeidewerke), die nur an Selbstverbraucher der eigenen Gemeinde Energie abgeben, mit 142·8 Mill. kWh und 15 462 003 Fr. Einnahmen: einmalig 136 900, jährlich 1 885 769 (12·2 vH) oder 1·32 Cts./kWh. Wiederverkäufer im Besitze von Genossenschaften, Privaten oder Aktiengesellschaften mit Abgabe hauptsächlich an Selbstverbraucher der Heimatgemeinde 64·8 Mill. kWh und 4 395 153 Fr. Einnahmen: einmalig 73 794, jährlich 353 674 Fr. (8·03 vH) oder 0·54 Cts./kWh. — Da durch die Rundfrage 179, und zwar alle bedeutendsten, Werke erfaßt wurden, so kann das gesamte Ergebnis sich höchstens um 10 vH verschieben. Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß ein Sechstel der Einnahmen an die Staatskassen abgehen; doch wird das nicht als ein Unglück angesehen, da man annehmen muß, daß die Verbraucher sonst diesen Betrag in Form von direkten Steuern zu bezahlen hätten. St. Schw.

(Bull. d. Schweizer. Elektr. Ver., 18. Jahrg., Nr. 1, 1927.)

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS
ELEKTRIZITÄTSWERK

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 6 | 3. Juli 1927 | 4. Jahrgang

INHALT: Die elektrotechnische Woche zu Utrecht. Von Dr. R. Grann. S. 49. / RUNDSCHAU. S. 51. LITERATURBERICHT. S. 56.

Die elektrotechnische Woche zu Utrecht.

Vom Niederländischen Verband für elektrotechnischen Handel und Industrie (V. E. H. I.) veranstaltet fand vom 15. bis 18. März d. J. in Utrecht gleichzeitig mit der 16. niederländischen Messe die erste Tagung unter dem Namen „Elektrotechnische Woche" statt. Der erst seit kurzem bestehende Verband, gebildet aus den sieben führenden Organisationen auf elektrotechnischem Gebiet verfolgte den Zweck, ein Zusammenwirken auf den vielen gemeinsamen und übergreifenden Arbeitsgebieten durch persönliche Fühlungnahme der Mitglieder anzubahnen und es sollte gleichzeitig die Gruppe Elektrotechnik auf der Utrechter Messe neu ins Leben gerufen werden.

Die Einzelorganisationen und ihre Vertreter in der Leitung des V. E. H. I. sind: Die Vereinigung von Direktoren von Elektrizitätswerken (Dipl. Ing. Bellaar Spruyt und Dr. Lulofs), der Elektrobund (Ir. W. Huygens und G. Groeneveld), die Vereinigung von elektrotechnischen Großhändlern (Ir. A. J. v. d. Hoeven und Ir. C. van Delden), die Vereinigung elektrotechnischer Fabriken in den Niederlanden (Ir. Th. Rosskopf und Dr. Ing. N. A. Halbertsma), die Vereinigung der Arbeitgeber in der Elektroindustrie (C. W. van Seventer und W. Scheeres), die Handelsvereinigung der Metallindustriellen, Gruppe Elektrotechnik (Ir. J. T. Duyvis) und die Vereinigung von Direktoren der Stromverteilungsbetriebe (Dr. R. Kuipers und Ir. A. J. Th. Hofman). Im Rahmen der Veranstaltung fand auch eine Besichtigung des physikalischen Laboratoriums der Utrechter Universität (Prof. Ornstein) und der neuen Utrechter Zentrale statt. Im Nachstehenden soll an Hand der Darstellungen in einem Sonderheft von „Sterkstroom" (Bd. 5, Heft 6) darüber berichtet werden.

Der Vorsitzende des Verbandes, I. G. Bellaar Spruyt hebt in der Eröffnungsrede hervor, daß in der niederländischen Elektroindustrie, in Stromerzeugungs- und Stromverteilungsbetrieben 30 000 Menschen beschäftigt sind. Verschiedene Körperschaften und staatliche Stellen, die mit der Normung, Herausgabe von Vorschriften und Materialprüfung betraut sind, bestehen bereits. Zweck der Tagung ist, Besprechungen zwischen den beteiligten Kreisen einzuleiten über Hebung des Installationswesens, Förderung der ausschließlichen Verwendung tauglichen Materials, Regelung der Anbotstellung und Lieferungsbedingungen, Propaganda für Stromverbrauch für Haushaltungszwecke und neue Verbrauchseinrichtungen, ferner Regelung des Prüfungswesens.

An bemerkenswerten Daten führt der Vortrag an, daß an Stromkosten jährlich 100 Mill. holl. Gulden umgesetzt werden. 960 000, das sind 62 vH, der gesamten Wohnungen haben elektrischen Anschluß. Der Verbrauch pro Kopf ist geringer als in anderen Ländern, wobei aber zu berücksichtigen ist, daß der Konsum infolge des Fehlens elektrochemischer Fabriken in Holland nicht wie anderwärts erhöht erscheint[1]). Anfang 1927 waren 60 stromliefernde Werke mit einer Gesamtleistung von 650 000 kW in Betrieb, die eine Verteilung der Mittelspannung vorwiegend mit Kabelnetzen, der Nieder- und der Hochspannung hauptsächlich mit Freileitungen durchführen. 16 von diesen Werken haben mehr als 5000 kW Leistung und umfassen 95 vH der gesamten Stromerzeugung. Das Mittelspannungskabelnetz ist von außerordentlichem Umfang. In der Provinz Groningen allein versorgen 1000 km 10 kV Kabel 400 000 Einwohner; auf einen Einwohner entfallen 3 m Kabel. Die Anlagen und Netze sind nicht ausschließlich aber zum größten Teil ein Werk der holländischen Industrie, die darin auch den größten Aufgaben gewachsen ist; besonders hervorzuheben sind die Kabelindustrie, die Erzeugung von Heiz- und Kochapparaten und insbesondere die Glühlampen-, Verstärker- und Röntgenröhren-Fabrik Philips.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Das Elektrizitätswerk, S. 81.

Prof. Ornstein betont in seinem Vortrag die Notwendigkeit eines intensiven und geregelten Zusammenarbeitens zwischen Universität, technischer Hochschule und Industrie. Physikalische Forschung, Ausgestaltung derselben zur technischen Verwertbarkeit und Ausbildung der Fabrikation sind ihre Aufgaben. Das Laboratorium von Prof. Ornstein befaßt sich gegenwärtig in einer groß angelegten Untersuchung mit den dielektrischen Verlusten in festen und flüssigen Körpern, deren Ergebnisse für die Verbesserung zusammengesetzter Isolierstoffe und Beurteilung der Transformatoröle herangezogen werden sollen. Der zu untersuchende Körper wird als Dielektrikum eines Kondensators unter Spannung (Wechselspannung von 10, 50, 500 Per/s und Gleichspannung) gesetzt, die Temperatur und ihr zeitlicher Verlauf mittels Thermoelement verfolgt. Der Temperaturabfall nachher ist stets in gleicher Weise abhängig von der Spannung, unabhängig von der Frequenz; daraus schließt Ornstein, daß es im wesentlichen Leitungsverluste sind, während im allgemeinen bekanntlich der Verlust meist durch dielektrische Hysterese erklärt wird.

Ir. H. Keus sprach über die Bedeutung der elektrotechnischen Industrie für die Entwicklung der Elektrotechnik und ihre Abhängigkeit von hemmenden Einflüssen. Der Vortragende hält weitgehende Vorschriften und Anschlußbeschränkungen für elektrische Anlagen und Maschinen für nachteilig und insbesondere bei der Durchführung einer rechtzeitigen Normalisierung und Vereinfachung der Erzeugnisse der Industrie für hinderlich. Er hat dabei den wegen Befürchtung von Spannungsschwankungen erschwerten Anschluß von Kurzschlußmotoren im Auge, die er nachdrücklich mit Hinweis auf den SKA-Motor der Heemaf befürwortet. Aus diesen einengenden Vorschriften ergaben sich Verteuerungen, die der Entwicklung und allgemeinen Anwendung der Elektrizität vielfach abträglich gewesen seien. Überdies könnten solche die Fabrikation beeinflußende Vorschriften dahin führen, daß die Wettbewerbsfähigkeit mit dem Auslande mehr als durch ungünstige Zolltarife beeinträchtigt würde. Der Aufschwung der Automobil- und Radioindustrie wird dem Fehlen solcher Vorschriften zugeschrieben ebenso die große Entwicklung des elektrischen Licht- und Kraftverbrauches in Belgien, wo fast keine Regelung durch Vorschriften besteht. Die Diskussion brachte seitens Ehrenburgs und Prof. Hallo Entgegnungen, die eine Regelung im Interesse der Unfallverhütung, der Beseitigung unlauterer Konkurrenz durch Säuberung des Marktes von ungeeigneten Erzeugnissen und den Schutz der ihre stromliefernden Anlagen durch die Art der Stromabnahme beeinflussen-

Digitized by Google

den Verbraucher — was bei anderen Industrien nicht vorkommt — für notwendig erklärten und auf erzielte Erfolge insbesondere betreffs Leitungsmaterial hinwiesen. Die Vorschriften seien einer Normalisierung nicht hinderlich, doch müsse eine solche mit Rücksicht auf die Ausfuhr mit den Bestimmungen des Auslandes in gewissem Einklang stehen. Die Vereinheitlichung der Anschlußbestimmungen im Inlande wird für wünschenswert erklärt.

Ir. H. T. Baart de la Faille und Dr. N. A. Halbertsma sprachen über das elektrische Haus, ein Zukunftsbild, dem bereits Rechnung getragen werden müsse. Durch den 5 cts Tarif mit Grundgebühr gegen 30 bis 40 cts Zählertarif seien ganz neue Möglichkeiten für die Verwendung der Elektrizität im Haushalt eröffnet worden, die sich zuerst in der Eroberung neuer Anwendungsgebiete ausgewirkt hätten. Die Ausbreitung der indirekten Beleuchtung und ihre Anpassung an die Architektur stünden noch bevor und damit sei ein weites Feld für den Mehrkonsum offen. Für wirklich durchgreifende Verwendung der Elektrizität im Haushalt müsse der Strompreis noch niedriger sein und im gesamten Durchschnitt 4 bis 5 cts betragen. Weiter sei nötig, daß die Verbrauchsgeräte in vorzüglicher durch Prüfzeichen kenntlicher Ausführung durch billige Preise und Teilzahlungen allgemein zugänglich gemacht werden, wobei mit Recht auf den Abstand hingewiesen wird, der ungerechtfertigter Weise gegenwärtig noch zwischen einem Zähler und beispielsweise einem Staubsauger, der kein Präzisionsinstrument darstellt, im Preise besteht. Der ausgebreiteten Verwendung der Elektrizität muß bereits im Bauentwurf Rechnung getragen werden und bei der Verteilung der Lichtpunkte sollen neue Grundsätze platzgreifen. Sie sind nur selten, etwa im Speisezimmer, in der Mitte des Raumes anzubringen, sonst aber dort ganz verfehlt. Für jeden Raum wird wenigstens ein Steckkontakt gefordert; Schalter kombiniert mit Steckkontakt werden als wohlfeile Lösung empfohlen. In Amsterdam ergab eine Stichprobe 1914 auf 20 Lichtpunkte 5 Steckkontakte, 1926 deren 10. In einem Einfamilienhaus mit 2 Geschoßen mit je 3 Räumen und Nebenräumen und 700 bis 800 holl. Gulden Jahresmiete finden sich 16 Lichtpunkte, 11 Steckkontakte und drei solche kombiniert mit Schaltern auf drei Stromkreisen mit je 2·5 mm² Querschnitt, die in Amsterdam für Neuinstallationen Vorschrift sind. Ein 150 l Speicher liefert Warmwasser mittels Nachtstrom für Bad, Waschbecken, Küche und einen Auslauf; die Anlagekosten sind 250 holl. Gulden. Der jährliche Stromverbrauch wird mit 5000 kWh zu 2 cts. für den Speicher = 100 holl. Gulden und mit 1600 kWh zu 5 cts. = 80 holl. Gulden, zusammen 180 Gulden veranschlagt, dazu 5 Gulden monatlich Grundgebühr ergibt 240 Gulden jährlich oder 20 Gulden monatlich. An Einrichtungen ist als neu nur eine elektrische Waschmaschine zu nennen, die während des Betriebes mit einer Heizvorrichtung von 1200 W erwärmt wird. Um von an der Wand angebrachten Steckkontakten und langen Schnurleitungen unabhängig zu werden, sind „elektrische Möbel" vorhanden, die Anschluß an einen Steckkontakt im Fußboden und Schalter für daran angebrachte Einrichtungen, wie Stehlampen, Heizkörper und dergleichen besitzen. Telephon und Haustelephon, Signaleinrichtungen und Radio sind selbstverständlich vorhanden und auf Vermeidung von Störungen des letzteren Bedacht genommen. Schließlich werden zehn Forderungen als unerläßlich für die Durchsetzung der Elektrizität im Haushalt aufgestellt und von der Versammlung angenommen.

Über neue Anwendungen und Entwicklungsmöglichkeiten der Elektrotechnik vom Standpunkt des Stromerzeugers sprach Dr. W. Lulofs. Entwicklungsmöglichkeiten bestehen nur für jene Anwendungen, wo die ökonomischen Vorbedingungen, nämlich entsprechend niedriger Strompreis und billige Verbrauchsapparate gegeben sind. Die Vollbahnelektrifizierung ist im Gange, die Entwicklung der Straßenbahnen hat ihren Höhepunkt erreicht, großer Ausdehnung sind noch die elektrischen Pumpanlagen für Wasserhaltung fähig. Große Möglichkeiten scheinen noch in der Landwirtschaft offen zu sein. Hervorgehoben wird das Pasteurisieren der Milch unter unmittelbarer Einwirkung von 3000 bis 10 000 V indem die Milch selbst als Leiter dient und dabei erhitzt wird; die pasteurisierte, heiß abfließende Milch erwärmt die zufließende rohe Milch in einem Regenerativverfahren. Der Apparat ist mit Schaltern, Meßinstrumenten und Temperaturregler in einem Metallgehäuse ähnlich wie ein Gleichrichter eingeschlossen. Viehfutterbereitung mit Nachtstrom ist bereits häufig zu finden, hochgespannter Gleichstrom zum Zwecke der Wachstumsförderung von Pflanzen noch so gut wie unbekannt. Im städtischen Verbrauch ist in den letzten Jahren der Kraft- und Lichtverbrauch gleichmäßig gestiegen, der Verbrauch für Haushaltungszwecke in zunehmendem Maße. Der Grundgebührentarif der hiefür die Ursache ist, sieht die Tragung der Kapitalskosten zur Gänze durch den Lichtverbrauch der Haushaltung vor, so daß der Strompreis für andere Zwecke nur die Erzeugungs- und Fortleitungskosten umfaßt. Überdies besteht ein sehr niedriger Nachttarif. Zur Erhöhung des Verbrauches ist aber noch eine weitere Herabsetzung der Tarife anzustreben. Dampfkessel mit 90 vH und Dampfturbinen mit 25 vH Wirkungsgrad gestatten eine weitere Herabsetzung der Erzeugungskosten. Der Haushaltungstarif hat eine Verbrauchserhöhung auf das 2·8fache des reinen Lichtverbrauchs zur Folge gehabt. Der Nachttarif wird eine weitere Steigerung bewirken. Ein Staubsauger verbraucht durchschnittlich 15 kWh im Jahr; da in Amsterdam deren 65 000 in Gebrauch sind, bedeutet das 1 Mill. kWh. Bügeleisen mit 35 bis 40 kWh im Jahr sind 110 000 in Gebrauch und entsprechen 5 Mill. kWh im Jahr. 2000 kleine Warmwasserspeicher zu 6 l brauchen 1 Mill. kWh. Insgesamt aber beträgt der Verbrauch für alle Haushaltungen 32 Mill. kWh, so daß der größte Teil der Wohnungsheizung zugeschrieben werden muß, was ein Vergleich der Belastungskurve mit der Temperaturkurve für die Wintermonate bestätigt. Die elektrische Heizung eignet sich hauptsächlich für Räume, die nur vorübergehend und fallweise beheizt werden sollen, dann zur Unterstützung einer für tiefe Außentemperaturen nicht hinreichenden Zentralheizung. 1 kWh gibt 864 Kal. mit 100 vH Wirkungsgrad, 1 m³ Gas 4200 Kal. mit 70 vH, 1 kg Kohle 7000 Kal. mit 40 vH. Die elektrische Heizung gestattet aber eine weit günstigere Ausnützung durch verteilte Anbringung, wie dies zum Beispiel in einer Schule durch Verteilung der Heizung in Elemente von je 100 W bei jedem Sitz und außerdem sechs größere Heizkörper erprobt wurde. Vergleichende Versuche in gleichen Schulzimmern mit elektrischer Heizung von 10 kW bei 225 m³ Raum und Kohlenofen im anderen Fall zeigten, daß bei gleicher Außentemperatur mit verteilten elektrischen Heizkörpern 40 kWh im Tag gebraucht wurden, und mit einer einzelnen elektrischen Heizvorrichtung zur Nachbildung des Kohlenofens unter gleichen Bedingungen 106 kWh; oder nur 40/106 = 37·5 der erzeugten Wärme des Ofens werden richtig nutzbringend verwertet; dadurch stellen sich die Wirkungsgrade zueinander nicht wie 100 : 70 : 40 sondern wie 100 : 26 : 15. 1 kWh entspricht also 0·83 m³ Gas oder 0·83 kg Kohle. Bei einem Gaspreis von 4 cts/m³ ist dann Elektrizität schon mit 3·2 cts/kWh und Kohle mit 3·2 cts/kg wettbewerbsfähig. Von diesem Stand ist man nach Dr. Lulofs gar nicht weit entfernt. Die Speicher zerfallen in solche der offenen und der geschlossenen Type; die geschlossene wieder in zwei Arten, nämlich solche wo der Speicher bis zur Zapfstelle unter vollem Leitungsdruck steht und die entlastete Bauart, bei der ein Schwimmerhahn vorgeschaltet ist. Die Anbringung der ersteren erfolgt an beliebiger, die der letzteren an möglichst hoch gelegener Stelle des Verbrauchsgebietes. Die entlastete Type ist einfacher, billiger und vielfach aus Sicherheitsgründen zu bevorzugen. Bis zum 1. März waren in Amsterdam 1125 Speicher in Betrieb, der Verbrauch an heißem Wasser beträgt durchschnittlich 4·5 l pro Kopf und Tag; dies entspricht 250 kWh pro Kopf und Jahr und bei 100 000 von Speichern versorgten Personen dem sehr bedeutenden Verbrauch von 25 Mill. kWh jährlich.

Dr. R. Graun.

Digitized by Google

Rundschau.

Die Abgabe von Überschußenergie durch Rohzuckerfabriken. H. Kind untersucht diese Frage vom wirtschaftlichen Standpunkt aus für drei verschieden große Fabriksanlagen, und zwar für solche mit 8000, 16 000 und 32 000 q täglicher Rübenverarbeitung, wobei er annimmt, daß der Kraftbedarf je 100 kg Rüben/h 1·5 kW beträgt. Für den Dampfbedarf sind als Grenzfälle 40 und 60 kg je 100 kg Rüben zugrunde gelegt. Rechnet man für den Gegendruckbetrieb mit etwa 18 kg Dampf je erzeugter kWh, so ergibt sich ein Überschuß an Dampf von 17 bezw. 37 kg je 100 kg Rüben, der in Form von elektrischer Energie während der Kampagne, das ist während mindestens 1000 Stunden im Jahr (ungefähr durch 2 bis 3 Monate) abgegeben werden könnte[1]). Als Abnehmer kommen nur öffentliche Elektrizitätswerke in Betracht, die aber wegen der zu kurzen Zeit, innerhalb der diese Energiemengen verfügbar sind, wenig Neigung zur Aufnahme besitzen. Das ganze Problem der Verwertung von Überschußenergie kann man nur lösen, wenn viele verschiedene Werke zusammengefaßt werden. Ist dies der Fall, dann kann sich die öffentliche Elektrizitätsversorgung mit ihrer Eigenerzeugung entsprechend einstellen, und es besteht kein vernünftiger Grund mehr die Aufnahme von Überschußenergie abzulehnen. Das Werk würde in diesem Falle nur die Kohlenkosten für die aufgenommene Energiemenge sparen, da ja die Bedienungs- und Verwaltungskosten auch außerhalb der Kampagne weiterlaufen und könnte je übernommene kWh nur den Preis zahlen, der sich aus den Kohlenkosten abzüglich der Kosten für die Verzinsung und Abschreibung der Zuleitung ergibt. Für die Berechnung wurden die Kohlenkosten bei Steinkohlenfeuerung mit 3·2 Pf. je kWh und bei Baunkohlenfeuerung mit 2·3 Pf. je kWh angenommen. Für die Verzinsung und Abschreibung der Zuleitung wird mit einem Satz von 20 vH gerechnet. Der Erlös während der ganzen Kampagne ergibt sich dann aus: erzieltem Preis je kWh × Überschußleistung × 1000 Stunden. Diesem Erlös stehen die Aufwendungen der Zuckerfabriken gegenüber, die sich ergeben aus den Kosten für Verzinsung und Abschreibung des größeren Kapitalaufwandes, zuzüglich der Brennstoffkosten für die erzeugte Überschußenergie.

Es sind drei Fälle unterschieden: 1. Normalfall; Aufstellung einer normalen Gegendruckturbine mit einem Rad, Dampfdruck beim Eintritt 20 atü bei 325°, beim Austritt 2 atü. 2. die gleichen Verhältnisse wie unter 1; jedoch statt einer normalen Gegendruckturbine eine moderne Vielradturbine mit Gegendruckbetrieb. 3. Moderne Vielradturbine, jedoch folgende Dampfverhältnisse: Eintritt 30 atü bei 420°, Austritt 2 atü. Unter der Annahme eines Gegendruckes von 2 atü ergibt sich, daß man mit 12 bis 15 atü bei 275° auskommen kann. Wenn trotzdem mit den fraglichen Werten höher gegangen ist, so ist dies mit Rücksicht auf die technische Entwicklung der Zukunft und die größere Speicherfähigkeit unter Ausnützung eines gewissen Druckabfalles begründet. Das Ergebnis der Untersuchung kann zusammengefaßt werden wie folgt:

Die Abgabe von Überschußenergie ist bei größeren Zuckerfabriken, etwa solchen mit mehr als 20 000 q täglicher Rübenverarbeitung mit wirtschaftlichem Erfolg möglich. Die Verhältnisse liegen am günstigsten, wenn das Elektrizitätswerk, an welches geliefert werden soll, Steinkohle und die Zuckerfabrik Braunkohle verfeuert, und zwar ergibt sich bei einer Fabrik mit 20 000 q ein Gewinn zwischen 3 und 17 vH des Kapitalmehraufwandes, entsprechend den beiden Grenzfällen für 40 bezw. 60 kg Dampf je 100 kg Rüben (absoluter Gewinn zirka 2000 bezw. 15 000 Mk.) und bei einer Fabrik mit 32 000 q täglich ein solcher von 10 und 25 vH des Kapitalmehraufwandes (absoluter Gewinn 4000 bezw. 20 000 Mk.), bei Verwendung einer normalen Einrad-Gegendruckturbine. Eine Stromabgabe der Zuckerfabrik während des ganzen Jahres dürfte mit wirtschaftlichem Erfolg nicht möglich sein. Stip.

(Bergmann-Mitteilungen, 4. Jahrg., Nr. 5.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1926, TWN, S. 3.

Der Spitzenkessel, der Ruthsspeicher und die Großdieselmaschine im Spitzenausgleich in Wärmekraftwerken. Von Dipl. Ing. F. Suabedissen. Der Feststellung der Grenzen des betriebswirtschaftlichen Verwendungsbereiches des Dieselmotors und der Dampfturbine in Verbindung mit dem Spitzenkessel und dem Ruthsspeicher wird vom Verfasser als Belastungsfall die Winterbelastung eines selbständigen Wärmekraftwerkes zur Lieferung von Licht und Kraft mit einer ausgeprägten Vormittags- und einer größeren Abendspitze zugrunde gelegt. Angenommen ist ferner, daß das Dampfkraftwerk aus einer Hochdruckstufe von 38 at und 425° an den Kesseln bis etwa 15 at und aus einer Niederdruckstufe mit eigenen Reserve-Kesseln besteht, ferner sind Anzapfdampfvorwärmung für das Speisewasser und Speiseraumspeicher vorgesehen. Die Grundlast wird von unverändert belasteten Hochdruckturbinen getragen, die Mittellast von Anzapfhochdruckturbinen unter Verwendung der Speiseraumspeicher und entsprechender Feuerführung der Hochdruckkessel, so daß nur mehr zwei verhältnismäßig kleine Spitzen übrigbleiben, die noch zu decken sind. Die Untersuchung ist für den Ruthsspeicher und den Spitzenkessel eine rein thermische, für beide und den Dieselmotor, außerdem auch eine betriebswirtschaftliche. Bei den vom Verfasser gemachten Annahmen von Abendspitzen von 2000 bis 10 000 kW und einer Größe der Gesamtspitzenbasis von 500 bis 3500 h/Jahr wird festgestellt, welche Wärmemengen über die aus dem Abdampf der Hochdruckturbinen zur Verfügung stehende Wärme hinaus erforderlich sind, um den Wärmebedarf des Ruthsspeichers für die Spitzenturbinen zu decken. Diese Wärmemengen, bezogen auf 1 kWh Speicherleistung, nehmen mit dem Anfangsdruck an der Hochdruckturbine immer langsamer zu. Vergleicht man damit die Wärmemengen, welche die Spitzenkessel für den gleichen Zweck aufbringen müssen, so sind diese unverhältnismäßig höher (bis 18 mal so groß) und erst bei sehr großen Betriebsstundenzahlen und hohem Anfangsdruck nähert sich der Wärmebedarf der Spitzenkessel dem des Ruthsspeichers. Dieser große Unterschied rührt daher, daß die Spitzenkessel für die Vormittagsspitze angeheizt, dann aber während ihrer Betriebspause bis zur Abendspitze unter Druck gehalten werden müssen (ein neuerliches Anheizen wäre noch unwirtschaftlicher). Thermisch ist also der Spitzenkessel dem Ruthsspeicher stark unterlegen. Untersucht man nun die Betriebskosten (aus Anlagekosten, bzw. Kapitalskosten, Brennstoff- und sonstigen Betriebsauslagen berechnet), wieder unter Zugrundelegung verschiedener Spitzenhöchstwerte und Spitzenbetriebsstundenzahlen, sowie verschiedener Brennstoffe und Kesseldrücke, so ist zunächst der Spitzenkessel dem Ruthsspeicher auch wirtschaftlich unterlegen, bis etwa 2200 bis 3000 Betriebsstunden im Jahr. Der Bereich, in welchem der Dieselmotor dem Spitzenkessel überlegen ist, liegt unterhalb etwa 1300 h/Jahr. Die bisherigen Vergleiche bezogen sich auf Neu-, Erweiterungs- und Ersatzanlagen. Aber auch die Umstellung von Spitzenkesseln auf Ruthsspeicher gibt bei kleineren Betriebsstundenbasiswerten recht beträchtliche Ersparnisse. In Rechnung zu ziehen ist auch bei der Verwendung von Ruthsspeichern der höhere Kesselwirkungsgrad infolge der gleichmäßigeren Belastung. Eine Umstellung von Spitzenkesseln auf Dieselmotoren kommt im allgemeinen nicht in Frage, unter Umständen wird sogar die Umstellung von Dieselmotoren auf Ruthsspeicher in Erwägung zu ziehen sein. Allerdings dürfen die Vorteile des Dieselmotors bei Überlandnetzen durch die Anordnung des Kraftwerkes im Verbrauchszentrum und den dadurch bedingten Wegfall an Leitungen, Leitungsverlusten usw. nicht übersehen werden. Die vorstehenden Angaben dürfen natürlich nicht ohneweiters verallgemeinert werden, es ist in jedem einzelnen Falle eine thermische und wirtschaftliche Untersuchung durchzuführen. (Aus diesem Grunde wurde auch davon abgesehen, genauere Angaben über die Annahmen zu machen, die der Verfasser seinen Untersuchungen zugrunde gelegt hat. Der Ber.) (ETZ. Bd. 48, Heft 1 und 2, 1927.)

Digitized by Google

Ein neues Großkraftwerk in New York. Das seit einem Jahre im Bau befindliche East River-Werk der New York Edison Co. wird nach seiner endgültigen Fertigstellung im Jahre 1930 mit 700 000 kW das größte Kraftwerk der Erde sein. Seine Gesamtleistung wird ebenso groß sein, wie die des Hell Gate-[1]) und der beiden Waterside-Werke zusammen, das größte im Betrieb stehende Kraftwerk in Europa Gennevilliers[2]) hat eine Maschinenleistung von 350 000 kW, in Rummelsburg[3]) sind 550 000 kW, im Muscle Shoals-Werke[4]) 600 000 kW vorgesehen. Die Baukosten werden auf etwa 50 Mill. Dollar geschätzt. Man rechnet auf 1 m² Grundfläche des Gebäudes 33 kW. Zunächst sind zehn Kessel mit Kohlenstaubfeuerung von je 1435 m² Heizfläche für 25 at und 370° Dampftemperatur vorgesehen, die zugehörigen Stahlschornsteine erhalten bei 6·75 m Durchmesser über 100 m Höhe. Von der Maschinenanlage mit zusammen neun Turbo-Dynamos von je 60 000 kW und weiteren kleineren Sätzen sind bereits zwei große Sätze von der G. E. Co. aufgestellt worden; sie dürften zusammen mit einem 40 000 kW, 19 400 V, 25 Per/s auf 13 800 V, 60 Per/s Frequenzwandler in der nächsten Zeit in Betrieb kommen. Die Turbo-Dynamos wiegen je 900 t, sie haben je 18·1 m Länge, 7·5 m Breite und 12·1 m Höhe. In den Kondensatoren müssen rund 3150 t Dampf/h niedergeschlagen werden, wozu 300 000 m³ Kühlwasser erforderlich ist. Die Kühlfläche jedes Kondensators beträgt etwas mehr als 4000 m², die Gesamtlänge der Messingrohre 64 000 m.

J.

(Z. V. D. I., Bd. 70, 1926, Nr. 48.)

Der Einfluß der Ölbehandlung auf die Stromkosten englischer Dieselanlagen. Welche Rolle die richtige Ölbehandlung in diesem Falle, ähnlich wie bei Transformator- und Schalterölen spielt, geht aus einem Aufsatz in „Oil Engine Powers" über den Bericht 1924/25 der Britsh Diesel Engine Users hervor. Die Erzeugungskosten je kWh schwankten bei den einzelnen Werken in diesem Betriebsjahr zwischen 7 und 25 g. Dieser große auffallende Unterschied wurde zum Ausgangspunkt einer Untersuchung gemacht, wobei man zunächst eine einwandfreie Vergleichsbasis zu schaffen suchte. Es zeigte sich wohl, daß bei den höheren kWh-Kosten die erzeugte Strommenge relativ kleiner gewesen war, bzw. umgekehrt, aber weder die Stromerzeugung und die installierte Leistung (zwischen 3 980 000 kWh und 2290 kW, sowie 1 783 278 kWh und 1125 kW), noch der Belastungsfaktor (im Mittel 62·2 vH) gaben einen Aufschluß. Es konnten also weder die Treibölkosten, die Werksgröße, die jährliche Strommenge, noch der Faktor der Inanspruchnahme diese großen Unterschiede aufklären. Dann wurden die Kosten der kWh in ihre Komponenten zerlegt, und zwar Treiböl, Schmieröl, Wasser und laufende Spesen (belanglos) und Löhne und Reparaturen. Die Treibölkosten schwankten nicht stark, ein ähnliches Bild boten auch die Schmierölkosten. Je größer ihr Anteil war, desto kleiner waren meist die Reparaturkosten. Gutes Öl verhindert eben naturgemäß Störungen. (Die Schmierölkosten betragen insgesamt mehr als 7·5 vH der ganzen Werksauslagen, bei Werken mit Ölschleudern waren sie geringer.) Die Ursache der größeren Selbstkosten der kWh wurde schließlich in den noch verbleibenden Quoten der Löhne und Reparaturen gefunden. Diese Anteile wuchsen gleichmäßig mit den steigenden kWh-Kosten, bzw. umgekehrt, diese mit ihnen. (Bei dem Höchstwert von 25 g betrugen eben sie allein schon 17 g.)

Es war nun die nächste Fräge, warum die Löhne und Reparaturen in einzelnen Fällen so viel, in anderen wieder wenig zu den Selbstkosten der kWh beitrugen. Nun wurde auch der Gebrauch von Ölzentrifugen in Betrachtung gezogen. Es hatten nämlich acht Zentrifugen verwendende Werke die niedrigsten Kosten im Mittel 9·3 g, die restlichen 24 Werke 12·7 g im Mittel. Der Durchschnitt aller 32 Werke ergab 10·4 g Selbstkosten je kWh. Die acht ersterwähnten Werke scheinen also die Gesamtziffer herabgedrückt zu haben. Welcher Einfluß dabei der Ölausschleuderung allein beigemessen werden darf, läßt sich allerdings nicht sagen. Ersparnisse im Schmierölverbrauch waren durch sie wohl erzielt worden, aber das allein hatte diese bedeutende Besserung der Ziffer keineswegs herbeigeführt. Das Treiböl hatten die meisten Zentralen überhaupt nicht gereinigt, sondern sich von vornherein zu besserer Qualität entschlossen. Der Hauptwert der Zentrifugierung des Schmieröls wurde aber unzweifelhaft an den Quoten der Lohn- und Reparaturkosten erkannt. Diese betrugen für die Werke ohne Schleudern im Durchschnitt 5·8 g je kWh, für die mit Schleudern nur 2·8 g. Der gesamte Unterschied zwischen den Erzeugungskosten der beiden Gruppen (12·7 g und 9·3 g), das ist 3·4 g, lag also beinahe schon bei den Löhnen und Erhaltungskosten. Das nicht zentrifugierte Öl verursachte eben oft Störungen, Adjustierungen usw., die zusammen zu den um etwa 27 vH höheren Erzeugungskosten der Werke ohne Ölschleudern sicherlich das meiste beitrugen. Wenn nun auch Meinungsverschiedenheiten darüber herrschen könnten, wieviel Einfluß auf die Selbstkostenziffer wirklich nur die Ölschleuderung ausgeübt hat, so geht doch unleugbar jedenfalls ihr großer Nutzen aus dem Vorstehenden hervor. Es wird daher eine rasche Verbreitung der Zentrifugal-Reinigung sowohl des Schmier- als auch des Treiböles als unausbleiblich erachtet.[1])

Die Stromversorgung Deutschlands. Aus einem Vortrag von Dr. Ing. Vent auf der Hochspannungstagung in Essen seien die wichtigsten Angaben über die Großkraftwerke hier tabellarisch zusammengefaßt.

Unternehmung	Versorgungsgebiet	Installierte eigene Maschinenleistung in 1000 kW	Abgegebene Energie in Mill. kWh	Hauptwerke
Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke	Rheinprovinz	475	1000	Goldenberg
Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen, G. m. b. H.	Westfalen	160	270	Dortmund, Kruckel, Gerstein, Hattingen
Elektrowerke A. G.	Berlin, Lieferungen nach Sachsen	312	1600	Zschornewitz, Trattendorf, Lauta
Sächsische Kraftwerke A. G.	Sachsen	188	356	Böhlen, Hirschfelde
Badenwerk	Baden	60	100	Murgwerk, Schwarzenbachwerk

Die großen Verteilungsgesellschaften ohne eigene Werke, wie das Bayernwerk, sind in dieser Zusammenstellung nicht aufgenommen. Ci.

Wie die „ETZ" nach „Wirtschaft und Statistik" berichtet, sind von 122 Werken im Jahr 1926 insgesamt 10·4 Milliarden kWh erzeugt worden, die Monatserzeugung schwankt zwischen 746·5 Mill. kWh (Mai) und 1096·2 Mill. kWh (Dezember), die Tageserzeugung, auf Arbeitstage bezogen, zwischen 28·86 Mill. kWh (Juni) und 42·16 Mill. kWh (Dezember). Die Veränderungen gegen die gleichen Monate des Vorjahres liegen rund zwischen ± 7 vH. Im zweiten Halbjahr ist der gewerbliche Verbrauch infolge stärkerer Beschäftigung der verarbeitenden Industrie beträchtlich gewachsen. 103 Werke lieferten unmittelbar an industrielle und gewerbliche Abnehmer mit zusammen

[1]) E. u. M. 1924, S. 440, 474; E.-Werk 1924, S. 88.
[2]) E. u. M. 1922, S. 345.
[3]) E.-Werk 1927, Heft 3, S. 27.
[4]) E. u. M. 1925, S. 284.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 816; 1927, Heft 10, S. 194.

Digitized by Google

3·44 Mill. kW bezw. 3·59 Mill. kW Anschlußwert (Jänner bezw. Dezember) im Jahre 1926 insgesamt 3·8 Milliarden kWh, bezw. monatlich zwischen 282·4 Mill. (April) und 382·1 Mill. (Dezember). Bezogen auf Arbeitstage war der tägliche Verbrauch insgesamt 11·4 bis 14·7 Mill. kWh, je kW Anschlußwert 3·21 bis 4·09 kWh. J.

Die Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen G. m. b. H. (V. E. W.)[1]. Die V. E. W. sind durch den Zusammenschluß dreier westfälischer Überlandwerke, des St. E. W. Dortmund, des westfälischen Verbands-E. W. A.-G. in Dortmund und des E. W. Westfalen A.-G., Bochum, im Jahre 1925 entstanden und stehen in der Elektrizitätswirtschaft Deutschlands hinsichtlich der jährlichen Stromabgabe an fünfter Stelle. Ihr Versorgungsgebiet umfaßt 31 Stadt- und Landbezirke mit zusammen 10 690 km² Fläche und 2·65 Mill. Einwohnern. Die Bedeutung des Versorgungsgebietes im Deutschen Wirtschaftsleben geht am deutlichsten daraus hervor, daß es bei nur 2 vH der Fläche und 4 vH der Bevölkerung des Deutschen Reiches 59 vH der Koks- und 56 vH der Steinkohlenerzeugung bezw. Förderung, ferner 48 vH der Rohstahl- und 46 vH der Roheisenerzeugung beiträgt. Die nutzbare Gesamt-Stromabgabe der V. E. W. betrug im Jahre 1925 270 Mill. kWh (206 Mill. i. J. 1924), der gesamte Anschlußwert zu Ende 1925 341 400 kW, die Zahl der Zähler 152 330, die Zahl der unmittelbaren Stromabnehmer (Konzessionsverträge) 148 370, die der mittelbaren Stromabnehmer (Energielieferungsverträge) etwa 158 130. Die Grundlage der Stromerzeugung ist im Hinblicke auf das Gebiet, um das es sich handelt, in der Steinkohle der westfälischen Zechen gegeben. Minderwertige Kohle wird so weit als möglich in der Nähe der Förderstellen verfeuert. Ein Kraftwerk liegt unmittelbar auf einer Zeche, die anderen erhalten die Kohle von benachbarten, nur wenige km entfernten Schächten. In das Netz der V. E. W. liefern auch verschiedene Zechen Abwärme- und Abfallenergie, auch Wasserkräfte sind zu dessen Speisung herangezogen (siehe unten). Die Feuerungen in den Werken sind den zur Verfügung stehenden Kohlensorten angepaßt, daher zum Teil mit Unterwindeinrichtungen ausgerüstet, auch Staubfeuerungen sind bereits im Betrieb und im Bau.

Die wichtigsten Angaben über die vier eigenen Dampfkraftwerke zeigt nachstehende Zusammenstellung:

Kraftwerk	Installierte Leistung kW	Stromerzeugung 1925 nach Abzug des Eigenverbrauches Mill. kWh	Abgegeben wird:
Dortmund	22 800	40	Gleichstrom 250 (2 × 110) und 500—600 V Drehstrom 2600 und 10 000 V
Kruckel	41 000	64·2	Drehstrom 10 000 u. 50 000 V
Gersteinwerke	44 800	111·4	Drehstrom 5000 u. 50 000 V (später auch 110 000 V)
Gemeinschaftswerk*)	50 500	111·3	Drehstrom 10 000, 25 000 u. 50 000 V

*) Das Werk versorgt auch das St. E. W. Barmen und einen Teil des Rheinisch-Westfälischen E. W. mit Strom.

Aus den Zechenkraftwerken, die 33 000 kW bereithalten, haben die V. E. W. in den letzten Jahren etwa 10 vH ihres Gesamtbedarfes gedeckt. Ferner sind noch 10 kV Verbindungsleitungen zu den Netzen des Kommunalen E. W. Mark und des Rh. W. E. W. vorhanden. Das größte Wasserkraftwerk der V. E. W. liegt an der Möhnetalsperre bei Gunne im Kreise Soest. Aufgestellt sind vier Sätze bestehend aus je einer 2200 PS Hauptturbine und einer 1000 PS Zusatzturbine im Hinblick auf das zwischen 16 und 31 m schwankende Gefälle, die mit 1500 kW Drehstromerzeugern gekuppelt sind. Abgegeben wird Strom mit 25 kV, eine Erhöhung der Spannung auf 50 kV ist geplant. Aus diesem Werk, aus einigen kleineren eigenen, sowie aus fremden Wasserkraftwerken werden jährlich etwa 25 Mill. kWh Strom für die V. E. W. gewonnen.

Zur Weiterleitung des Stromes dienen 10, 50 und 110 kV Leitungen. Im Betrieb und im Bau sind insgesamt 628 km 50 kV und 110 kV Leitungen. Außer den 50 kV Schalthäusern auf den eigenen Kraftwerken besitzen die V. E. W. 14 Hauptumspannwerke für 50/10 kV mit zusammen 89 000 kVA Gesamtleistung. Das Mittelspannungsnetz besteht aus 1370 km Kabel und 1580 km Freileitungen, vorwiegend für 10, zum Teil auch für 5, 2·6 und 25 kV. Im Mittelspannungsnetz sind 25 Hauptschaltstationen, 747 Umspannstationen in eigenen Gebäuden, 608 Umspannstationen bei Großabnehmern und 172 Umspannsäulen und Maststationen vorhanden. Von den 2317 Umspannern von Mittel- auf Gebrauchsspannung mit 254 210 kVA Gesamtleistung sind 1114 mit 128 743 kVA Leistung Eigentum der V. E. W. An die Kleinabnehmer wird vorwiegend 380/220 V Drehstrom von 50 Per/s nach dem Vierleitersystem abgegeben, zum Teil noch in den älteren Teilen des Netzes 220/110 V Drehstrom und 2 × 110 V Gleichstrom in der Innenstadt Dortmund, schließlich ist noch ein 15 V Uhrenstromnetz in Dortmund vorhanden, an das 300 Uhren angeschlossen sind. Das Gleichstromnetz wird teils aus dem Werk Dortmund (siehe oben) unmittelbar, teils über drei Umformerwerke mit Motorgeneratoren und Quecksilbergleichrichtern von zusammen 3100 kW und Batterien von zusammen 1100 kW mit Strom versorgt. Auch verschiedene Straßenbahnen beziehen 500 bis 600 V Gleichstrom, zum Teil über eigene Bahnumformerwerke mit 2330 kW Gesamtleistung, andere Bahnen werden mit hochgespanntem Drehstrom beliefert. An Niederspannungskabeln besitzen die V. E. W. 1087 km, an Niederspannungsfreileitungen 3640 km. Das eigene Fernsprechnetz besteht aus 871 km Kabel- und 151 km Freileitungen, zum Teil sind auch Einrichtungen für leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie nach dem System Telefunken vorhanden. J.

Steiermärkische Elektrizitäts-Gesellschaft, Graz. (Aus dem Geschäftsbericht für das Jahr 1926.) Der Gesamtanschlußwert hat sich von 16 392 kW auf 19 347 kW erhöht. Die Stromerzeugung betrug im Berichtsjahre 47 567 989 kWh. Die geringe Steigerung (+ 225 437 kWh gegen 1925) trotz Vergrößerung des Anschlußwertes ist auf die ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse zurückzuführen. Die Instandsetzung und der Umbau des Elektrizitätswerkes Lebring sind in allen Teilen beendet und das Werk arbeitet mit allen vier Aggregaten zur vollsten Zufriedenheit. Durch den Umbau und durch Netzerweiterungen ist das Anlagen-Konto von 16·6 Mill. S auf 19·4 Mill. S gestiegen. Die Betriebseinnahmen des Berichtsjahres betragen 3·3 Mill. S (— 8036 S), die reinen Betriebsausgaben 1·17 Mill. S (— 198 260 S). Aus dem Reingewinn von S 253 291·28 wird 4 vH Dividende auf das Aktienkapital von 6 Mill. S. verteilt.

Gesellschaft für elektrische Unternehmungen, Berlin. Nach dem Bericht für 1926 war in der ersten Jahreshälfte bei den zum Interessenkreise der Gesellschaft gehörenden Unternehmen ein Rückgang in der Abgabe elektrischer Energie zu verzeichnen, erst eine Zunahme gegen Jahresende brachte einen gewissen Ausgleich. Trotzdem konnten die Erträgnisse der Untergesellschaften in der gleichen Höhe wie i. V. gehalten werden, insbesondere durch Verbesserungen in den Betrieben. Da das Betätigungsfeld im Deutschen Reiche, in dem die Überführung privatwirtschaftlicher Elektrizitätswerke in behördliche durch steuerliche Differenzierung begünstigt wird, immer enger wird, hat sich die Gesellschaft wieder ausländischen Geschäften zugewandt. Die Ertragsrechnung weist Mk. 7·73 (5·67) Mill. Gewinn aus laufenden Erträgen aus (i. V. außerdem 0·92 Mill. Gewinn aus Verkäufen). Aus Mk. 6·18 (4·73) Mill. Reingewinn wer-

[1]) Nach einer Denkschrift des Unternehmens,

Digitized by Google

den wieder 10 vH Dividende auf ein A.-K. von 50 Mill Mk. (40 i. V.) verteilt. Effekten und Beteiligungen, die das Hauptaktivum bilden, erscheinen in der Bilanz mit 43·73 (38·73) Mill. Mk. (Frankf. Zeitung.)

Großkraftwerk Franken A.-G., Nürnberg. Im Jahre 1926 wurden 113·72 (i. V. 114·57) Mill. kWh verkauft. Die in Anspruch genommene Höchstleistung stieg um rund 8000 kW; da mit einer noch weiteren Steigerung der Höchstleistung zu rechnen ist, wird eine bedeutende Verstärkung des Kabelnetzes notwendig. Der Durchschnittsverkaufspreis pro kWh ist um 6 vH gegenüber dem Vorjahre durch Verbilligungen gesunken. Die Stromlieferung erfolgte störungsfrei durch die Betriebsgemeinschaft Kachlet-Franken G. m. b. H. Nach der Ende 1927 zu erwartenden Inbetriebnahme des Kachletwasserkraftwerkes[1]) wird mit Sicherheit die Stromlieferung noch vermehrt werden. Der Anschlußwert im Kabelnetz betrug 245 203 kW (230 264). Ein Betriebsüberschuß wird in Höhe von Mk. 2·05 (1·97) Mill. ausgewiesen. Aus dem Reingewinn von Mk. 720 000 (702 000) werden 9 vH (wie im Vj.) Dividende verteilt. In der Bilanz auf den 31. Dezember 1926 sind bei einem A.-K. von Mk. 7·31 Mill. die Anlagen mit Mk. 13·5 Mill. bewertet. (Frankfurter Zeitung.)

Aus der württembergischen Elektrizitätswirtschaft. Die zum Lahmeyer-Konzern gehörende Kraftwerk Altwürttemberg A.-G. in Beihingen berichtet für 1926 über anfänglichen Rückgang der Stromabnahme, der jedoch in der zweiten Jahreshälfte wieder ausgeglichen werden konnte. Erzeugt und bezogen wurden 18·57 (i. V. 17·03) Mill. kWh, davon 3·61 (3·28) Mill. von der Großkraftwerk Württemberg A.-G., abgegeben wurden wieder rund 10 Mill. kWh ins eigene Netz, davon 6·19 (4·93) Mill. an Stuttgart. Der Anschlußwert stieg von 26 000 auf 29 067 kW, das Versorgungsgebiet erweiterte sich durch Anschluß von 31 Gemeinden usw. Verteilt werden wieder 7 vH Dividende auf das A.-K. von 8·4 Mill. Mk. In der Bilanz werden die Wasserkraftanlagen mit 5·46 Mill. und die Leitungsanlagen mit 6·42 Mill. Mk. ausgewiesen. Die zur gleichen Gruppe gehörige Großkraftwerk Württemberg A.-G. in Heilbronn erzeugte 1926 9·57 (7·17) Mill. kWh, davon 3·89 aus Kohle, 5·66 aus Wasserkraft, der Rest wurde von auswärts bezogen. Abgegeben wurden 9·29 (7·12) Mill. kWh, der Hauptteil an die oben genannte Schwesterfirma, 3·02 Mill. kWh an das Überlandwerk Hohenlohe-Oehringen, 1·05 Mill. an die Württembergische Sammelschienen A.-G. und 1·48 Mill. an die Neckar A.-G. Neu in Betrieb genommen wurde eine 60 kV-Station, von der aus die Verbindungsleitungen in das Versorgungsgebiet laufen. Der Pachtvertrag mit der Neckar A.-G. über das Wasserkraftwerk Kochendorf trat in Kraft; die Arbeiten der Vorarlberger Illwerke G. m. b. H., an der die Gesellschaft durch Kapital und Darlehen beteiligt ist, schreiten vorwärts, mit dem Bau des Vermunt-Werks ist begonnen worden. Die Umwandlung in eine Akt.-Ges. mit S 20 Mill. A.-K. steht bevor, der Gesamtausbau wird noch bedeutend größere Mittel erfordern, an deren Aufbringung über den Growag-Anteil auch die Akt.-Ges. Lahmeyer, Frankfurt, sich beteiligen wird. Eine Dividende wird von dieser Gesellschaft wieder nicht verteilt. (Frankfurter Zeitung.)

Die Elektrizitätswirtschaft in den V. St. A. im Jahre 1926.[2]) In der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft waren Ende 1926 insgesamt 19 500 Mill. Doll. investiert, die Roheinnahmen im Laufe dieses Jahres betrugen 5934 Mill., die Kapitalsvermehrung 1570 Mill. Doll. Die Verteilung dieser Ziffern auf die einzelnen Branchen gestaltet sich folgendermaßen: In elektrischen Bahnunternehmungen waren 6000 Mill. investiert. 1150 Mill. Roheinnahmen wurden erzielt, wovon 768 Mill. an Kosten abgingen; auf einem Netz von 60 000 km wurden 14 400 Mill. Reisende im Laufe des Jahres befördert und 3750 Mill. Wagen-km durchfahren. Die Telephongesellschaften, die 61 vH der Telephonapparate der Welt betreiben, verfügten über ein Kapital von 2800 Mill. und wiesen ein Roheinkommen von 761 Mill. aus. 70 Mill. Gespräche werden täglich durch die 16 936 000 Anschlüsse vermittelt. Die 1800 Unternehmungen der elektrischen Maschinen- und Apparateindustrie, die insgesamt 400 000 Arbeiter und Angestellte beschäftigen, hatten einen Umsatz von 2375 Mill. bei 2500 Mill. Doll. investierten Kapitals.

Das Hauptkontingent stellen natürlich die Elektrizitätswerke mit einem investierten Kapital von 8400 Mill. (gegenüber 7500 Mill. im Vorjahr). Bezüglich Analyse der Einnahmen und Erzeugung sei auf die Tabellen I und II verwiesen. Im Verhältnis Reingewinn zu arbeitendem Kapital zeigt sich im letzten Jahr eine geringfügige Besserung, nachdem infolge des umfangreichen Bauprogrammes die Verzinsung seit 1923 mit einer Höchstziffer von 13·3 vH auf etwa 11·2 vH im Jahre 1925 gefallen war. Die Aufnahme der erforderlichen Kapitalien für 1926 erfolgte auf folgende Weise:

Tabelle I.

Erzeugungsstatistik amerikanischer Elektrizitätswerke.

Jahr	Gesamt-Energieerzeugung	Verbrauch				Verluste und Eigenverbrauch
		Lichtstrom	Kraftstrom	Bahnen	insgesamt	
		in Mill. kWh				
1913	13 000	2 800	4 400	3 300	10 500	2 500
1914	14 400	2 900	5 370	3 350	11 620	2 780
1915	16 175	3 000	6 055	4 000	13 055	3 120
1916	21 230	3 580	9 450	4 000	17 130	4 100
1917	25 438	4 250	11 878	4 400	20 528	4 910
1918	29 200	5 200	13 870	4 500	23 570	5 630
1919	34 900	6 250	17 310	4 600	28 160	6 740
1920	39 519	7 580	19 499	4 820	31 899	7 620
1921	36 971	8 500	16 731	4 600	29 831	7 140
1922	43 560	9 238	20 220	5 642	35 160	8 400
1923	51 133	11 200	24 291	6 000	41 491	9 642
1924	54 413	12 600	25 093	6 200	43 893	10 520
1925	61 159	13 476	29 578	6 301	49 355	11 804
1926[1])	68 732	14 562	34 307	6 599	55 468	13 264

[1]) Geschätzt auf Grund der Betriebsergebnisse der ersten zehn Monate.

Tabelle II.

Einnahmestatistik amerikanischer Elektrizitätswerke.

Jahr	Einnahmen aus der Stromlieferung für			einnahmen a. anderen Unternehmen	Roheinkommen	Kosten	Reingewinn
	Licht	Kraft	Bahnen				
	in Millionen Dollar						
1921	571	268	45	60	944	432	512
1922	657	303	51	61	1072	482	590
1923	795	358	52	64	1270	577	693
1924	903	321	54	76	1355	618	737
1925	991	378	54	84	1507	661	846
1926[1])	1072	443	56	113	1684	735	949

[1]) Geschätzt auf Grund der Ergebnisse der ersten zehn Monate.

durch Ausgabe von	hypothekarischen Sicherstellungen (mittlerer Zinsfuß 5·4 vH) . .	814 Mill.	(59 vH)
„ „ „	sonstigen Obligationen (zu durchschnittl. 6·8 vH)	199 „	(15 vH)
„ „ „	Prioritäten (zu durchschnittl. 6·8 vH)	124 „	(8 vH)
„ Verkauf „	Aktienpaketen	12 „	(1 vH)
„ „ „	Anteilscheinen an die Abnehmer	247 „	(17 vH)
	also insgesamt	1396 Mill.	(100 vH)

(um 115 Mill. mehr als im Vorjahr).

Hievon gingen 369 Mill. für den Kapitaldienst und 841 Mill. (gegenüber 721 Mill. 1925) an Aufwendungen für Investitionen ab, und zwar 255 Mill. für Errichtung kalorischer Kraftwerke, 145 Mill. für die von Wasserkraftwerken, 231 Mill. für Übertragungsleitungen und 210 Mill. für Verteilungsanlagen. Das Budget für 1927

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 681, 717.

[2]) Nach „Electrical World", Bd. 89, Nr. 1, 1927.

Digitized by Google

sieht einen Aufwand von 958 Mill. vor, der nach folgendem Schlüssel aufgeteilt werden soll: 252 Mill. für den Bau von Wärmekraft-, 145 Mill. von Wasserkraftwerken, 255 Mill. für den Bau von Übertragungsleitungen und 306 Mill. für den von Verteilanlagen. Die in den letzten Jahren überwiegenden Aufwendungen für den Leitungs- gegenüber dem Kraftwerksbau zeigen das Bestreben der Werke, die Elektrizität tunlichst weiten Kreisen zugänglich zu machen und andererseits zwecks erhöhter Wirtschaftlichkeit die Erzeugungsanlagen und größere Konsumgebiete zusammenzuschließen. So macht die Errichtung von 220 kV-Leitungen Fortschritte, vergangenes Jahr wurde die erste Linie dieser Art in den östlichen Staaten (Wallenpaupack-Projekt)[1]) eröffnet, im Laufe dieses Jahres sollen in New York und Chicago 132 kV-Kabeln in Betrieb gehen. Der fortschreitende Zusammenschluß äußert sich auch in der Zusammenfassung der erzeugenden Unternehmungen zu größeren Einheiten: Die Zahl derselben ist in den letzten vier Jahren um 24 vH von 6355 auf 4827 gesunken, die Zahl der Ortssysteme hat sich von 2581 auf 2031 verringert.

Die günstige Entwicklung der amerikanischen Elektrizitätswerke ist vor allem der ständig zunehmenden Verbreitung der Elektrizität im Haushalt zu danken. Heute wird ein durchschnittlicher Haushaltungsverbrauch von 365 kWh im Jahr je Abnehmer gerechnet, doch hofft man, in absehbarer Zeit diese Ziffer auf 1000 kWh zu erhöhen, was durch Erfahrungen in einzelnen Gebieten der Union, wo diese Zahl sogar überschritten wurde, begründet zu sein scheint. Die Zahl der Abnehmer hat sich im abgelaufenen Jahre um 1 460 360 auf 19 528 581 erhöht, so daß, die Familie zu 4·3 Personen im Durchschnitt gerechnet, 58 vH der Bevölkerung in 16 Mill. Wohnungen die Wohltaten der Elektrotechnik genießen. Allerdings ist der Zuwachs gegen das Vorjahr etwas zurückgegangen, was auf eine geringe Abnahme in der Bautätigkeit nach dem riesenhaften Aufschwung der letzten Jahre zurückzuführen sein dürfte. Doch eröffnen sich der Werbung noch neue Wege, da die städtischen Verbraucher in der überwiegenden Überzahl sind. Vergleichsweise wird angegeben, daß 52 vH der Bevölkerung in Ortschaften über 2500 Einwohner leben.

Die erzeugten Energiemengen verteilen sich zu 36·7 vH auf Wasserkraft- und 63·3 vH auf Wärmekraftanlagen. Die am 1. Jänner 1927 installierten Anlagen umfassen 26 812 710 kVA, während ein Jahr früher bloß 24 343 793 und am 1. Jänner 1925 nur 22 000 193 kVA in Betrieb waren. Von den im abgelaufenen Jahre neu errichteten Anlagen entfallen 25·5 vH auf Wasserkraftanlagen. Die Ausnützung der Wasserkräfte ist heute bereits so weit vorgeschritten, daß in vielen Staaten, zum Beispiel in den Neuengland-Staaten, die Zahl der erschlossenen Wasserkräfte mit 90 vH jährlicher Wassermenge bereits überschritten ist. Die weitere Entwicklung führt zum Ausbau von Anlagen bis zu einer 50 vH jährlichen Wassermenge. Andererseits wird aber erkannt, daß infolge der Entwicklung der Wärmewirtschaft der wirtschaftliche Übertragungsradius der Wasserkraftwerke stark gesunken ist. Während vor sechs Jahren Wärmekraftwerke mit 7600 Kal/kWh eine Seltenheit waren, hält man heute bei 5000 Kal/kWh, in Anlagen von etwa 1 Mill. kVA ist man bis auf 3400 Kal/kWh während längerer Zeit gekommen. Entsprechend hat sich der Brennstoffverbrauch in diesem Zeitraum von 1·4 auf 0·87 kg/kWh erniedrigt. Hiezu trägt viel die technische Verwendung von Hochdruckdampf bei. In diesem Zusammenhang seien auch Laboratoriumsversuche an einer 7000 kW Turbine bei Anwendung eines Dampfdruckes von zirka 85 at genannt.

Zuletzt sei noch das feste wirtschaftliche Gefüge der Elektrizitätswerke erwähnt. Trotz des Börsenkrachs im März v. J. zeigen die Kotierungen der Elektrizitätspapiere nur eine geringe Absenkung in diesem Monat und liegen sonst immer fest. Sie sind teils durch Bundesgesetz, teils durch Gesetze der einzelnen Staaten als pupillarsicher zugelassen. Dafür mußten sich die Gesellschaften der staatlichen Aufsicht unterziehen und die Verpflichtung übernehmen, sich ausschließlich mit dem Verkauf elektrischer Energie und von Leuchtgas zu beschäftigen, 80 vH ihrer Unternehmungen auf dem Boden der V. St. A. zu betreiben, mindestens 75 vH des Roheinkommens frei disponibel zu halten und dies auch noch 3 Jahre nach dem Fälligkeitstermin der Obligationen; schließlich dürfen die begebenen Pfandrechte 60 vH der gesamten Investitionen bezw. 60 vH des tatsächlichen Buchwertes des unbeweglichen Eigentums nicht überschreiten. St. Schw.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 406.

Den Berichten des Handelsamtes für Februar und März 1927 entnehmen wir folgendes[1]). Der durchschnittliche Kohlenverbrauch in den öffentlichen Kraftwerken der V. St. A. ist 0·89 kg/kWh (das sind 61 vH des Wertes von 1919). Bei einer Steigerung der Stromerzeugung in den letzten sieben Jahren um 95 vH betrug der Mehrverbrauch an Kohle nur 17·5 vH. — Die Southern California Edison Co. (Los Angeles) hat ihre Maschinenleistung von 1921 bis 1925 um 429 000 PS (+ 114 vH) erhöht und ein weiteres Kraftwerk mit 1 Mill. PS Vollausbau-Leistung im Bau. — Für die Ohio Power Co. ist ein 165 000 kW Dampfturbosatz im Bau. — Der Zuwachs an Wasserkraftanlagen in den V. St. A. war im Jahre 1926 545 000 PS. Von der Gesamtleistung von etwa 11·75 Mill. PS liegen 24 vH an der Küste des Stillen Ozeans. — Die Brooklyn Edison Co., die etwa 2·5 Mill. Einwohner mit Strom versorgt, hatte zu Ende 1926 rund 684 000 Zähler in ihr Netz eingebaut. An elektrischen Apparaten und dergleichen für häusliche Zwecke wurden im Jahre 1926 in den V. St. A. verkauft (in Mill. Doll.): Radioausrüstung 506, Glühlampen 162, Waschmaschinen 125, tragbare Lampen 80, Beleuchtungskörper 78, Kühlmaschinen 75 (etwa 350 000 Stück), Staubsauger 65 und Batterien 40, Kochplatten 17, Bügeleisen 16, Ventilatoren 15. — An Aufträgen verbuchten im Jahre 1926 die General Electric Co. 327·5 Mill. Doll. und die Westinghousegesellschaft 187·5 Mill. Bei der Western Electric Co. beliefen sich vom Jahre 1926 die Einnahmen aus dem Verkauf auf 263 Mill. (239·5 im Jahre 1925).

Die Elektrizitätsversorgung von London. Nach dem kürzlich erschienenen Bericht des Londoner Grafschaftsrates (in „The Electrical Review" vom 1. April 1927 auszugsweise wiedergegeben) teilten sich in dem in Betracht kommenden Gebiete von 4600 km² mit 8·2 Mill. Einwohnern im Geschäftsjahre 1924/25[2]) 44 Anlagen im Besitze öffentlicher Körperschaften und 45 private Gesellschaften (außer zwei nur an Großabnehmer liefernden Gesellschaften) in die Stromlieferung. Die installierte Leistung der öffentlichen Werke betrug 391 037 kW (gegen 357 182 kW im vorhergehenden mit 31. März 1924 endenden Jahre), die der privaten Werke 452 480 kW (gegen 401 295 kW in dem am 31. Dezember 1923 endenden Jahre). Die Leistung aller Großumformerstationen stieg von 131 000 auf 166 546 kW. Die Zahl der Stromabnehmer betrug bei den öffentlichen Werken am Ende der angegebenen Geschäftsperiode 229 404, bei den privaten 251 984 (zusammen + 9 vH), die Gesamtanschlußleistung 660 970 kW (+ 8·8 vH), bezw. 810 224 kW (+ 14 vH). Die Höchstbelastung aller Werke war 606 420 kW (gegen 550 268 kW i. Vj.) und der Belastungsfaktor 22·3 vH (gegen 21·6 vH). Die öffentlichen Werke verkauften einschließlich Zwischenverkauf an die Gesellschaften 479·6 Mill. kWh (+ 12 vH), die Gesellschaften 521·7 Mill. kWh (+ 15 vH), für Bahnzwecke wurden 50·7 Mill. kWh (46·5 Mill. i. Vj.) abgegeben. In den öffentlichen Werken war zu Ende der Berichtsperiode ein Kapital von 19·2 Mill. Pfd. (+ 1·3 Mill.) investiert, die Gesamteinnahmen betrugen 4·4 Mill. Pfd. (4·2 Mill.), die Ausgaben für die Stromerzeugung und Verteilung 2·35 Mill. (2·2 Mill.), der Reingewinn nach Abzug der

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 14, S. 288.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1925, Das El.-Werk, S. 177 (Bericht von 1922/23).

Digitized by Google

Steuern, Verzinsung, Rückzahlung von Anleihen usw. 152 446 Pfd. (208 589 Pfd. i. Vj.). Das gesamte Anlagekapital der privaten Gesellschaften war zu Ende 1924 rund 29 Mill. Pfd. (+ 2·7 Mill.), die Durchschnittsverzinsung für gewöhnliche und Vorzugsaktien 8·11 vH (8 vH i. Vj.). Die Gesamteinnahmen betrugen 6·6 Mill. Pfd. (6·1 Mill.), die Ausgaben für die Stromerzeugung und Verteilung 2·7 Mill. Pfd. (2·4 Mill. i. Vj.). Die Berechnung des Strompreises geschieht auf 22 verschiedene Arten (!), ein Vergleich ist also nur innerhalb der einzelnen Gruppen möglich. Die Strompreise in Pence je kWh schwanken für Lichtstrom zwischen 4 und 11 mit 6·75 als Mittel, für Kraftstrom zwischen 1 und 7 mit 2·81 als Mittel, für Heiz- und Kochstrom zwischen ³/₄ und 6 mit 2·07 als Mittel. Gegen das Vorjahr sind der Preis für Lichtstrom im Mittel um 2·17 vH, der für Kraftstrom um 4·75 vH und der für Heizstrom um 5·91 vH gesunken. Für das mit 31. Dezember 1925 endende Geschäftsjahr wurden noch hinsichtlich der privaten Gesellschaften folgende Angaben gemacht: Installierte Leistung 528 940 kW, Transformatorenleistung 140 160 kW, Höchstbelastung 419 739 kW, Gesamtanschlußwert 827 341 kW, Stromverkauf 610·6 Mill. kWh, Einnahmen 7 Mill. Pfd., Ausgaben (wie oben) 2·7 Mill. Pfd. J.

Aufteilung der Stromkosten für den angesprochenen Leistungsbedarf. Um festzustellen, welcher Anteil der Stromerzeugungskosten verschiedenen Verbrauchergruppen, insbesondere den Verbrauchern von Spitzenstrom anzulasten ist, hat H. W. Wills der Philadelphia El. Co ein Verfahren durchgebildet, das er das des imaginären Verbrauchers (phantom costumer) nennt. Die Fläche des Verbrauchsschaubildes wird so ergänzt, daß sie von einer parallel zur Abszissenachse durch die höchste Belastungsspitze verlaufenden Geraden begrenzt wird, so daß die erhaltene Gesamtfläche einer hundertprozentigen Belastung durch die Spitzenbelastung entspricht. Der durch die Ergänzungsfläche dargestellte Verbrauch wird einem nicht bestehenden (imaginären) Ergänzungsverbraucher zugeordnet, der Preis nach dem kWh-Satz berechnet und dann auf jene Verbraucher aufgeteilt, die für die Höhe der Spitze verantwortlich sind, das heißt zur Zeit der Spitze einen über den Durchschnitt hinausgehenden Kraftbedarf hatten. Zur Erläuterung wird folgendes Beispiel gewählt: Verbraucher „*C*" bezieht durch 24 Stunden gleichmäßig 2000 kW, sein monatlicher Verbrauch stellt sich daher auf 1·44 Mill. kWh. „*B*" verbraucht dieselbe Menge, dazu aber zwischen 16 h und 18 h noch 6000 kW (1·8 Mill. kWh), „*A*" zwischen 16 und 18 h 10 000 kW (0·6 Mill. kWh), und „*D*" zwischen 2 und 16 h, sowie zwischen 18 und 24 h je 5000 kW (3 Mill. kWh) und „*E*" 10 000 kW zwischen 24 h und 2 h. Zur Spitze tragen nun bei: *A*, *B* und *C*. Die Ergänzungsfläche des Ersatzverbrauches stellt einen Verbrauch von 6·96 Mill. kWh dar, die bei einem kWh-Preis von 0·694 Cents einem Betrag von 48 250 Doll. entsprechen. Dem „*C*" wird nun, da er während des ganzen Tages das Kraftwerk gleichmäßig belastet, nur der auf Grund des kWh-Satzes errechnete Betrag angelastet. Für „*A*" errechnet sich der monatliche Durchschnittsbedarf zu $6\,000\,000 : 24 \times 30 = 833$ kW bei einem Spitzenbedarf von 10 000 kW, so daß sein Anteil an der Spitze 9167 beträgt. Für „*B*" ist der durchschnittliche Verbrauch 2500 kW, sein Anteil an der Spitze ergibt sich demnach zu 3500 kW, beider Anteil daher 14 667 kW auf die 48 250 Doll. des Ergänzungsverbrauchers aufzuteilen sind, so daß $48\,250 : 14\,667 = 3{\cdot}29$ Doll. auf jedes kW über Durchschnittsverbrauch entfallen. „*A*" hat demnach zu zahlen: $9167 \times 3{\cdot}29 = 30\,240$ Doll. für den Spitzenbedarf und außerdem für den Verbrauch: $600\,000 \times 0{\cdot}00694 = 4170$ Doll. Für „*B*" errechnen sich die Kosten auf dieselbe Weise zu insgesamt 30 600 Doll. Die Rechnungen der beiden anderen Verbraucher ergeben sich, da sie ganz außerhalb der Spitzenbeanspruchung fallen, durch Vielfachen ihrer kWh-Zahl mit dem kWh-Preis zu 20 820 Doll. und 4170 Doll. Der Verfasser vergleicht nun die Ergebnisse mit den auf anderen Wegen gewonnenen, und zwar auf Grund des „reinen Spitzenverbrauchsanteiles", des „reinen kWh-Tarifes", der „angesprochenen Höchstbelastung", des Verfahrens von Eisenmenger und desjenigen von Green. Die Rechnung nach dem besprochenen Verfahren weicht erheblich von den anderen ab. Es ist die außerordentlich hohe Belastung des „*A*" und die außerordentlich niedere des „*E*" bei gleichem kWh-Verbrauch auffällig, da ja doch auch „*E*" wesentlich die Spitzenreserven des Kraftwerkers in Anspruch nimmt, wobei er nur das Glück hat, nicht die Spitze des „$A + B + C$" zu erreichen, immerhin scheint diese Berechnungsart viel gerechter als die nach dem reinen kWh-Tarif. Das Verfahren soll insbesondere dazu dienen, festzustellen, mit welchem Anteil an den Erzeugungskosten eine bestimmte Verbrauchergruppe (zum Beispiel Licht, Kraft oder Bahn usw.) gerechterweise zu belasten sind. Das Verfahren will auch nicht die bestehenden Verrechnungsarten ersetzen, sondern nur Anhaltspunkte geben, inwieweit sie den Ansprüchen, die gewisse Verbrauchergruppen an das Werk stellen, Rechnung tragen. V. H.

(El. World, Bd. 89, Heft 5, 1927.)

Zur Verhütung von Beschädigungen an Kabeln durch Erdarbeiten hat das Elektrizitätswerk von St. Gallen die Anzeigepflicht aller Arten von Grabungen in öffentlichem Grund eingeführt, so daß diese dann von Werksorganen überwacht werden können. Diese Personalauslagen werden durch die Ersparnis an Revisionen und allfälligen Reparaturen reichlich wettgemacht. Außerdem verwendet das Werk seit seinem Bestehen rote Melserplatten als Abdeckmittel für das Kabelnetz. Wenn auch heute billigere und entsprechendere Abdeckmethoden bestehen, so haben doch die verwendeten roten Platten unter anderen den Vorteil, schon durch die auffällige Farbe sofort an das Vorhandensein von Kabeln im Erdreich zu mahnen. Tatsächlich machen auch die Aufsichts- und Unterhaltskosten des Kabelnetzes der Stadt St. Gallen jährlich nicht mehr als durchschnittlich 0·2 vH des Anlagewertes (3 Mill. Frs.) aus und gehen trotz des ansehnlichen Alters der Kabel von 30 Jahren mit jedem Jahr eher zurück, als daß sie ansteigen würden. Bezüglich der Kosten dieser Abdeckart gegenüber Kabelkanälen in Zement oder Abdeckungen mit Zoreseisen wird angegeben, daß bei 2 Kabelsträngen im Kanal die drei Arten im Preis gleichwertig, bei einem Strang die Melserplatten am teuersten, bei drei Strängen jedoch am billigsten sind, da der Preis der Plattenabdeckung unabhängig von der Anzahl der versenkten, parallel laufenden Kabeln ist. St. Schw.

(Bull. d. Schweizer Elektr. Ver., 18. Jahrg., Nr. 1, 1927.)

Literaturbericht.

Eingelaufene Bücher.

3504 Probleme der Großstadt. Von Ing. E. Pfeiffer. 80 Seiten mit 36 Abb. Dieck & Co. (Franckh's Techn. Verlag), Stuttgart o. J. (1927).

In der kleinen Schrift werden sehr anregend die Bau- und Verkehrsfragen, sowie die anderen Probleme wie Kraft- und Wärmeversorgung besprochen, die heute in allen Großstädten auftauchen und zum überwiegenden Teile noch keine allgemein befriedigenden Lösungen gefunden haben.

2312 Wärmewirtschaft. Von Dr. Ing. Kurt W. Geisler. 135 Seiten mit 26 Abb. (Band 12 der Technischen Fachbücher.) München, C. W. Kreidels Verlag, 1927. Preis Mk. 2·25.

Das Büchlein bringt in leicht verständlicher Weise, ohne besondere Kenntnisse vorauszusetzen, das Wichtigste über die Grundbegriffe und Gesetze der Wärmelehre, die Einrichtungen zur wirtschaftlichen Wärmeausnutzung und die Wärmewirtschaft in industriellen Betrieben, wobei auch die heute im Vordergrund stehenden Fragen, wie Hochdruckdampf, berührt werden.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS
ELEKTRIZITÄTSWERK
BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT
Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 7 | 31. Juli 1927 | 4. Jahrgang

INHALT: *Der Strompreis. Von Dr. Heinrich Schreiber, Wien. S. 57. / Die Elektrizitätswirtschaft in Rußland. Von Ing. Adolf Brauner, Wien. S. 58. / RUNDSCHAU. S. 62.*

Der Strompreis.

Von Dr. Heinrich **Schreiber**, Wien.

Der wesentlichste und entscheidendste Teil des Stromlieferungsvertrages ist offenkundig der Preis, welcher zwischen der Stromlieferungsunternehmung und dem Strombezieher für den Verbrauch des elektrischen Stromes in hWh oder kWh vereinbart wird. Der Strompreis ist mithin der Preis des Verkehrsgutes, das von dem Werke in Form von elektrischem Strom geliefert und von dem Stromkäufer bezogen wird. Der Strompreis ist nicht einheitlich; er ist abgestuft, je nachdem der Strom für Licht oder für Kraft, ob er bei Tag oder bei Nacht bezogen wird und je nachdem ob er andauernd oder vorübergehend, mithin während einer im Jahresdurchschnitt ermittelten längeren oder kürzeren Benützungsdauer verwendet wird. Die gleiche, in Qualität und Wirkungsweise sich deckende Ware wird demnach zu verschiedenen Preisen gehandelt, worauf gleich in dem Stromlieferungsvertrage Rücksicht zu nehmen ist. Diese Besonderheit in der Preisbemessung geht soweit, daß die Stromabgabe statt zu Einheitspreisen auch zu Pauschalsätzen abgegeben wird, welche das Stromprodukt in Pausch und Bogen ohne Messung und Zählung abgibt und dafür einen vorbestimmten fixen, wohl unkürzbaren, aber auch nicht steigerungsfähigen Ansatz rechnet. Bei Wasserkräften, bei denen die Erzeugung nicht so haargenau genommen wird, wie bei den Dampfanlagen, wo mit jedem Kilogramm Feuerung gerechnet werden muß, ist das Strompauschale der gewöhnliche Rechnungsbrauch, zumal er den Vorzug der Einfachheit in Kalkül und Einhebung besitzt; er macht den Strommesser überflüssig, freilich nicht die Schaltuhr und die Kontrolle, die hier vielleicht noch genauer und straffer gehandhabt werden muß wie dort, wo der Elektrizitätsverbrauchsmesser den Absatz richtig registriert. Immerhin geht daraus hervor, daß die Regelung des Strompreises eine Fülle von Komponenten aufrührt, welche sattsam geprüft und sorgfältig umschrieben werden müssen.

Daß die Bindung des Stromlieferungsvertrages in der Inflationszeit und Geldentwertung hinsichtlich des Strompreises versagen mußte, versteht sich von selbst. Erst behalf man sich mit der Unverhältnismäßigkeit von Leistung und Gegenleistung, um durch die Maschen des Vertrages durchzuschlüpfen und den ausrinnenden Wert des Strompreises völlig zu versenken, dann aber mußten Spezialverfügungen über die Preisprüfungs- und Schlichtungsstelle ex 1919 und 1922 herhalten, um in die eingerissene Rechtlosigkeit Ordnung zu bringen und eine richtige Berechnungsgrundlage anzulegen.[1])

Seit der Stabilisierung ist auch auf diesem Gebiete der Preisbildung eine fixe Norm wieder zurückgekehrt, die umso haltbarer ist, als die neuerrichteten Großwerke schon mit der Kräftigung des gebesserten Geldwertes rechnen konnten. Heute gibt es wieder allgemein giltige und dauernde Tarife, die sich allerdings bei den verschiedenen Stromwerken nicht die Wage halten, sondern die stärksten Abweichungen zeigen. Ein Blick in die letzte Statistik des Elektrotechnischen Vereines in Wien[2]) lehrt, daß sich die Strompreise schwerlich auf eine einheitliche Linie bringen lassen; die Ansätze gefallen sich bei den Stromlieferungsunternehmungen in den stärksten Differenzierungen und offenbaren heftige Schwankungen nach oben und unten. Dies ist umso erstaunlicher, als doch auch in den Gestehungskosten allmählich eine Beruhigung eintrat, auch hier die Stabilisierung durchgriff, mögen auch die Bedingungen, unter denen die Finanzierung vor sich ging und die natürlich auf die Ertragsmöglichkeit eine gewichtige Rückwirkung üben, bei den einzelnen Unternehmungen empfindlichere Verschiedenheiten aufweisen. Immerhin bietet die beste, verläßlichste Kontrolle für die Angemessenheit des Tarifes die Rentabilität und diese zeigt, daß der Preis des Stromabsatzes gerade hinreicht, um die Verzinsung des Anlagekapitals, sei es den festen Dienst des Schuldkapitals, sei es das Erfordernis für die Dividende des Aktienkapitals, aufzubringen und zu bestreiten. Ein Übermaß und eine Überschwänglichkeit ist nirgends zu beobachten, die Rentabilität ist wohl zumeist gegeben, hält sich aber in durchaus traitablen Grenzen, denen es nicht anzumerken ist, daß der Strompreis als überspannt zu verwerfen sei. Im Gegenteile, an den Friedensgraden gemessen, ist eine Valorisierung des Preises nicht erzielt, er bleibt hinter der Friedenstaxe zurück, was übrigens nicht besonders auffallen darf, will man für die dermalen überwiegende Wasserkraftversorgung die größere Wohlfeilheit einschätzen und ins Treffen führen.

Am Strompreise aber hängt nicht nur das wirtschaftliche Interesse von Erzeuger und Verbraucher, sondern nach der neuesten Entwicklung des Stromgeschäftes auch jenes des Zwischenhandels und Kettenhandels in Elektrizität in allen Fällen, in denen der Erzeuger nicht auch die Verteilung und den Verschleiß des Absatzes bewirkt, sondern diesen Zweig der Tätigkeit Zwischenhänden überläßt.

Daß der Monopolcharakter der meisten Großkraftwerke die freie Preisbildung hemmen und leicht zu Preisdiktaten führen kann, ist eine wohl selbstverständliche Folge dieser Erscheinung. Das Gegengewicht gegen

[1]) Vgl. E. u. M. 1919, Anzeiger, S. 205; 1920, Anzeiger, S. 83; 1922, Anzeiger, S. 24.

[2]) Vgl. a. Czeija, Ergebnisse der „Statistik der Elektrizitätswerke Österreichs“ 1926, E. u. M. 1927, Heft 25, S. 497 ff.

Digitized by Google

diese Gefahr der Überheblichkeit soll aber der Preisregulator bilden, den das Gesetz in der obrigkeitlichen Tarifhoheit der Länder aufgerichtet hat.

Eine schwere Belastung des Strompreises bildet in den meisten Bundesländern (nur wenige sind hievon ausgenommen) die Stromabgabe, welche, bald als Zwecksteuer, bald als reine Finanzabgabe, Gemeinden und Länder einheben und sich darin teilen. Die Elektrizitätsförderung, die nachhaltig begehrt und mit Recht in gleichartigem Interesse von Produktion und Konsum verfochten wird, ist durch die Elektrizitätssteuer wie mit einem Bleigewicht behangen. Die Wirtschaftlichkeit der Stromversorgung erheischt es, daß sie endlich jenen herzhaften Ruck unternimmt, der es dahinbringt, daß der Strompreis diesen überflüssigen und schädlichen Ballast abschüttelt und wieder über Bord werfen kann.

Die Elektrizitätswirtschaft in Rußland.

Von Ing. Adolf **Brauner**, Wien.

Die Elektrifizierung Rußlands in den nächsten fünf Jahren.

Die im Jahre 1920 eingesetzte „Staatskommission für die Elektrifizierung Rußlands“[1]) hat die Errichtung einer ganzen Reihe von Überlandwerken, Dampfkraftwerken mit örtlichem, minderwertigem Brennstoff und von Wasserkraftwerken zur Folge gehabt. Die Kapazität sämtlicher Neubauten betrug im Jahre 1926 an 300 000 kW, aller vorhandenen Kraftwerke an 1 440 000 kW und die Energieabgabe 3220 Mill. kWh.

Schon heute genügt diese Energie nicht mehr dem Bedarf und da nun gegenwärtig die Parole der Industrialisierung des Landes herausgegeben wurde, um sich nach Möglichkeit vom Auslande zu emanzipieren, wächst der Energiebedarf von Jahr zu Jahr immer mehr. Es ist daher ein Elektrisierungsplan für die nächsten fünf Jahre (1927 bis 1931) aufgestellt worden, über welchen hier an Hand einer Darstellung von G. Krshishanowski und A. Gorew berichtet werden soll.[2])

Nach diesem Plan sollen sich die Kraftwerke des Landes in folgender Weise entwickeln (Tab. I, in 1000 kW).

	Dezember					
	1926	1927	1928	1929	1930	1931
Ueberlandzentralen	386	530	860	1 258	1 611	2 011
Industriekraftw. u. komb. Kraftwerke	750	800	850	900	950	1 000
Sonst. Kraftwerke	314	360	420	480	540	600
Zusammen . .	1 440	1 690	2 130	2 638	3 101	3 611

In den nächsten fünf Jahren wird also die Gesamtleistungsfähigkeit der Werke auf das $2^1/_2$fache steigen.

Der Strombedarf verteilt sich in folgender Weise (Tab. II, Mill. kWh):

	1925/26	1926/27	1927/28	1928/29	1929/30	1930/31
Industrie des Obersten Volkswirtschaftsrats	2 400	3 050	4 000	5 100	5 400	7 300
Lokale Industrie	200	312	410	530	640	780
Kommunale Bedürfnisse (Beleuchtung, Wasserleitung, Straßenbahn)	570	688	790	920	1 060	1 670
Landwirtschaft	6	16	26	36	46	56
Transportbedarf, geliefert v.:						
a) Ueberlandzentralen für elektr. Traktion	—	—	50	100	150	200
b) eigenen Kraftwerken für mech. Werkstätten usw.	40	42	44	46	48	50
Post, Drahtverkehr, Radio .	4	4	5	5	5	6
Zusammen . . .	3 220	4 112	5 325	6 737	8 349	10 062

Die durchschnittliche Arbeitsdauer soll von 2500 auf 3200 Jahresstunden erhöht werden. Auch sollen womöglich die lokalen, oft minderwertigen Brennstoffvorräte ausgenützt werden, wie Tab. III zeigt.

	1926–27 vH	1930–31 vH
Torf	35	44
Örtliche Kohle . . .	17	36
Zugeführte Kohle . .	12	8
Naphtha und Erdgase	36	12

Der Kapitalsbedarf für die Elektrifizierung ist wie folgt in Mill. Rubel veranschlagt: 1926 bis 27 177, 1927 bis 28 241, 1928 bis 29 282, 1929 bis 30 305, 1930 bis 31 334, insgesamt Rubel 1 339 000 000.

Die Dispositionen des Elektrisierungsprogrammes für einzelne Gebiete Rußlands sind nachstehend behandelt:

I. Nordwestgebiet. Im Elektrifizierungsplan von 1920 bis 1921 sind für dieses Gebiet folgende Überlandwerke vorgesehen:

1. Torfwerk Roter Oktober an der Newa, 30 000 kW.
2. Wasserkraftwerk Wolchow, 65 000 kW.
3. Zwei Wasserkraftwerke am Fluß Swir (mündet in den Onegasee), 100 000 kW.
4. Wasserkraftwerk an der Kowda zur Aluminiumgewinnung.

Von diesen fünf Kraftwerken sind Roter Oktober[3]) mit 20 000 kW und Wolchow[3]) mit 55 000 kW bereits in Betrieb gesetzt und versorgen Leningrad mit Energie; der Bau der Wasserkraftwerke an der Swir dürfte nicht vor 1930 in Angriff genommen werden. Hingegen haben die Schwierigkeiten, die im Bau eines Kraftwerkes am schiffbaren Flusse, wie am Wolchow, aufgetaucht sind, die technischen Behörden veranlaßt, weitere Torfkraftwerke ins Elektrisierungsprogramm aufzunehmen. In Frage kommen mächtige Torflager bei der Station Malaja Vyschera und am Flusse Sjass. Im übrigen ist jedoch die Errichtung noch eines Wasserkraftwerkes von 65 000 kW an den Iwanowski-Wasserschnellen der Newa, 15 km von Leningrad entfernt, in Aussicht genommen.

Im Leningrader Gebiet beträgt die Stromerzeugung sämtlicher Kraftwerke bis 143 000 kW; nach Ablauf von fünf Jahren werden, einschließlich eines neuen Torfkraftwerkes, 350 000 kW erwartet, jetzt soll die Stromerzeugung 140 000 kW betragen; im Jahre 1931 kann man dann auf eine Kraftreserve von 50 000 kW rechnen, die gegenwärtig nur 3000 kW ausmacht.

Von großer wirtschaftlicher Bedeutung ist noch die Elektrisierung der Eisenbahnstrecke von zirka 645 km zwischen Leningrad und Moskau. Die Energieversorgung derselben von den Moskauer und Leningrader Kraftwerken dürfte schon am Anfang keine Schwierigkeiten bieten.

II. Zentrales Industriegebiet. Dieses Gebiet, mit Moskau als Mittelpunkt, ist im Gegensatz zum Nordwestgebiet schon jetzt nicht in der Lage, den Energiebedarf zu befriedigen; es wird daher geplant, die Kapazität der Moskauer Kraftwerke und der umliegenden Überlandzentralen bis zum Jahre 1931 auf 500 000 kW zu steigern. Da sämtliche Kraftwerke auf ein Netz arbeiten, wird es möglich sein, die größtmöglichen Maschinenaggregate aufzustellen. Außerdem

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Heft 3, S. 58; vgl. ferner „Das Elektrizitätswerk“ 1926, S. 31, 68, 74, 125.

[2]) Vgl. „Die Volkswirtschaft der U. S. S. R.“, 6. Jahrg., Nr. 10, 1927, Berlin.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 60.

Digitized by Google

soll die Aufgabe gelöst werden, ausschließlich minderwertige Brennstoffe, wie Torf und Kohle des Moskauer Reviers, zu verwenden und die Zufuhr der teueren Donjezkohle und von Naphtha zu vermeiden.

Nach dem Elektrifizierungsplan von 1920 bis 21 waren für dieses Gebiet folgende Neuanlagen geplant:

1. Torfkraftwerk Balachna (unweit Nischni-Nowgorod), 40 000 kW.
2. Torfkraftwerk Iwanowo-Wosnessensk, 40 000 kW.
3. Torfkraftwerk Schatura, unweit Moskau, 40 000 kW.
4. Kraftwerk Kaschira für Moskauer Kohle 60 000 kW.
5. Kraftwerk Jepifanj für Moskauer Kohle, 60 000 kW.

Die Stromerzeugung in sämtlichen Kraftwerken des Moskauer Industriegebietes drückt sich im Jahre 1926 mit 167 000 kW aus, der Bedarf war 180 000 kW, es fehlten daher 13 000 kW; im Jahr 1931 soll die Stromerzeugung auf 514 000 kW gesteigert werden und es verbleibt dann, bei einem voraussichtlichen Strombedarf von 460 000 kW, eine Reserve von 54 000 kW. Im dazugehörigen Wolgagebiet (Nischni-Nowgorod, Iwanowo-Wosnessensk, Jaroslaw und Kostroma) soll die gegenwärtige Leistung von 55 000 kW bis zum Jahre 1931 auf 204 000 kW gesteigert werden.

Die Haupterweiterung im nächsten Jahrfünft ist in den Überlandwerken Kaschira auf 120 000 kW, Schatura auf 136 000 kW, Balachna auf 108 000 kW, sowie in den Industriewerken in Iwanowo-Wosnessensk auf zunächst 44 000 kW und in den weiteren fünf Jahren auf 88 000 kW in Aussicht genommen. Die bestehenden 250 000 kW sollen also auf 400 000 kW ausgebaut werden. Außerdem soll das Überlandwerk „Elektroperedatscha" (jetzt Klassonwerk), unweit von Moskau, auf 100 000 kW ausgebaut werden und wird noch ein Überlandwerk, dessen Standort noch nicht entschieden ist, geplant. Der Strompreis soll infolge der billigen Moskauer Kohle und der Möglichkeit der Verarbeitung der Asche zu feuerfesten Produkten auf 1·5 bis 2 Kopeken pro kWh zu stehen kommen. Die Hauptleitungen des Hochspannungsnetzes von 115 000 V werden längs der Bahn Leningrad — Moskau verlegt werden, wodurch es möglich sein wird, die wichtigsten Verbrauchszentren, wie Twer, Rybinsk, Jaroslaw, Nischni-Nowgorod, Murom, Rjasan, Tula und Kaluga, mit Energie zu versorgen.

III. Ural. Der Elektrisierungsplan von 1920 bis 1921 sah folgende vier Kraftwerke vor:

1. Kiselowsches Kraftwerk am Steinkohlenrevier Kisel, 50 000 kW.
2. Wasserkraftwerk am Flusse Tschussowaja, 50 000 kW.
3. Kraftwerk Tscheljabinsk für örtliche Braunkohle, 80 000 kW.

Der Strombedarf des Uralgebietes wird für Ende des Jahrfünfts mit 200 000 bis 250 000 kW veranschlagt. Die Kraftwerke Kiselow, Jegorschino und Tscheljabinsk lassen sich zu einem gemeinschaftlichen Netz zur Versorgung des Bergbaues nördlich von Tscheljabinsk zuschammenschließen. Einige Fabrikszentralen und ein kleines Torfkraftwerk in Swerdlowsk sollen die Kraftreserve bilden. Gegenwärtig ist jedoch bloß ein Überlandwerk, das Kiselowsche, mit geringer Kapazität von 6000 kW in Betrieb gesetzt; im Jahre 1931 sollen alle vier Kraftwerke ausgebaut werden und 142 000 kW gewährleisten. Die Stromkosten werden auf 2 Kop./kWh zu stehen kommen.

IV. Ukraine. Dem Elektrisierungsplane von 1920 bis 21 gemäß waren folgende Kraftwerke in Aussicht genommen:

1. Schterowka (im Donjezgebiet) für Anthrazitstaub, 100 000 kW.
2. Lissitschan (für Steinkohle), 80 000 kW.
3. Wasserkraftwerk am Dnjepr, 200 000 kW.
4. Grischinsk (für Gaskohle), 40 000 kW.

Gegenwärtig ist Schterowka mit einer Kapazität von 20 000 kW im Betriebe und soll 1931 auf 86 000 kW ausgebaut werden. Das Dnjepr-Wasserkraftwerk wird erst jetzt in Angriff genommen und dürften erst 1931 bloß 3 Turboaggregate von je 35 000 kW zur Aufstellung gelangen, die also 105 000 kW abgeben können. Insgesamt rechnet man für das südliche Gebiet der Schwerindustrie, mit Charkow als Hauptstadt, auf 390 000 kW. Es wird ein Wasserkraftwerk am südlichen Bugfluß in der Gegend von Perwomaisk von 20 000 kW geplant, das durch die Überlandleitung einen geschlossenen Ring: Perwomaisk — Nikolajew — Cherson — Krivoj Rog — Perwomaisk, mit einer Abzweigung Nikolajew — Odessa bilden soll. Durch die Elektrisierung der Kursker Eisenbahnen und der damit verbundenen Überlandleitung längs der Bahnstrecke soll Charkow mit dem gesamten Hochspannungsnetz der Ukraine verbunden werden.

V. Nordkaukasus. Nach dem ursprünglichen Elektrisierungsplan waren nachstehende Kraftwerke vorgesehen:

1. Belaja Kalitwa (für Anthrazit), 60 000 kW.
2. Dampfkraftwerk Krassnodar (ehem. Jekaterinodar), 20 000 kW.
3. Wasserkraftwerk Kubanj, 40 000 kW.
4. Wasserkraftwerk am Terek, 40 000 kW.
5. Dampfkraftwerk Grosny für Naphtha, 20 000 kW.

Keines dieser Kraftwerke ist bis heute zur Ausführung gelangt, da deren Existenzberechtigung, namentlich der Wasserkraftwerke, eine umfangreiche Ausnützung der Boden- und Waldreichtümer voraussetzt. Hingegen ist das Wasserkraftwerk Artem im Gebiete Schachty von 44 000 kW in Angriff genommen worden; es dürfte im Jahre 1928 die Hälfte dieser Leistung abgeben können. Außerdem wird in demselben Jahre auf 5000 kW vom Kraftwerk Grosny gerechnet. Nach Ablauf des Jahrfünfts hofft man, unter Zugrundelegung eines neuen Elektrisierungsplans für dieses Gebiet 148 000 kW zu erhalten.

VI. Wolgagebiet. Folgende Kraftwerke waren vorgesehen:

1. Stalingrad (ehem. Zarizyn), 40 000 kW.
2. Saratow, 20 000 kW.
3. Kaschpura (bei Uljanowsk ehem. Simbirsk) für Brennschiefer, 20 000 kW.
4. Swijashsk bei Kasan, 20 000 kW.

Infolge der Hungerperiode i. J. 1921 und der deshalb für mehrere Jahre gehemmten wirtschaftlichen Entwicklung des Wolgagebietes wurde erst im vergangenen Jahre mit dem Ausbau des Saratower Kraftwerkes begonnen, das 1928 etwa 5000 kW wird abgeben können; 1930 erwartet man vom Kraftwerk Stalingrad 11 000 kW und erst 1931 dürften alle angeführten Kraftwerke des Gebietes zusammen nur 53 000 kW liefern können. Eine Hochspannungs-Überlandleitung soll späterhin die Städte des mittleren Wolgagebietes: Saratow — Wolsk — Sysran — Uljanowsk, mit einer Abzweigung nach Samara, eventuell bis Kasan, verbinden.

VII. Transkaukasien. Die Elektrisierung Transkaukasiens ist im Elektrifizierungsplan von 1920 bis 1921 nicht enthalten, da dieses Gebiet damals noch nicht zur Sowjet-Union gehörte. Die gegenwärtigen Elektrisierungspläne sehen die Errichtung mehrerer Wasserkraftwerke vor, die für die Elektrisierung des Bergbaues, der Naphthaproduktion, für Irrigationszwecke, Verarbeitung der landwirtschaftlichen Produkte usw. dienen sollen. Inzwischen wurde am Flusse Kura das Wasserkraftwerk Semo-Awtschalsk zur Stromversorgung von Tiflis erbaut und zunächst mit 13 000 kW in Betrieb gesetzt, soll aber auf 26 000 kW ausgebaut werden. Dieses Kraftwerk, gemeinschaftlich mit einem anderen Kraftwerk im Bezirke Kutaiss, soll Strom für Manganerzgewinnung im Kreise Tschiaturi und für Trockenlegung der Sümpfe bei Poti und Korbulet liefern. An der Strecke zwischen Tiflis und Eriwan, am Flusse Kamenka, ist gleichfalls die Errichtung eines Wasserkraftwerkes von 20 000 kW in Aussicht genommen. Dann ist noch die Elektrisierung Armeniens und Aserbeidshans ins Auge gefaßt. Die Kraftwerke von Baku, die jetzt schon über eine Kapazität von 90 000 kW verfügen, sollen von der bisherigen Naphthaheizung auf Verwendung von Erdgas, das im Gebiete von Baku und Grosny in großen Mengen vorhanden ist, übergeführt werden. Im nächsten Jahrfünft sollen hier fünf Kraftwerke (Dampf und Wasser) 257 000 kW gewährleisten.

Digitized by Google

Die Elektrifizierungspläne der übrigen Gebiete sind noch in Vorbereitung. Hervorzuheben ist das Projekt der Errichtung eines Überlandkraftwerkes in Weißrußland von 22 000 kW auf Torfmoor, das die Städte Witebsk, Orscha, Mogilew und Smolensk mit Energie versorgen soll. Große Wasserkraftwerke sollen im Altaj (Sibirien) und in Usbekistan (Turkestan) errichtet werden; desgleichen eine Reihe von Kraftzentralen in Asiatisch-Rußland; ihre Gesamtleistung soll im Jahre 1931 etwa 150 000 bis 200 000 kW betragen.

Am Schlusse des Jahrfünfts 1926 bis 1931 soll die Kapazität sämtlicher Überlandwerke von 400 000 auf 2 000 000 kW gesteigert sein; bei gleichzeitiger Erweiterung aller Kraftwerke wird somit die Stromerzeugung in Rußland von 1 400 000 kW auf 3 600 000 kW erhöht werden.

Das Wasserkraftwerk Wolchow.

Lange Zeit befaßten sich die technischen Kreise mit dem Gedanken der Ausnutzung der Energie des Flusses Wolchow[4]) für die Bedürfnisse der Leningrader Industrie; viele diesbezügliche Projekte wurden ausgearbeitet, von denen das von Prof. Graftio endlich verwirklicht wurde. Die Inbetriebsetzung des Werkes fand Ende vorigen Jahres statt. Eine kurze Beschreibung desselben an Hand der eingehenden Darstellung von J. J. Bentkowsky und A. M. Salessky soll hier Platz finden.[5])

Der Fluß Wolchow, etwa 250 km lang, nimmt seinen Anfang im See Ilmenj nächst der Stadt Groß-Nowgorod und mündet in den nördlich von ihm befindlichen Ladoga-See. Im unteren Teil, 197 km flußabwärts, besitzt der Wolchow bedeutende Wasserschnellen, die nunmehr durch die Erbauung eines Dammes und einer Kammerschleuse schiffbar gemacht werden; hinter den Wasserschnellen ist das Elektrizitätswerk errichtet, das ein Nutzgefälle von 10·5 m ausnützt. Der Damm ist 17·67 m hoch und 22·2 m breit und besitzt innerhalb einen Gang von 2·5 m Breite und 2 m Höhe, der die Verbindung zwischen der Kraftzentrale mit dem gegenüberliegenden, linken Ufer des Flusses, sowie die Beobachtung des inneren Zustandes des Dammes und die Entwässerung desselben ermöglicht. Der Damm ist aus Beton im Verhältnis 1 : 5 hergestellt, mit Ausnahme der äußeren Schichte, die 1 : 4 ausgeführt wurde; der Unterteil, sowie ein Teil des Flußbettes ist teilweise mit Granit gepflastert. Die Eisschutzmauer ist im Winkel zur Stromrichtung aufgebaut; sie bietet dem Zentralengebäude Schutz beim Eisgang und verhindert das Eindringen des Eises in die zu den Turbinen Wasser zuführenden Galerien. Die Eisschutzmauer ist 17 m hoch und 275 m lang. Bei Hochwasser führt der Fluß Wolchow eine Wassermenge von 2428 m³/sec, die Wasserdurchfluß-Vorrichtung des Dammes kann 1360 m³/sec durchlassen. Bei Vollbelastung des Kraftwerkes strömen den acht Turbinen 699 m³/sec Wasser zu, es verbleiben daher noch 369 m³/sec, die der Wasserablaufkanal abführen muß. Letzterer hat eine Gesamtlänge von 62·5 m, sein Flußbett ist zum Teil mit Granit gepflastert.

Die Schleuse ist nach dem Einkammer-System erbaut. Die nützliche Länge der Kammer beträgt zirka 140 m, die Breite 16 m, die Tiefe genügt für Schiffe mit zirka 1·6 m Tiefgang. Die maschinelle Einrichtung der Schleuse kann von Hand aus oder durch Elektromotoren betätigt werden. Zur Füllung der Kammer mit Wasser genügen zirka 8 Minuten. Der Fischkanal befindet sich zwischen dem Zentralengebäude und dem Damm. Er ist 1·2 m breit, 0·5 m tief und hat eine Neigung 1 : 3. Die Wassergeschwindigkeit im Kanal 1·75 m/sec entspricht der des Flusses Wolchow.

Das Zentralengebäude, 19·3 m lang und 39 m breit, enthält acht Turbinen zu je 10 000 PS, 75 U/min, 15 vH Überlastungsfähigkeit, garantierter Wirkungsgrad für normale Belastung 86 vH, für 115 vH Belastung 84 vH und für 50 vH Belastung 66 vH. Bei normalem Betrieb verbraucht jede Turbine 83 m³/sec Wasser. Die Wassergeschwindigkeit beim Eingang in die Zuleitungsgalerie ist 0·75 m/sec, in der Spiralkammer beträgt die mittlere tangentiale Geschwindigkeit 0·25 m/sec. Die Geschwindigkeit beim Eintritt in das Saugrohr ist 4·31 m/sec, die Austrittsgeschwindigkeit 1·34 m/sec. Der Leitapparat der Turbine besteht aus 24 hohlen Stahlgußschaufeln, das Laufrad besitzt 12 Schaufeln, sein Austrittsdurchmesser ist 4·93 m. Das Stützlager ist für eine Belastung von 260 t berechnet. Das Gesamtgewicht einer Turbine beträgt 238 t. Die Schmierung ist zum Teil automatisch, zum Teil durch Staufferbüchsen mit Talg. Das Werk enthält noch zwei kleine Turbinen zu je 1400 PS, 150 U/min, für die Erregung. Die Turbinen wurden von den Werken Nordquist & Holm in Trollhättan und den Verkstaden Kristinehamn in Kristinehamn, Schweden, geliefert. Die Generatoren, direkt auf die vertikale Turbinenwelle aufgesetzt, liefern je 8750 kVA Drehstrom, 50 Per/s bei 11 000 V (regelbar zwischen 8800 bis 12 100 V). Der garantierte Wirkungsgrad der Generatoren ist bei Vollast 96 vH und 95 vH bei $\cos \varphi = 0{\cdot}8$. Die Aggregate wurden je zur Hälfte von der schwedischen Firma ASEA und vom Staatlichen Elektrotrust in Leningrad geliefert. Die Generatoren erhalten die Erregung von je einem Erregerumformer, bestehend aus einem 110 kW Induktionsmotor und der Erregermaschine. Die Motoren erhalten Strom von den beiden, von den Hilfsturbinen angetriebenen, Hilfsgeneratoren für 1250 kVA, 50 Per/s, 2200 V. Zur Erregung aller acht großen Generatoren genügt einer der Hilfsgeneratoren, während der andere als Reserve dient (geliefert vom Staatlichen Elektrotrust in Leningrad). Die Maschinenspannung wird in drei Einphasentransformatoren von je 11 700 kVA (zusammen 35 000 kVA) der Firma ASEA, die primär in Dreieck, sekundär in Stern geschaltet sind, auf 120 000 V erhöht. Zur Energielieferung genügen zwei Gruppen von Transformatoren, die dritte dient als Reserve. Die Transformatoren sind mit Wasserkühlung versehen; die Temperatur der Transformatoren wird durch Fernthermometer gemessen.

Je vier Generatoren sind an eine Sektion der Doppel-Sammelschienen von 11 kV über Trennschalter angeschlossen. An jede Schienensektion sind je vier Generatoren angeschlossen. Jede solche Schienensektion speist eine Transformatorengruppe und die Reserve-Transformatorengrupep kann an jede der Sammelschienensektionen angeschlossen werden. In der Hochspannung kann jede Transformatorengruppe an eigene Sammelschienen zur Speisung einer Leitung angeschlossen werden und ist die Möglichkeit geboten, Kombinationen zwischen den drei Transformatorengruppen und zwei Leitungslinien herzustellen. Für den Zentralenbedarf und für die Schleuse, sowie zur Bedienung des anliegenden Gebietes sind zwei Transformatoren an die 11 kV Sammelschienen angeschlossen; jeder dieser beiden Transformatoren gewährleistet 1250 kVA bei 11 000/2200 V Spannung.

Zur Energieübertragung nach Leningrad dient eine 130 km lange, erst den Wolchow, dann die Newa überquerende Leitung. 20 km von Leningrad entfernt, zweigt eine 1·5 km lange Leitung zum Kraftwerk Roter Oktober[6]) ab. Die Leitung ist doppelt ausgeführt, eine stromführend, die andere als Reserveleitung, jede auf eigenen Masten in 16 m Abstand aus drei Kupferdrähten 220 mm² stark in einer horizontalen Ebene bei 4 m Phasenabstand und 6 m Bodenabstand verlegt. Die Überquerung des Wolchows erfolgt in einer Höhe von 20 m, die der Newa in 40 m Höhe. In der Unterstation in Leningrad sind die Transformatoren und die Schaltanlage für 100 kV aufgestellt; im Flügel der Niederspannung befindet sich die Schaltanlage für 35 kV, in einem anderen Teil des Gebäudes sind noch Transformatoren für 35/6 kV mit der zugehörigen Schaltanlage aufgestellt, die das örtliche Unterwerk bilden, welches das städtische Netz mit dem anliegenden Gebiet mit 6 kV speist. Im selben Gebäude ist noch die Reparaturwerkstätte und das Versuchslaboratorium untergebracht. Die Einphasentransformatoren, gleicher Bauart wie im Kraftwerk, mit einer Leistung von 11 000 kVA und einem Übersetzungsverhältnis von 63 350/35 000 V sind zu Dreiphasengruppen mit Stern- in der Hochspannung und mit Dreieckschaltung in der Niederspannung zusammengefaßt. Insgesamt befinden sich im Unterwerk drei Gruppen

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 58.

[5]) Nach „Elektritschestwo", Nr. 1, 1927.

[6]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 60.

Digitized by Google

solcher Transformatoren, davon eine als Reserve. Die Schaltanlage des Unterwerkes für 110 kV ist ähnlich der im Kraftwerk. Die Sammelschienen für 35 kV speisen sechs Speiseleitungen von 35 kV, die zum 35 kV Leningrader Kabelnetz gehören, außerdem werden von denselben Sammelschienen zwei Transformatoren je 6000 kVA, 35/6·3 kV gespeist. Die Ausrüstung des Hauptunterwerkes rührt ebenfalls von der Firma ASEA her.

Die vom Wolchow-Kraftwerk dem Hauptunterwerk zugeführte Energie verteilt sich in der Stadt durch das 35 kV-Kabel und wird vermittels sieben kleinerer Unterwerke dem städtischen Netz von 6 kV zugeführt. Die Gesamtlänge des in der Stadt verlegten Kabels beträgt 69·3 km, darunter 2·6 km Unterwasserkabel. Im Falle einer Betriebsstörung im Wolchow-Kraftwerk übernimmt die „I. Staatliche Elektrische Zentrale" die Stromversorgung der ganzen Stadt.

Zwischen dem Haupt- und Unterwerk ist eine zweifache Fernsprechverbindung vorgesehen, eine Drahtverbindung mittels einer Zweileiterlinie, an den Masten längs der Kraftübertragungsleitung angebracht, und eine Hochfrequenzverbindung zwischen Haupt- und Unterwerken.

Die Baukosten stellen sich wie folgt zusammen: Die Schleuse mit Kanälen 15 Mill. Rubel, Kraftwerk, Damm, Eisschutzmauer, Wasserablaßkanal und Ausrüstung der Zentralen 56 Mill. Rubel, Leitungsanlage 7 Mill. Rubel, Hauptunterwerk einschließlich Ausrüstung 5 Mill. Rubel, Kabelring in Leningrad und die Sekundär-Unterwerke 7 Mill. Rubel: insgesamt 90 Mill. Rubel. Davon entfallen zirka 6 Mill. Rubel auf ausländische Bestellungen, während die restlichen 84 Mill. Rubel in Rußland verausgabt wurden.

Die Bedeutung des Wolchow-Kraftwerkes für die Stromversorgung Leningrads ist aus folgenden Zahlen ersichtlich. Gegenwärtig beträgt die Gesamtleistung aller Leningrader elektrischen Kraftwerke zirka 90 000 kW; die Inbetriebsetzung des Wolchow-Kraftwerkes erhöht diese Leistung einstweilen um 50 000 kW, das ist um 55·5 vH; in wasserarmen Jahren kann diese Leistung allerdings nicht volle 24 Stunden täglich geliefert werden. Das Werk kann im Jahresdurchschnitt 225 Mill. kWh, in wasserarmen Jahren zirka 150 Mill. kWh liefern.

Im Betriebsjahr 1925/26 verbrauchte Leningrad an Energie zirka 300 Mill. kWh; in den kommenden fünf Jahren dürfte sich der Energiebedarf auf 700 bis 800 Mill. kWh jährlich erhöhen. Auf diese Weise wird das Wolchow-Werk für die nächsten fünf Jahre in der Lage sein, 30 bis 35 vH der für Leningrad erforderlichen Gesamtenergie zu liefern. Die Selbstkosten der Energie aus Wolchow auf den 6 kV Sammelschienen betragen 1·5 Kop./kWh (ohne Berücksichtigung der Zinsen für das investierte Kapital). Die gegenwärtigen Selbstkosten der Energie in den Dampfzentralen Leningrads betragen zirka 5 Kop./kWh, die Wolchow-Energie ergibt daher eine Ersparnis von 3·5 Kop./kWh. Die Ersparnis macht daher im Jahr zirka 8 Mill. Rubel aus. Zieht man die Gesamtkosten der Anlagen von 75 Mill. Rubel, ohne Schleuse, in Betracht, so ergibt sich, daß die jährliche Ersparnis 10·6 vH des investierten Kapitals ausmacht. Diese Ersparnis wird zum Teil dem Staate zugute kommen, zum Teil jedoch zur Reduzierung des Stromtarifes verwendet.

Die weitere Bedeutung des Wolchow-Kraftwerkes besteht darin, daß es einen vorzüglichen Wasserweg zwischen dem mit Naturreichtümern versehenen Gebiet des Ilmenj-Sees und Leningrad mit seinem Hafen geschaffen hat und dadurch die Ausfuhr seiner Waren nach dem Ausland ermöglicht.

Die Fernheizungsprojekte.

Die Hauptverwaltung der elektrotechnischen Industrie in Rußland (Glawelektro) hat nach bewährten deutschen und amerikanischen Mustern den Gedanken aufgegriffen, die zum größten Teil überschüssige Wärmeenergie der elektrischen Zentralen zu Fernheizungszwecken auszunützen. Ihre wissenschaftliche Abteilung, der Elektroplan[7]), der sich mit der Begutachtung der Elektrifizierungsprojekte befaßt, schuf aus seiner Mitte eine „Fernheizungs-Kommission", deren Aufgabe unter anderem darin zu bestehen hat, einen Fernheizungsplan für die größeren Städte und Ortschaften Rußlands auszuarbeiten.[8])

In Moskau und Leningrad nehmen Fernheizungsprojekte bereits greifbare Gestalt an; als Wärmequellen sind die erste Kraftzentrale der „Moges" und die dritte Leningrader Staatszentrale ins Auge gefaßt worden. In Moskau ist beabsichtigt, die Fernheizung im Stadtzentrum durchzuführen. Dieser Stadtteil umfaßt 257 Häuser mit einem Wohnungsraum von 7 Mill. m³, von welchen 138 Häuser mit einem Gesamtraum von 4·867 Mill. m³ bereits eigene Warmwasserheizung besitzen. Der Brennstoffverbrauch beträgt 8000 t Kohle von 7000 Cal., die Betriebskosten kommen auf 1·24 Mill. Rubel. In der ersten Kraftzentrale Moges wird sich bei Abgabe von Heizdampf der Brennstoffverbrauch gegenüber dem reinen Kondensationsbetrieb um 3000 t erhöhen. In Leningrad sind zur Versorgung der bestehenden Heißwasserheizungen eines ins Auge gefaßten Stadtteiles $8 . 10^9$ Cal. erforderlich, wozu alljährlich 28 854 t Kohle verbraucht werden. Einschließlich der Hausbrandöfen erhöht sich der Bedarf an Wärme auf $100 . 10^9$ Cal., wozu 36 000 t Brennstoff erforderlich sind. Die Anlagekosten dürften auf 1·5 Mill. Rubel zu stehen kommen. Es genügt eine Dampfturbine in der letztgenannten Zentrale neben der vorhandenen Ausrüstung, um bei gemeinsamer Erzeugung von Wärme- und elektrischer Energie eine Abgabe an die Wärmeabonnenten von $100 . 10^9$ Cal. und 17·35 Mill. kWh an elektrischer Energie zu erhalten. Hiezu wären 23 400 t Brennstoffe erforderlich. Das Betriebspersonal, Materialien, laufende Reparaturen und sonstige Auslagen stellen sich auf 438 000 Rubel. Auf diese Weise betragen die jährlichen Auslagen für die Zentrale, ohne Berücksichtigung der Amortisation, 1·04 Mill. Rubel. Die Ersparnis gegenüber der getrennten Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie beträgt 30 000 t Kohle. Die Einnahmen wären, $1 . 10^6$ Cal. zu 9 Rubel und 1 kWh zu 3·5 Kop. eingesetzt, von $100 . 10^6$ Cal. 900 000 Rubel und für 17 735 000 kWh 620 000 Rubel, insgesamt 1·52 Mill. Rubel, das ergibt einen Gewinn von 500 000 Rubel. Das investierte Kapital von 1·3 Mill. Rubel könnte somit in $2^1/_2$ Jahren gänzlich amortisiert werden. Die Bauzeit ist auf drei Jahre verteilt und ist der volle Gewinn erst nach vollendeter Anlage zu erwarten. Gegenwärtig stellt sich die Zentralheizung in den Häusern des ins Auge gefaßten Stadtteiles, die Bedienung derselben und die laufenden Reparaturen, sowie die Kosten von 17 735 000 kWh in der Zentrale (die kWh zu 5 Kop.; 1 t Brennstoff zu 30 Rubel gerechnet) auf 2 316 000 Rubel. Nach der Umgestaltung der Kraftzentrale wird die genannte Wärme- und elektrische Energie auf 1 206 000 Rubel zu stehen kommen, das ergibt eine effektive jährliche Ersparnis von 1 100 000 Rubel. Nimmt man an, daß der Marktpreis von 10^6 Cal., wenn die t Kohle 30 Rubel kostet, 13·70 Rubel ist und daß im Jahre 1929/30 1 kWh 4 Kop. kosten wird, so ersieht man die Vorteile der gemeinschaftlichen Erzeugung beider Energien. Diesbezügliche Berechnungen ergaben, daß wenn dann 1 kWh mit 2·3 Kop. berechnet wird, 10^6 Cal. für 8 Rubel abgegeben werden können, das heißt der Preis beider Energien sich um 42 vH ermäßigen kann. Auf Grund vorstehender Ausführungen genehmigte der „Elektroplan" das Projekt der Fernheizung und Stromversorgung eines Stadtteiles in Leningrad durch die dritte Leningrader Staatszentrale und beauftragte den „Elektrischen Trust" sich mit Banken wegen Beschaffung der erforderlichen Kredite in Verbindung zu setzen. Die „Fernheizungs-Kommission" wurde beauftragt, zusammen mit der „Moges", ein Projekt und einen Kostenvoranschlag für die Fernheizung des erwähnten Moskauer Stadtteiles auszuarbeiten.

[7]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1926, S. 125.
[8]) Nach „Elektritschestwo", Nr. 2, 1927.

Digitized by Google

Rundschau.

Das Gezeitenkraftwerk Frenaye im Ärmelkanal soll nach L. Schwob als Hochspannungs-Gleichstromanlage nach System Thury ausgebaut werden, wodurch die bisherige Forderung an Gezeitenkraftwerke, eine möglichst konstante Kraft bei konstanter Drehzahl zu erzeugen, überflüssig wird. Unabhängig vom jeweiligen Gefälle bleibt der Wirkungsgrad von Turbine und Generator konstant und wird die mechanische Ausrüstung des Werkes sehr einfach. Bei einer mittleren Spiegelschwankung von 8 m (13 m bei Springflut, 3 m bei Nippflut) hat das vom Meer abzudämmende Becken eine Länge von 5, eine Breite von 2·5 km; es wird, abgesehen von einigen Schifferbarken, nicht befahren. Zwei kleine Stauanlagen im Südosten der Bucht gestatten eine Speicherung, um über die Leistungsnullpunkte des Einkammersystems mit Strömungsumkehr hinwegzukommen. Vorerst sollen 35 Maschinensätze mit folgenden Daten gebaut werden:

Gefälle	1	2	3	4	5	6	7	8 m	
Leistung	200	900	1600	2300	3000	3900	4900	5900 PS	Turbine
Drehzahl	52	70	85	100	112	122	131	139 U/min	Turbine
Wassermenge	24	35	42	50	55	60	65	68 m³/s	Turbine
Wirkungsgrad	84	84	84	84	84	84	84	84 vH	Turbine
Spannung	200	550	1000	1500	1850	2350	2850	3600 V	Generator
Leistung	200	610	1100	1750	2250	2650	3450	4000 kW	Generator
Wirkungsgrad	80	86	91	94	95	95	96	96 vH	Generator

Die jährlich verfügbare Energiemenge beträgt bei 35 Turbinen 280 Mill. kWh, bei den später aufzustellenden 70 Turbinen 460 Mill. kWh. Die Kraftspitzen werden jeweils zur Füllung der beiden Stauseen verwendet, worin 20 Mill. m³ auf 35 m gehoben werden. Auch die hier aufstellten Maschinensätze werden nach System Thury arbeiten, also mit einer dem Gefälle angepaßten Drehzahl. Der Gesamtwirkungsgrad der Speicherungen ist mit 0·6 veranschlagt. Im ersten Ausbau würden maximal 150 000 kW mit einer mittleren Erzeugung von 90 000 kW durch jährlich 2500 Stunden aufgestellt. Die Spannung würde bei Höchstbelastung in der 260 km langen Sammelschiene $35 \times 3600 = 125\,000$ V, die Stromstärke konstant 1200 A betragen, wofür zwei Hauptleitungen von je 1000 mm² Querschnitt verwendet würden. Die Gesamtkosten belaufen sich auf 400 Mill. Fr., die bei 100 Mill. jährlicher Betriebsausgaben einem Gestehungspreise von 0·27 Fr/kWh entsprechen. Hiedurch würden jährlich 400 000 t Kohle in einem kohlen- und wasserkraftarmen Gebiete erspart, so daß der Bau als wirtschaftlich bezeichnet werden muß. β.

(Le génie Civil, Bd. 40, Nr. 21, 1927.)

Der untere Kongo würde nach Oberst P. van Deulen, Brüssel, auf seiner 420 km langen Kataraktstrecke bei einem Rohgefälle von 280 m und einer Abflußmenge von 30 000 m³/s in der trockenen Jahreszeit, von 100 000 m³/s in der Regenzeit einer Rohleistung von 100 Mill. PS entsprechen, welche der ganzen heutigen Erderzeugung aus Kohle gleichkommt. Zur Nutzbarmachung wäre die Errichtung von 7 Staudämmen in Jelala, Inga, Isangila, Manyanga, Bezo, Seto und Kalulu mit Staustrecken von 35, 45, 160, 35, 45, 55 und 45 km erforderlich. Hiedurch würde die Kataraktstrecke schiffbar gemacht und könnten 255 000 PS ohne weiteres verwertet werden: 25 000 PS für die Elektrifizierung des Bahnnetzes, 10 000 PS für verschiedene Industrien, 220 000 PS für N-, Al-, Fe- und Kupferwerke. β.

(Bull. d. l. S. d'encouragement p. l'ind. nat., Bd. 126, Nr. 3, 1927.)

Die Detroit Edison Company[1]) versorgt ein Gebiet von rund 8000 km² mit 1·65 Mill. Einwohnern (1924), das außer der Stadt Detroit 15 kleinere Städte, 57 größere und 115 kleinere Ortschaften umfaßt. Von 1905 bis 1924 ist die gesamte Stromabgabe aus allen Werken der Gesellschaft von 25 auf 1460 Mill. kWh oder von 54 kWh auf 886 kWh (!) je Einwohner gestiegen. Es ist dies zum Großteil dem Umstande zu verdanken, daß die Gesellschaft kleinere Hausinstallationen auf ihre Kosten ausführt, so daß heute 99 vH aller Wohnungen des Gebietes über elektrischen Strom verfügen, außerdem handelt es sich um ausgesprochenes Industriegebiet, in welchem außer der Automobilindustrie auch zahlreiche Maschinenfabriken und chemische Industrien zu finden sind. Alle diese Industrien werden mit geringen Ausnahmen von der Gesellschaft mit Strom versorgt, ebenso wie nur Detroit und eine zweite Stadt eigene Werke für Straßen- und Gebäudebeleuchtung und zum Teil auch Straßenbahnstromlieferungen besitzen. Die Detroit Edison Co. liefert in Detroit außerdem auch Heizdampf. Im Jahre 1924 setzten sich ihre Einnahmen (in vH) zusammen aus Einnahmen für Wohnungsstrom (24), für sonstigen Lichtstrom (20), für Kraftstrom (38), für Stromabgabe für öffentliche Zwecke (3) und für Straßenbahn- und Überlandbahnen (6), für Heizdampf (6) und aus verschiedenen Einnahmen (3). Die gesamte installierte Leistung der vier Dampfkraftwerke der Gesellschaft, die 1904 mit 6000 kW begann, ist nach dem Stande vom 30. Juni 1925 503 000 kW. Dazu kommen noch sechs Wasserkraftwerke mit zusammen 7000 kW. Etwa 90 km von Detroit wurde 1922 das Marysville-Werk mit vorläufig 50 000 kW und 100 000 kW im vollen Ausbau in Betrieb genommen. Das neueste Werk ist Trenton Channel mit 150 000 kW im ersten Ausbau und 300 000 kW im vollen Ausbau. In der Entwicklung der Gesellschaft spiegelt sich auch die Entwicklung des Dampfturbinenbaues wieder. Die ersten Einheiten hatten 3000 kW, 1908 wurde der erste 14 000 kW-Satz aufgestellt, die Turbinenleistungen stiegen dann auf 20 000 kW (1915), 45 000 kW (1918) und 50 000 kW (1924). Mit der Vergrößerung der Turbinenleistungen stieg auch die Dampfspannung von rund 14·5 at (1905) auf rund 28 at (1925), die Kesselgröße wurde bereits 1907 mit 2125 m² festgesetzt und seither ebenso wie die gleichfalls damals normalisierte Überhitzung um rund 110° (bei allen Spannungen) beibehalten. Von 1906 bis 1925 stieg der gesamte Wirkungsgrad der Kraftanlagen (Verhältnis der verkauften elektrischen Leistung zur Energie der gekauften Kohle) von 5 auf 14·6 vH, der Kohlenverbrauch je abgegebene kWh sank von 1·64 auf 0·64 kg. Auch der jährliche Belastungsfaktor der Anlagen (Verhältnis der Durchschnittsbelastung zur Höchstbelastung) stieg von 19·9 vH (1904) auf 49·9 vH (1924). Da die Gesellschaft etwa 100 000 kW mehr installierte Maschinenleistung in ihren Werken besitzt, als sie derzeit benötigt, kann sie auch zum Ersatz der ältesten Einheiten durch moderne übergehen, um ihre älteren Anlagen auch wirtschaftlich wieder auf volle Höhe zu bringen. An Hochspannungsdrehstromkabeln für 24 kV verfügt die Gesellschaft über rund 1000 km, an 24 kV und 120 kV Freileitungen über etwa 1600 km. Dazu kommen noch für die Stromverteilung etwa 6000 km Niederspannungskabel und 50 000 km Niederspannungsfreileitungen, die von den 124 Unterstationen und Freiluftstationen zu den 204 000 Abnehmern führen. Der Wert der Anlagen der Gesellschaft ist in der Bilanz per Ende 1924 mit 134·5 Mill. Doll. angegeben, wovon 49·6 Mill. auf die Kraftwerke und 66·8 Mill. auf die Stromleitungs- und -Verteilungsanlagen entfallen. —k.

[1]) Nach einer Studie der Bankers Trust Co., N. Y.

Der Entwurf von Stromversorgungsanlagen. Während man sich früher beim Bau eines Kraftwerkes und der zugehörigen Verteilungsanlagen damit begnügte, der Rentabilitätsberechnung den im Zeitpunkte der Betriebsaufnahme zu erwartenden Stromverbrauch zugrunde zu legen und für die Zukunft nur soweit vorzusorgen, als man bei der Platzwahl für das Kraftwerk die Möglichkeit einer späteren Erweiterung vorsah, ist man heute schon bei den Vorarbeiten für den Bau von Stromversorgungsanlagen viel weitblickender. Man hat eben heute im Gegensatz zu jenen Zeiten, wo die ersten größeren Anlagen errichtet wurden, bereits so umfangreiche Erfahrungen auf dem Gebiete der Elektrizitäts-

Digitized by Google

wirtschaft zur Verfügung, daß man auch mit ziemlicher Sicherheit die Entwicklung für eine bestimmte Zeit voraussagen kann und damit sind erst die Grundlagen für den dauernden wirtschaftlichen Erfolg einer Anlage gegeben. Um zu diesem Ziele zu gelangen, sind nun beim Entwurf einer Anlage, die entweder zumindest eine größere Stadt oder ein größeres Gebiet mit Strom versorgen soll, eine große Zahl ganz verschiedenartiger Faktoren in Rechnung zu ziehen, die in einem Aufsatze von L. W. W. Morrow in „Electrical World" vom 4. Juni 1927 besprochen werden.

Auszugehen ist von der Größe des Versorgungsgebietes und der voraussichtlichen Netzbelastung bezw. dem Stromverbrauch. Wesentlich sind weiter der zu erzielende Strompreis, das Bauprogramm, die Organisation der Stromabgabe, die Geldbeschaffung und schließlich die jährlichen Bruttoeinnahmen, Betriebsausgaben und die Reineinnahmen, wobei ein Zeitraum von etwa 10 Jahren in Betracht zu ziehen ist. Für die in Zukunft zu erwartenden Stromlieferungen, Werksbelastungen und anderen veränderlichen Größen nimmt man im allgemeinen eine gleichmäßige Zunahme mit der Zeit unter Zugrundelegung der Zunahmen in den letzten Jahren an. Damit ist eine gewisse Sicherheit für alle Berechnungen gegeben, weil die Entwicklung meist eine stärkere sein wird.

Um zu einer einwandfreien Bestimmung der Strompreise zu gelangen, ist zu berücksichtigen, daß alle Auslagen des Unternehmens, die nicht unmittelbar mit dem Betrieb zusammenhängen, wie zum Beispiel die Brennstoffkosten, auch dann gedeckt sein müssen, wenn die Stromlieferung nicht die erwartete Höhe erreicht. Diese Auslagen, die vorwiegend den Kapitalsdienst, ferner die allgemeine Verwaltung und die Rücklagen betreffen, sind zum Teil von der Ausnutzung der Anlagen ganz unabhängig, zum Teil ist ihre Größe durch die jährliche Benutzungsdauer der mittleren Werksbelastung gegeben. Es hat sich daher als sehr zweckmäßig erwiesen, unter Benutzung der zur Verfügung stehenden Angaben über Brennstoffkosten, sonstige Betriebsauslagen usw. und die höchsten Strompreise, die noch als zulässig erachtet werden, für jede der in Betracht kommenden Stromarten, wie Lichtstrom, Kraftstrom, Straßenbeleuchtungsstrom usw. denjenigen Betrag festzustellen, der nach Abzug der Kosten für die Stromerzeugung und Stromverteilung von dem Preis der kWh verbleibt, und zwar in Abhängigkeit von der jährlichen Benutzungsdauer der mittleren Werksbelastung. Aus diesem Betrage müssen dann die oben angeführten Auslagen jedenfalls gedeckt werden und damit sind auch die Grenzen für das aufzuwendende Kapital und die Verzinsung festgelegt. Man ist, wenn man den auf vorstehende Art ermittelten Wert der Strompreisberechnung und der der Rentabilitätsberechnung zugrunde legt, von Änderungen der Strompreise oder der Stromkosten unabhängig, bezw. sicher, daß der Kapitalsdienst nicht durch ungünstige wirtschaftliche Verhältnisse beeinflußt wird. (Voraussetzung ist allerdings dabei, daß die Konsumenten in einem gewissen Ausmaße zur Abnahme von Strom gezwungen sind, weil eine Möglichkeit einer Beschaffung von Strom oder Licht auf anderem Wege oder unter günstigeren Umständen unmöglich ist, was heute wohl im Allgemeinen zutreffen wird. Der Ber.)

Wie schon früher erwähnt wurde, muß in allererster Linie der voraussichtliche Stromverbrauch ermittelt werden. Anhaltspunkte hiefür erhält man, wenn man die folgenden Faktoren in Vergleich zu dem Verhältnis der Zahl der Stromabnehmer zur Bevölkerung, zur Werksgröße in kW und Zahl der jährlich abgegebenen kWh je Einwohner und zum Anschlußwerte in kW je km² des Stromversorgungsgebietes bei benachbarten oder sonst vergleichsfähigen Netzen zieht: Wert des Bodens je km², Art und Wert der landwirtschaftlichen Erzeugnisse, Art und Zahl der industriellen Unternehmungen und deren investiertes Kapital, Wertzuwachs der Rohprodukte durch die Verarbeitung, Bevölkerungszahl je km², Leistung der Antriebsmaschinen in der Industrie, jährlicher Zuwachs an Telephonen, Größe der Einkommensteuer, insbesondere deren Verteilung auf die einzelnen Einkommenstufen, Lebens- und wirtschaftliche Verhältnisse in dem voraussichtlichen Versorgungsgebiete im Allgemeinen. Soweit als möglich sollen die Erhebungen zehn Jahre zurückreichen und es soll auch getrachtet werden, die voraussichtliche Entwicklung zu erforschen. Die Auswertung der vorstehend angeführten Angaben führt bereits zu Anhaltswerten für die jährliche Stromlieferung und die Werksgröße, doch sind noch weitere Untersuchungen zweckmäßig. Diese hätten sich zu erstrecken auf die Verteilung der Bevölkerung im Versorgungsgebiet, auf die Festlegung der Grenzen dieses Gebietes, wobei schon vorhandene Netze zu berücksichtigen sind, mit denen gebenenfalls in Wettbewerb zu treten ist, die besonderen Betriebsverhältnisse einzelner Industrien, die vorhandenen Energiequellen und die voraussichtliche Lage des oder der Kraftwerke und schließlich die Mittel zur Erzielung eines möglichst großen Stromabsatzes. Gewicht ist auch auf die Kupplung mit vorhandenen Netzen zu legen, durch welche die Lage und Größe der zu errichtenden Werke und sonstigen Anlagen, aber auch die Strompreise günstig beeinflußt werden können und auch die Sicherheit der Stromversorgung erhöht wird.

Nach diesen mehr allgemeinen Ermittlungen kann man an Sonderuntersuchungen herantreten, die zunächst mit der Feststellung von Wochenbelastungskurven für die Stromerzeugungsanlagen beginnen sollen, wobei die einzelnen Stromarten wieder gesondert zu berücksichtigen sind. Man erhält dadurch genauere Werte für die gesamte Jahresstromabgabe, für die Höchstbelastungen, für die Stromkosten nach Stromarten und im Ganzen usw. und kann damit nun feststellen, ob der Unterschied zwischen den Erzeugungskosten und den Einnahmen den schon oben erläuterten Betrag erreicht. Inwieweit man bei den Berechnungen für spätere Zeiten, die auf der voraussichtlichen Entwicklung des Stromverbrauches und der Anlagen beruhen, von der eingangs erörterten Annahme einer gleichmäßigen Zunahme abgehen kann, hängt natürlich von den Besonderheiten des einzelnen Falles ab. So kann unter Umständen bei der Stromabgabe für häusliche Zwecke mit einer stärkeren Zunahme als der linearen gerechnet werden. Zweckmäßig wird man bei den Vorausberechnungen auch die periodischen Schwankungen im allgemeinen Wirtschaftsleben berücksichtigen, wofür die verschiedenen Wirtschaftsbarometer bezw. Konjunkturforschungen überhaupt verwendet werden müssen.

Schließlich sind schon im voraus möglichst eingehende Untersuchungen über die Betriebs- und sonstigen Kosten des Unternehmens anzustellen, um möglichst wirtschaftlich zu arbeiten. Hier ist, wie allgemein bekannt, die Zergliederung der Kosten von größter Wichtigkeit, um bei unerwarteten oder unerklärlichen Steigerungen sofort ermitteln zu können, wo die Fehlerquelle liegt oder Möglichkeit einer Verminderung gegeben ist. Bei Anlagen, die in dem in Betracht gezogenen Zeitraum vergrößert werden sollen, können unter Umständen die zu gewärtigenden Fortschritte der Technik, wie etwa eine Verringerung des Brennstoffverbrauches je kWh bei später zu errichtenden Erweiterungen der Kraftwerke, berückischtigt werden.

Sind alle diese Vorarbeiten abgeschlossen, so kann nun an den Entwurf der Stromerzeugungs- und Verteilungsanlagen geschritten werden. Dabei besteht auch schon die Möglichkeit, den Zeitpunkt der Errichtung und die Größe von Erweiterungen oder Neuanlagen festzulegen. Je nach der Art der Anlagen, bezw. der einzelnen Teile der Anlagen und deren Ausnutzung, ist dann auch schon die Größe der vorzunehmenden Abschreibungen gegeben und es kann schließlich eine Wirtschaftlichkeitsberechnung aufgestellt werden, von der anzunehmen ist, daß sie, von ganz außergewöhnlichen Wirtschaftsverhältnissen oder ganz unerwarteten sonstigen Ereignissen abgesehen, einen richtigen Überblick über die Lage des Unternehmens in dem in Betracht gezogenen Zeitraume gibt. J.

Gemeinschaftaufgaben der österreichischen und deutschen Elektrizitätsverbände. Auf der Mitgliederversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke Württembergs und Hohenzollern hielt, wie wir den VEW-Nachrichten entnehmen, der Geschäftsführer des

Digitized by Google

Landesverbandes von Oberösterreich und Salzburg der Elektrizitätswerke, Dr. F. Hornstein-Bussmannshausen, ein Referat, in welchem er zunächst allgemein auf die Tätigkeit der deutsch-österreichischen Arbeitsgemeinschaft und auf die Gemeinschaftsarbeit der offiziellen Stellen und der wirtschaftlichen Korporationen beider Staaten hinwies. Von dem in einer Denkschrift des Fachausschusses für Energiewirtschaft der deutsch-österreichischen Arbeitsgemeinschaft „Der energiewirtschaftliche Zusammenschluß Süd-Ost-Deutschlands und Österreichs" aufgestellten Programm hat sich ein Teil durch den Vertrag zwischen dem Achenseewerk und dem Bayernwerk bereits erfüllt. Die Wichtigkeit der Gemeinschaftsarbeit auf dem Gebiete der Energiewirtschaft hat auch bereits zu einer Fühlungnahme der österreichischen und deutschen Elektrizitätsverbände geführt. Gemeinsame Interessen liegen sowohl auf technisch-wirtschaftlichem, wie auf kaufmännischem, rechtlichem und allgemein volkswirtschaftlichem Gebiete vor. Die gemeinsamen technisch-wirtschaftlichen Interessen sind dadurch gegeben, daß Süddeutschland und Österreich einen innerlich verwandten Hauptteil der mitteleuropäischen Wasserkraftwirtschaft bilden, und daher alle auf diesem Gebiete auftauchenden Fragen im wesentlichen nach den gleichen Gesichtspunkten zu beurteilen sind. Gemeinsames kaufmännisches Gebiet ist hinsichtlich der Tarifpolitik, der Preise, der Lieferungsverträge, des Verhältnisses zwischen dem Erzeuger und Abnehmer, der Werbung für die weitgehendste Verwendung elektrischer Arbeit auf allen Gebieten und des Konkurrenzkampfes gegen fremde Energie gegeben. Auf rechtlichem Gebiete ist die gegenseitige Wahrnehmung des Privatrechtes, zum Beispiel die Stellung der Elektrizitätswerke im Konkurs des Abnehmers, die Rechtsnatur des Lieferungsvertrages, die Haftung aus Vertrag und Schuld, ferner die Frage der Hypothekierbarkeit der Wasserkräfte und der Leitungswege, sowie die Frage der Besteuerung des Wertes der Wasserkräfte zu erwähnen. Auch eine Zusammenstellung der österreichischen und deutschen Spruchpraxis in elektrizitätswirtschaftlichen Belangen wäre wertvoll. Schließlich bringen auch das Arbeitsrecht und die Sozialpolitik eine gemeinsame Verfechtung grundsätzlicher Interessen.

Auf Grund des Referates wurde eine Entschließung angenommen, in welcher hervorgehoben wird, wie eng die Wechselbeziehungen zwischen den Elektrizitätswerken und der Elektrizitätswirtschaft der beiden Länder sind, und welche Aussichten sich für eine Ausgestaltung derselben ergeben. Es wird ferner die Schaffung einer engen Interessen- und Arbeitsgemeinschaft zwischen den deutschen und österreichischen Elektrizitätswerken gefordert, die durch die Vereinigung der Elektrizitätswerke und den Verband der österreichischen Elektrizitätswerke ins Leben gerufen werden soll. J.

Die Versorgung Bayerns mit elektrischer Arbeit. Nach den in der „Zeitschrift des Bayrischen Revisionsvereins" auszugsweise wiedergegebenen Geschäftsberichten des Walchenseewerkes, der Mittleren Isar und des Bayernwerkes für die Zeit vom 1. Oktober bis 30. September 1926 sind in der Berichtszeit vom Walchenseewerk und den Werken der Mittleren Isar zusammen 270·9 Mill. kWh erzeugt worden. Von den vom Netz des Bayernwerkes umgesetzten 335 Mill. kWh sind 248 Mill. Drehstrom und 49 Mill. Einphasenstrom (an die Reichsbahn) abgegeben worden und 18·4 Mill. kWh wurden über das Netz vom Kraftwerk Viereth der Rhein-Main-Donau A.-G. nach Nürnberg und Würzburg befördert. Die höchste Drehstromspitzenleistung im Netz war 113 000 kW. Das Bayernwerk hat mit der Württembergischen Landeselektrizitäts A.-G. einen Vertrag über Stromabgabe in das Netz der genannten Gesellschaft und mit der Tiwag einen Vertrag über Stromlieferung aus dem Achenseewerk ab Oktober 1927 abgeschlossen. Für das laufende Geschäftsjahr wird eine Steigerung des Stromabsatzes erwartet. An technischen Daten wird beim Walchenseewerk[1]) die Beendigung der letzten Montagearbeiten und die Durchführung von Maßnahmen zum Schutze des Walchensees angeführt. Bei der Mittleren Isar[1]) sind die Werke Finsing, Aufkirchen und Eiting im Laufe des Jahres voll in Betrieb gekommen. Das Bayernwerk hat eine zweite Leitung vom Walchenseewerk zum Umspannwerk München-Karlsfeld und eine zweite Drehstromleitung München — Meitingen — Niederstotzingen gebaut und die Leitung vom Kachletwerk zum Umspannwerk Regensburg fertiggestellt. Die elektrische Einrichtung des Umspannwerkes Passau zur Stromaufnahme aus dem Kachletwerk ist im Bau. —k.

[1]) Vgl. „Elektrizitätswerk", 1924, S. 142.

Die Energieerzeugung der schweizerischen Elektrizitätswerke mit mehr als 1000 kW stellte sich in den letzten Monaten wie folgt in Mill. kWh:

	Oktober 1926	November 1926	Dezember 1926	Jänner 1927
Energieerzeugung				
in Flußkraftwerken	214·0	219·6	206·9	189·8
in Speicherwerken	33·8	25·9	44·1	48·9
in kalorischen Anlagen	0·1	0·1	0·3	0·2
Import	—	3·7	4·4	4·3
Summe . .	247·9	249·3	255·7	243·2
Energieverwendung				
für allgemeine Zwecke, Licht, Kraft u. s. w.	128·2	132·4	141·9	136·8
Bahnbetrieb	14·7	14·7	16·5	17·5
Elektrochemie, Metallurgie	30·6	33·8	27·6	17·8
Export	74·4	68·4	69·7	71·1
Summe . .	247·9	249·3	255·7	243·2

β·

(Schweiz. Wasserwirtschaft, 19. Jahrg., Nr. 4, 1927.)

Die Elektrizitätsversorgung von Süd-Wales. Die South Wales El. Power Distribution Co., in deren Tätigkeitsbereich unter anderem auch Cardiff liegt, hat kürzlich ihr etwa 16 km von diesem Orte entferntes Upper Boat-Kraftwerk bedeutend vergrößert. Das Werk nahm 1904 seinen Betrieb mit drei 1500 kW, 11 000 V Willans-Ganz-Dampfsätzen auf, 1908 und 1911 wurden je ein 3000 kW Turbosatz, 1914 ein 5000 kW und 1920 ein 18 750 kW Satz von Parsons aufgestellt. Die letzte Erweiterung des Werkes besteht aus acht Babcock-Wilcox-Kesseln für je 27 000 kg Dampf/h mit Kettenrosten, Saugzug und Unterwind, Überhitzern und Luftvorwärmern bei allen und kleinen Ekonomisern bei nur vier Kesseln. Der Wirkungsgrad bei voller Belastung soll, Kohle von rund 7000 WE vorausgesetzt, 83 vH betragen. Der neue von der English Electric Co. gebaute Turbosatz von 14 000 kW läuft mit 1500 U/min und erzeugt 11 500 V, 25 Per/s Drehstrom. Die Dampfspannung vor dem Einlaßventil ist 23 at und die Dampftemperatur 385°. Außerdem wurden zwei 600/1000 kW Getriebesätze aufgestellt, die 440 V Drehstrom für den Eigenbedarf des Werkes erzeugen.

Für die Abgabe von 50 Per/s Strom sind zwei 2000 kW Motorgeneratoren vorhanden. Da die Maschinenspannung derzeit nur 11 000 V beträgt und die Hochspannungsfernleitung etwa 30 km lang ist, sind zwei 4330 kVA Drehstromzusatztransformatoren aufgestellt, die Zusatzspannungen von 250, 500, 750 und 1000 V liefern können. Zur Spannungsregelung an den Maschinen dienen Tirrillregler. Die Fernleitungen (rund 160 km Hochspannungsfreileitungen und 170 km Kabel) sind zum Teil schon für 33 kV Spannung gebaut. Der gesamte Anschlußwert des Werkes, das 80 Kohlengruben und Industrieunternehmungen, sowie 22 öffentliche Netze mit Strom versorgt, ist über 90 000 kW.

—k.

(The El. Review, Bd. 100, 1927, Nr. 2580.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1013.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS
ELEKTRIZITÄTSWERK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT
Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 8 | 28. August 1927 | 4. Jahrgang

INHALT: *Neue Dampfkesselvorschriften in Österreich. Von Ing. O. Kunze, Wien. S. 65. / Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1926. Von Dipl. Ing. Dr. Arthur Hamm. S. 67. / RUNDSCHAU. S. 68.*

Neue Dampfkesselvorschriften in Oesterreich.

Von Ing. O. **Kunze**, Wien.

Das Dampfkessel- und Kraftmaschinenwesen ist in Österreich gemäß Art. 10, Punkt 10, des Bundes-Verfassungsgesetzes vom 1. Oktober 1920, St. G. Bl. Nr. 450, unter jene Angelegenheiten eingereiht, hinsichtlich derer sowohl die Gesetzgebung als auch die Vollziehung dem Bunde obliegt. Die gesetzliche Grundlage für die auf diesem Gebiete von der Bundesregierung zu erlassenden Vorschriften wurde unter Aufhebung der früher bestandenen Gesetze, insbesondere auch des Dampfkesselgesetzes vom 7. Juli 1871, R. G. Bl. Nr. 112, mit Art. 48 des Bundesgesetzes vom 21. Juli 1925, B. G. Bl. Nr. 277 (Verwaltungsentlastungsgesetz), geschaffen und darin der Umfang festgelegt, innerhalb dessen sich die künftige Regelung zu vollziehen hat. In diesem Belange ist besonders bemerkenswert, daß schon das Gesetz zum Unterschied von früher nunmehr auch die Dampfgefäße (Dampfapparate) und die Druckbehälter in seinen Wirkungsbereich einbezieht, und daß es den Befähigungsnachweis für die selbständige Bedienung und Wartung grundsätzlich ganz allgemein auf Wärmekraftmaschinen, also nicht bloß auf Dampfmaschinen erstreckt. Die näheren Bestimmungen über die Ausführung, Ausrüstung, Aufstellung, Erprobung und Bedienung von Dampfkesseln, Dampfgefäßen und Druckbehältern sowie über die Bedienung (Wartung, Führung) von Wärmekraftmaschinen, ferner über die dabei zu gestattenden Ausnahmen und Erleichterungen wurden dem Verordnungswege überlassen.

Nunmehr bringt das am 2. August 1927 ausgegebene 57. Stück des Bundesgesetzblattes unter Nr. 227 eine Verordnung des Bundesministeriums für Handel und Verkehr im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramte und den beteiligten Bundesministerien vom 15. Juli 1927, betr. Dampfkessel, Dampfgefäße, Druckbehälter und Wärmekraftmaschinen, die in Durchführung der im Art. 48 des Verwaltungsentlastungsgesetzes getroffenen Bestimmungen erlassen wurde und sich gegenüber den bisher gültigen, in ihrer großen Zahl kaum mehr recht überblickbaren Vorschriften als eine einheitliche, mit großer Sorgfalt durchgearbeitete und alle hier in Betracht kommenden Zweige sehr eingehend umfassende Regelung des gesamten Gebietes darstellt.

Der verhältnismäßig lange Zeitraum, der bis zur Kundmachung dieser Verordnung verstrichen ist, findet seine Erklärung nicht zuletzt darin, daß das Bundesministerium für Handel und Verkehr in durchaus anerkennenswerten Weise den schon im Jahre 1926 ausgearbeiteten ersten Entwurf nicht nur den hiezu auf Grund bestehender Vorschriften berufenen Körperschaften sondern auch den Vertretungen verschiedener Interessentengruppen zur Begutachtung und Stellungnahme vorgelegt und so dafür gesorgt hat, daß die neuen Vorschriften, die für das Wirtschaftsleben immerhin von nicht zu unterschätzender Bedeutung sind, auf breitester Basis in den Fachkreisen vorher durchberaten werden konnten.[1]) In dieser Beziehung ist besonders die vom Hauptverband der Industrie Österreichs gemeinsam mit dem Kammertag der Österreichischen Kammern für Handel, Gewerbe und Industrie zur Begutachtung des Verordnungsentwurfes einberufene Enquete hervorzuheben, die am 25. November 1926 unter überaus zahlreicher Beteiligung der interessierten Kreise im großen Saale des Hauses der Industrie abgehalten wurde und ein reiches Material an Anregungen ergeben hat. Daß die im Zuge der verschiedenen Beratungen und in den erstatteten Gutachten zum Ausdrucke gekommenen Wünsche und Forderungen in der Verordnung selbst nicht restlos erfüllt sind, ist ohneweiters einzusehen, wenn berücksichtigt wird, daß solche in der Regel vom einseitigen Interessenstandpunkte vorgebrachten Wünsche und Forderungen nicht immer parallel laufen, ja oft einander geradezu entgegengesetzt gerichtet sind, so daß sie in ihrer Gesamtheit gar nicht erfüllt werden können; immerhin läßt die Verordnung erkennen, daß das Bundesministerium für Handel und Verkehr bemüht war, dort, wo Gegensätze der Interessen vorliegen, durch Einhaltung einer mittleren Linie möglichst ausgleichend vorzugehen.

Bei dem großen Umfange der Verordnung (26 Druckseiten des Bundesgesetzblattes mit 78 Paragraphen) würde es zu weit führen, hier auf alle Einzelheiten näher einzugehen, weshalb die Verordnung nur in ihrem Wesen gekennzeichnet werden soll. In den Begriffsbestimmungen sowie auch in zahlreichen materiellen Vorschriften lehnt sie sich an die reichsdeutschen Vorschriften an, geht aber vielfach auch eigene Wege, namentlich dort, wo es die Eigenart der österreichischen Verhältnisse aus ihrer historischen Entwicklung heraus als zweckmäßig erscheinen ließ. Sie gliedert sich in 8 Abschnitte, die der Reihe nach die Dampfkessel, die Aufstellung der Dampfkessel in Baulichkeiten, die Dampfgefäße, die Druckbehälter, die Überwachung, die Wartung von Dampfkesseln und Wärmekraftmaschinen, die Gebühren und die Schlußbestimmungen zum Gegenstande haben. Eine Rückwirkung der materiellen Verordnungsbestimmungen auf bereits genehmigte Anlagen und Verhältnisse ist im allgemeinen selbstverständlich nicht vorgesehen.

Als wesentliches Merkmal der Dampfkessel (Abschnitt I) gegenüber den Dampfgefäßen ist in ihre Begriffsbestimmung die Verwendung des erzeugten Wasserdampfes außerhalb des Gefäßes aufgenommen; dabei werden aber aus praktischen Gründen auch die Kessel von feuerlosen Lokomotiven und die Dampfspeicher mit den hiefür gebotenen Erleichterungen unter die Dampfkessel eingereiht, während wie bisher Dampfüberhitzer und Niederdruckdampfkessel von den Bestimmungen überhaupt ausgenommen bleiben, ebenso ganz kleine Dampfkessel, bei denen das Produkt aus dem Betriebsdruck in atü und dem gesamten Rauminhalt in Litern die Zahl 20 nicht übersteigt; solche Kessel, die in der Verordnung als „Zwergkessel" bezeichnet werden,

[1]) Vgl. „Das Elektrizitätswerk", 1926, S. 120.

Digitized by Google

brauchen bloß mit einem zuverläßigen Sicherheitsventil ausgerüstet zu sein. Zu begrüßen ist es, daß als Heizfläche nunmehr einheitlich die feuerseitige Fläche der wasserbespülten Kesselwandungen zu gelten hat, wodurch manchen in dieser Richtung bestandenen Unklarheiten vorgebeugt wird. Die Beibehaltung des bisherigen Grundsatzes, daß die Wahl des Baustoffes, die Bestimmung der Wandstärken, die Bauart und die Bauausführung sowohl bei den Dampfkesseln als auch bei den Dampfgefäßen und den Druckbehältern dem Verfertiger unter seiner eigenen Verantwortung überlassen bleibt, bedeutet gegenüber den reichsdeutschen Vorschriften jedenfalls einen Vorzug, weil sich erfahrungsgemäß behördliche Vorschriften in diesen Belangen nur zu leicht als Hemmnisse einer fortschrittlichen Entwicklung, wie sie gerade in der letzten Zeit durch die Ausgestaltung der Höchstdruckdampftechnik sehr aussichtsreich eingesetzt hat, auswirken können. Die sonstigen Bestimmungen über die Dampfkessel und ihre Sicherheitsausrüstung bieten zu besonderen Bemerkungen keinen Anlaß, da darin im allgemeinen die bisherigen Vorschriften beibehalten und nur solche Ergänzungen hinzugefügt worden sind, die schon längst in der Praxis Eingang gefunden haben, wie dies zum Beispiel von der Ausrüstung der Dampfkessel mit zwei Speisevorrichtungen — bisher war bloß eine vorgeschrieben — gilt; erwähnenswert ist noch, daß federbelastete Sicherheitsventile nunmehr auch bei ortsfesten Dampfkesseln ohne Einschränkung zulässig sind. Außer der im Interesse künftiger Neuerungen und Fortschritte sehr zweckmäßigen allgemeinen Bestimmung, daß vom Bundesministerium für Handel und Verkehr für einzelne Dampfkessel oder Dampfkesselgattungen über begründetes Ansuchen Ausnahmen von den Vorschriften gewährt werden können, sieht auch schon die Verordnungn selbst verschiedene Erleichterungen vor, so namentlich für Dampfkessel, bei denen die Betriebsspannung 6 atü und das Produkt aus Dampfspannung und Wasserinhalt in Litern die Zahl 600 nicht übersteigt; solche Kessel brauchen nur eine Speisevorrichtung, eine Wasserstandsvorrichtung und ein Sicherheitsventil zu besitzen, was immerhin eine Vereinfachung bedeutet, die sich für das Kleingewerbe als vorteilhaft erweisen wird. Auch bei elektrisch beheizten Dampfkesseln wird von der Forderung einer zweiten Speisevorrichtung und einer zweiten Wasserstandsvorrichtung ausdrücklich abgesehen.

Was die Bestimmungen über die Aufstellung von Dampfkesseln in Baulichkeiten (Abschnitt II) anbelangt, so decken sie sich im allgemeinen mit jenen Vorschriften, die bereits in der Verordnung vom 27. Februar 1924, B. G. Bl. Nr. 59, enthalten waren. Auch sie weisen mancherlei Erleichterungen auf; so genügt als Trennungswand zwischen großen Dampfkesseln und Arbeitsräumen nunmehr eine Ziegelmauer von 45 cm Stärke (früher waren 60 cm vorgeschrieben) oder eine gleich widerstandsfähige Wand anderer Bauart, der Kesselraum braucht nicht mehr versenkt angeordnet zu sein und Wasserrohrkessel, Abhitzekessel, elektrisch beheizte Dampfkessel und Dampfspeicher können unter bestimmten Voraussetzungen bei Einhaltung einiger leicht erfüllbarer Vorsichten auch frei in Werkstätten bezw. in Kellerräumen von Wohngebäuden Aufstellung finden. Es ist nur zu wünschen, daß diesen den Bedürfnissen der Praxis sehr weit entgegenkommenden Bestimmungen recht bald durch Landesgesetze auch in jene Bauordnungen Eingang verschafft wird, wo dies bisher noch nicht der Fall ist.

In den Bestimmungen über die Dampfgefäße (Abschnitt III) tritt das Bestreben zutage, einerseits die vielseitigen Verwendungsarten solcher Gefäße möglichst erschöpfend zu erfassen, andererseits aber auch wieder alle jene Ausnahmen vorzusehen, die sich aus praktischen Gründen als geboten erweisen; insbesondere werden in Anlehnung an die preussischen Vorschriften alle Dampfgefäße ausgenommen, bei denen der Inhalt des Beschickungsraumes 50 l und das Produkt aus dem Inhalte in Litern und der festgesetzten Dampfspannung in atü die Zahl 300 nicht überschreitet. Im übrigen sind die Vorschriften mit den hier erforderlichen Vereinfachungen jenen über die Dampfkessel tunlichst angepaßt. Als Frist für die Anmeldung der nunmehr unter die Bestimmungen der Verordnung fallenden Dampfgefäße ist ein Jahr festgesetzt.

Die Bestimmungen über die Druckbehälter (Abschnitt IV) haben gegenüber dem vom Bundesministerium für Handel und Verkehr seinerzeit zur Begutachtung vorgelegten Entwurfe insoferne eine wesentliche Änderung erfahren, als von den ortsfesten oder in Fahrzeugen eingebauten Druckbehältern (Gruppe I) nur mehr jene in den Geltungsbereich der Verordnung einbezogen sind, die zur Aufnahme von Preßluft oder anderen verdichteten Gasen mit einem Füllungsdruck von 6 atü und darüber dienen, soferne sie auf Bahnbetriebszwecken dienenden Eisenbahnfahrzeugen, auf Eisenbahnanlagen oder auf Schiffen und schwimmenden Vorrichtungen in Verwendung stehen; da Druckbehälter dieser Art schon früher auf Grund bestehender Vorschriften ähnlichen Bestimmungen unterworfen waren, bedeutet ihre Einbeziehung in die neue Verordnung keine wesentliche Erweiterung. Das Gleiche gilt auch von den Versandbehältern (Gruppe II), die wegen ihrer Beförderung auf Eisenbahnen schon bisher den Vorschriften über den Eisenbahnfrachtverkehr unterlagen und daher hinsichtlich ihrer Ausführung und Ausrüstung ähnlichen Bedingungen entsprechen mußten, wie sie jetzt in der Verordnung vorgeschrieben sind. Bemerkenswert ist, daß die Versandbehälter behufs tunlichster Vermeidung von Verwechslungen in den Füllwerken und bei den Verbrauchern auch mit entsprechend deutlichen Farbringen versehen werden müssen, und zwar haben Behälter für Sauerstoff blaue, für Wasserstoff rote, für Stickstoff grüne, für gelöstes Azetylen weiße und für andere Gase graue Farbringe zu erhalten.

Die Überwachung der Dampfkessel (Abschnitt V) ist im wesentlichen unter Beibehaltung der bisherigen Bestimmungen über die Erprobungen und Untersuchungen sowie über die dazu bestellten Überwachungsorgane geregelt und wegen der bei Druckgefäßen und Druckbehältern erfahrungsgemäß bestehenden Betriebsgefahren nunmehr mit den gebotenen Vereinfachungen und Erleichterungen auch auf diese ausgedehnt. Wichtig ist die Änderung des Probedruckes bei Dampfkesseln und Dampfgefäßen für mehr als 20 atü Betriebsdruck; während hiefür bisher ein Probedruck von $(p + 10)$ atü vorgeschrieben war — worin p den zulässigen Betriebsdruck bedeutet — lautet die Formel in weitgehender Übereinstimmung mit den neuesten schweizerischen Vorschriften nunmehr $(1{\cdot}3\ p + 4)$ atü, wodurch den immer mehr in Anwendung kommenden hohen Dampfdrücken besser Rechnung getragen erscheint, als mit der früher benützten Formel. Für die Druckbehälter der Gruppe I ist der Probedruck ohne weitere Staffelung mit dem eineinhalbfachen des Füllungsdruckes festgesetzt, während für die Druckbehälter der Gruppe II (Versandbehälter) die im internationalen Übereinkommen über den Eisenbahnfrachtverkehr für die verschiedenen Gase und deren Lösungen vorgeschriebenen Probedrücke gelten. Die Ausführlichkeit dieses Abschnittes der Verordnung, der für die klaglose Handhabung und Durchführung der Vorschriften überaus wichtig ist, weil er die Obliegenheiten der Benützer von Druckgefäßen einerseits und die Pflichten der Überwachungsorgane (Dampfkesselprüfungskommissäre und Dampfkesselinspektoren) andererseits in allen Einzelheiten regelt, verdient mit besonderer Anerkennung hervorgehoben zu werden.

Die Verwendung geprüfter Betriebswärter bei der Wartung von Dampfkesseln und Dampfmaschinen — eine in Österreich seit Jahrzehnten eingelebte und trotz mancher Nachteile vielfach doch auch als sehr zweckdienlich anerkannte Einrichtung — ist in der neuen Verordnung (Abschnitt VI) beibehalten und entsprechend der Bestimmung des Art. 48 des Verwaltungsentlastungsgesetzes auch auf Verbrennungskraftmaschinen ausgedehnt, wobei den gegenwärtig bei solchen Maschinen verwendeten Wärtern für den Nachweis der vorgeschriebenen Prüfung eine Frist von einem Jahre eingeräumt wird. Die Gren-

Digitized by Google

zen, bis zu welchen ungeprüfte Betriebswärter verwendet werden können, sind bei den Dampfkesseln und Dampfmaschinen erheblich weiter gezogen als bisher, bei letzteren zum Beispiel von 10 PS auf 25 PS Dauerleistung erweitert, und bei Verbrennungskraftmaschinen — ausgenommen solche auf Schiffen und schwimmenden Vorrichtungen — überhaupt erst mit 200 Bremspferdestärken festgesetzt; es ist somit kaum anzunehmen, daß sich daraus für Industrie und Gewerbe unerträgliche materielle Belastungen ergeben werden, umso weniger, als für die Fälle der Beurlaubung, Erkrankung oder sonstiger unabweislicher Verhinderung der geprüften Betriebswärter und bei der vorübergehenden Inbetriebnahme von Verbrennungskraftmaschinen als Reservemaschinen in Wasserkraftanlagen unter gewissen Bedingungen die Verwendung ungeprüften Wartungspersonals zugelassen wird; auch elektrisch beheizte Dampfkessel bedürfen im allgemeinen keiner geprüften Wärter. Eine scheinbare Erschwernis für die Erlangung der Wartungsbefugnis bedeutet die Bestimmung, daß sich die vor der Prüfung zurückzulegende praktische Verwendung statt auf 6 nunmehr auf 9 Monate zu erstrecken hat; da aber schon der Nachweis der Erlernung eines metallverarbeitenden Handwerks (Kupferschmied-, Schlosser-, Spengler-, Mechaniker-, Gas- und Wasserinstallationsgewerbe) genügt, um eine Verkürzung der Verwendungspraxis um 3 Monate zu begründen, und bei nach ihrer theoretischen oder praktischen Vorbildung höher qualifizierten Prüfungswerbern noch weitergehende Erleichterungen vorgesehen sind, andererseits auch auf eine entsprechende Verkürzung der Verwendungspraxis bei den Wärtern von in landwirtschaftlichen Betrieben verwendeten Lokomobilkesseln und -dampfmaschinen Bedacht genommen ist, bleibt die mit neun Monaten vorgeschriebene praktische Verwendung hauptsächlich nur auf solche Prüfungswerber beschränkt, die für den Wartungsdienst keinerlei einschlägige oder fachlich verwandte Erfahrungen mitbringen, und für solche Personen kann diese Forderung — wenn man überhaupt an einem Befähigungsnachweis festhalten will — sicherlich nicht als unbillig bezeichnet werden.

Bezüglich der Gebühren (Abschnitt VII) für die Erprobung und Untersuchung von Dampfkesseln und für die Prüfungen von Betriebswärtern ist nur zu bemerken, daß im Interesse kleingewerblicher und landwirtschaftlicher Betriebe bei Dampfkesseln in den Größen von 5 bis 50 m² Heizfläche die Taxen gegenüber den bisher giltigen Ansätzen etwas ermäßigt wurden, sonst aber unverändert geblieben sind; auch die neu festgesetzten Gebühren für die Erprobung von Dampfgefäßen und Druckbehältern entsprechen ungefähr jenen Taxen, die schon bisher für die von den Parteien entweder freiwillig oder auf Grund der eisenbahnbehördlichen Vorschriften veranlaßten Erprobungen entrichtet wurden.

Der Wirksamkeitsbeginn der Verordnung ist mit 1. Oktober 1927 festgesetzt.

Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1926.

Von Dipl. Ing. Dr. Arthur **Hamm.**

Die Schwankungen, die die deutsche Elektrizitätswirtschaft[1]) in den drei Jahren seit der Stabilisierung durchgemacht hat, sind nur in geringem Maße ein Spiegelbild der allgemeinen Lage der deutschen Wirtschaft. Nach der langen Zurückhaltung, die der Krieg und die durch ihn bedingte, in den folgenden Jahren noch nachwirkende Kohlenknappheit zur Folge hatte, war ein förmlicher Elektrizitätshunger entstanden, so daß die Neuanschlüsse und Erweiterungen bestehender Anschlüsse sich überstürzten. Während das Jahr 1924 noch verhältnismäßig ruhig verlief, wohl zum Teil auch infolge der Geldknappheit, brachte das Jahr 1925 einen förmlichen Ansturm auf die Elektrizitätswerke. Die Erzeugung der der öffentlichen Versorgung dienenden Werke stieg in diesem Jahre um durchschnittlich 40 bis 50 vH, je nach dem Versorgungsgebiete, nur bei ganz wenigen Gesellschaften wurde, zumeist durch besondere Umstände, dieser Betrag nicht erreicht. Im Vergleich zu der schweren Krise, die die gesamte Industrie zu gleicher Zeit durchmachte, wirkte diese Steigerung für den Außenstehenden sehr befremdlich. Es ist klar, daß das folgende Jahr nicht eine entsprechende weitere Steigerung bringen konnte und daß allmählich ein Ausgleich zwischen den Bewegungen in der Gesamtwirtschaft und ihres Teiles, nämlich der Elektrizitätswirtschaft, stattfinden muß. Noch ist dies nicht erreicht, und das Bild der amerikanischen Entwicklung, die seit Jahrzehnten eine stetige Zunahme des Stromverbrauches um 10 bis 12·5 vH zeigt — nur das Jahr 1921 brachte gegenüber dem Vorjahre einen Rückschlag und eine Abnahme der Stromerzeugung um 5 vH —, dürfte wohl noch nicht so bald erreicht sein.

Auch das abgelaufene Jahr ist in dieser Beziehung noch nicht als normales Jahr anzusehen. Die die ganze Industrie durchziehende Rationalisierungs-Bewegung brachte es mit sich, daß viele industrielle Unternehmungen die eigene, ganz unwirtschaftlich gewordene Stromerzeugung aufgaben und sich an die öffentlichen Elektrizitätswerke anschlossen. Da aber diese Anschlüsse zum Teil noch sehr schlecht ausgenutzt werden, weil der Industrie die Beschäftigung fehlt, ist die hievon zu erwartende günstige Wirkung auf den Stromabsatz nicht in vollem Umfange eingetreten. Deshalb ist es noch lange nicht möglich, die Stromerzeugung als Konjunkturbarometer auszunützen, wie es die amerikanische Zeitschrift „Electrical World" seit langem tut, und auch so eingehende Untersuchungen, wie sie das Institut für Konjunkturforschung anstellt, müssen vorläufig ohne praktisches Ergebnis bleiben.

Die Hochkonjunkturwelle des Jahres 1925 brachte viele Elektrizitätswerke in eine schwierige Lage, da namentlich im Winter, zur Zeit der Höchstbelastung, ihre Einrichtungen den Anforderungen kaum gewachsen waren. Die Hemmungen, die die Kapitalknappheit dem Erweiterungsbedürfnis auferlegt hatte, machten sich damals in zum Teil gefährlicher Form bemerkbar. Infolgedessen wurden Erweiterungen in großem Ausmaße notwendig und auch durchgeführt.

Die installierte Maschinenleistung stieg von 5 000 000 auf 5 700 000 kW. Indessen ist damit noch kein vollständiges Bild der tatsächlichen Erweiterungen gegeben, weil sie zum Teil auch in Anschlüssen an große Fernversorgungen bestanden. Bei den diese speisenden Kraftwerken war aber eine Neuinstallation von Maschinen nicht im Umfange der Neuanschlüsse notwendig, weil die Anforderungen der einzelnen Anschlußnehmer zeitlich nicht zusammenfallen. Dieser Vorteil, der den Strombezug aus solchen Fernleitungen verhältnismäßig billig macht, sicherte ihnen eine sehr gute Entwicklung. Solche Fernversorgungen größten Umfanges bestehen in Deutschland zurzeit drei, die Leitungsnetze des Bayernwerkes, des Rheinisch-westfälischen Elektrizitätswerkes und der Elektrowerke. Während das erste sich auf Bayern beschränkt und nur in geringem Maße Strom nach Württemberg abgibt, sind die beiden anderen in keiner Weise regional beschränkt und namentlich der Expansionsdrang der RWE ist außerordentlich stark. Er hat ja auch zu den bekannten Reibungen mit den elektrischen Unternehmungen des preußischen Staates geführt, die erst in allerjüngster Zeit beigelegt worden sind. Das RWE hat im Jahre 1926 nicht weniger als 172 km 100 000 V-Leitungen gebaut, während 130 km noch im Bau sind, eine für deutsche Verhältnisse außerordentlich große Länge. Die bemerkenswerteste Leistung ist indessen der Bau der großen Südleitung, die dazu bestimmt ist, die Verbindung mit den Wasser-

[1]) Vgl. „Das Elektrizitätswerk", 1927, Heft 1, H. 9.

Digitized by Google

kräften des Oberrheins und der Alpen aufzunehmen. Die Leitung soll mit 220 000 V betrieben werden, sie ist aber so gebaut, daß ein Übergang auf 380 000 V — eine Spannung, die bisher in der Technik noch nirgends angewendet worden ist — ohne weiteres möglich ist. Zurzeit ist die Leitung bis Mannheim — Rheinau fertig und mit vorläufig 100 000 V im Betrieb: das württembergische Teilstück wird von der Großkraftwerk Württemberg A.-G., einer Tochtergesellschaft der dem RWE nahestehenden Lahmeyer-Gesellschaft in Frankfurt gebaut. Über den Zeitpunkt des Zusammenschlusses bestehen wohl kaum bestimmte Pläne, es ist jedoch zu bedenken, daß eine Wirtschaftlichkeit dieser sehr kostspieligen Leitung nur bei Durchleitung so großer Strommengen — mindestens 1 Milliarde kWh — zu erwarten ist, wie sie noch auf lange Zeit, vielleicht überhaupt niemals verfügbar sind.

Die in Mitteldeutschland ansässigen Elektrowerke[2]) haben ihr Versorgungsgebiet erfolgreich nach Nieder- und Mittelschlesien ausgedehnt. Nachdem sie die Kreisversorgung Sagan eeworben hatten, schlossen sie einen Stromlieferungsvertrag mit dem Provinzial-Elektrizitätswerk in Hirschberg und erwarben im vergangenen Jahre die Aktienmehrheit des Elektrizitätswerkes Liegnitz. Dies Werk, das bisher aus niederschlesischer Steinkohle gespeist wurde, soll stillgelegt und mit Strom aus den Kraftwerken der Elektrowerke versorgt werden. Die letzte Etappe dieses Vordringens war der anfangs dieses Jahres zustande gekommene Stromlieferungsvertrag mit dem Elektrizitätswerk Schlesien in Breslau, der dieses, auf eigenem niederschlesischen Steinkohlenbesitz ruhende Werk zur Abnahme mäßiger Strommengen verpflichtete. Damit dürfte aber der wirtschaftliche Aktionsradius des mitteldeutschen Braunkohlenstromes bereits überschritten sein. Wäre nicht vor zwei Jahren die vom Elektrizitätswerk Schlesien geplante, großzügige Versorgung der ganzen Provinz Schlesien von Oberschlesien aus durch den preußischen Staat zerschlagen worden, so hätte die Entwicklung zweifellos wirtschaftlich richtigere Bahnen eingeschlagen.

Die Gesamterzeugung der deutschen Elektrizitätswerke im Jahre 1926 stieg gegenüber dem Vorjahre nur wenig, von 11·7 auf 12·1 Milliarden kWh. Angesichts des Umstandes, daß die installierte Leistung wesentlich (um 14 vH) vergrößert worden war, bedeutet das eine erhebliche Verschlechterung der Ausnutzung, die um 9 vH zurückging. Die Entwicklung im einzelnen war recht verschieden, so blieb zum Beispiel bei dem RWE die Erzeugung fast die gleiche wie im Vorjahre, 1083 Mill. kWh gegenüber 1037, beim Märkischen Elektrizitätswerk stieg sie von 283 auf 312 Mill. kWh, das heißt um 10·4 vH, bei der Schlesischen Elektrizitäts- und Gas-A.-G. sogar von 371 auf 492 Mill. kWh, also um 30 vH (vor allem durch Belieferung eines Großbetriebes), bei den Sächsischen Werken von 542 auf 590 Mill. kWh[3]) das heißt um 9 vH, bei den Hamburgischen Elektrizitätswerken von 195 auf 220 Mill. kWh, also um 13 vH. Beim Elektrizitätswerk Schlesien dagegen blieb die Erzeugung mit 196 gegenüber 194 Mill. kWh fast genau auf dem gleichen Punkte, während sie bei den Elektrowerken von 1577 auf 1486 Mill. kWh also um 5·6 vH und bei den Neckarwerken von 80 auf 74 Mill. kWh, das heißt um 7·5 vH, zurückging. Manche kleinere Elektrizitätswerke in günstiger Lage konnten Zunahmen der Erzeugung von 15 bis 20 vH und auch mehr aufweisen, nicht infolge besonderer Umstände sondern vor allem durch intensive Werbetätigkeit. Aber in allen Geschäftsberichten kehrt die Klage wieder, daß der industrielle Stromabsatz stark zurückgegangen sei und daß erst die zweite Jahreshälfte eine Belebung gebracht habe. Wenn trotzdem die Erzeugung im Ganzen gestiegen ist, so läßt das auf eine kräftige Steigerung des häuslichen Verbrauches schließen. Hier ist freilich noch viel nachzuholen. Gegenüber Amerika, wo der durchschnittliche residential customer jährlich 365 kWh verbraucht[4]), sind wir weit zurück, wenngleich sich das Maß des Zurückbleibens nicht zahlenmäßig angeben läßt, da unsere Statistik nicht detailliert genug ist. Aber während die Führer der amerikanischen Elektrizitätsindustrie planen, hauptsächlich durch intensivste Werbearbeit den Verbrauch bis auf 1000 kWh zu erhöhen, steckt diese Werbearbeit hier noch ziemlich in den Anfängen und es gibt leider noch immer Elektrizitätswerksdirektoren, die Werbung nur als ein notwendiges Übel ansehen. Auch wird hierzulande gewöhnlich die Frage der Wirtschaftlichkeit als die allein ausschlaggebende behandelt, während der Amerikaner mit Recht die Bequemlichkeit, Einfachheit und Sauberkeit der elektrischen Anlage als ihren größten Vorzug ansieht und Wirtschaftlichkeitsfragen in die zweite Reihe verweist. Nur so ist es zu erklären, daß große Hotels sich elektrische Küchen einrichten und Kohle- oder Gasfeuerung überhaupt nicht in Betracht ziehen, der übliche Vergleich der Verbrauchszahlen an kWh je Kopf der Bevölkerung, der für Amerika einen Wert von etwa 600, für Deutschland von rund 200 hat, hinkt übrigens auf beiden Füßen, weil er nur auf der Erzeugung der öffentlichen Elektrizitätswerke beruht. Die Erzeugung der privaten, das heißt industriellen Werke, die in Amerika auf 50 vH der der öffentlichen geschätzt wird, beträgt in Deutschland aber ein Mehrfaches davon. Noch Klingenberg schätzte sie auf das Fünffache, eine Zahl, die aber heute zweifellos nicht mehr zutrifft. Rechnet man aber die Erzeugung dieser privaten Werke hiezu, so ergibt sich für die Vereinigten Staaten ein Verbrauch je Kopf von rund 900, für Deutschland von 700 bis 800 kWh.

An Neubauten großer Kraftwerke hat das Jahr 1926 naturgemäß fast nichts gebracht, lediglich das Klingenberg-Werk der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke[5]) wäre zu erwähnen, das mit seinen modernen Einrichtungen voraussichtlich einen Rekord im Kohlenverbrauch aufstellen wird. Dagegen ist die deutsche Wasserkraftwirtschaft um einen wichtigen Schritt vorwärts gekommen, indem der Ausbau der Staustufe Schwörstadt am Oberrhein endgültig beschlossen worden ist. Auf deutscher Seite sind hieran vornehmlich das Badenwerk und die Reichsbahn beteiligt. Dagegen ist hinsichtlich der anderen vorgesehenen Staustufen noch nichts entschieden. Am Kachletwerk[6]) der Donau wurden die Bauarbeiten fortgesetzt, so daß es voraussichtlich dieses Jahr in Betrieb kommen wird.

Die Entwicklung des Stromverbrauches in diesem Jahre zeigt erfreulicherweise durchwegs eine kräftige Zunahme, so daß die erhöhte Leistungsfähigkeit der Elektrizitätswerke voraussichtlich gut ausgenutzt werden wird.

[2]) Vgl. E. u. M. 1924, Das El.-Werk, S. 300.
[3]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 78.
[4]) Vgl. „Das Elektrizitätswerk", 1927, Heft 6, S. 55.
[5]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 397; Das El.-Werk, 1926, S. 108.
[6]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 681, 717.

Rundschau.

Örtliche Stromerzeugung aus Steinkohle oder Fernbezug von Braunkohlenstrom für Großverbraucher? Von Geh. Baurat Block, Berlin. Der Vorsprung der Fernversorgung vor der örtlichen Erzeugung lag bei den Vorkriegsberechnungen in wesentlichen im Preise der verfeuerten Kohle. Mit der Steigerung des Wirkungsgrades der Kraftwerke und dem damit eintretenden geringeren Verbrauch an Kohle ist eine neuerliche Untersuchung am Platz. Diese soll dabei vom rein privatwirtschaftlichen Standpunkte des einzelnen Unternehmers aus erfolgen, welcher vor die Frage gestellt ist, ob er ein eigenes örtliches Kraftwerk errichten oder den Strom von außen her, sei es aus einem selbst auf einer Braunkohlengrube zu erbauendem oder von Dritten betriebenem Kraftwerk, beziehen soll. Eine Berücksichtigung allgemeiner elektrizitätswirtschaftlicher Fragen ist bewußt unterlassen. Für ein Regelbeispiel ist hiebei angenommen, daß mindestens 20 000 kW Leistung mit einem $\cos \varphi = 0{\cdot}9$ an der Übergangsstelle geliefert werden sollen. Eine Maschinenreserve von 33·33 vH und eine Kessel-

Digitized by Google

reserve von 15 vH ist vorgesehen, die baulichen Kosten für die Reserve mit 25 vH angenommen. Für das Braunkohlenkraftwerk wird zunächst mit einem Kohlenpreis von 2·50 Mk. je Tonne Rohbraunkohle von 2100 WE gerechnet. Für das örtliche Steinkohlenkraftwerk ist die Verfeuerung von Abfallkohlen von 6300 WE und alternativ hochwertiger Kohlen von 7200 WE vorausgesetzt.

Die Tocekraftwerke sind nach einem Berichte im „Bulletin technique de la Suisse Romande", 53. Jahrg., Nr. 9, 1927, soweit sie bereits im Betriebe sind, aus der Tabelle 1 zu entnehmen; sie enthält die Hauptdaten der Kraftwerke des Tocegebietes der Elektrizitätsgesellschaften Conti, Dinamo und Edison, welche hauptächlich die Lombardei mit Strom versorgen.

Tabelle 1.

Elektrizitätsgesellschaft	Flußlauf	Kraftwerk	Gefälle in m	Installation PS	Jahreserzeugung in Mill. kWh	Stauanlage	Speicherinhalt in Mill. m³	Sperrenhöhe in m	Einzugsgebiet in km²
Conti	Toce	Sotto Frua	540	10 200	37	Kastellsee Toggiasee Schwarzsee	12 3 1·35	9 33 15	21
	Vannino	Valdo	800	33 000	55·3	Businsee Vanninosee Obersee	4·7 8 1	20 24 8·5	21
	Toce	Crego	190	23 100	71·8	[1])	[1])	[1])	190
	Devero	Goglio	525	19 000	78	Piamboglioseе Codelagosee	0·5 1·9	— 29 u. 12·3	55
	Devero	Verampio	570	28 000	100	[2])	[2])	[2])	65
	Toce	Crevola	208	45 000	141	[3])	[3])	[3])	325
Dinamo	Cairasca	Varzo	457	29 500	76·4	Avinosee	6·9	26·5	71
	Diveria	Iselle	172	9400	43	—	—	—	165
	Diveria	Varzo	77	2900	25·9	[4])	[4])	[4])	182
	Ovesca	Villadossola	266	5000	—	—	—	—	—
	Anza	Piedimulera	—	14 600	—	Anzasee	0·09	—	—
Edison	Loracco	Rovesca	702	26 000	44·1	Loraccosee	8·2	—	—
	Loracco und Troncone	Pallanzeno	527	39 000	108	[5])	[5])	[5])	—

[1]) Das Werk liegt unterhalb Sottofrua und Valdo. — [2]) Das Werk liegt unterhalb Goglio. — [3]) Das Werk liegt unterhalb Verampio und Crego. — [4]) Das Werk liegt unterhalb Iselle. — [5]) Das Werk liegt unterhalb Rovesca unter Zwischenschaltung eines Ausgleichbeckens mit 20 000 m³ Inhalt. *β.*

Für die Baukosten einschließlich Umspanner sind in beiden Fällen 275 RMk/kW angenommen. Beim Braunkohlenwerk ist eine Übertragung von 80 000 kW bei $\cos\varphi = 0{\cdot}9$ auf 130 km vorausgesetzt. Für die Betriebskosten wird mit einer Nettoverzinsung von 8 vH und Erneuerungsrücklage von 4 vH gerechnet. (Die letztgenannte Ziffer ist für ein Dampfkraftwerk etwas nieder. Anm. d. Ref.). Es ergibt sich zunächst, daß ein Steinkohlenkraftwerk, welches normale Kohle von 7200 WE verwendet, mit dem Fernstrombezug aus einem Braunkohlenkraftwerk unter keinen Umständen, auch nicht bei geringer Benutzungsdauer, wettbewerbsfähig ist. Gegenüber dem Fernstrombezug ergibt sich für ein Steinkohlenkraftwerk, in welchem Kohlenstaub aus minderwertiger Kohle verfeuert wird, eine Überlegenheit bei weniger als 4500 Stunden, während erst bei höherer Benutzungsdauer der Fernstrombezug wirtschaftlicher ist, wenn auch der Vorsprung mit rund 5 bis 10 vH nicht sehr groß erscheint. Wenn der Preis der Abfallsteinkohlen frei Kraftwerk auf 12 Mk. je Tonne herabgedrückt wird, was bei Beförderung auf dem Wasserwege mit eigenen Kähnen nicht außerhalb des Bereiches der Möglichkeit liegt, so wird dies für den Fernbezug noch ungünstiger. Wenn aber reine Kraftwerke durch Anlagen ersetzt werden, die neben der Krafterzeugung noch andere Zwecke verfolgen, wie zum Beispiel Städte- und Fabriksheizung, so werden diese am wirtschaftlichsten arbeiten. Die Fernversorgung wird einen dauernden Vorsprung erreichen, wenn die Veredelung der minderwertigen Kohlen, vor allem der Braunkohle, aber auch der Abfallsteinkohle, durch Entgasung oder Vergasung unter Gewinnung von Urteer und die Verflüssigung der Kohle einwandfrei wirtschaftlich durchgeführt werden kann oder wenn die Kraftwerkswirtschaft mit der Braunkohlenbriketterzeugung verbunden wird. Ci.

(ETZ. Bd. 48, Heft 16, 1927.)

Das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk in Tirol. Wie die „Frankfurter-Zeitung" berichtet, hat das R. W. E. mit den Tiroler Landesbehörden ein Abkommen über den Ausbau der Wasserkräfte geschlossen, das erst in 6 bis 8 Jahren verwirklicht sein soll. Es handelt sich um die Ausnutzung des oberen Inn, um die Pitztaler und Ötztaler Aache, und den Faggenbach, Wasserkräfte, die, ähnlich wie die Ill, den Vorteil bieten, speicherbar zu sein. Eine Kraftzentrale ist bei Imst vorgesehen; von dort wird das R. W. E. den Strom, soweit er nicht für die eigenen Bedürfnisse des Landes benötigt wird, nach Deutschland leiten. Um welche gewinnbaren Mengen es sich hierbei handelt, scheint noch nicht ganz festzustehen. An die Genehmigung zur Ausfuhr dieser Überschußmengen sind einige Bedingungen geknüpft worden. So will sich die österreichische Regierung Einfluß auf die Strompreisgestaltung in Tirol sichern; weiter verlangt sie von den Konzessionären die Ausführunng von Straßen- und Brückenbauten. Für das R. W. E. wird dieses Abkommen über die Tiroler Wasserkräfte auch heute schon praktischen Wert besitzen, selbst wenn der Ausbau erst nach Jahren, jedenfalls nach Fertigstellung des Vorarlberger Illwerks, begonnen wird. Die Energiepolitik des R. W. E. geht bekanntlich schon seit langem darauf aus, den Kohlenstrom mit Wasserkraft zu verkoppeln und besonders seine eigenen, schließlich nicht unerschöpflichen Braunkohlenreserven möglichst sparsam heranzuziehen. Daher die starke Expansion nach Süden, die Verbindung imt dem Badenwerk in Mannheim und die Erweiterung des Netzes über die Mainkraftwerke bis nach Aschaffenburg, wo der Anschluß an die bayerischen Wasserkräfte schon gefunden ist[1]); daher auch die fast 50prozentige Beteiligung der Growag am Aus-

[1]) Vgl. Seite 67 dieses Heftes.

Digitized by Google

bau der Vorarlberger Illwerke, von denen aus nun die neue Verbindung nach Tirol gehen wird. Die Sicherung dieser Wasserkraft mag dem R. W. E. auch deshalb wichtig gewesen sein, weil neuerdings die österreichischen Projekte mancherorts viel Interesse gefunden haben, wie zum Beispiel der Ausbau der Wasserkräfte der Enns. Den zeitlich und räumlich weitausgreifenden Dispositionen des R. W. E. ordnet sich der neue Tiroler Plan, durch den zudem eine wirtschaftliche Ausnutzung der großen 220 000 V-Leitung zwischen Westen und Süden erzielt werden kann, also zweckentsprechend ein. Nach einer weiteren Mitteilung der „Frkf.-Z." steht man in Österreich auf dem Standpunkt, daß die Konzession nur unter Mitwirkung heimischer Unternehmungen erteilt werden wird und daß nicht die einzelnen Landesverwaltungen, sondern der Bund die Konzessionen erteilt.

Ein Riesenkraftwerk in Argentinien. Aus Buenos Aires wird der „Frankfurter Zeitung" berichtet: Die Compania Hispano-Americana de Electricidad (Chade) baut zur Zeit im neuen Hafen von Buenos Aires ein Kraftwerk, das 900 000 PS liefern und damit das größte der Welt sein wird. Die gesamte Anlage wird auf einem neu aufgeschütteten Gelände im Rio de la Plata errichtet; bei den Arbeiten sind 1500 Mann beschäftigt. Die Erdaufschüttungen werden noch mehrere Jahre hindurch fortgesetzt werden müssen, um das gesamte Areal von 183 000 m² zu gewinnen. Der Gesamtwert der Anlagen beziffert sich voraussichtlich auf 10 Mill. Pfd.

Ermittlung der Gesamtbelastungskurve bei sehr vielen Stromabgabestellen. Dr. F. Nolte, Cassel, beschreibt zwei von ihm konstruierte Apparate, mit deren Hilfe es möglich ist, die an verschiedenen Stromabgabestellen gleichzeitig auftretenden Gesamtleistungen rasch aus den Registrierstreifen graphisch oder rechnerisch auszuwerten. Dieser Fall kommt praktisch bei Leistungsgebührentarifen recht häufig vor, wenn zum Beispiel eine Leistungsgebühr für die im Laufe eines Jahres in Anspruch genommene einviertelstündige kVA-Höchstleistung berechnet wird und viele Übergabestellen vorhanden sind. Es werden an den verschiedenen Abgabestellen Zähler aufgestellt, die gleichzeitig für jede Viertelstunde die Leistung registrieren um am Ende jeder Viertelstunde wieder auf Null zurückspringen. Wenn diese Registrierstreifen, wie es häufig vorkommt, noch verschiedene Meßbereiche haben, so ist es nur mit hohem Zeitverlust und Kosten möglich, einen Summenstreifen herzustellen. Diesem Mangel soll durch zwei mechanische Additions- und Konstanten-Transformierungsapparate abgeholfen werden. Der zeichnende Auswertungsapparat besteht aus einem Transportwagen, der entlang der Zeitachse auf einem Reißbrett geführt wird und einem Transformierungsapparat, der senkrecht dazu läuft. Soll nun der erste Registrierstreifen ausgewertet werden, so wird zunächst mit einer Mutter, die auf einem Lineal läuft, die dem Registrierstreifen entsprechende Konstante eingestellt. Ein Zeiger wird am Registrierstreifen auf die der ersten Viertelstunde entsprechende Leistung eingestellt. Hierauf wird mit einem Hebeldruck auf den Summenregistrierer ein 2·5 mm langer Strich gezeichnet und gleichzeitig der Registrierer um den Betrag einer Viertelstunde weitergedreht. Beim ersten Streifen läuft der Transformierungsapparat mit dem Transportwagen fest verbunden, eine Marke M bewegt sich hiebei entlang der Abszisse, bei der Addition jeder weiteren Kurve wird die Marke M auf der vorhandenen Summenkurve entlanggeführt. Der Meßbereich umfaßt Konstanten von 175 bis 6000, die auf die Einheitskonstante 3000 transformiert werden. Die Fehler liegen unter ± 2·5 vH. Beim rechnenden Auswertungsapparat wird der Steifen auf einen Tisch gelegt, ein kleiner Motor angelassen, der einen Zeiger längs der Zeitachse bewegt, während er von Hand aus längs der Leistungslinie verschoben wird. Ist der Bereich der Viertelstunde vorbei, so wird der Motor selbsttätig abgekuppelt. Die Zeigerbewegung wird über ein auswechselbares, der Registrierstreifenkonstante entsprechend gewähltes Zahnräderpaar auf ein Zählwerk übertragen. Solche Zählwerke sind in großer Zahl vorhanden und bei jeder Viertelstunde wird auf ein anderes Zählwerk übergegangen, so daß man schließlich für jede Viertelstunde die Summenleistung erhält. Der Fehler bei diesem Apparat liegt unter ± 1 vH. Bei beiden Apparaten kann ein Mann 30 Wirkleistungskurven für sechs Arbeitstage in etwa 20 Arbeitsstunden addieren. Ci.

(Elektrizitätswirtschaft Nr. 432, Mai/1 1927.)

Die Elektrizitätsversorgung der deutschen Großstädte weist bis zum Jahre 1924 bei einer Steigerung der Einwohnerzahl des versorgten Gebietes von 83 vH ab 1900 folgende Erhöhungen auf: Gesamtleistung der Werke ab 1900: 610 vH; Brennstoffverbraucht: 238 vH ab 1910; gesamte Stromerzeugung ab 1900: 141 vH; gesamter Anschlußwert ab 1900: 1725 vH; Zahl der angeschlossenen Zähler ab 1900: 2700 vH; Anlagekapital ab 1900: 740 vH. Der Kohlenverbrauch je erzeugte kWh ist von 1·10 kg im Jahre 1910 auf 1·54 kg im Jahre 1924 gestiegen, was auf die in der Kriegs- und Nachkriegszeit eingetretene Verschlechterung in Steinkohle umgerechneter minderwertiger Braunkohle zurückgeführt werden muß. Die Stromverluste betrugen für das Jahr 1915 13·5 vH, stiegen im Jahre 1920 auf 18·3 vH, um auf 17·0 vH im Jahre 1924 zu fallen. Das Anlagekapital je Einwohner ist in der Zeit von 1900 bis 1924 von 19·50 Mk. auf 89·0 Mk. gestiegen, die Anlagekosten für 1 kW Gesamtanschlußwert von 1020 Mk. auf 470 Mk. gefallen, während sie je 1 kW Gesamtleistung um 1000 schwankten. Die gesamte Stromabgabe betrug im Jahre 1924 2643·4 Mill. kWh. Der Stromverbrauch für gewerbliche und industrielle Verbraucher fiel während des Jahres 1925 allmählich, dann in den ersten Monaten von 1926 rasch bis auf ungefähr 15 vH unter den zweijährigen Durchschnitt und ist seither wieder im raschen Steigen begriffen. Ähnlich, nur mit einer ausgesprochenen Lichtspitze im Winter verhält sich die gesamte Stromabgabe. Die Produktionskurve wichtiger Grundstoffe zeigt bezeichnender Weise einen ähnlichen Verlauf. Auch die regelmäßige Steigerung des Anschlußwertes der Strommesser industrieller und gewerblicher Stromabnehmerwerke von 3·1 Mill. kW anfangs 1925 auf 3·55 Mill. kW gegen Ende 1926 beweisen das stetige Umstellen der deutschen Wirtschaft auf elektrische Energie. Bei nur geringfügiger Vergrößerung des Versorgungsgebietes hat die eigene Stromerzeugung der Werke um 25 vH, der Fremdbezug um mehr als 28 vH zugenommen. Das Jahr 1925/1926 zeigt deutlich den raschen Zerfall der selbstständigen städtischen Elektrizitätswerke. Von 45 deutschen Großstädten deckten nur noch 5 ausschließlich ihren Strombedarf und 20 weitere überwiegend durch Eigenerzeugung. 11 waren vollständig und 9 zum größten Teil auf Fremdstrombezug angewiesen. Die Zahl der Antriebsmaschinen und Generatoren ist um 4 vH gesunken, die installierte Gesamtleistung jedoch um mehr als 10 vH gestiegen. Steinkohle war mit 72 vH, Braunkohle mit 28 vH an der Erzeugung des Kohlenstromes beteiligt. Die nutzbare Lieferung betrug 2554 Mill. kWh, an denen, soweit festgestellt werden konnte, der Lichtverbrauch mit 356 Mill. kWh, der Kraftkonsum mit 1048 Mill. kWh beteiligt waren. Auf eine Antriebsmaschine entfallen bei den größten Werken (100 Mill. kWh und mehr) 7032 PS, bei den kleinsten (unter 5 Mill. kWh) nur 3059 PS. Die Benutzungsdauer sinkt vom größten Werk mit 1950 auf 1261 Stunden bei Werken mit 5 bis 20 Mill. kWh Stromerzeugung. Die kleinsten Werke haben gar nur 302 Benützungsstunden, weil bei diesen der Fremdstrombezug eine überwiegende Rolle spielt. Bemerkenswert ist, daß trotz teilweise stärkerem Stromverbrauches die Dichtigkeit der Versorgung der deutschen Großstädte im umgekehrtem Verhältnis zur Größe ihrer Einwohnerzahl steht. Ein Vergleich mit der Gasversorgung ergibt, das von 100 Wohnungen 88 mit Gas und nur 64 mit Elektrizität versorgt sind, daß ferner von 100 Einwohnern 25 Gasabnehmer und nur 13 Stromverbraucher sind. Ci.

(ETZ. Bd. 48, Hefte 4 u. 16, 1927.)

Statistik der amerikanischen Elektrizitätswerke mit mehr als 100 Mill. kWh Jahresleistung. Im Jahre 1926 gab es in den V. St. A. 126 Gesellschaften mit mehr als 100 Mill. kWh Energielieferung (Eigenerzeugung und Fremdbezug zusammen). Die Summe der Liefe-

Digitized by Google

rungen der einzelnen Werke betrug 67 Milliarden kWh, wovon 58 Milliarden kWh = 84·5 vH der Gesamterzeugung der V. St. A. auf Eigenerzeugung entfielen. Unter diesen Gesellschaften gab es 18 mit mehr als 1 Milliarde kWh, Lieferung mit 30 Milliarden kWh jährlich. Führend ist die Buffalo Niagara and Eastern Power Corp., die die Niagara Falls Power Co. aufgenommen hat, mit 4·46 Milliarden kWh und 839 000 kVA eingerichteter Leistung. Die gesamte eingerichtete Leistung dieser 126 Gesellschaften beträgt 23 Mill. kVA, hievon 7·2 Mill. kVA = 31·5 vH Wasserkraftenergie. (Eine Angabe über das Verhältnis von jährlich aus Dampfkraft und Wasserkraft erzeugten Energiemengen liegt leider nicht vor.) DerVerbrauch für Haushalt, Industrie und Gewerbe verteilt sich zu 12 vH auf den Haushalt, zu 16 vH auf das Gewerbe und zu 72 vH auf Licht und Kraft gemeinsam. Den Eisenbahnen wurden rund 9 Milliarden kWh abgegeben. Die Durchschnittsgröße der Werke dieser 126 Gesellschaften beträgt bei Dampfkraftwerken 23 400 kVA (in dichter bevölkerten 55 000 kVA), bei Wasserkraftwerken 12 600 kVA. Dank des weitgehenden Zusammenschlusses der Gesellschaften ist der wechselseitige Fremdstrombezug ziemlich hoch: rund 15 vH der Eigenerzeugung. Es wurden weiters von je 20 der größten Überlandkraftwerke (I) und Stadtkraftwerke (II) die wichtigsten Kennziffern untersucht. Die Werksziffer, das ist das Verhältnis zwischen Durchschnittsbelastung und Werksgröße schwankt in der ersten Gruppe zwischen 17 vH und 81 vH mit einem breiten Mittelwert von 40 vH bis 55 vH, bei der zweiten Gruppe zwischen 22 vH und 73 vH mit 35 bis 48 vH Mittelwert. Die Belastungsziffer, das ist das Verhältnis zwischen Gesamtleistung in kVA, also Eigenerzeugung und Fremdstrombezug zusammen zur höchsten Belastung in kW mal 8760 stellt sich bei I auf 44 vH bis 84 vH bei 50 vH bis 60 vH Mittel, bei II auf 36 vH bis 57 vH mit gleichmäßiger Verteilung zwischen diesen beiden Werten. Die nach unseren Begriffen auf Eigenerzeugung ohne Fremdstrombezug umgerechnete Belastungsziffer dürfte sich um rund ein Achtel tiefer stellen. Die Leitungsverluste, vielfach einschließlich Umformungsverluste usw., stellen sich bei I auf 8 vH bis 30 vH, durchschnittlich auf 11 vH bis 20 vH, bei II auf 6 vH bis 23 vH mit 10 vH bis 18 vH im Mittel. Daß die Überlandwerke in den Werks- und Belastungsziffern besser abschneiden als die Stadtkraftwerke ist darauf zurückzuführen, daß diese ihre Kraft an solche Abnehmer verkaufen, deren Verbrauchszeiten größere Verschiedenheitswerte aufweisen als die städtischen Verbraucher. Die Höhe der Leitungsverluste zeigt nach Ansicht des Verfassers noch ein großes Feld für Verbesserungen auch dann noch, wenn hiefür bedeutende Mittel aufgewendet werden müßten. V. H.

(El. World, Bd. 89, Heft 20, 1927.)

Die Zukunftsmöglichkeiten der Elektrizitätswirtschaft. Von Direktor Dr.-Ing. E. h. R. Werner, Berlin. G. Klingenberg hat schon im Jahre 1916 vorgeschlagen, größere Gebiete mit Hilfe von 110 kV-Leitungen elektrisch zu koppeln und wollte dadurch die Aufstellung größerer wirtschaftlicherer Maschinensätze, die Verringerung der Zahl der Reservemaschinen und die bessere Ausnutzung der Spitzenlast erreichen.[1]) Es hat sich aber leider gezeigt, daß auch bei weitgehender Kopplung die Winterbelastung an nur 50 bis 70 Tagen etwa zwei Stunden, also nur für 100, höchstens 200 Stunden im Jahr ausgenützt ist. In Berlin hoffte man durch Verbilligung des Strompreises auf die Hälfte eine Verbreiterung der Spitze zu erreichen, es stieg aber Durchschnitts- wie Spitzenlast im ungefähr gleichem Verhältnis. In einem Kraftwerk wie Berlin kostet der Kapitalsdienst für eine nur so kurz ausgenützte Spitzenmaschine mindestens 45 Pf. und kann bei Halblast auf 1 RMk. je kWh steigen. Die Spitze muß verbreitert werden und mit besseren Methoden gemeistert werden. Die Verbreiterung der Spitze ist eine reine Tariffrage. Will man die Spitze verbreitern, so muß man bei starker Ausnützung durch einen Konsumenten mit dem Preis noch wesentlich heruntergehen, um ihn zu bewegen, Strom auch zum Heizen, Kochen und für den Haushalt zu verwenden. Auch ein wesentlich billigerer Tarif für Stromabgabe nach 8 Uhr abends führt zu demselben Ergebnis. Pauschaliert man das kW-Jahr und bremst ein Maximalzeiger mit optischem und akustischem Signal, so gibt es, wie vielfach in Norwegen, überhaupt keine Spitze. Ferner muß man nach Mitteln suchen, um die Kapitalskosten der Spitze wesentlich herabzudrücken. Die Anlage eines Ruthsspeichers kostet rund 180 RMk./kW gegen 300 RMk/kW beim normalen Dampfkraftwerk. Ein reines Spitzenkraftwerk, bei dem man Höchstdruckkessel ohne Kesselhaus aufstellen kann, kostet nur 150 RMk/kW. Bekannt und vielfach angewendet ist der Wasserakkumulator, ein Staubecken, daß während der belastungsarmen Zeit mittels Pumpen gefüllt wird und die Spitzen zu decken hat. Die Ausbaukosten sind durchschnittlich 225 RMk/kW. Das wichtigste dabei ist aber, daß ein solches Werk zwar in seinem elektrischen Teil auch so rasch wie ein Dampfkraftwerk veraltet, daß aber bis 90 vH der Kosten für den baulichen Teil und die Rohrleitungen aufgehen, so daß die Abschreibung wesentlich geringer ist. Eine kWh kommt auf nur 2·5 bis 3·5 Pf. Gesamtkosten. Auch eine Akkumulatorenbatterie kann unter Umständen rentabel sein. Wenn auch die Anlagekosten auf 400 RMk/kW einschließlich Umformung kommen, so ist doch der Vorteil, sie in die Versorgungsschwerpunkte zu verlegen, nicht zu unterschätzen. Läuft das Hauptkraftwerk dann mit annähernd gleichmäßiger Belastung, so werden die Unterhaltungskosten wesentlich geringer. Spitzenwerke haben je kWh das 9 bis 10-fache an Feuerungs- und Kesselreparaturen und Reparaturen des mechanischen Teiles der Dampfturbinen aufzuwenden gegenüber Durchlaufwerken. Der Übergang auf Übertragungsspannungen bis 380 kV eröffnet die Übertragungsmöglichkeit auf 1000 km. Der Norden Deutschlands kann mit dem wasserreichen Bayern verbunden werden und damit ist eine neue Möglichkeit gegeben, die Spitzen zu bekämpfen. Ci.

(ETZ. Bd. 48, Heft 21. 1927.)

Ein Nachttarif für Paris. Von L. Charreau. Um die scharfen Spitzen im Belastungsbild der Stadt Paris zu mildern, hat in letzter Zeit die Comp. Parisienne de Distribution de l'Electricité einen sogenannten Nachttarif eingeführt. Man war sich darüber klar, daß die Benützung der Beleuchtung während der Spitzen wegen der Notwendigkeit durch keinen Tarif beeinflußt werden könnte, weshalb man den Lichttarif unverändert ließ. Man trachtete nur die Verwendung der anderen elektrischen Geräte, wie Speicherkessel, Bügeleisen usw. durch geeignete Tarife aus der Zeit der Spitzen wegzuverlegen und so gleichzeitig den jähen Abfall der Spitzen zu verlangsamen. Für die Spitzenzeit gilt ein erhöhter, für den Tag ein ermäßigter mittlerer und für die Nacht bezw. die tiefsten Einsenkungen ein besonders ermäßigter Preis. Im Winter, d. i. für die Zeit vom 1. Oktober bis 31. März gilt als „Nacht" die Zeit von 18 bis 7 h und von 11 h 30 bis 13 h 30, als „Tag" die von 7 bis 11 h 30 und von 13 h 30 bis 15 h und als „Spitze" die von 15 bis 18 h, im Sommer wird die Spitzenzeit wie die Tageszeit gerechnet, da dann ohnehin die Betriebsmittel nicht voll ausgenützt sind. Der gewöhnliche Lichttarif setzt sich aus drei Posten zusammen: der Grundpost und den Veränderlichen: Kohlenpreis und Löhne. Diese Einteilung wurde beibehalten, nur wurden für die einzelnen Sätze verschiedene Hundertsätze der Posten des Lichttarifes genommen und zwar treten für den Nacht- (Tages-)tarif folgende Ermäßigungen ein: beim Grundpreis um 60 vH (30 vH), bei Kohle um 30 vH (15 vH), beim Lohn um 90 vH (30 vH), beim Spitzentarif hingegen eine Erhöhung von 60 vH, 30 vH und 90 vH. Derzeit kostet die Licht-kWh niederspannungsseitig 1·08 Frcs. (= 30 g), hochspannungsseitig 0·762 Frcs. (= 21 g). Somit ergibt sich ein kWh-Preis nieder-(hoch-)spannungsseitig beim Nachttarif zu 9·456 (0·335), für den Tagtarif zu 0·839 (0·595), für den Spitzentarif zu 1·613 (1·122) Frcs. Während also der Nachttarif nur 43 vH des Lichtpreises beträgt, stellt sich der Tagpreis auf 78 vH, und der Spitzenpreis endlich auf das anderhalbfache. Der Einfluß dieser Ansätze zeigt sich, wie folgt: Bei einer

[1]) Vgl. E. u. M. 1916, S. 335.

Digitized by Google

Benützung des Nachttarifes zu 50, (60 oder 100 Teilen), des Tagtarifes zu 40, (35, 0), des Spitzentarifes zu 10, (0, 0) Teilen ergibt sich der Preis für eine kWh zu 0·725 (0·648, 0·456) Frcs., also ganz bedeutende Ermäßigungen. Wenn auch die Tarife in erster Linie für den Haushalt bestimmt sind, werden sie auch dem Gewerbe und der Industrie für Klein- und Großverbrauch zugestanden, soweit nicht besondere Ermäßigungen, ohnedies gewährt werden. Beim Verbraucher werden zwei Stromkreise eingerichtet, der eine wird für Beleuchtung mit gewöhnlichem Zähler, der andere mit sich selbst umschaltenden oder mit einem ferngesteuerten Relais versehenen Dreifachzählern eingerichtet. Besondere Erleichterungen werden dann zugestanden, wenn die Steigleitungen nicht für den gleichzeitigen Gebrauch ausreichen. V. H.

(Revue Gen. de l'El., Bd. 21, Heft 20, 1927.)

Grundlegende Überlegungen für die Einführung von Blindstromtarifen und für ihre Vereinheitlichung. Von Ing. E. Quenstedt, Frankfurt a. M. Einem Blindstromtarif wird man am vorteilhaftesten einen $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ zugrunde legen. Einen Leistungsfakor unter 0·8 als Basis eines Blindstromtarifes zu wählen, wäre durchaus nicht zweckmäßig, da ein auf dieser Basis aufgebauter Blindstromtarif infolge der Scheinhöhe der Stromgrundpreise jede Anschlußbewegung zumindest hemmen müßte. Bei einem höher gewählten Leistungsfaktor hingegen würden sich die Investitionskosten beim Abnehmer unverhältnismäßig hoch gestalten. Es wird also der Abnehmer mit ungünstigerem Leistungsfaktor als 0·8 einen Zuschuß zu zahlen haben, während er bei günstigerem eine Vergütung erhält, die, wie im folgenden begründet wird, viel geringer sein muß als der Zuschuß. Zentralen, bei denen nichts zur Verbesserung des Leistungsfaktors geschehen ist, laufen durchschnittlich mit einem $\cos\varphi$ von 0·5 bis 0·6. Wird der $\cos\varphi$ einer Leitungsanlage von 0·6 auf 0·8 verbessert, so verringern sich die Ohmschen Übertragungsverluste, die bekanntlich mit $\frac{1}{\cos^2\varphi}$ wachsen, um rund 44 vH, während bei Hebung des Leistungsfaktors von 0·8 auf 0·9 sich nur 11·7 vH weitere Verlustersparnisse ergeben. Dies würde das Verhältnis „Zuschuß : Vergütung" 4 : 1 rechtfertigen, da man aber besonderen Wert auf die Verbesserung des Leistungsfaktors legt, so wird man zweckdienlich 4·5 : 1 festlegen. Zur Ermittlung des mittleren Leistungsfaktors sind verschiedene Vorschläge gemacht worden, am einfachsten ist der Einbau eines Blindstromzählers. Es ergibt sich dann

$$\frac{\text{Blind-kWh}}{\text{Wirk-kWh}} = \frac{B}{W} = \operatorname{tg}\varphi,$$

und daraus

der Mehrpreis in vH des Wirk-kWh-Preises mit

$$+ p_1 \text{ vH} \left(\frac{B}{W} - 0{\cdot}75\right) \text{ und}$$

der Minderpreis mit

$$- p_2 \text{ vH} \left(0{\cdot}75 - \frac{B}{W}\right).$$

Für p_1 wird an Hand von Beispielen der Wert 18, daher für p_2 der Wert 4 angegeben. Um von einem bestehenden Tarif auf den neuen überzugehen, muß bei einem $\cos\varphi = 0{\cdot}6$ die Höhe beider Tarife gleich hoch sein und sich erst bei $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ die volle Ermäßigung bemerkbar machen. Bei Kleinabnehmern ist die Einführung des Blindleistungstarifes gleichfalls sehr empfehlenswert, doch würde der Einbau von Blindleistungszählern zu hohe Kosten verursachen. Es wird daher empfohlen, den Wert für p_1 bei Verwendung kompensierter Motoren auf 10 herabzusetzen und bei Verwendung normaler und kompensierter Motoren den Wert weiter herunter zu mindern auf

$$x_1 \text{ vH} = \frac{(\text{kVA der kompens. Motoren})\, p_1 \text{ vH}}{\text{kVA der kompens. Motoren} + \text{kVA der normalen Motoren}}$$

Hierin ist p_1 vH = 10 vH und kVA der normalen Motoren $= \frac{\text{kW}}{\cos\varphi}$ gemäß Leistungsschild. Beim Grundgebührentarif sind sowohl Grund- wie auch Leistungsgebühr mit diesem Zuschuß oder der Vergütung zu belegen. Ci.

(ETZ, Bd. 48, Heft 4, 1927.)

Jahresbericht der Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V. für das Jahr 1926.[1]) Die Gesamtleistung der deutschen Elektrizitätswerke ist von rund 5 Mill. kW auf 5·7 Mill. kW gestiegen, die Erzeugung von 11·7 auf 12·1 Milliarden kWh gestiegen vor allem infolge der Zunahme in den letzten Monaten des Berichtsjahres, die Ausnutzung aber um 9 vH zurückgegangen. Die Vereinigung ist im Beirat für Elektrizitätswirtschaft, den der Reichswirtschaftsminister einberufen hat, entsprechend vertreten. Gegenüber den Klagen der Vereinigung der Elektrogroßhändler und Installateure über die Installations- und Verkaufstätigkeit wurde immer wieder betont, daß diese Tätigkeit nicht Selbstzweck um Gewinne zu erzielen ist, sondern betrieben wird, um die Elektrizitätsanwendung möglichst rasch zu verbreiten. Der Elektrotechnische Ausschuß befaßte sich mit der Frage der Transformator- und Schalteröle, mit der Möglichkeit stärkere Kurzschlußankermotoren als bisher anzuschließen und mit der Ausbildung der Zählerrevisoren. In der VDE-Kommission wurde der Standpunkt vertreten, daß die Änderung der Vorschriften allzu häufig vorkomme und gefordert, daß die Bestimmungen, die gefestigt sind, ab 1928 oder 1929 für eine Dauer von fünf Jahren unveränderlich sein müssen. Die Vorschriften für Hoch- und Niederspannung sind vollständig zu trennen. Der statistische Ausschuß hat eine Reihe von Karten neu herausgegeben, so über die Elektrizitätsversorgung Deutschlands, über die Stromdichte und über die Höchstspannungsleitungen. Ein Unterausschuß befaßte sich mit der Frage der Tarife. Die Tätigkeit des Werbeausschusses wurde dadurch sehr gefördert, daß die Mittel, die bisher nur freiwillig gegeben wurden, obligatorisch erklärt wurden. Die Tätigkeit wurde auf Grund von Studien, die der Leiter der literarischen Abteilung in Amerika unternahm, neu belebt. Wort- und Bildmarken wurden in mannigfacher Form verbreitet, von großen Plakaten angefangen bis zur Verschlußmarke und zum Abziehbild. Wichtig ist, daß nach amerikanischen Unterlagen die Elektrizitätswerbung nur dort Erfolg hat, wo die Stromversorgungsunternehmen sich dafür einsetzen. Vor zweieinhalb Jahren, als die Werbeabteilung gegründet wurde, hatten nur 50 Werke ein eigenes Werbebüro, heute ist die Zahl 350. Der Briefwechsel der Abteilung ist binnen Jahresfrist um 100 vH gestiegen. Auf die Gewinnung der Presse, auf Filme und auf Ausstellungen wurde gebührender Wert gelegt. Der maschinentechnische Ausschuß befaßte sich vorzüglich mit Fragen, die beim Betrieb mit Hochdruckdampf auftreten. Der landwirtschaftliche Ausschuß behandelte eingehend die Frage der Futter- und Kartoffeldämpfer und ist noch bemüht, eine Preisverminderung für diese Apparate zu erreichen. Auch viele andere landwirtschaftliche Apparate wurden eingehend behandelt. Wanderausstellungen wurden systematisch gefördert. Ci.

(Mitt. der VDEW, Nr. 432, 1927.)

Bezirksverband Oberschwäbischer Elektrizitätswerke (OEW) in Biberach.[2]) Im Geschäftsjahre 1926 stieg der Gesamtanschlußwert um 13 700 kW auf 119 900 kW. Die höchste Spitzenleistung aller Werke war rund 26 000 kW (20 900 im Vorjahre), die Ausnutzungsdauer der Anlagen, bezogen auf die Jahresspitzenlast rund 3210 Stunden. Insgesamt wurden im Jahre 1926 aus den eigenen Wasserkraftwerken 66·8 Mill. kWh, aus den eigenen Wärmekraftwerken 5·7 Mill. kWh erzeugt und außerdem 10·7 Mill. kWh gegen 79·1 Mill. im Vorjahre. Die Maschinenleistung der eigenen Werke ist 41 379 kW (+ 1612), davon sind 19 655 kW Wasserkraft und 21 724 kW Wärmekraft. Die Gesamtlänge aller Leitungen (von 2 bis 55 kV) ist um 127 km auf 2644 km gestiegen, die Leistung der Transformatoren um 7904 kVA auf 44 103 kVA. Aus dem Stromverkauf wurden rund 6·2 Mill. Mk. eingenommen, die gesamten Werksanlagen stehen mit 22·2 Mill. zu Buche. J.

[1]) Vgl. Seite 67 dieses Heftes.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, Das El.-Werk, S. 391.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS
ELEKTRIZITÄTSWERK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT
Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 9 | 25. September 1927 | 4. Jahrgang

INHALT: *Ein Schutzbund gegen Hochwasserschäden. Von Ing. Wilhelm Winkler, Klagenfurt. S. 73.*
Von der Mietinstallation zur Rateninstallation. Von Dr. techn. Adolf Velisek, Wien. S. 76.
RUNDSCHAU. S. 80. / Geschäftsberichte und Betriebsergebnisse. S. 84.

Ein Schutzbund gegen Hochwasserschäden.

Von Ing. Wilhelm **Winkler**, Klagenfurt.

In dem Bestreben, die wirtschaftlichen Verhältnisse unseres Vaterlandes zu bessern, wurde eine Reihe von Maßnahmen getroffen, die allmälig die beabsichtigte Wirkung hervorbringen; hierzu gehören die Förderung der Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaft durch mehrere Gesetze und die Bemühungen hinsichtlich der Geldbeschaffung.

Es ist aber befremdend, daß man gegenüber der schöpferisch aufbauenden Tätigkeit, wie es scheint, auf jene beharrlich vergißt, die sich auf das Verhindern von Schäden bezieht und die Förderung in wirksamer Weise durch den Schutz bestehender Schöpfungen bewirken sollte. Die Förderung bleibt unvollständig, wenn ihr nicht Maßnahmen beigesellt werden, die die unheilvollen Wirkungen der Hochwässer zunächst mildern, in letzter Linie aber nach Möglichkeit verhindern.[1])

Die derzeitigen Verhältnisse der Wasserwirtschaft, besonders in Österreich, können keineswegs als befriedigend bezeichnet werden. Fast in jedem Jahr werden die Bundesländer von entsetzlichen Hochwasserfluten heimgesucht, die nicht nur Wasserbauten vernichten, sondern auch erhebliche Flächen des in Gebirgsgegenden nicht allzu ausgedehnten fruchtbaren Bodens wegreißen oder in Wüste verwandeln.

Die durch Hochwässer verursachten Schäden bestehen in Beschädigung der Ufer und Wegreißen des Ufergeländes, Eindrücken von Wehrbauten, Umstürzen von Schützen, Beschädigen oder Vernichten der Widerlager der Gebirgsbrücken und der Joche der Brücken in den unteren Flußläufen, Beschädigung, Übermuhrung oder Unterwaschung von Uferschutzbauten, Gefährdung der Straßen längs dem Gewässer, Verschottern von Werkskanälen, Verhindern des Verkehres, Schädigung von Leitungsmasten, Vernichtung der kostspieligen Uferbauten an den größeren Flüssen, Verhinderung geregelter Entsumpfung. Als mittelbare Schäden kommen hinzu: Außerbetriebsetzung der Triebwerke und deren langer Stillstand, hohe Kosten der neuerlichen Inbetriebsetzung, Verdienstentgang und alljährlich erforderliche Steuernachlässe, geldliche Unterstützung der Geschädigten durch Bund und Land.

Nach den Erfahrungen der letzten 20 Jahre läßt sich ein Bild gewinnen von dem Umfang der Verheerungen durch Hochwasser allein im Bundesland Kärnten. Ohne auf die Schilderung des Verlaufes einiger verheerender Hochwässer einzugehen, soll nur erwähnt werden, daß zum Beispiel die einschlägigen Ausgaben des kleinen Landes Kärnten in den letzten 20 Jahren den Betrag von GK 5 256 100 erreicht haben. Dies entspricht einem Jahresaufwand von durchschnittlich 262 800 GK = 378 432 Schilling. Von den geleisteten Arbeiten sind etwa 60 vH solche, die als Regulierungsausbauten ohne Rücksicht auf Hochwasserschäden als regelmäßige Arbeiten an den Gewässern und deren Ufern geleistet wurden. Dieser Hundertsatz wird sich aber in Zukunft vermindern, da derzeit noch Schäden aus der Kriegszeit zu beheben sind; man wird daher kaum fehlgehen, wenn man die durchschnittlichen Jahresausgaben von Kärnten allein in Zukunft auf mehr als S 200 000 schätzt. Da nun der Bund zu den Kosten solcher Arbeiten laut Gesetz im Mittel 60 vH, das Land 20 vH und die Gemeinden und Privatinteressenten 20 vH beitragen, ergibt sich, daß die voraussichtlichen jährlichen Ausgaben für Wasserschäden in Kärnten allein die Höhe von S 1 000 000 erreichen werden. Hierbei ist noch nicht berücksichtigt das, was die Wasserrechtsbesitzer gesondert für Schädenbehebung ausgeben, an denen Bund und Land nicht beteiligt sind, ferner nicht berücksichtigt die Schäden durch Betriebsstillstand, die dauernde Entwertung der Grundstücke und die Steuerabschreibungen, die stets im Gefolge von Hochwasserschäden auftreten.

Die unmittelbar für Hochwasserschäden verausgabten Beträge erreichen also in Österreich ganz bedeutende Höhen und stellen in Verbindung mit den gesetzlichen Beiträgen des Bundes, der Gemeinden und der beteiligten Besitzer schier übermäßige Opfer dar; dies aus dem Grunde, weil der Aufwand in der Regel erst erfolgt ist, nachdem ein bedeutender Schaden geschehen war, und weil sehr oft ein nächstes Hochwasser neuerliche Beschädigung oder gar Zerstörung von unzulänglichen Herstellungen brachte. Bei Fehlen einer einheitlich und gleichzeitig durchgeführten Regelungs- und Wiederherstellungsarbeit und deren riesigen Kosten ist es ja ganz leicht erklärlich, daß man vor allem die örtlichen Bedürfnisse und die unbedingt rasch durchzuführenden Ausbesserungen im Auge hat und sich daher oft mit Flickarbeit begnügen mußte, daß aber solche einzelne Verbesserungen nicht als das unbedingt erforderliche Vorbeugungsmittel angesehen werden dürfen, das das Ziel anstrebt, an allen Wasserläufen von den Quellen bis zu den Mündungen eine geregelte Wasserwirtschaft herbeizuführen, die insbesondere den gefahrlosen Abfluß der Gewässer trotz der Schwankungen der Niederschläge und der Schneeschmelze regeln kann. Leider müssen die auf diese Weise vergeblich aufgewendeten Millionen großenteils als verloren bezeichnet werden und es ist sicherlich die Aufgabe einer weitblickenden Wirtschaft, alles in die Wege zu leiten, um solche Verluste nach menschlichem Ermessen für die Zukunft möglichst vollständig zu vermeiden.

Wenn man will, daß die Verheerungen durch Hochwässer sich nicht mehr in so hohem Maße wiederholen, als bisher; wenn man einsieht, daß bei richtigen Maßnahmen die Regelung der Wasserwirtschaft schon größere Fortschritte gemacht und die Ursachen der

[1]) Vgl. Heft 22 d. J., S. 456.

Digitized by Google

Hochwasserschäden schon in hohem Maße beseitigt haben könnte, wird man verlangen, daß endlich ein anderer Weg eingeschlagen wird. Es unterliegt keinem Zweifel, daß zunächst ein allgemeiner, einheitlicher Plan und dann eine einflußreiche Wasserpolizei fehlt; daß die Durchführung der Arbeiten oft in ursprünglichster Weise minderkundigen Unternehmern ausgeliefert wird und daß Jedermann seine Schutzmaßnahmen nach eigenem Ermessen ergreifen kann, ohne von einer maßgebenden Beaufsichtigung an Unvernünftigem gehindert zu werden. Auch mit der Bosheit der Uferbesitzer muß leider gerechnet werden.[2])

Die Maßnahmen, zu denen sich die Verantwortlichen gedrängt fühlen müssen, sind folgende:

1. Die notwendigen Regelungsarbeiten an den größeren Wasserläufen sind in dem bisherigen Ausmaß unter Anwendung neuzeitlicher Bauweisen fortzusetzen; sie fallen nicht unter die Maßnahmen für Hochwasserschutz, die ich vorschlage, sondern werden, wie bisher, aus Mitteln ausgeführt, die Land, Bund und Gemeinden gesetzgemäß aufbringen; es besteht aber kein Hindernis, daß sich auch die genannten Gemeinwesen an den erwähnten Sondermaßnahmen beteiligen.

2. Die Wildbachverbauungen werden gleichfalls unter Aufbringung der Mittel in der bisherigen Weise durchgeführt, nur sind auch hier neuzeitliche Bauweisen anzuwenden, die besonders die Sohlensicherung und die Hintanhaltung von Uferbrüchen zum Ziel haben.

3. Da jedes Wehr alter Bauart bei Beschädigung oder Bruch leicht eine Hochwasserwelle erzeugen kann, die sich erst in größerem Abstand vom Wehr verflacht, aber durch mitgerissenes Holz, Baumstrünke, Schotter, Felsbrocken, Schlamm usw. an Ufern und Wasserbauten Schaden verursacht, müssen auch die kleinen Gewässer und Wasserrinnen in größerer Gebirgshöhe, wo die verderblichen Gießbäche bei Wolkenbrüchen niedergehen, in den Wirkungskreis einbezogen werden.

4. Neben dem Abfluß des Wassers und der Abfuhr der Geschiebe in den größeren Flußläufen und neben der Sicherung der Geschiebebildung in den Wildbächen sollen auch gefährderte Stellen an den übrigen Gewässern vor Beschädigung geschützt und Wehre und sonstige Einbauten so umgestaltet werden, daß sie kein Hochwasser verursachen können.

5. Weisen Wehr- und Wasserbauten, Ufer oder Gebäude einen Verfall auf oder ist bei ihrem Belassen in dem alten Zustand eine Gefahr näher gerückt, so sind die Besitzer zur Herstellung der erforderlichen Schutzbauten zu verhalten, um die Bauten in einen Zustand zu versetzen, der die Gefahr beseitigt. Mit der in den Wasserrechtsgesetzen festgesetzten Erfolghaftung ist bei Wasserunheil gar nichts gedient, weil die Schäden zumeist das Vermögen der Schuldigen hundert- und tausendfach übersteigen; es liegt aber im Interesse der Allgemeinheit, nicht erst Schäden auftreten zu lassen, sondern sie durch vorbeugende Maßnahmen zu verhindern.

6. Wenn vor Erreichen des angestrebten gefahrenfreien Zustandes und vor der entsprechenden Regelung der Wasserläufe Schadenfälle eintreten, die den Eigentümer der beschädigten oder schuldtragenden Anlage wirtschaftlich zugrunde richten können, so muß vom Lande selbst eingegriffen werden, damit der Wiederaufbau oder die Herstellung in einer Weise erfolgt, die nach menschlichem Ermessen eine Wiederholung der Schäden ausschließt. Das Ziel muß sein, die Einbauten technisch derart umzugestalten oder neu auszuführen, daß die voraussichtlich stärksten Hochwässer ohne Schaden ablaufen können.

[2]) Bei einem großen Hochwasser wurde einem Bauer von seinen Nachbarn geraten, einen oder zwei Rauhbäume an die gefährdete Stelle seines Ufers zu legen. Er sagte: „Weiß schon, aber soll nur das Elektrizitätswerk machen"; er mußte von dem politischen Beamten unter Androhung des Arrestes über seine Pflicht belehrt werden.

Die berechtigten Forderungen der Allgemeinheit auf Sicherheit und Schutz des Volksvermögens rechtfertigen einen Zwang auf die Wasserberechtigten, der durch Verbreiterung der Grundlage der Schutzmaßnahmen und der geldlichen Sicherstellung gemildert werden kann und soll. Es ist nicht einzusehen, warum der Zwang bei dieser, volkswirtschaftlich so wichtigen Frage nicht zulässig sein sollte, wo er doch in anderer Hinsicht als selbstverständlich gilt.

Um aber wirksame Maßnahmen zu ergreifen und mit vollem Einfluß durchzuführen, muß eine Stelle geschaffen werden, die befugt ist, die Flußläufe und Wasserbauten zu überwachen und an die Wasserrechtsbesitzer Forderungen hinsichtlich des Ausbaues von Wasserbauten und der Beseitigung von Schäden nachdrücklichst zu stellen. Diese Stelle muß aber auch Forderungen, die durch die Rücksicht auf den klaglosen Abfluß des Wassers in den Flußläufen geboten sind, bei der politischen Behörde mit Erfolg geltend machen können. Alle Wehr- und Wasserbauten sind zu geeigneten Zeiten, besonders nach Hochwässern, zu besichtigen, ihr Zustand ist einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen, über vorgekommene Anlandungen und Ablagerung von Holz und Wurzelstöcken sind Berichte zu erstatten; im Notfall muß das Recht bestehen, kleine Hindernisse des geregelten Wasserablaufes, die Ursache zur Vergrößerung der Hemmungen bieten können, kurzer Hand zu beseitigen.

Als Erstes ist daher eine Wasserpolizei einzurichten.

Die Stelle, die diese Wasserpolizei errichtet und ihr Wirken überwacht, wird ihre sonstige Tätigkeit aber mit Rücksicht darauf ausüben müssen, daß die Wasserrechts- und Uferbesitzer vor unmöglichen Belastungen bewahrt bleiben. Es ist also der einzige Weg gegeben, die Stelle in Form einer Genossenschaft, und zwar mit Rücksicht auf das früher über das Interesse der Allgemeinheit Gesagte, nur in Form einer Zwangsgenossenschaft zu errichten. Gerade die neueren Anschauungen über das Wasserrecht betonen das Interesse der Allgemeinheit so stark, daß man nicht daran zweifeln darf, daß auch unter Beiseitelassung des Wasserrechtes und Verallgemeinung der Rücksichten hinsichtlich des Hochwasserschutzes ein Zwang noch viel mehr Berechtigung hat, als bei so manchen anderen Maßnahmen.

Den Anforderungen am besten entsprechen würde die Erichtung von Zwangsgenossenschaften nach den einzelnen Flußgebieten; da aber eine möglichste Verallgemeinung anzustreben ist, so soll zunächst nach Ländern vorgegangen werden, da in diesen die Vorbedingungen für die praktische Durchführung, hauptsächlich hinsichtlich der erforderlichen Gesetzes- und Verwaltungsmaßnahmen, mir am besten gegeben erscheinen.

Die Zwangsgenossenschaft muß daher als Landes-Hochwasser-Schutzbund durch gleichlautende Landesgesetze ins Leben gerufen werden und darf in keiner Weise politischen Bestrebungen dienen. Sie muß eine Verwaltung bekommen, die die Gewähr bietet, daß die Befugnisse der Genossenschaft nur nach rein sachlichen Gründen und nur im Sinne der Regelung der Wasserwirtschaft ausgeübt, daß aber auch alle Mittel und Wege benützt werden, um den Hochwässern ihre verheerenden Wirkungen zu nehmen. Es ist gesetzlich festzulegen, daß im Falle der Beschädigung oder Zerstörung von Wasserbauten und deren Umbau die Genossenschaft von der politischen Behörde befragt und ihrer Meinung das größte Gewicht beigelegt werden muß.

Genossenschaften müssen alle jene werden, die Wasser- und Grundbesitzrechte haben, deren Rechte und die zu ihrer Ausübung dienenden Bauten durch Hochwasser gefährdet werden können oder selbst eine Gefahr für die Umgebung oder für den weiteren Flußlauf bilden; die mit der Erhaltung oder Wiederherstellung von Grundstücken oder Bauten verbundenen Opfer müssen allerdings mit dem Wert des Erhaltenen im Einklang stehen, der Erfolg muß die Opfer lohnen.

Digitized by Google

Die Genossenschaftspflicht wird nicht an der Person haften, sondern an dem Gegenstand des Rechtes. Die allerkleinsten Anlagen, sowie jene, bei denen durch Hochwasser weder eine eigene Gefährdung noch eine Gefahr für andere Rechte auftreten kann, werden in geeigneter Weise mit Erleichterungen bedacht oder ganz ausgeschaltet werden.

Das Ziel der Genossenschaften muß zwecks Verminderung der geldlichen Belastung aller Beteiligten durch weitgehende, fast allgemeine Versicherung aller Bauten und Anlagen angestrebt werden, die Hochwässern ausgesetzt sind oder ihrerseits Hochwasser verursachen oder seine Gefahr für andere verstärken können.

Wenn über das bisher Vorgebrachte völlige Klarheit gewonnen wurde, wird man auch leicht die einzelnen Aufgaben des Hochwasser-Schutzbundes erkennen. Diese sind im Folgenden übersichtlich angeführt und müssen einen Teil der der Genossenschaft zu gebenden Satzungen bilden.

Aufgaben des Hochwassers-Schutzbundes.

1. Laufend genaue Vormerkung der versicherungspflichtigen Anlagen im Gebiete der Genossenschaft.
2. Bestimmung der Höhe der Versicherungssumme für jede Anlage bei Wiederherstellung in den alten Zustand.
3. Bestimmung der Höhe der Versicherungssumme, um eine Anlage neuzeitlich und für Hochwasserabfuhr klaglos herzustellen.
4. Überwachung der Prämienzahlungen.
5. Schaffung eines Geldstockes zu etwa notwendigen Prämiendarlehen an Genossenschafter.
6. Erwirken von grundbücherlichen Sicherstellungen der einschlägigen Pflichten der Versicherten.
7. Bestimmung des Umfanges eines Schadens, der notwendigen Ausbesserungen, des Wiederaufbaues oder einer erforderlichen Verlegung eines versicherten Baues.
8. Überwachung der zweckmäßigen Verwendung der flüssig gemachten Versicherungssummen und sonstigen Beiträge.
9. Durchführung etwaiger wasserrechtlicher Verfahren.
10. Löschung versicherter Anlagen bei Aufhören einschlägiger Bedingungen.
11. Errichtung einer Wasserpolizei als Vorläufer eines Flußpolizeigesetzes und eines Gesetzes über Instandhaltung von Wasserbauten.
12. Erwirken von Bestimmungen über die strenge Einhaltung der Schlägerungs- und Aufforstungvorschriften und geeignete Umgestaltung dieser.

Hinsichtlich der wichtigen Aufgabe der Geldbeschaffung und der Sicherstellung der erforderlichen Geldmittel mögen folgende Richtlinien aufgestellt werden:

1. Land, Bund und Gemeinden tragen, wie bisher, die Kosten der großen Regulierungen und beteiligen sich an den Arbeiten nach Hochwasserschäden, gegen die sie sich, sowie die Genossenschafter, versichern können.
2. Jeder, dessen Anlage von der Genossenschaftsleitung im Einvernehmen mit der Landeskraftstelle als hochwassergefährlich oder -gefährdet bezeichnet wird, hat die Pflicht, der Genossenschaft beizutreten.
3. Die Genossenschaft bestimmt nach einer vorher festgesetzten Einteilung in Gefahrenklassen die Höhe des Versicherungsbetrages zur Herstellung des versicherten Bauwerkes in der alten Weise.
4. Die Genossenschaft bewirkt, daß das Land eine Versicherung auf jenen Betrag eingeht, der für Instandsetzung oder Wiederaufbau einer Anlage notwendig ist, um über den Versicherungsbetrag des Eigentümers hinaus die Herstellung nach neuzeitlichen, Hochwassergefahr verhindernden Bauweisen zu ermöglichen.
5. Die Genossenschaft veranlaßt die Herstellung der erforderlichen Baupläne auf Kosten des Versicherten und überwacht die Ausführung.
6. Die Genossenschaft hebt von den Versicherten einen Hundertelsatz von den Versicherungssummen ein, der zur Führung der Geschäfte und zur Entlohnung von Vorstand, Angestellten und Beiräten dient und nach den tatsächlichen Aufwendungen des Vorjahres bestimmt wird.

Schon vor dem Krieg hatte auf Betreiben des österreichischen Industriellen-Verbandes die „Providentia" eine Versicherung gegen Hochwasserschäden eingeführt; diese fand zunächst Zuspruch, verlief aber dann im Sande, weil die Versicherten die Prämienzahlungen während des Krieges und nachher einstellten. Da nun anzunehmen ist, daß von allen Interessenten zunächst jene versichert hatten, welche verhältnismäßig große Beschädigungen zu befürchten hatten, erklärt sich das Aufhören der Versicherung durch die Entwertung der Versicherungssumme. Die weiteren Erfahrungen haben wohl die Erkenntnis zur Reife gebracht, daß die Vorsorge gegen Hochwasserverheerungen nicht mehr dem Gutdünken der einzelnen Wasserrechtsbesitzer überlassen bleiben darf, sondern daß von allem die Länder und der Bund dazu berufen sind, eine Heilung der volkswirtschaftlichen Schäden durchzuführen. Die Selbsthilfe der Wasserrechtsbesitzer ist am einfachsten durch Versicherung unter Schutz und Aufsicht der Länder durchführbar, die ein Gesetz über eine auf breiter Grundlage eingerichtete Zwangsversicherung erlassen müssen. Die Verfassung der Landesverbände gegen Hochwasserschutz kann auf folgenden Grundlagen aufgebaut werden:

Die Landesregierungen bewirken rasch eine Vervollständigung des Wasserkraftkatasters und eine Aufnahme der vom Hochwasser bedrohten Grundstücke, Gebäude, Brücken, Straßen, Telegraphenleitungen, Licht- und Kraftleitungen usw.; sie bestimmten mit Hilfe einer Versicherungsanstalt jene Eigentümer und Wasserrechtsbesitzer, die zur Versicherung ihrer Anlage zu verpflichten sind, und setzten einvernehmlich Gefahrenklasse und den Wert der Versicherung, das heißt die Prämie fest.

Nach Bestimmung des Versicherungspflichtigen werden diese von der Landesregierung einberufen, um die Genossenschaft zu gründen und die Ämterführer zu bestimmen. Hierzu hat die Landesregierung fünf Mitglieder, die Landeshauptstadt ein Mitglied zu entsenden und weitere Mitglieder werden für jede Bezirkshauptmannschaft von deren Gemeinden gewählt. Sämtliche müssen in dem betreffenden Lande ansässig sein. Bei den fünf von der Landesregierung zu ernennenden Vorstandsmitgliedern kommen in Frage: je ein Vertreter der Bundes-Bauabteilung, der hydrographischen und Wasserbau-Abteilung, der Landeskraftstelle, der Wilbachverbauung und der Land- und Forstwirtschaft.

Die Vorstandsmitglieder werden auf fünf Jahre bestellt, etwaige Ersatzmänner auf die noch nicht abgelaufene Amtsdauer der zu Ersetzenden.

Der Vorstand hat aus seinen Mitgliedern einen viergliedrigen Arbeitsausschuß auf fünf Jahre zu wählen, der die Geschäfte erledigt und dem Gesamtvorstand alle Vierteljahr zu berichten hat. Obmann und Stellvertreter werden vom Arbeitsausschuß gewählt und sind gleichzeitig die Leiter des Gesamtvorstandes und der Genossenschaft.

Der Vorstand erhält durch Ernennung seitens des Landeshauptmannes bis auf Widerruf einen Beirat, für den in Frage kommen: je ein Mitglied der politischen Landesverwaltung, der Landes-Versicherungsanstalt, ein geologisch erfahrener Bergmann, ein Wasserbau-Ingenieur, ein Straßenbau-Ingenieur und ein Meteorologe.

Die Genossenschaft muß zwecks richtiger und rascher Durchführung der erforderlichen Arbeiten mit einem Enteignungsrecht ausgestattet werden.

Digitized by Google

Die Versicherten sind außer zu den reinen Versicherungspflichten weiter zu folgendem verpflichtet:

Beobachten der Vorgänge an dem Gewässer, an dem ihre versicherte Anlage liegt.

Anordnung von vorbeugenden Maßnahmen gegen Schäden von Hochwässern.

Mitteilungen aller Beobachtungen an die Flußpolizei und an den Vorstand der Gnossenschaft.

Bei Hochwasser: Verständigen der Gemeinde und der Genossenschaft; rasche Anordnung von vorläufigen Schutzmaßnahmen, so weit es in den Kräften und der Möglichkeit liegt, Anrufen geeigneter Hilfe: Befolgen der amtlichen Anordnungen.

Wiederaufbau der beschädigten Anlage oder Bauwerke nach den Weisungen der Genossenschaft unter Zuhilfenahme der Versicherungssumme und etwaiger Beiträge.

Trotz aller Überwachung der Gewässer und trotz rechtzeitigen und tatkräftigen Eingreifens sind aber, zumal solange die alten Bauwerke noch bestehen und die alten Verhältnisse der Flußläufe nicht gebessert sind, Folgen übergroßer Hochwässer zu erwarten. Sind dann Beschädigungen von Wasserbauten vorgekommen und lassen diese erkennen, daß deren Wiederherstellung die Gefahr nicht beheben würde, sondern daß hierzu der Aufbau nach neuzeitlichen Bauweisen notwendig oder wünschenswert ist, so wird vom Vorstand der Genossenschaft die Landesregierung ersucht, sich für die bessere Ausführung, die durch Pläne und Kostenvorvoranschläge belegt wird, zu entscheiden und den erforderlichen Betrag flüssig zu machen.

Der Landtag wird daher zunächst das erforderliche Versicherungsgesetz beschließen, das ohne Änderung des Wasserrechtsgesetzes das vorgestreckte Ziel erreichen läßt. Ferner wird die Landesregierung die Gründung der Genossenschaft beschleunigen und für die weitere Tätigkeit ihre Kräfte zur Verfügung stellen. Weiters wird die Landesregierung moralisch fördernd eingreifen, indem sie für eine Reihe von Wasserbauten die unbedingte Notwendigkeit eines Neu- oder Umbaues nach neuzeitlichen Grundsätzen feststellt und für die notwendigen Mehrbeträge, gleich den Zwangsgenossenschaften, eine Versicherung eingeht und auch andere Landes- und Bundesabteilungen, wie Straßenbauabteilung und Telegraphenverwaltung veranlaßt, ihre Anlagen gegen Hochwasserschäden zu versichern. Eine Förderung, die aber für das Land zu einer weitgehenden Entlastung werden kann, bestünde darin, daß der Landtag die Landes-Versicherungsanstalt ermächtigt, die Versicherung gegen Hochwasserschäden in ihren Wirkungskreis aufzunehmen. Als geradezu selbstverständliche Voraussetzung ist zu betrachten, daß seitens des Bundes die politischen Behörden angewiesen werden, alle einschlägigen Schritte mit Wohlwollen und Entgegenkommen zu behandeln, sie zu fördern und Erschwernisse aus dem Weg zu räumen.

Mein im Vorigen erläuterter und begründeter Vorschlag, eine Zwangsgenossenschaft zum Schutz gegen Hochwasserschäden zu errichten, kann zunächst in einem kleineren Gebiete mit einheitlichem Gewässer angewendet werden, weil viele Umstände dafür sprechen, daß ein einschlägiges Bemühen beim Bund heute noch keine entgegenkommende Aufnahme finden wird. Wenn auch die Durchführbarkeit in einem großen Gebiet viele Vorteile bieten und Nutzen bringen würde, wird es doch zweckmäßig sein, daß diese Neuerung zunächst auf einem kleineren, aber von Hochwässern stark heimgesuchten Gebiet eingeführt und erprobt wird. Beispielsweise würde sich das Bundesland Kärnten wegen seiner Geschlossenheit durch seine Gebirge und die Zugehörigkeit der Gewässer zu einem Flußgebiet gut eignen, weil hier auch keine Streitigkeiten mit den Nachbarländern und dem angrenzenden Ausland zu erwarten sind. Wenn diese Angelegenheit in Kärnten zur Zufriedenheit gelöst sein und bei der Häufigkeit der Hochwässer sich auch in verhältnismäßig kurzer Zeit bewährt haben wird, besteht für mich kein Zweifel, daß diese Versicherung schließlich von den anderen Bundesländern und vom Bund selbst eingeführt werden wird. Als letztes Ziel schwebt mir vor, daß diese Hochwasser-Versicherung zu einer großzügigen Einrichtung für ganz Mitteleuropa ausgestattet werden wird, denn je umfangreicher das Schutzgebiet ist und je verschiedenartiger die meteorologischen Verhältnisse und ihre Auswirkungen sind, desto günstiger wird sich die versicherungstechnische Seite der Sache stellen. Eines ist aber sicher: Wir müssen den begeisterten Willen zum Kampf gegen die stets sich erneuernden, auf Zerstörung lauernden Naturkräfte aufbringen und die Förderung der Wirtschaft auch darin finden, daß wir gegen ihre Schäden eine wirksame, vorbildliche Abwehr schaffen.

Von der Mietinstallation zur Rateninstallation.

Von Dr. techn. Adolf **Velisek**, Wien.

(Aus der Propagandatätigkeit der Wiener städtischen Elektrizitätswerke.)

Zeiten schwieriger finanzieller Verhältnisse haben seit jeher einen gewaltigen Einfluß auf technischen Fortschritt und technische Entwicklung geübt und haben ebenso hemmend als auch fördernd gewirkt. Hemmend, denn mangels flüssigen Kapitals mußten Forschungsarbeiten eingestellt werden, mußte so mancher Betrieb und manche Werkstätte ihren Betrieb reduzieren und wieder fördernd, indem sich auf der Suche nach Mitteln und Wegen zur Bekämpfung der ungünstigen Verhältnisse neue und oft ganz ungeahnte Ziele erschlossen.

Ähnliches haben auch die städtischen Elektrizitätswerke mit der in der unmittelbaren Nachkriegszeit geschaffenen Einrichtung der sogenannten „Mietinstallationen" zu verzeichnen, durch welche weit über 20 000 Kleinwohnungen elektrisches Licht erhielten. In einer Zeit ins Leben gerufen, wo schwere wirtschaftliche Not, wo Geld- und Arbeitsmangel herrschte, sollten sie einerseits die Arbeitslosigkeit mildern, das darniederliegende Elektrotechnikergewerbe heben und damit auch auf die Industrie belebend und arbeitgebend wirken, andererseits aber sollten sie der gesamten Wiener Bevölkerung, insbesondere den Minderbemittelten den Segen der Elektrizität, zum Mindesten aber das elektrische Licht zuteil werden lassen. Rein kaufmännische Ziele, wie Hebung des Stromumsatzes, Verbesserung des Belastungsdiagrammes usw. standen nur an letzter Stelle. Als reine Wohlfahrtseinrichtung gedacht und in diesem Geiste auch durchgeführt, ist es selbst dem klugen Kaufmanne verständlich, daß die Städt. Elektrizitätswerke bei jeder einzelnen Installation die Hälfte aller Gestehungskosten auf sich nahmen, während die andere Hälfte dadurch amortisiert wurde, daß die Besteller nebst den für die Stromabgabe bestehenden normalen Tarifpreisen eine zehn Jahre währende, je nach den installierten Auslässen abgestufte monatliche Mietgebühr zu entrichten hatten, nach welcher Zeit dann die gesamte Wohnungsinstallation in das Eigentum des Hausbesitzers überging. Die Mietinstallation für Lichtzwecke umfaßte damals die Zuleitung von der Steigleitung bis in die Wohnung, ferner die Einleitung der Elektrizität in die einzelnen Räume, wobei pro Raum nur ein Auslaß, höchstens jedoch nur vier Auslässe pro Wohnung als Mietinstallation hergestellt wurden; außerdem war in der Installation noch die Anbringung der erforderlichen Sicherungen und Schalter inbegriffen. Waren noch weitere Auslässe, sonstige Installationseinrichtungen oder die Beistellung von Beleuchtungskörpern erwünscht, so konnten diese von den Städt. Elektrizitätswerken gegen sechs monatlich zu zahlende Teilbeträge bezogen werden. Installationen für Kraft-

Digitized by Google

zwecke, insbesondere für kleingewerbliche Betriebe, die eine gewisse Arbeiterzahl nicht überschritten, waren wohl nach dem gleichen Prinzipe möglich, wurden aber nach der damaligen wirtschaftlichen Lage fast nie in Anspruch genommen. Die Herstellung von etwa erforderlichen Steigleitungen erfolgte bis Ende 1919 vollständig kostenlos, wurde in den Jahren 1920 bis 1922 jedoch eingestellt und erst wieder im Jahre 1923 in einer anderen, den Zeitverhältnissen entsprechend angepaßten Form wieder aufgenommen, wobei von den aufgelaufenen Kosten 30 vH durch die Städt. Elektrizitätswerke und die restlichen 70 vH von den Parteien in acht Monatsraten getilgt werden konnten.

Obwohl diese hier geschilderten Einrichtungen im Vergleiche zu dem heute weitgehend entwickelten, vielseitigen, jedem gewünschten Ausmaß entsprechenden modernen Rateninstallationswesen, wie es die Wiener Städt. Elektrizitätswerke nunmehr zielbewußt führen, nur als ein vorübergehendes Anfangsstadium zu bezeich-

Abb. 1. Elektro-Kochautomat einer einfachen, neuzeitlichen Küche.

nen sind, haben sie sich damals doch bestens bewährt, haben Not gelindert, Arbeit verschafft und waren so recht und ganz eine Wohlfahrtsaktion, deren sich Tausende von Wienern hilfesuchend bedienten. Wie sehr sich alles bewährte, wie vielseitig die Mietinstallationen Abhilfe verschafften und wie sehr sich die Bevölkerung dieser Einrichtung bediente, zeigen am besten einige Zahlen, wie sie in der folgenden Tabelle angeführt sind:

Jahr	Als Mietinstallation angeschlossene Anlagen	Gesamter Anschlußwert in kW
1919 (August bis Dezember)	3804	380
1920	2519	252
1921	4680	468
1922	2598	260
1923	9423	942
1924 (Jänner bis April)	3604	360

Mit der Gesundung unserer wirtschaftlichen Verhältnisse hat nun diese Einrichtung im Hinblick auf das lebhafte Interesse, das ihr allerorts entgegengebracht wurde, eine weitgehende Erweiterung erfahren. Im guten Glauben, auf dem rechten Wege zu einer für jedermann nutzbringenden und Erleichterung schaffenden, dauernden Institution zu sein, entschloß sich daher die Direktion der Städt. Elektrizitätswerke im Jahre 1925 eine eigene Rateninstallationsabteilung zu schaffen, welche die laufenden Agenden zu besorgen hat. Entsprechend erweitert und ausgebaut sind die Wohnungsinstallationen seither nicht mehr auf vier Auslässe pro Wohnung, nicht mehr auf Betriebe mit höchstens sechs Arbeitern begrenzt, es können nicht bloß die einfachsten Penden, Deckenlampen und Wandfassungen auf Raten bezogen werden; heute hat sich das Rateninstallationswesen der Städt. Elektrizitätswerke bereits so weit entwickelt, daß für Wohnungen jede beliebige Lichtanlage gegen 10 bis 20 bequeme Teilzahlungen erhältlich ist, daß ferner — ebenfalls auf Teilzahlungen — jeder Konsument der Städt. Elektrizitätswerke vom billigsten Beleuchtungskörper, vom einfachsten elektrischen Haushaltgerät bis zum dekorativen Hängeluster, bis zum modernen Elektro-Kochautomaten, Elektro-Heißwasserspeicher und zum elektrischen Speicherofen für Raumbeheizung jedes auf dem Elektromarkte befindliche und

Abb. 2. Reklamebildchen über den Kochautomaten für Inseratenzwecke.

für gut befundene Haushaltgerät durch die vor eineinhalb Jahren geschaffene „Stewe"-Ausstellung der Städt. Elektrizitätswerke beziehen kann.

Einst nur als Wohlfahrtsaktion im kleinen Rahmen gedacht und geführt, hat sich aus dem einfachen Mietinstallationswesen das weit großzügiger angelegte und gehandhabte Rateninstallationswesen von selbst herausgebildet, dessen Mittelpunkt seit langem schon die jedem Wiener wohlbekannte „Stewe" bildet. Man hat klar erkannt, daß unsere Hausfrauen mit den heute so modernen Elektro-Haushaltgeräten schon vor deren Anschaffung gründlich vertraut gemacht werden müssen; man ist sich bewußt, daß dem breiten Publikum anschaulich gezeigt werden muß, wie uns die Elektrizität heute einen Großteil aller häuslichen Arbeiten abnehmen kann und wie sie alle Arbeiten unbedingt verläßlich, ruhig und sicher durchführt. Mit diesen Leitgedanken hat die Propagandaabteilung der Städt. Elektrizitätswerke im Juni 1926 die „Stewe", die ständige Ausstellung der Städt. Elektrizitätswerke geschaffen, die im Vereine mit einem eigenen Vortragssaal in Bild und Wort in systematisch geordneter Weise alle auf dem Elektromarkte neu geschaffenen Haushaltgeräte und Apparate vor Augen führt. Zu ihr soll das Beratung suchende einfache Hausmütterchen kommen, bei ihr soll sich aber auch die moderne, jeder Neuheit gewogene Hausfrau einfinden und prüfen, ob ihr nicht doch das eine oder andere noch mangelt. Wer die „Stewe" noch nicht kennt, dem zeigen Wegweiser auf Lichtmasten vom Schottentor bis zum Direktionsgebäude der Städt.

Digitized by Google

Elektrizitätswerke den Weg. Das allseits bekannte „Stewe"-Straßenschild[1]) daselbst ladet im lebhaften Dreifarbenspiel zum Besuche dieser Ausstellung ein. Es werden hier der Reihe nach Sonderausstellungen veranstaltet, deren erste zusammen mit dem Lustersaal die Verwendung der Elektrizität im engeren Haushalt vor Augen führen soll. Sie zeigt der Hausfrau alle in einem neuzeitlich eingerichteten Haushalt zur Verwendung gelangenden Apparate, Geräte und sonstige Einrichtungen, wie Staubsauger aller Art und Größe, Bügeleisen, Küchenmaschinen, Waschmaschinen, Nähmaschinen mit elektrischem Antrieb, Ventilatoren, elektrische Luftreiniger, Zirkulationsöfen, Elektro-Heißwasserspeicher, Speicheröfen für Raumbeheizung und vieles mehr. Besonderes Interesse erweckt der Elektro-Kochautomat (Abb. 1, 3), der als Vorstufe zu einem vollelektrischen Herd betrachtet werden kann. Über Anregung und unter dauernder Mitarbeit der städt. Elektrizitätswerke be-

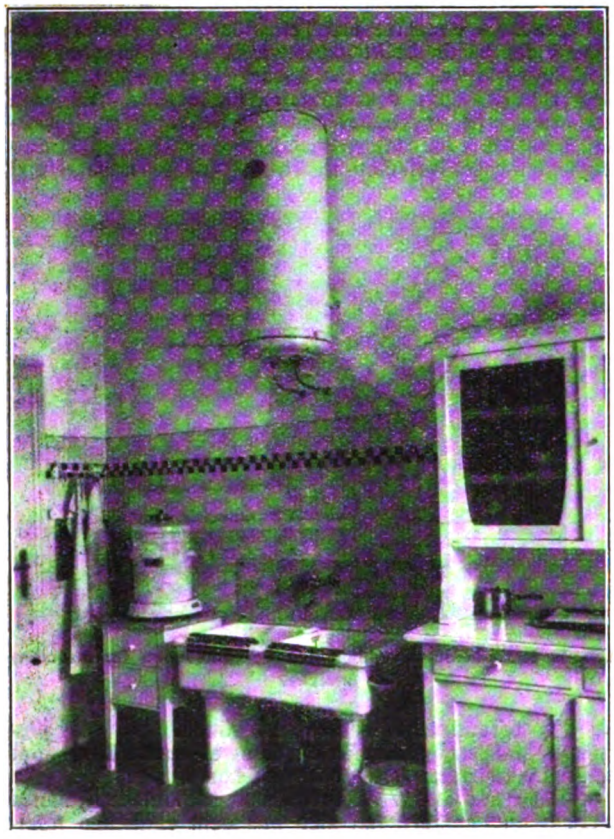


Abb. 3. Wandboiler mit 50 l Inhalt und Elektro-Kochautomat in einer Küche.

schäftigen sich derzeit namhafte Firmen mit der Frage des vollelektrischen Kochens und es ist zu hoffen, daß in absehbarer Zeit ein ganz neuer, allen modernen Verhältnissen angepaßter elektrischer Herd auf den Markt gebracht werden kann.

Im Zuge der fortschreitenden Popularisierung der Elektrizität wird es schon jetzt notwendig, neue Zweige des Wirtschaftslebens der weiteren Elektrifizierung zuzuführen. Die Städt. Elektrizitätswerke sind daher gerade daran, eine zweite Sonderausstellung in ihrem Direktionsgebäude zu schaffen, welche die Verwendung der Elektrizität in der Schlosserei, Spenglerei und Eisenkonstruktionswerkstätte veranschaulichen soll. Elektrische Bohrmaschinen, Schleifmaschinen, Poliermaschinen, elektrische Ventilatoren und Gebläse, elektrische Lichtbogenschweißmaschinen, Punktschweiß- und Stumpfschweißmaschinen, aber auch die elektrische Widerstandsschweißung, ferner das elektrische Weich- und Hartlöten und noch vieles mehr sollen im Betriebe vorgeführt werden. Auf diese Weise ist zu hoffen, daß ein Großteil des Kleingewerbestandes mit den modernen Hilfsmitteln der Elektrotechnik, speziell auch mit der Schweißtechnik vertraut gemacht werden wird und einsehen lernt, daß viele Betriebe nur mehr durch elektrischen Betrieb

Abb. 4. Reklamebild über Rateninstallationen als Plakat in der Wiener Straßenbahn.

rationell geführt werden können. Auch ein großer Teil der zuletzt genannten Elektrogeräte wird in kurzer Zeit gegen bequeme monatliche Teilzahlungen erhältlich sein.

Der Zweck der Rateninstallationsabteilung und der ebenfalls neu geschaffenen Abteilung für technische Propaganda ist, wie aus dem Gesagten hervorgeht, nach wie vor der, im Vereine mit der „Stewe" und ihren

Abb. 5. Wandboiler mit 100 l Inhalt in einer Darmwäscherei.

Sonderausstellungen allen Bevölkerungsschichten die Verwendung der für jeden neuzeitlichen, hygienisch und rationell geführten Haushalt und für jeden gewerblichen

[1]) Vgl. C. Deck, E. u. M., Band 45, Beilage „Die Lichttechnik" 1927, Heft 6.

Digitized by Google

Betrieb heute unentbehrlich gewordenen, segensreichen Kraft der Elektrizität zu ermöglichen, um sich mit ihrer Hilfe der modernsten Apparate und Einrichtungen bedienen zu können. Andererseits konnte aber auf diese Weise mit Hilfe besonderer Stromtarife auch einem wirtschaftlichen Faktor Rechnung getragen werden, das ist dem Ausgleich der Spitzenlast der Kraftwerke. Jedes Kraftwerk hat ja darunter zu leiden, daß zu gewissen Zeiten ganz erhebliche Maximallasten auftreten, für welche die installierte Maschinenleistung zu bemessen ist und welche dann zu Zeiten geringerer Last teilweise unausgenützt sein muß. Gelingt es nun, den Unterschied zwischen Spitzenlast — sie war im vergangenen Winter an Nachmittagen bis zu 135 000 kW! — und zwischen Minimallast zu verringern, so ist damit ein wesentlicher Fortschritt im Haushalte eines Kraftwerkes erreicht und es ist begreiflich, daß sich in letzter Zeit weite Kreise von Fachleuten mit dieser Frage beschäftigten.

Auch in den Wiener städt. Elektrizitätswerken wurde die Bedeutung dieser Fragen längst erkannt und man hat einerseits dem Problem der Umwandlung des Nachtstromes in Wärme erhöhtes Augenmerk geschenkt, andererseits durch entsprechend rabattierte Tarife das Interesse der Konsumenten zu wecken gesucht. Durch Verwertung des seit der Inbetriebnahme der Wasserkraftwerke Opponitz, Gaming und Partenstein[2]) reichlich zur Verfügung stehenden Nachtstromes

Abb. 6. Reklamebildchen über den Elektro-Heißwasserspeicher für Inseratenzwecke.

kann dieser auch entsprechend billiger abgegeben werden, sodaß die Strompreise für Speicherzwecke nur 0·7 g/hWh, in Sonderfällen auch noch weit weniger betragen. Damit ist eine reelle Basis für die praktische Lösung des Speicherprinzipes gegeben, das bekanntlich darin besteht, die Energie des billigeren Nachtstromes in Wärme umzuwandeln, um dann am folgenden Tage nutzbringend verwertet zu werden. Mit Anwendung dieses Prinzipes ist es gelungen, der Allgemeinheit zwei Apparate zur Verfügung zu stellen, welche bereits in vielen großen und kleinen Haushalten zur vollsten Zufriedenheit ihren Dienst gut und billig versehen; es sind dies der Elektro-Heißwasserspeicher[3]) und der elektrische Speicherofen für Raumbeheizung.

Lebhafte Propaganda in Wort und Bild (Abb. 2, 4 und 6) für alle wirtschaftlich gut befundenen elektrischen Maschinen, Apparate und Geräte, Anschluß von Apparaten, welche nach dem Speicherprinzipe (Abb. 3, 5 und 7) arbeiten und entsprechende Tarifpolitik für Lichtstrom, Kraftstrom, Heizstrom und Speicherstrom sind also heute jene Faktoren, welche einerseits den Anschlußwert unserer Kraftwerke vergrößern können und andererseits einen entsprechenden Ausgleich zwischen Belastungspitze und Belastungstal (Abb. 8) herbeiführen sollen.

Die seit Mai 1924 in diesem Sinne tätige Propagandaabteilung hat im Vereine mit der Rateninstallationsabteilung bisnun die besten Erfolge erzielt. Sie wirkte belebend auf den Arbeitsmarkt, denn es wird nicht nur die Elektro-Industrie mit Arbeit versorgt, sondern es ist durch diese Einrichtung auch zirka 150 Installateuren Arbeit und Verdienstmöglichkeit geboten. Da die Städt. Elektrizitätswerke selbst keine Installationstätigkeit im engeren Sinne ausüben, kann jeder konzessionierte Elektrotechniker des Wiener Gemeindegebietes, der sich verpflichtet, die Akquisition von Rateninstallationen ausschließlich für die Städt. Elektrizitätswerke zu betreiben, die von ihm akquirierte Anlage zur Ausführung übertragen erhalten. Zeugnis für das seit der Einführung der „Rateninstallationen" immer steigende Interesse für diese Institution geben wieder Zahlen am besten, wie sie die folgende Tabelle enthält:

Jahr	Als „Raten· installation" angeschlossene Anlagen	Hiebei ausgeführte Steigleitungen	Gesamter Anschlußwert in kW
1924 (Mai b. Dez.)	3191	266	.479
1925	4989	335	749
1926	6632	390	994
1927 (Jänner bis 20. August)	5848	318	877

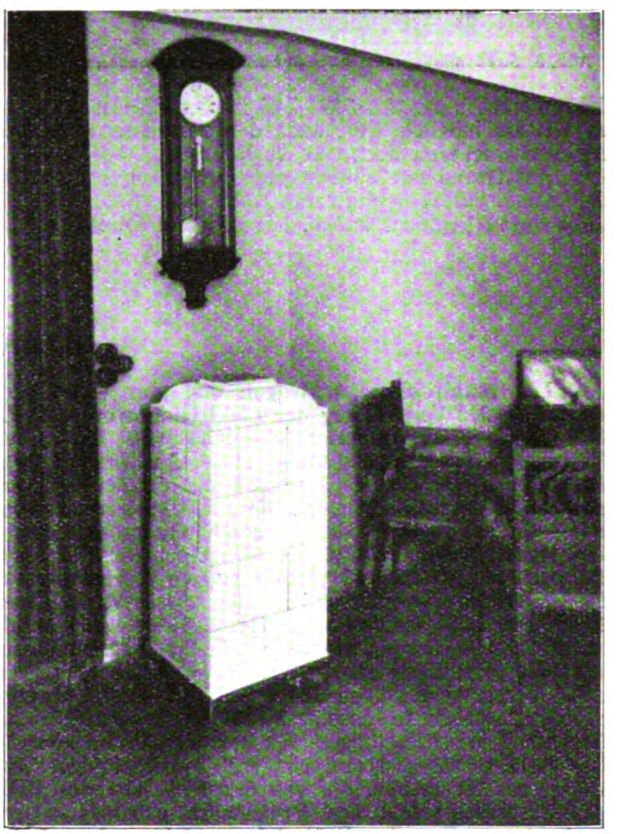


Abb. 7. Speicherofen für Raumbeheizung in einem Büroraum.

Entsprechend der erheblichen Anzahl der hier angeführten Wohnungsinstallationen, von denen 60 vH Neuinstallationen waren, ist auch die Nachfrage nach Beleuchtungskörpern, Glühlampen und elektrischen Verbrauchsapparaten stets sehr lebhaft und wenn man noch bedenkt, daß in verhältnismäßig kurzer Zeit Elektro-Heißwasserspeicher mit einem Gesamtwasserinhalt von 105 475 l und einem Anschlußwerte von 995 kW und weiters nahezu 300 Elektro-Kochautomaten mit einem Anschlußwerte von 225 kW installiert wurden — was nicht zuletzt auf die sehr beliebten Kochvorträge im

[2]) Vgl. J. Schlögl, E. u. M. 1925, S. 61 und 501 ff.
[3]) Vgl. C. Deck, E. u. M. 1926, Beilage „Das Elektrizitätswerk", Heft 39.

Digitized by Google

Vortragssaal der städt. Elektrizitätswerke zurückzuführen ist — so kann man als erfreuliche Tatsache feststellen, daß es auf Grund eines technisch und kaufmännisch richtig geführten Rateninstallationswesens möglich war, den Anschlußwert der städt. Elektrizitätswerke außer der normalen Anmeldungen innerhalb drei

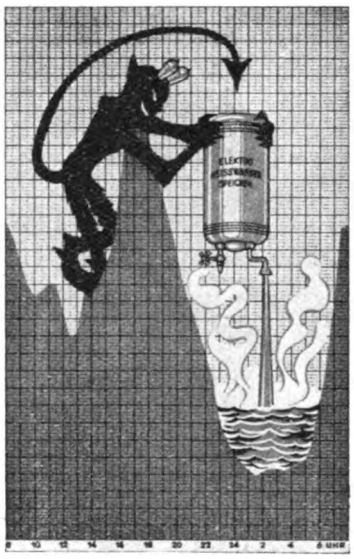


Abb. 8. Straßenbahnplakat über den Elektro-Heißwasserspeicher.

Jahren noch um zirka 3000 kW zu vergrößern und daß es weiters möglich war, auch den Stromabsatz in betriebsschwächeren Zeiten zu verbessern.

Auf Grund der äußerst guten Erfahrungen, welche die Städt. Elektrizitätswerke mit dem Rateninstallationswesen gemacht haben, hat sich die Direktion vor kurzer Zeit entschlossen, auch das seit längerer Zeit bestehende Leihmotorengeschäft in abgeänderter Form neu aufleben zu lassen. Es ist nunmehr jedermann möglich, einen ihm entsprechenden Elektromotor leihweise zu beziehen, wofür außer dem normalen Stromtarife eine entsprechende, derartig bemessene Leihgebühr zu entrichten ist, daß am Ende des zehnten Mietjahres der Leihmotor Eigentum der Partei wird. Auch durch diese Einrichtung soll es speziell den Kleingewerbetreibenden ermöglicht werden, sich der Elektrizität so weit als möglich in nutzbringender und wirtschaftlicher Weise bedienen zu können.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß sich die Einrichtung der sogenannten „Mietinstallationen" in den Jahren 1919 bis 1924 als äußerst befruchtend auf die Gewerbe- und Industriearbeiten erwiesen hat, indem mit dem nicht unerheblichen Kostenaufwand von S 1 500 000 nicht weniger als 26 628 Mietinstallationsanlagen und 1142 Steigleitungen mit einem Gesamtanschlußwert von zirka 2700 kW errichtet wurden. Dieses erfreuliche Ergebnis ermunterte den Unternehmungsgeist derart, daß sich die Direktion der städt. Elektrizitätwerke bei fortschreitender Gesundung der wirtschaftlichen Verhältnisse im Jahre 1924 entschließen konnte, das ursprünglich in bescheidenen Grenzen gehaltene Wesen der Mietinstallation gewaltig auszubauen, so daß es bereits in den darauffolgenden 3½ Jahren möglich war, insgesamt 20 660 Rateninstallations-Anlagen mit 1309 neuen Steigleitungen zu errichten. Mit Einbeziehung der in letzter Zeit installierten Elektro-Speicheranlagen und Elektro-Kochautomaten ergibt sich daher das erfreuliche Resultat, daß außerhalb der normalen Erweiterung bloß durch die wechselseitige Arbeit der Propaganda- und Rateninstallationsabteilung der Anschlußwert der Wiener Kraftwerke um etwa 3000 kW bei gleichzeitiger Verbesserung des Belastungsdiagrammes gestiegen ist.

Rundschau.

Elektrizitätswirtschaftsfragen auf der Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., 1927. Zum Tätigkeitsbericht des Geschäftsführers Dr. Passavant[1]) ist ergänzend noch anzuführen[2]). Die Ausnutzung der Werke ist gegen die Friedenszeit um etwa 9 vH zurückgegangen. Die Elektrizitätserzeugung erfolgt immer mehr in den größeren und größten Werken, 24 der größten Werke mit mehr als je 100 Mill. kWh Jahresleistung decken 63 vH der ganzen Erzeugung, auf die 72 Werke zwischen 20 bis 100 Mill. kWh kommen 29 vH und der Rest von nur 8 vH wird den Werken mit einer Jahresleistung unter 20 Mill. kWh entnommen. Was die Konsumsteigerung betrifft, so kann nur diese eine Besserung der Lage der Elektrizitätswerke hervorrufen, da durch technische Verbesserungen nur mehr Bruchteile von Pfenningen/kWh erspart werden können. Der Bericht weist darauf hin, daß Apparate oder Systeme von Apparaten, die von der Prüfstelle des VDE geprüft wurden und das Prüfzeichen erhalten hatten, nach einiger Zeit des Prüfzeichens nicht mehr würdig waren, daß also die Fabrikation nicht konstant geblieben ist. Der VDE arbeitet daher dahin, aus dem Betrieb oder Handel Material zu entnehmen, um es nachzuprüfen und die Vereinigung hat ihre lebhafteste Unterstützung zugesagt dahin, daß die Mitglieder Material, dem sie nicht ganz trauen, sammeln und an die Geschäftsstelle zur Weiterübermittlung an die Prüfstelle des Verbandes einsenden.

Dr. Mueller, Berlin, berichtet über die Werbetätigkeit, die damit beginnen muß, daß man Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit, im Publikum erregt; dann haben eingehende Aufklärung und Belehrung zu erfolgen, die schließlich zur Wunscherweckung führen. Der Erfolg der Werbungen bleibt bei der Elektrizitätsindustrie oft aus, sie ist hauptsächlich Aufgabe der Elektrizitätswerke; Detaillisten und Installateure können zu erfolgreicher Mitarbeit herangezogen werden. Man hat es sich weiters angelegen sein lassen, durch eigene Ermittlungen und Versuche festzustellen, inwieweit eine Wirtschaftlichkeit der Elektrizität im Wettbewerb mit anderen Energieformen vorhanden ist. Es wurde zum Beispiel eine Broschüre über „Elektrizität im Bäckergewerbe" und gleichzeitig ein Film herausgebracht.

Dr. Ekström, Stockholm, sprach über die Verwendung der Elektrizität im Haushalt unter besonderer Berücksichtigung des Sevesherdes und eines hiefür geeigneten Tarifes. Der gewöhnliche elektrische Herd ist vom Standpunkt des Elektrizitätswerkes wegen seiner hohen und kurzen Spitze sehr unangenehm. Das Elektrizitätswerk Stockholm hat einen wäremespeichernden Kochherd gefunden, der bei Tag und Nacht einen gleichmäßigen Stromverbrauch aufweist. Der „Seveskochherd" besteht aus einem außerordentlich sorgfältig wärmespeichernden und wärmeisolierten Eisenkern, dem Wärme von zwei getrennten, elektrisch beheizten Widerstandsspulen zugeführt wird. Eine dieser Widerstandsspulen hält den Eisenblock dauernd auf 500° C und hat einen Anschlußwert von etwa 2500 W. Ferner ist ein Heizofen vorhanden, der auf einer praktisch gleichmäßigen Temperatur von 90° C gehalten wird, indem Wärme vom unterem Teil des Eisenkernes mittels einer besonderen, ebenfalls automatisch wirkenden Wärmezufuhrvorrichtung übergeleitet wird. Mit einem Heißwasserbereiter kann man den Ofen derart kuppeln, daß man diesen automatisch

[1]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1927, Heft 8, S. 72.
[2]) Nach „Elektrizitätswirtschaft" Nr. 435.

Digitized by Google

nur dann einschaltet, wenn die zweitangeführte Spule des Ofens abgeschaltet ist. Die Wärmekapazität des Sevesofens ist so groß, daß man ihn zeitweise abschalten und dafür einen Brat- und Backofen einschalten kann. Die Qualität der Speisen wird durch das Ankochen bei 500° C und Weiterkochen bei nur 90° C besser, die Hausfrau gewinnt dadurch, daß sie im Heizofen die Speisen nicht mehr beobachten muß, sehr viel Zeit. Damit nun Elektrizität auch in der Küche verwendet werden kann, muß der Strompreis hiefür entsprechend niedrig sein und ein geeigneter Stromtarif verwendet werden. Der Jahres-kW-Preis, wie er in Norwegen verwendet wird, führt zur Verschwendung. Reiner kWh-Preis ist für Kochzwecke nur dann geeignet, wenn man mehrere Tarifstufen im Tag annimmt. Der Vielfachtarifzähler ist jedoch nicht ganz zuverlässig und erfordert eine erhebliche Arbeit wegen der monatlich notwendigen Uhrenumstellung. In Stockholm wurde ein Tarif entwickelt, der aus einer festen Grundgebühr je Zimmer (oder Hektar gepflügten Landes), einer festen Preiskomponente für die abonnierte Grundbelastung und einer variablen Preiskomponente für die Zusatzenergie besteht. Ein derartiger Tarif ist aber nur dann von Interesse, wenn eine Möglichkeit vorliegt, eine gewisse Grundbelastung Tag und Nacht auszunutzen und solche technische Vorkehrungen getroffen werden können, daß das Ein- und Ausschalten gewisser, für diesen Zweck vorliegender Apparate, automatisch geschieht, ohne von dem Gedächtnis des Verbrauchers abhängig zu sein. L. M. Ericsson in Stockholm hat derartige Zähler konstruiert, von denen derzeit schon 1000 in praktischer Verwendung stehen. Mit dem Zähler ist ein automatischer Schalter verbunden, durch welchen die Grundbelastung automatisch und restlos nutzbar gemacht werden kann, wenn sie zum Beispiel für Beleuchtung oder für andere Apparate nicht beansprucht werden kann. Für die Grundbelastung ist der Warmwasserspeicher und der Speicherherd sehr geeignet. Wird die Grundbelastung anderweitig verwendet, so sind eben diese Apparate ganz oder zeitweise abgeschaltet. Dadurch wird es erreicht, daß nur wenig von der teueren Zusatzenergie verbraucht wird. Ci.

Über Erzeugung und Verbrauch von elektrischen Strom im Deutschen Reiche von Dezember 1926 bis Mai 1927 hat das Statistische Reichsamt Zählungen angestellt.[1]) Darnach erzeugten die 122 erfaßten Werke im Dezember 1926 1096 Mill. kWh und in den ersten fünf Monaten dieses Jahres 1048, 944, 1023, 922 und 949·5 Mill. kWh, das sind im Durchschnitt 20 vH mehr als im gleichen Zeitraum des Vorjahres. Bezogen auf die Zahl der Arbeitstage in den einzelnen Monaten schwankt die tägliche Erzeugung zwischen 42 und 38 Mill. kWh und nimmt der Jahreszeit entsprechend ab. Der gewerbliche Stromverbrauch im April 1927 mit 370 Mill. kWh (für 103 erfaßte Werke mit rund 3·6 Mill. kW Anschlußwert) ist, bezogen auf die Zahl der Arbeitstage, gegen den Vormonat beträchtlich gestiegen, und zwar auf 15·4 Mill. kWh täglich gegen 14·4 Mill. im März, bezw. 4·2 kWh für 1 kW Anschlußwert gegen 4 kW im März, bezw. 3·4 kWh im April 1926. J.

Überschußenergie und Elektrowärme. Dr. Ing. O. Schwarzweber, München, untersucht die Verwendung von Elektrowärme für deutsche Verhältnisse mit besonderer Berücksichtigung der Elektrokesselanlagen unter Zugrundelegung einer jährlichen Gesamterzeugung aller Elektr. Werke (einschließlich Wasserkraft) von 37·66 Milliarden kWh und bei der Annahme, daß bei den Wärmekraftwerken 20 vH und bei den Wasserkraftwerken 30 vH Überschußenergien zur Verfügung stehen. Damit ergibt sich eine jährliche Überschußenergie von 8·12 Milliarden kWh. Unter der weiteren Annahme, daß davon nur 20 vH für Elektrokessel im Großen Verwendung finden, errechnet sich ein jährlicher Verbrauch von 1·624 kWh; Daß diese Zahlen nicht zu hoch gegriffen sein können, erhellt schon daraus, daß auf der Weltwirtschaftskonferenz in Basel 1926, die Überschußenergie der Schweiz mit 1 Milliarde kWh angegeben wurde. Die Wasserführung der Flüsse zeigt große Unregelmäßigkeiten. Am stärksten sind sie bei Alpenflüssen, die nicht durch einen See geregelt werden (Iller, Isar, Inn); bei Einschaltung eines Sees (Rhein, Amper) sind sie geringer, während die Donau, die günstigste Wasserführung hat. Nachstehende Tabelle gibt die Stromausnützung einiger Wasserkraftwerke durch Elektrokessel.

Werk	Gesamtlieferung Mill kWh	Abgabe für Normalverbr. Mill. kWh	Abgabe für Elektrowärme Mill kWh	Ausnützung des Werkes v H	Aufnahme der Elektrokessel v H
Allgäuer Überlandwerk	42	24·8	17·2	100	23·1
Städt. Elektr. Werk Kaufbäuern	3·3	1·3	2	100	60
Überlandwerk Fürstenfeldbruck .	3·71	3·017	0·6	97	16·2

Besonders bemerkenswert ist, daß durch die Aufstellung eines Elektrokessels in der Papierfabrik Hegge im Netz der Allgäuer Überlandwerke, erreicht wurde, daß die Leistung aller 30 angeschlossenen Wasserturbinen immer restlos ausgenützt werden kann. Bei Steigerung der Periodenzahl erhöht der Elektrokessel seine Ennergieaufnahme, beim Sinken der Periodenzahl unter eine gewiße Grenze (49 Per/s), geht er mit der Leistung zurück. Bei der Anlage in Fürstenfeldbruck liegen die Elektroden des Kessels unmittelbar an 10 000 V. Die Leistung ist regelbar zwischen 10 und 125 vH der Nennleistung. Die Stadt München hat in ihrem Netz 10 Kessel mit einer Gesamtleistung von fast 20 000 kW aufgestellt und kann dadurch nicht nur die Überschußenergie der eigenen Wasserkraftwerke sondern auch die fremder Werke verwerten.[1])

Der technische Aufbau eines neuzeitlichen Hochdruckkraftwerkes mit seinem großen Kapitalaufwand verlangt eine dauernd hohe Belastung, wenn es wirtschaftlich arbeiten soll. Nach Klingenberg ermäßigen sich die Kraftkosten bei einem Ausnützungsfaktor zwischen 10 und 30 vH für jedes vH besserer Ausnützung um mehr als 3 vH. Der Kernpunkt beim Ausgleich im Stromabsatz ist,daß man Verbraucher hat, deren Belieferung in der Hand des Elektrizitätswerkes liegt. Diese Möglichkeit ist vorhanden, wenn man Elektrowärme zur Beheizung von Schulen, öffentlichen Gebäuden, Bädern usw, benützt und damit mit Wärmespeichern arbeitet. Eine größere Speicheranlage wurde von Maffei, München als Versuchsanlage zur Beheizung eines Gebäudes in Chemnitz geliefert. Auch für Gaskraftmaschinen gilt das Gleiche wie für Dampfmaschinen nämlich, daß der spez. Wärmeverbrauch für die einzelnen Belastungen verschieden ist. Hier ist noch ein großes Feld für Elektrokesel. In Südbayern wurden 1926 41 Mill. kWh Überschußenergie in Elektrowärme verwandelt und dadurch rund 8 200 t Kohle erspart. Stip.
(Arch. f. Wärmewirtschaft u. Dampfkesselwesen, Heft 6, 1927).

Die Kosten für „Nicht-Spitzenverbrauch". Von H. W. Hills[2]). Viele Werke scheuen sich, für Nichtspitzenverbraucher ermäßigte Sätze zu gewähren aus Furcht, daß diese eines Tages bei ermäßigtem Preis Spitzenverbraucher werden, worüber dann neue Verhandlungen geführt werden müssen. Eine Klärung über den Begriff des Spitzenverbrauchers und über die Aufteilung der festen Kosten erscheint somit notwendig. Hiezu werden nun einige kennzeichnende Fälle betrachtet.

Es überdecken sich zum Beispiel Kraft- und Lichtbelastung, aber nicht soweit, daß sie eine gemeinsame Spitze bilden, sondern jede für sich eine. Wenn nun die

[1]) Elgawe-Tagesfragen.

[1]) Siehe E. u. M. 1927, und Bodler,Z. d. bayr. Rev. Ver. Bd. 30, S. 243.

[2]) Vgl. „Das Elektrizitätswerk" 1927, Heft 6, S. 56. (Irrtümlich ist dort der Name des Autors „Wills" geschrieben.)

Digitized by Google

Kraftbelastung die kleinere ist, so wird diese von Manchem als „Nichtspitze" bewertet, wobei ihr meistens nur die veränderlichen Kosten angelastet werden. Es erscheint nun ungerecht, die Lichtverbraucher für die ganzen 24 Stunden für die Bereitstellung der Anlage, die auch die anderen benützen, zahlen zu lassen. Gerecht erscheinen die nach der Zeit und der Höhe der Beanspruchung aufgeteilten Kosten der festen Lasten.

Der zweite Fall ist der einer hohen Sommerbelastung (zum Beispiel für Bewässerung durch Pumpen) und einer, hievon zeitlich weit entfernten hohen Winterlichtbelastung. Sind beide gleich groß, so kann keine als Nichtspitze angesehen werden. Wird die Pumpenbelastung höher, so ist die Lichtbelastung deshalb noch keineswegs als „Nichtspitze" anzusehen, denn auch hier ist es ungerecht, den Lichtverbraucher zu entlasten, weil der andere zufällig eine höhere Belastung erreicht. Entscheidend ist, daß jede der beiden Belastungen zu der Zeit geliefert werden muß, als sie verlangt werden. Die Verpflichtung des Kraftwerkes gegenüber beiden ist gleich groß und unabhängig von jedem der Beiden. Eine Ersparnis bei dem einen kann, ohne ungerecht zu sein, nicht dem anderen zugute kommen. Die Verteilung der festen Kosten muß daher auf beide Verbraucher zu gleichen Teilen erfolgen.

Der dritte Fall ist der, daß der Lichtverbraucher „A" eine Spitze von 100 000 kW beansprucht, ein Verbraucher „B" 100 000 kW durch fünf Stunden, aber bezüglich der Zeit der Abgabe sich den Wünschen des Werkes fügt, das sie in die Zeit von 0 bis 5 Uhr verlegt, wo der Verbraucher A eine solche von 10 000 kW beansprucht und die sonstige ganze Anlage des Werkes unbenützt liegt. Hier ist nun tatsächlich eine Ermäßigung am Platze und zwar soweit, daß B für die 90 000 kW, die zur Erreichung der Spitze des A fehlen, von den festen Kosten jenen Anteil übernimmt, der $^5/_{24} \times 90\,000 = 18\,750$ kW entspricht und für die restlichen 10 000, durch die die Spitze von 110 000 kW entsteht, den vollen Anteil, der auf 10 000 kW entfällt, bezahlt, also insgesamt für 28 750 kW übernimmt. Läßt sich B die 10 000 kW auch zu einer beliebigen anderen Zeit zuweisen, so zahlt er nur $^5/_{24} \times 100\,000 = 20\,830$ kW feste Kosten. B ist also ein eigentlicher „Nichtspitzenverbraucher", da er sich die Leistung zu einer für das Kraftwerk günstigen Zeit zuweisen läßt.

Die Verbraucher können also in zwei Klassen eingeteilt werden: 1. in solche, deren Anspruch abhängt vom Wetter, wirtschaftlichen oder anderen Bedingungen, auf die das Werk keinen Einfluß hat und 2. in solche, deren Anspruch vom Werk je nach Bedarf befriedigt wird. Die Verpflichtung der ersten Gruppe ist für alle Verbraucher dieselbe, mögen sie die Spitze erreichen oder nicht, die der zweiten ist begrenzt durch die Betriebsbedingungen, innerhalb welcher besondere Ermäßigungen zu gewähren sind. V. H.

(El. World, Bd. 90, Heft 6, 1927.)

Statistik der elektrischen Wärmeapparate für den Haushalt in der Schweiz in den Jahren 1913 bis 1926. (Vom Sekretariat des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes.) Mangels einer geeigneten vollständigen Statistik der Haushaltungswärmeapparate für diesen Zeitraum wurden zur Ermittlung der Entwicklung die Verkaufsziffern der meisten bedeutenden Hersteller unter Berücksichtigung der möglichen und wahrscheinlichen Ungenauigkeiten herangezogen. Es ergibt sich, daß nach sehr bescheidenen Ziffern in den ersten Jahren nach 1913 ein außerordentlicher Aufschwung in den Jahren 1917 und 1918 erfolgte, der wesentlich durch den drückenden Kohlenmangel und wohl auch durch die Kriegsgewinne bedingt war. Es wurden i. J. 1918 an Haushaltapparaten 140 000 Stück mit 100 000 kW Anschlußwert verkauft. Dann folgte ein Niedergang, der i. J. 1921 mit nur fast der halben Verkaufsziffer seinen tiefsten Punkt erreichte, worauf nun ein, wenn auch langsamer, doch stetiger Aufschwung folgte, der aber die Höchstverkaufsziffern erst zu dreiviertel eingeholt hat. Die Kurve, die die Zahl der angeschlossenen Wärmegeräte wiedergibt, zeigt einen ähnlichen Verlauf: eine starke Steile zu Kriegsende von einer schwachen Neigung gefolgt, der sich bald ein gleichmäßiger stärkerer Aufschwung anschließt. Im Jahre 1919 waren 500 000 Geräte mit 350 000 kW angeschlossen, 1926 waren es über 1 Million mit 800 000 kW. Ähnlich verläuft die Kurve der angeschlossenen Kochherde und Kochstellen (Rechaud), deren man 1919 55 000 mit 70 000 kW (1·3 kW je Herd), 1926 schon 95 000 mit 170 000 kW (1·8 kW je Herd) zählte, was einem Anwachsen der Herdgröße um 40 vH gleichkommt. An Heißwasserspeichern gab es 1919 nur 7000 Stück mit 12 000 kW, 1926 hingegen das Fünfeinhalbfache, nämlich 39 000 mit 66 000 kW. Die Größe blieb somit fast dieselbe.

Die nachstehenden Zahlen aus der Statistik der Schweizerischen Elektrizitätswerke geben ein Bild über den gegenwärtigen Stand der Wärmeapparate. Die erste Zahl bedeutet die Anzahl im Ganzen, die nächste je 100 Einwohner, die in Klammern stehende zuerst den Anschlußwert, die nächste den Wert je Einzelstück in kW. Kochherde und Heizstellen 93 000, 2·5 (167 000, 1·8) kW, Schnellkocher, Tee- und Kaffeemaschinen 150 000, 4 (64 000, 0·4) kW, Brotröster 31 000, 0·8 (12 000, 0·4) kW, Bügeleisen 514 000, 13 (211 000, 0·4) kW, Strahler 57 000, 1·5 (36 000, 0·6) kW, Heizöfen 110 000, 2·8 (176 000, 1·6) kW, Warmwasserspeicher 39 000, 1 (66 000, 1·7) kW, Zuckerbäcker- und Backöfen 300, 0·01 (9000, 30) kW, Wärme- und Trockenschränke 6500, 0·2 (5200, 0·9) kW, Schweinefutterkessel 750, 0·02 (1600, 2·1) kW, verschiedene andere Geräte 38 000, 1 (56 000, 1·5) kW. Auffallend ist die große Zahl der Brotröster und der Strahler. Letztere ist wohl auf die angenehme Wirkung der strahlenden Wärme und der damit verbundenen ausgezeichneten Ausnützung der Energie zurückzuführen. Diese Zahlen können ein Bild über einen zu erwartenden Anschluß in noch nicht so wie die Schweiz entwickelten Ländern geben. Vorausgesetzt sind allerdings ähnlich günstige Preise und Tarifformen wie in der Schweiz; wird das nicht beachtet, so dürften Enttäuschungen schwer zu vermeiden sein. V. H.

(Schweizerische Wasserwirtschaft, Nr. 7, 1927.)

Elektrische Kochherde und Wasserhitzer in Amerika. Um die Bedeutung der elektrischen Küche und der Wassererhitzer zu erfassen, wurde unter den 32 bedeutendsten Stromlieferungs-Unternehmungen eine Umfrage veranstaltet, deren Ergebnis nun vorliegt. Diese 32 Geselschaften versorgen 2·4 Mill. Haushaltungen, von denen 110 000 = 4·7 vH elektrische Herde besitzen. Der Verbrauch eines solchen stellt sich jährlich durchschnittlich auf 1560 kWh bei 7·5 kW Anschlußwert und 3·42 cent/kWh Strompreis. Zwei der größten Gesellschaften verkaufen Strom und Gas gleichzeitig, was auf ein gutes Einvernehmen der beiden Energieformen schließen läßt. Mit der Vermehrung der Haushaltungen mit Herd läßt sich ein sehr starkes Ansteigen des Gesamtverbrauches je Haushaltung feststellen. Unternehmungen mit starker Anschlußbestrebung äußern sich am zuversichtlichsten über die weitere Entwicklung des elektrischen Kochens. Man rechnet damit, daß in den nächsten fünf bis zehn Jahren 27 vH aller Haushaltungen sich zu einem elektrischen Herd entschließen werden. Mit der steigenden Verwendung elektrischer Küchen fallen natürlich die Kosten der Stromversorgung je Herd, sie werden gegenwärtig mit 100 Dollar für das kW-Herd-Anschlußleistung angegeben. Mit steigender Zahl wächst auch ziemlich rasch der Verschiedenheitsfaktor oder mit anderen Worten, es fällt der Anspruch an das Werk je Herd bedeutend.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist das Vorhandensein von niedrigen Strompreisen und Tarifen, die zum Verbrauch anreizen. Eine den tatsächlichen Verhältnissen entnommene Kurve zeigt, wie innig niedriger Strompreis und Anschluß von Herden zusammenhängt, sie zeigt auch, daß hohe Preise geradezu abschreckend wirken. Durchschnittlich werden 3 bis 4 cent/kWh, vielfach darunter gefordert. An Beschränkungen wird nur manchmal verlangt, daß Herd und Wassererhitzer nicht

Digitized by Google

gleichzeitig in Betrieb sein dürfen. Ein sorgfältiges Durchdenken der Anschlußmöglichkeiten und -wahrscheinlichkeit muß jeder Werbung vorangehen, sonst sind Rückschläge unvermeidlich. Vorteilhaft werden in bekannten Häusern Herde eingerichtet, die dann auf die Umgebung beispielgebend einwirken. Die Werbung soll durch eigens hiefür ausgebildete Fachleute erfolgen. Eine Werbung soll im Frühjahr, eine andere im späten Herbst erfolgen, zu welchen Zeiten besondere Begünstigungen für den Ankauf gewährt werden sollen.

Hier sei auf den Aufsatz von Mrs. E. W. Smethers der Ohio Public Service Co. hingewiesen, die die Wichtigkeit von weiblichen Angestellten für diese Zwecke betont. Diese können sich nämlich vielmehr in das Denken einer Frau hineinfinden und haben auch mehr Verständnis für ihre Fragen. Sie sind in einer eigenen Haushaltungabteilung unter Führung eines Leiters für jeden Bezirk vereinigt, und müssen nicht nur die technischen Einzelheiten, sondern auch die Zubereitung der Speisen und überhaupt allgemeinen Haushalt verstehen. Im Verlaufe ihrer Ausbildung lernen sie Vorträge halten und Kurse leiten. Häufige gemeinsame Aussprachen dienen zum Austausch von Erfahrungen. Kostenlose Kochkurse dauern eine Woche und erfreuen sich lebhafter Beteiligung. Als sehr werbefähig haben sich die von der Unternehmung veranstalteten Teenachmittage mit elektrisch zubereiteten Speisen erwiesen, zu denen häufig die Klubs durch ihren Präsidenten einladen, und die als gesellschaftliche Veranstaltungen gelten. Hat ein Kunde ein Gerät erstanden, so erkundigt sich der Verkäufer nach einigen Tagen nach etwaigen Wünschen.

Der Bericht über die 32 Gesellschaften erwähnt sodann, daß bei der Einführung der Herde die Frage der Installation eine der schwierigsten ist, da einerseits der Käufer nicht zu stark durch die immerhin kostspielige Installation abgeschreckt werden soll, andererseits das Unternehmen nicht zuviel Kosten übernehmen kann. Meist werden die Kosten zwar ganz den Käufern angelastet, doch führen manche Gesellschaften die Arbeiten zu einem festen Satz unter teilweiser Tragung der Kosten aus; eine Unternehmung macht sie sogar kostenlos in Anhoffnung des Gewinnes aus dem zu verkaufenden Strom.

Die Einführung elektrischer Wassererhitzer wird durch den Ersatz der Kohlenherde durch elektrische notwendig. Die Wassererhitzer werden in Größen von 600 bis 6000 W ausgeführt, am beliebtesten sind solche mit 3 kW. Vielfach werden auch kleinere Ausführungen mit 750 bis 1000 W genommen, die Einrichtungen besitzen, um plötzliches Erhitzen bei 3 bis 5 kW zu ermöglichen. Wenn auch manchmal das gleichzeitige Benützen von Herd und Erhitzer nicht gestattet wird, so glaubt man doch im Allgemeinen, daß zu starke Lastschwankungen durch den Verschiedenheitsfaktor vieler Haushaltungen von selbst vermieden werden.

Die Erfahrungen der Unternehmungen lassen sich wie folgt zusammenfassen: Besserer Belastungsfaktor des Netzes: Leistungsfaktor dieser Geräte gleich 1; Verringerung der Verluste durch Verbesserung des Netzes infolge des Netzausbaues, der Aufstellung von örtlichen Transformatoren; Verminderung der Transformator- und Zählerverluste durch längere Ausnützung; Verbesserung des Lichtgeschäftes als Folge der besseren Kraftverteilung; bessere Verzinsung des angelegten Kapitales und schließlich höhere Einnahmen. V. H.

(El. World, Bd. 89, Heft 26 und Bd. 90, Heft 4, 1927.)

Probleme der Landelektrisierung in Amerika. Von Dipl. Ing. Hamm. Der Anschlußwert der einzelnen Farmen ist ein ziemlich hoher, er schwankt zwischen 250 und einigen tausend kWh im Jahr. Die Zahl der angeschlossenen Farmen beträgt auf eine engl. Meile 3 bis 10. Namentlich die jünger besiedelten Gegenden sind leichter für den Anschluß zu gewinnen, während die älteren, ähnlich wie in Europa, sehr zurückhaltend sind. Die Gesellschaften verlangen immer seltener einen Baukostenbeitrag, legen vielmehr Wert darauf, daß der Farmer um den ersparten Betrag elektrische Geräte einschafft, machen es sogar oft zur Bedingung. Außerdem sucht man günstige Stromtarife, die zu höherem Stromverbrauch anregen, zu erstellen. Eine Reihe von Erfahrungen bestätigt die vorteilhaften Wirkungen des Anschlusses. So steigen die Erträgnisse einer Hühnerzucht bei künstlicher Beleuchtung des Hühnerstalles, ein andrer Farmer berichtet von geringerer Sterblichkeit der frischgeworfenen Ferkel bei künstlicher Beleuchtung des Stalles. Die billige Eisbereitung hilft außerordentlich der Milchwirtschaft, künstliche Beregnung steigert den Bodenertrag. Alle diese Einrichtungen machen sich zumeist schon nach einem Jahre bezahlt. Heißwasserspeicher ermöglichen mit Leichtigkeit das in Amerika auch auf den Farmen übliche Baden der Bewohner. Die Stromverteilung erscheint mit Spannungen von 2300 bis 6600 selbst auf weite Entfernungen gegenüber Deutschland recht unwirtschaftlich. Im allgemeinen hat sich gezeigt, daß ein 3 kVA-Transformator für einen Anschlußwert von 23 kVA bei zeitweiligen Überbelastungen von 7·5 kVA ausreichend ist. Die vielseitige Anwendung der Elektrizität auf den Farmen steht in Amerika jedenfalls höher als in Deutschland. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 433, 1927.)

Stand der Elektrisierung der Landwirtschaft in Dänemark[1]). Von Faarborg-Andersen. Die Elektrisierung der Landwirtschaft ist in Dänemark sehr weit vorgeschritten. Nach anfänglichen Versuchen mit Windrädern in Verbindung mit Batterien[2]) um die Jahrhundertwende ist man zur Verteilung der Elektrizität von Zentralen übergegangen. Genossenschaften kaufen den Strom im Großen und verteilen ihn unter ihre Mitglieder. Einheitsübertragungspannung ist 10 000 V, Arbeitsspannung 380/220 V. Die Tarife sind außerordentlich mannigfaltig, doch wird allgemein ein kWh-Preis für Licht und einer für Kraft mit einer Grundgebühr nach der Zahl der Lampen, eingerichteten PS, Wert des Gutes oder der unter Pflug stehenden Fläche bemessen. Man rechnet mit folgenden Verbrauchsziffern je ha und Jahr: Wirtschaften ohne Mühle (30 ha) 11 kWh, mit Mühle (42 ha) 35 kWh, Wirtschaften mit kleinen Schweineherden 20·2 kWh. Doch sind diese Beträge, wie Beispiele zeigen, leicht auf das Doppelte steigerungsfähig. Hiezu müssen neben den bisherigen Anwendungsgebieten: Dreschen, Häckselschneiden, Wasserpumpen, Getreide- und Futtermahlen neue hinzukommen. Als solche werden empfohlen: Brennholzschneiden mit einem 3 bis 5 PS-Motor und einem Verbrauch von 1 bis 1·5 kWh je m³. Die Anschaffungskosten sind gering, da meist nur eine Kreissäge besorgt werden muß. Mit einem 2 bis 3 PS-Motor lassen sich 2 Fuhren Heu in der Stunde zu Ballen verarbeiten. Verbrauch ist 1 kWh je Ladung. Diese Arbeit ist für den Landmann wegen der hiemit erzielten Platzersparnis sehr wichtig. Förderbänder für das geerntete Getreide und das gedroschene Stroh sind in Verbindung mit einer Heupresse sehr verwendbar. Gequetschter Hafer ist ein außerordentlich wertvolles Pferdefutter, man braucht 0·5 kWh/100 kg. Melkmaschinen[3]) haben sich während des Krieges nicht bewährt, da sie das Euter nicht trocken halten konnten und daher eine minderwertige Milch lieferten. Sie sind inzwischen verbessert worden und erlangen nun langsam Eingang. Sie sind insbesondere bestimmt für Wirtschaften, wo ein eigener Melker sich nicht lohnt. Das Melken von 20 Kühen benötigt 1 bis 1½ Stunden mit einem 1 PS-Motor und 1 kWh-Verbrauch. Andere Anwendungsgebiete sind Kältemaschinen für die Milchwirtschaft, elektrisch beheizte Futterkessel für die Schweinezucht, da die Tiere im Winter das erwärmte Futter viel lieber als das kalte nehmen. Pflügen[4]) und

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 898.

[2]) Vgl. E. u. M. 1913, S. 435; 1918, S. 385; 1921, S. 11, 470; 1924, S. 109, 266, 286, 387; 1925, S. 535, 921, 1021; 1926, S. 339.

[3]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1925, S. 318.

[4]). Vgl. Das Elektrizitätswerk 1925, S. 320.

Digitized by Google

Futtersilierung[1]) sind bis jetzt noch nicht versucht worden. Die Einführung von elektrischen Öfen und Küchenherden scheiterte bis jetzt an den hohen Anschaffungskosten und dem konservativen Sinn der Bevölkerung.

V. H.

(El. Review, Bd. 101, Nr. 2595, 1927.)

Statistische Wertung elektrischer Unfälle. Hermann Pohl, Charlottenburg, betrachtet in einer sorgfältigen Arbeit die allgemeine Unfallstatistik, um Schlüsse über den Anteil der Elektrotechnik an den nachgewiesenen industriellen Unfällen ziehen zu können. Dabei stützt er sich auf das Jahr 1924, für welches einerseits die amtlichen Nachrichten des Reichsversicherungsamtes, andererseits die Berichte über Unfallverhütung der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik vollständige Unterlagen geben. Erstere umfassen rund 25 Mill. versicherte Personen, bezüglich deren folgende Tafel die allgemeine Unfallstatistik gibt:

		vT
Insgesamt angemeldete Unfälle	645 974	25·8
Entschädigte Unfälle	80 820	3·2
Folgen der Unfälle:		
Tod	7 152	0·29
Völlige Erwerbsunfähigkeit	1 007	0·04
Teilweise „	72 662	2·9

Unter „entschädigte Unfälle" gehören jene, deren Folgen länger als 13 Wochen andauern. Ordnet man die Unfälle nach der Ursache, so ergibt sich folgende Zahlentafel, welche sich bloß auf die gewerblichen Betriebe mit Ausschluß der Landwirtschaft bezieht:

Zahl der Betriebe	794 928
„ „ Versicherten	9 969 766
Gesamtzahl der Unfälle	40 089
Unfälle auf 1000 Personen . .	4·02
Todesfälle „ 1000 „ . .	0·45

Ursachen der Unfälle:

		vH aller Unfälle
Motoren, Transmissionen, Arbeitsmaschinen	8 494	21·1
Hebemaschinen, Aufzüge, Krane	2 220	5·6
Feuergefährliche, heiße und ätzende Stoffe, glühendes Metall usw.	1 572	3·9
Zusammenbruch, Einsturz, Herabfallen von Gegenständen	6 284	15·5
Fallen von Leitern, Treppen usw.	5 863	14·7
Auf- und Abladen, Fuhrwerk	6 364	15·9
Eisenbahnbetrieb	3 127	7·9
Handwerkzeug usw.	1 334	3·4
Dampfbetrieb, Sprengstoffe, Schiffahrt, Tiere, abspringende Splitter	4 338	10·8
Elektrischer Strom	484	1·2
Gesamtzahl . . .	40 080	100·0

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, daß die Zahl der elektrischen Unfälle an letzter Stelle steht und daß die übrigen Unfälle 80 mal häufiger sind.

Die Frage nach der Stromart und Spannung, bei welcher die Unfälle entstanden sind, beantwortet folgende Aufstellung:

		1924	1925
Gleichstrom,	Niederspannung	2	—
„	Hochspannung	2	2
Wechselstrom,	Niederspannung	50	56
„	Hochspannung	161	166
Unbestimmt		2	2

Diese Unfälle verteilen sich auf folgende Arbeiten:

	1924	1925
Dynamos und Elektromotoren .	11	5
Transformatoren	33	17
Schaltanlagen, Apparate . . .	101	92
Freileitungen	67	80
Isolierte Leitungen	2	7
Arbeiten an anderen Teilen . .	3	15

Im Ganzen läßt sich die Zahl der Todesfälle elektrischer Ursache auf 211 berechnen, ein im Hinblick auf die Zahl von 25 Mill. Versicherter gewiß nicht hoher Anteil. Die vielfach geäußerte Behauptung, die Zahl der Elektrounfälle hätte in den letzten Jahren stark zugenommen, ist den absoluten Zahlen nach richtig. Zieht man aber die gleichzeitige enorme Ausdehnung der Netze in Betracht, so stellt sich die Sache anders dar:

Jahr	Anschlußwerte in Mill. kW	Abgegebene Energie in 10^9 kWh	Zahl der Unfälle
1913	4·7	2·1	460
1924	12	11	599
Zunahme vH	155	420	30

Während also die Energieabgabe um 420 vH stieg, erhöhte sich die Zahl der Unfälle nur um 30 vH. Aus allen diesen Zahlen ist zu folgern, daß der elektrische Strom den Menschen weit weniger gefährdet als alle anderen Ursachen. Die Gründe liegen in der Wirksamkeit der Sicherheitsvorschriften und deren weitgehender Befolgung, in der guten Qualität des erzeugten Installationsmaterials, endlich in der gründlichen Ausbildung der Elektroingenieure und Elektromonteure. Dazu kommt die dauernde Überwachung durch die Behörden, Genossenschaften, Vereine, Elektrizitätswerke und Versicherungsgesellschaften.

Ho.

(ETZ, Bd. 48, Heft 19, 1927.)

Geschäftsberichte und Betriebsergebnisse.

Badische Landeselektrizitätsversorgung A.-G. (Badenwerk), Karlsruhe. Dem Geschäftsbericht ist zu entnehmen, daß der Anschlußwert 1926/27 um 11 053 auf 119 291 kW stieg. Die Zahl der angeschlossenen Gemeinden erhöhte sich von 533 auf 540 mit 369 000 Einwohnern und 83 000 Haushaltungen; von diesen waren rund 85 vH angeschlossen; die Zahl der Lampen wuchs von 442 000 auf 469 000, die der Motoren von 14 600 auf 16 100. Der durchschnittliche Verkaufspreis beim Kleinverbrauch sank weiter auf 32·5 (35, vor 2 Jahren 40) Reichspfennig pro kWh.

Im April 1926 wurde der Stromaustausch mit schweizerischen Werken aufgenommen (Vertrag mit der Schweizerischen Kraftübertragung A.-G. in Bern), im Dezember 1926 mit dem Rhein.-Westf. Elektrizitätswerk in Essen, im Februar 1927 wurde die Stromlieferung an das Kraftwerk Laufenburg begonnen. Der Bericht erwähnt sodann die 25prozentige Beteiligung der Gesellschaft an der Gründung der Kraftwerke Ryburg-Schwörstadt A.-G. in Rheinfelden (Schweiz) und die eigene Kapitalerhöhung von Mk. 18 auf 21 Mill. Anfang 1926/27. Die Dividende, an der Mk. 3 Mill. neue Aktien p. r. t. teilnehmen, beträgt 9 vH.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 29; Das Elektrizitätswerk 1925, S. 145, 319, 321.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS
ELEKTRIZITÄTSWERK
BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet
Heft 10 **23. Oktober 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: *Energiewirtschaft und Statistik. Von Ing. C. Reindl, München. S. 85. / RUNDSCHAU. S. 92. LITERATURBERICHT. S. 92.*

Energiewirtschaft und Statistik.

Von Ing. C. **Reindl**, München.

Die sprunghafte Steigerung des Arbeitsverbrauches in allen Ländern hat die Elektrizitätswirtschaft und Energiewirtschaft zu Schlagworten für die Öffentlichkeit und zu Problemen für die Ingenieure, Volkswirtschaftler und die Gesetzgebung gemacht. Die neuere Großwasserkraft- und Braunkohlen-Nutzung hat neue unerschöpfliche Kraftquellen erschlossen, die Entwicklung der Elektrotechnik hat die Übertragbarkeit und Verteilbarkeit der Arbeit von den bei Wasser und minderwertiger Kohle örtlich festgelegten Gewinnungspunkten zu den für den Verbrauch (das heißt für die Umwandlung in andere Güter) günstigsten Örtlichkeiten ermöglicht und die Fortschritte der Chemie und Metallurgie haben eine Reihe neuer Verwendungsmöglichkeiten für die in elektrischer Form übertragene Arbeit im Großen geschaffen. Die Elektrizitätswirtschaft beschäftigt sich nur mit der Übertragung und Verteilung der in der Natur vorkommenden Energievorräte zu den Verbrauchern, höchstens noch mit der Umwandlung der verschiedenen Energievorräte in die transportable Form der Arbeit, in elektrische Arbeit. Die Elektrizitätswirtschaft ist damit nur die Bewirtschaftung eines Zwischenproduktes zwischen der in der Natur vorrätigen Arbeit und der in Fertigprodukten aufgespeicherten Arbeit, welche zur Veredelung der Rohstoffe bis zu den Fertigfabrikaten aufzuwenden war. Elektrizitätswirtschaft an sich ist also ein integrierender Bestandteil der Energiewirtschaft, deren oberste Forderung sein muß: die Bereitstellung der nötigen Arbeitsmengen an den Verbrauchsorten auf die wirtschaftlichste Art und mit sparsamstem Aufwand aller jener Energievorräte, welche durch ihren Gebrauch eine Verminderung erfahren (also alle Brennstoffe) unter Berücksichtigung der Wertigkeit der Erzeugnisse; darin ist der Ausgleich zwischen Darbietung und Verbrauch der Arbeit in örtlichem und zeitlichem Sinne eingeschlossen.

Die notwendige einheitliche Bewirtschaftung der Energievorräte über große Gebiete, heute noch vorwiegend über Staaten, weiterhin wohl über Kontinente, ist ein Schritt in die Zukunft. Die Bewirtschaftungspläne für die Zukunft über den Rahmen des für die allernächste Zukunft bekannten Energiebedarfes hinaus können nur durch Extrapolation der zurückliegenden Entwicklung gewonnen werden und durch Vergleich mit Wirtschaftskomplexen, deren Entwicklung schon einen Schritt weiter gegangen ist. Grundlage für beide Wege ist die Statistik.

Hier kann sofort der Satz aufgestellt werden, der zur Niederschrift dieser Zeilen geführt hat.

Die Statistik in dem Sinne, wie sie bisher über elektrizitätswirtschaftliche, energiewirtschaftliche und — als Untergruppe der Letzteren — über wasserkraftwirtschaftliche Zusammenhänge geführt wurde, ist in Deutschland und in vielen anderen Ländern völlig unzureichend und unbrauchbar; fast durchwegs sind die Statistiken nur „Kraft“-Statistiken, aber nicht „Arbeits“-Statistiken, die nur über L e i s t u n g e n und deren Verteilung Aufschluß geben, nicht aber über den A r b e i t s h a u s h a l t. Jeder, der sich Folgerungen aus solchen Statistiken zu ziehen bemüht hat, wird damit übereinstimmen und die folgende Zahlentafel I, die nur eine kleine Auslese aus statistischem Material wiedergibt, zeigt das weiter Auseinandergehen der Unterlagen, sei es als Folge unrichtiger Erfassung oder wegen der Gegenüberstellung von Größen, die auf verschiedenen Grundlagen ermittelt und daher nicht direkt vergleichbar sind. Es sei nur zum Beispiel an die verschiedenartigen Schlüssel erinnert, nach welchen in den einzelnen Ländern die Wasserkraftvorräte, die ausgebauten Leistungen und Jahresarbeiten ermittelt werden und welche die auf der Weltkraftkonferenz 1924 darüber gegebenen Zahlen zu einem schwer oder nicht auswertbaren Zahlenhaufen machen. Eine Vereinheitlichung der Grundlagen für eine Weltenergie-Statistik ist wohl auf der Sondertagung der Baseler Weltkraftkonferenz beschlossen worden; bis zur brauchbaren Vergleichmäßigung der Grundlagen wird aber noch manche Zeit verfließen.

Wohl führen die großen Betriebe für sich zweckmäßige und gebrauchsfähige Statistiken, deren energiewirtschaftliche Verarbeitung und Zusammenfassung fehlt aber in Deutschland wie in Österreich und, zu unserem Trost, auch anscheinend in den meisten anderen Ländern vollständig. Für solche gebrauchsfähige Statistiken kann als Aufsteller und Bearbeiter entweder der Staat mit seinen statistischen Ämtern als Arbeitskräften unter leitender Mitwirkung (Fragestellung, Sichtung und Kritik der Ergebnisse, Herausziehung des Wichtigen) der Gesamtheit der Wirtschaftsverbände, welche Brennstofferzeuger, Wasserbewirtschafter und Elektrizitätserzeuger und -Verteiler umfassen, in Frage kommen; oder der Staat überträgt die Gesamtarbeit einem einschlägigen Fachverband und stützt ihn bei seinen Erhebungen durch gesetzgeberische Machtmittel zur Erzwingung umfassender und richtiger Auskünfte. Letzterer Fall trifft zum Beispiel in Österreich und Italien zu. Dann stehen wenigstens lückenlose Unterlagen zur Verfügung. Solche gesetzliche Stützen dürfen sich aber nicht nur auf die gewerbsmäßigen Erzeuger und Verteiler elektrischer Energie erstrecken, denn eine energiewirtschaftliche Statistik muß das G e s a m t gebiet der Energiebewirtschaftung erfassen; Auskunftspflicht und Verarbeitung muß sich auch auf alle Selbsterzeuger mechanischer und elektrischer Arbeit erstrecken.

Nur dann ist den Bearbeitern das Material in der nötigen Vollständigkeit zugänglich und nur den genannten Bearbeitern aus den speziellen Fachkreisen ist die Sachverständigkeit und Kritik zur technisch richtigen Verarbeitung eigen; nur sie verfügen über die zu so umfangreichen Arbeiten nötigen Hilfsmittel, wozu bei der wirtschaftlichen Wichtigkeit einer Energiestatistik aber auch materielle Staatshilfe nicht fehlen dürfte.

Digitized by Google

Zahlentafel I.
Elektrizitätswirtschaftliche Daten.

Land	Quelle	installierte Leistung Mio kW: Wärmekraft	Wasserkraft	zus. $2a+2b$	Jahreserzeugung Mio kWh: brutto insges	Chemie Export	Bahnen	netto $=4-(5+6)$	Jahresarb. je Einw. kWh: brutto insges.	netto insges.	aus Wasser netto	Benutzungsd.: brutto $\frac{4}{3}$	n. Wass $\frac{10}{2b}$	Bemerkungen
	1	2 *a*	2 *b*	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Deutschland	*a*	4·612	0·725?	5·938	115·206	—	147·49[1]	—	(189)	(176)	—	(1928)	—	[1]) Reichsbahn 34·69 Mio Wass.; 1128 Mio Kohle [nur aus Wass.!] für 1924.
	b	—	1·176	—	[3000]	[800]		[2200]	[36·6]	—	20	—	550	
	A	—	0·735	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	d				7234				120					
	e								275					
	f								141					
Bayern	*b*	—	0·6	—	[1455]	[850]		[605]	[239]	—	107	—	1570	[nur aus Wass.!]
	c	0·2	0·251	0·451						—	—	—	—	nur für öffentl. Versorgung
Österreich	*b*		0·39		[1200]	[300]		[900]	[188]	—	140		2740	[nur aus Wass.!]
	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Angaben fehlen.
	d	—	—	2530	—	—	—	—	421	—	—	—	—	
Schweiz	*b*		1·00		[2795]	[801]	[280]	[1714]	[645]		430		3140	[nur aus Wass.!]
	g		1·23		3465	1137	340	1988	860[2]	(413)		(2820)		[2]) ohne Exp.: 720 (1924)
	d				1970				660?					
	A	0·058	0·777	1·00	2970	1190	490	(1330)	(760)	(342)		(2970)		
	f								700					1. Jan. 1924
	l		1·12		4000			50 %	1000		500	3570		
	e								700					
Italien	*b*		1·922		[5800]	[1550]		[4250]	[149]	106	112		2860	[aus Wasserkr.]
	d				4163				120?					
	A	0·820	1·950	2·770	5400				(135)					1. Jan. 1924
	h	0·369	1·535	1·904	5623			4073	141		(96)	(2960)		
Frankreich	*b*		1·600		[5800]	2000?		[3800]	[147]	95	96		2820?	
	d				4296				110					
	e,f								147					
	A	1·8	1·4	2·8	6000				(150)			(2140)		1. Jan. 1924
Schweden	*b*		1·040		[4500]	[2200]		[2300]	[780]	380	377		3140	
	d				2349				400					
	e,f								364					
	A			1·6	2348	1970	71	0·307?	(397)	51?		(1470)		
Norwegen	*b*		1·220		[5000]	[3740]		[1260]	[1880]		463		4100	
	d								495		(vgl.			
	f				6200	4000		2200	463		Sp. 8!)			
	A		1·22	1·454										1. Jan. 1924
Großbritannien	*d*				6682				162					
	e								139					
	A		0·167	4·53	6681				145			(1480)		1. Jan. 1924
Spanien	*d*				2980				142					
	A		0·66	0·9	—									
Rußland	*i*													
Ver. St. Amerika	*d*				5567[3]				484					[3]) aus insges. 25 000 Mio kWh „Kraft" gesch.
	k				60 000	55·4 %	14·5 %							
	A	15 866	7282	23 148	54 413	12 000[3]	6200	(36213)	(485)	(323)	120	(2360)		

Quellen: *a* Dettmar u. Hofmann, nach der Statistik d. V. d. Elektrizitätswerke für 1924. El. Betrieb 1925, S. 221.
b Reindl, Zum Ausbau weiterer Wasserkräfte. Elektrotechnik u. Maschinenbau, 1926, H. 4, S. 73, (Quellen dort angegeben).
c Aus der Statistik d. Ver. d. Elektrizitätswerke ermittelt.
d Schreiber, die Elektrifizierung der Welt. Die Wasserwirtschaft, 1926, H. 7. S. 184, nach amerikanischen Quellen.
e Cieslar in Elektrotechnik und Maschinenbau, 1926, Das Elektrizitätswerk H. 1, S. 5.
f Sylvestre, La Houille Blanche, Grénoble 1925.
g Statistik des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes für 1924. Schweiz. Wasserwirtschaft 1926, H. 2.
h Annali dei Lavori Pubblici 1925, Nr. 9: La produzione di energia elettrica in Italia nell' anno 1924.
i Wasserkraft-Jahrbuch 1924.
A Electrical World v. 9. Jan. 1926: Erzeugung und Verteilung von elektr. Licht und Kraft in den versch. Ländern. (Nach Angaben, die die Gesandtschaften d. Ver. St. in den verschiedenen Ländern erhielten).
k Menge
l Strickler (1924/25).

Digitized by Google

Den Unternehmerkreisen mag allerdings eine über ihre eigenen Ziele hinausgehende Bearbeitung als unnütze Unkostenlast erscheinen, es mag auch ein gewisses Interesse an der Zurückhaltung oder Verschleierung der Folgerungen über ihren Betrieb vorhanden sein. Den bisherigen behördlichen Statistiken mangelt, abgesehen von den Bearbeitungen einzelner technischer Behörden zum Beispiel in Wasserkraftfragen ihrer Wirkungsbereiche, im allgemeinen jede technische und daraus folgende wirtschaftliche Brauchbarkeit. Man denke nur an die außerordentlich eingehende Zusammenstellung einer statistischen Landesbehörde über die Elektrizitätserzeugungsunternehmungen ihres Landes, worin aber keinerlei Nachweise über die Jahresarbeitsmengen enthalten sind, sondern nur Nachweise über die Zahl der angeschlossenen Wohngebäude, Haushaltungen und Nicht-Haushaltungen, über die Zahl der in jedem Verwaltungsbezirk angeschlossenen Orte mit 1 bis 5, mit 6 bis 25, mit 26 bis 100 usw. Haushaltungen — lauter unfruchtbare Arbeit. Ähnlich ist zum Beispiel die deutsche Statistik über die „Verteilung der in der Industrie verwendeten motorischen Kraft" (Wirtschaft und Statistik, 1926, S. 535) geschieden in die drei Gruppen: Wind-, Wasser- und Wärmekraftmaschinen (ohne Unterteilung!), Elektromotoren und Kraftfahrzeuge. Als ob die elektromotorisch betriebenen Maschinen nicht auch entweder durch Wasser- oder durch Dampfkraft getrieben würden! Auf die Energiequellen kommt es doch allein in der Wirtschaft an, nicht auf die Übertragungsart; sonst müßten folgerichtig die Wärmekraftantriebe in solche geschieden werden, welche den Brennstoff unmittelbar aus der Grube nehmen und in solche, welchen er mit Bahn oder Schiff (den gleichen Übertragungsmitteln wie dem Elektromotorantrieb) zugeführt wird.

Volkswirtschaft muß mit der Technik, der Wissenschaft von der Anwendung der Naturgaben zum allgemeinen Besten Hand in Hand arbeiten und deshalb müssen auch ihre Grundlagen technisch verwertbar sein. Grundlagen irgend eines Gebietes statistisch so erfassen, daß sie auswertbares Material enthalten, kann nur der Fachmann auf jenem Gebiet, weil nur er weiß auf was es ankommt; die Statistik auf technischen Gebieten sei also den Technikern überlassen, oder vielmehr, die Techniker mögen dazu herbeigeholt werden. Was bisher an Statistiken über die Elektrizitätversorgung ans Licht kam, leidet an den gleichen Mängeln. Eine Statistik der öffentlichen Elektrizitätsversorgungs-Unternehmungen oder der in Verbänden zusammengeschlossenen Werke ist keine Statistik der Elektrizitätswirtschaft und noch weniger der Energiewirtschaft und die deutsche Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke umfaßt wieder nur einen Teil (592 Werke für das Jahr 1925) der in Deutschland vorhandenen (für das Jahr 1924 mit 3378 Werken von der gleichen Vereinigung ausgewiesenen) Stromerzeugungsanlagen, ist also nur eine Teilstatistik. Unrichtig muß demnach sein, wenn Dr. Rohrbeck schreibt, daß die Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke „die Entwicklung der gesamten Elektrizitätswirtschaft Deutschlands zu verfolgen gestattet"; er widerruft diese Behauptung allerdings 16 Zeilen später selbst mit der doppelten Einschränkung, daß diese Statistik „nur die öffentlichen Elektrizitätswerke umfaßt, soweit sie Mitglieder der Vereinigung sind". Derselbe Verfasser schätzt den in Deutschland von den industriellen Selbstverbrauchern erzeugten Strom auf 100 vH der öffentlichen Erzeugung; demgegenüber beziffert Dettmar[1]) die Jahresarbeit der Eigenverbraucher auf das drei- bis vierfache des öffentlichen Verbrauches (gegenüber dem rund 0·67 fachen in Amerika). In „Wirtschaft und Statistik", Heft 11 dieses Jahres, wird für 1925 der Anteil der Jahresarbeit der Eigenanlagen zu 105 vH jener der öffentlichen Elektrizitätswerke angegeben. Rechnet man aber auf Grund der Produktionsziffern, soweit sie bekannt sind, nur die elektrochemische Großindustrie nach, so kommt man auf deren Bedarf von zirka 3·5 Milliarden kWh = 35 vH der Arbeit der öffentlichen Werke; für die Gasmaschinen gibt die erwähnte Aufstellung 10 vH der Gesamtarbeit bezw. 20 vH der Arbeit der öffentlichen Werke an; aus Gasmaschinen deckt die Hüttenindustrie aber kaum die Hälfte ihres Bedarfes, so daß der Bedarf der selbstversorgenden Hüttenindustrie also auf zirka 40 vH der Arbeit der öffentlichen Elektrizitätswerke zu schätzen ist. Beide Industriezweige allein erzeugen für sich also schon etwa 75 vH der Arbeit der öffentlichen Werke, so daß der Ansatz von 105 vH der Selbsterzeuger sicher zu niedrig ist und vielleicht um 50 vH höher geschätzt werden darf; also auf etwa 150 vH der Jahresarbeit aus öffentlichen Werken statt 100 vH bezw. 300 bis 400 vH der anderen erwähnten Angaben. Trotz „Statistik" solche Verschiedenheiten! Das beweist zur Genüge die Fehler aller aus den bisherigen Statistiken gezogenen Schlüsse und die Unrichtigkeit der bekannten Vergleichsziffer von 185 kWh je Einwohner in Deutschland, hergeleitet aus der ersterwähnten Statistik und daher nicht einmal die Erzeugung aller öffentlicher Werke enthaltend. Unter der Annahme einer nur das $1^1/_2$-fache der öffentlichen Erzeugung betragenden Jahresarbeit der Eigenverbraucher kommt man auf eine Vergleichszahl für Deutschland von 440 kWh je Einwohner, also nicht so bedeutend nach der Schweiz und im Hinblick auf die Verschiedenheit der industriellen Lage auch nicht so auffallend hinter Amerika zurückstehend.

Der fälschende Einfluß der Fortlassung der Eigenverbraucher geht schon daraus hervor, daß allein die elektrochemische Großindustrie Deutschlands schätzungsweise 3 bis 4 Milliarden kWh jährlich für sich erzeugt.

Von ganz grundlegender Wichtigkeit ist die Heranziehung unserer Energiequellen Kohlen, Wasser und Öl zur Gewinnung dieser Arbeitsmengen von rund 37 Milliarden kWh jährlich in Deutschland; über die Austeilung auf die einzelnen Energiequellen gibt dort, wie auch in Österreich, im Gegensatz zum Beispiel zu Italien und Amerika keine Statistik Aufschluß. Angaben über die in Wasser- und Dampfkraftwerken installierten Maschinenleistungen sind völlig nichtssagend, die Ziffer von 13·8 vH der Gesamtleistungsfähigkeit der Wasserkraft in den öffentlichen Elektrizitätswerken Deutschlands ist kein Maß für den Anteil an der Jahresarbeit als Parallele zum Kohlenverbrauch der Gesamt-Stromerzeugung, der auf 17 vH geschätzt werden kann, aber durch den entweder nicht oder vielfach vermutlich zu niedrig angegebenen Arbeitsverbrauch der Eigenverbraucher eher noch höher sein wird. Die Bedeutung einer richtigen Energiestatistik wird klar, wenn man bedenkt, daß zum Beispiel fast 26 vH der Braunkohlenförderung in Deutschland für chemische Zwecke (unmittelbar oder über Elektrizität) dienen und nur 20·3 vH für die öffentliche Elektrizitätsversorgung.

Wesentlich mehr befriedigt in Hinsicht auf energiewirtschaftliche Brauchbarkeit die Statistik der Elektrizitätswerke und der elektrischen Bahnen Österreichs in der neuen, erstmals 1926 bearbeiteten Form. Allerdings fehlt auch dort — abgesehen von der Unvollständigkeit hinsichtlich der Zahl der umfaßten Werke — die Ausscheidung der Jahresarbeit auf die Energiequellen, jedoch sind für die umfaßten Werke ziemlich lückenlos die hydraulischen Daten und die Speicherdaten (Art der Speicherung und Nutzinhalt) gegeben und gestatten zusammen mit dem Gefälle eine annähernde Berechnung der möglichen Speicher-Jahresarbeit. Dazu tragen allerdings die gesetzlichen Handhaben bei, welche in Deutschland fehlen. Dort ist wohl eine neuerliche umfassende Erhebung speziell energiewirtschaftlicher Grundlagen im Gang, welche nach der Art ihrer Durchführung zu besten Erwartungen berechtigt, wenn die Befragten eben mangels Zwanges auch umfassend Auskunft geben werden.

Es sei in jeder Beziehung, hinsichtlich Vollständigkeit wie energiewirtschaftliche Durchsichtigkeit, nur auf die musterhaften Arbeiten des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes in seiner Jahresstatistik, sowie auf die Statistiken des Schwedischen Wasserkraft-Vereines und auf die umfassenden italienischen Ausarbeitungen des Ministero dei Lavori Pubblici, Consiglio Superiore,

[1]) ETZ 1926, Heft 26, S. 760.

Digitized by Google

Zahlentafel II.
Die Energiewirtschaft verschiedener Länder.

Nr.	Land	Wasserkräfte: ausbauwürdig Mio PS	Wasserkräfte: ausgebaut 1925 vH	Wasserkräfte: ausgebaut 1925 Mio PS	Wärmekraft 1925 ausgeb. Mio PS	Jahres-Arbeit: Jahr	Jahres-Arbeit: Mia kWh	Jahres-Arbeit: Wasserkraft v H	Jahres-Arbeit: Wärmekraft v H	Jahres-Arbeit je Einw. kWh	Bemerkungen
1	Schweden	8·8	16	1·387[1])	0·5	1925	3·2	93·75	6·25	530	Eckwall, Teknisk Tidskrift [1]) Svenska Vattenkr.-För. Publ.
2	Norwegen	16·5	11	1·93	?	1925	7·0	rd. 100	—	2250	(ungefähre Werte), Eckwall.
3	Schweiz[2])	6·0	31	2·168	?	1925	3·5	99·76	0·24	900[3])	[2]) Schweiz. Wasserw.-Verb. [3]) einschl. Export (150 kWh)
4 *a*	V. St. Amerika	55·0[4])	17	9·35	36·9	1925	47·7	36·1	63·9	454	[4]) 6-monat. Leistung
4 *b*	„	55·0	—	—	—	1925	61·2	35·9	64·1	532	nach El. World, 1927, Heft 1
4 *c*	„	55·0	20·4	11·18	?	1926	68·73	36·7	63·3	600	desgl., aus 10 Monaten ger.
5	Italien	7·04[5])	52·5	3·70	0·72	1925	7·20	94·65	5·35	186	[5]) 6-monat. Leistung
6	Österreich	3 — 3 5	28	0·832	0·773	1926	2·45	70·4	29·6	375	nach Ornig
7	Frankreich	10·0	25·0	2·50	?	1924 1925	6·0 10·0	29·0 36·0	71·0 64·0	147 250	nach Le Génie Civil u. V. Sylvestre. VDI-Nachr., 1927, Nr. 19.
8	Deutschland	4·8	21·6	1·03	6·30	1925	11·72	15·8	84·2	185	f. öffentl. Versorgung n. V. d. E. W.-Statistik
			36·9	1·76	?	1925	27·5	17 — 20	83 — 80	440	Gesamterzeugung, geschätzt
9	Bayern	3·65	25¼	0·934	0·30	1926	0·9	80	20	147	öffentl. Versorgung
							2·45	70·5	29·5	400	Gesamterzeugung, geschätzt

hingewiesen. Die Schweiz bietet eine Tabelle über alle Kraftwerke mt genauen Angaben auch über mögliche und geleistete Jahresarbeit, Speicherfähigkeit usw.; Italien eine 70 Seiten umfassende Bearbeitung über die Erzeugung elektrischer Energie für 1925; beide Länder auch mit Ausscheidung nach den Verwendungszwecken[2]). Außerdem bietet die italienische Behörde die rund 260 Seiten starke Statistik über die im Betrieb und im Bau befindlichen Wasserkraftwerke mit Verwendungsnachweisen und tabellarischen Angaben auch hinsichtlich der hydraulischen und elektrischen Daten und der Speicherinhalte. Amerika legt schon Ende Jänner die für die ersten zehn Monate des abgelaufenen Jahres genaue und für die beiden letzten Monate daraus geschätzte, also mindestens sehr annähernde Statistik vor, bei welcher ein Schätzungsfehler von sogar 20 vH je November und Dezember das Gesamt-Jahresergebnis nur um rund 3·75 vH ändern würde, mit Ausscheidung auf die einzelnen Energiequellen und Verbrauchsarten und mit Gegenüberstellung zu den Vorjahren[3]), deren Zahlen in Zahlentafel II im Auszug wiedergegeben sind. Dort habe ich eine Reihe von neuesten Angaben zusammengestellt, vergleiche die Anmerkungen zur Tafel.

Für Österreich hat neuerlich Dr. Ornig[4]) eine grundlegende und wohl lückenlose Darstellung geschaffen, welche alle Wasserkraftwerke über 500 PS und Wärmekraftwerke über 2000 PS detailliert umfaßt und für Erstere ebenfalls die mögliche und tatsächliche Jahresarbeit sowie die Speicherdaten, ferner für die Jahresarbeit (Stand 1926) die Ausscheidung nach Energiequellen und nach Verwendungszwecken bringt und eine ausgezeichnete Monographie der gesamten Energiewirtschaft des Landes darstellt.

Für Deutschland habe ich versucht, aus dem lückenhaften Zahlenmaterial und auf Umwegen, wie zum Beispiel durch Rückwärtsrechnung des Arbeits- und Kohlenverbrauches aus Produktionsziffern, eine Aufstellung über den Energieverbrauch und über dessen Deckung aus den verschiedenen Quellen zu gewinnen; der Raumbeschränkung wegen muß hier der Hinweis auf die Stelle der Veröffentlichung genügen.[5])

Für Bayern bietet wenigstens hinsichtlich der Wasserkräfte das Buch der Bayerischen Obersten Baubehörde über „Die Wasserkraftausnützung in Bayern“[6]) reiches und brauchbar verarbeitetes Material, neuestens wertvoll ergänzt durch das Heft 107 der Beiträge zur Statistik Bayerns „Die Bayerischen Wasserkraftanlagen zu Beginn des Jahres 1927“; darin liegt eine umfassende und recht brauchbar aufgemachte Bearbeitung hinsichtlich der Leistungsanteile, der Verwendungszwecke, der Besitzverhältnisse usw. vor, allerdings ebenfalls nur als „Leistungs“-Statistik.

Bezüglich Energiekarten müssen wir mit gleichem Neid wie bei den Statistiken auf andere Länder sehen; Italien, Schweiz und Österreich müssen als nachahmenswerte Vorbilder dienen. Wenn sich schon ein zwischenstaatlicher Energieverkehr anbahnen soll, müssen dazu wegweisende Unterlagen vorhanden sein, welche Vor-

[2]) Italien: Anteile von Licht und Heizung 15 vH, Kraft 60 vH, chemische und metallurgische Industrie 14 vH, Bahn 11 vH.

[3]) Electrical World, 1927, Bd. 89, Heft 3, und Engineering News Record, 1927, Bd. 98, Heft 2. Eingehende Tabellen und Kurventafeln.

[4]) Österreichs Energiewirtschaft, E. u. M. 1927, Das El.-Werk, Heft 3, S. 21; vgl. auch Granigg, Die Wasserkraftnutzung in Österreich, E. u. M. 1926, S. 27.

[5]) Wasserkraft-Jahrbuch 1925/26 von Dantscher und Reindl, S. 377 bis 380.

[6]) Staatsministerium des Inneren, München, vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 128.

Digitized by Google

rats- und Verbrauchsstellen, vorhandene Energiestraßen und noch offene Lücken anzeigen, ebenso wie die Zahlengrundlagen. (Nachträgliche Anm. des Verf.: Die Karten in dem Buch von Dr. Ornig für Österreich und die eben herausgekommenen Karten der Dichtigkeit der Elektrizitätsversorgung und der Hochspannungsleitungen in Deutschland bilden — auf das elektrizitätswirtschaftliche Teilgebiet der Energiewirtschaft beschränkt — wenigstens gute Anfänge. Man darf aber nicht eine willkürliche untere Spannungsgrenze für Leitungskarten festsetzen, sondern muß auch zum Beispiel 20 kV-Leitungen erscheinen lassen, wenn sie wichtige Verbindungen darstellen.)

Eine solche Energiekarte Mitteleuropas aufzustellen hat der Verfasser begonnen, die Schwierigkeiten sind allerdings erheblich, das Interesse wirtschaftlicher Verbände an einer Herausgabe war gleich Null.

Was aus der bisherigen Statistik zu lernen ist und was einer verwertbaren Statistik nottut, kann hier nur andeutengsweise ausgeführt werden.

Neben der bei uns wie in den meisten Ländern ziemlich verläßlichen Erfassung der Energievorräte, wobei hinsichtlich der Wasserkraftvorräte die Statistiken einiger deutscher Länder allen Ansprüchen gerecht werden, die Gesamtübersicht der Welt aber an den überall verschiedenen Bezugsgrundlagen leidet, bedarf die vorwärtsschauende Planung einer zuverlässigen Vorausermittlung des zukünftigen Bedarfes für die Allgemeinversorgung der Bevölkerung einschließlich der Gewerbe und der Kleinindustrie, also alles dessen, was hierzulande an den öffentlichen Stromversorgungsnetzen hängt. Ich nenne diesen Arbeitsbedarf den „Nettowert" zum Unterschied von der „Bruttoarbeit", welche auch den Bedarf der Bahnen, der elektrochemischen und elektrometallurgischen Großindustrie, der übrigen Industrie mit eigenen Kraftwerken und den Bedarf für Exportarbeit in sich schließt. Als Vergleichsgröße dient die Jahresarbeit in kWh je Einwohner, und in wie weiten Grenzen allein bei dieser Größe die Angaben auseinandergehen zeigt die Zahlentafel I in der Spalte 8 bis 10 und Zahlentafel III. Schon die Angaben über die Einzelposten weichen weit voneinander ab. Kritiklos mit Zahlen für kWh je Einwohner in der als Muster für unsere Verhältnisse oft hingestellten Größe um 400 bis 500 zu operieren wäre eine schwere Täuschung. Man muß dieser Annahme über den bei guter Elektrisierung zu erwartenden Gesamt-Netto-Arbeitsbedarf die Größe der für die Zwecke der Landesversorgung zu reservierenden Kräfte entnehmen und hier zu hoch greifen heißt den anderen volkswirtschaftlich ebenso notwendigen Zwecken der Produktion von Fertigerzeugnissen und elektrochemischen Erzeugnissen Abbruch tun, durch Mindererzeugung (Waren) oder landwirtschaftlichen Minderertrag (Stickstoffmangel) die Handelsbilanz verschlechtern.

Die Beziehungen zwischen der aus hochwertiger und aus minderwertiger Kohle sowie aus Wasserkraft erzeugten Arbeit und deren Anteil an den verschiedenen Verwendungszwecken müssen zusammen mit dem voraussichtlichen Bedarf für die Allgemeinversorgung den Schlüssel für die Austeilung der Arbeitserzeugung und die verschiedenen Energiequellen abgeben. Die vorhandenen Statistiken sind aber so unvollständig und sich zum Teil widersprechend, der Verbrauch der Großindustrie und der chemischen Eigenerzeuger an elektrischer Energie ist so unvollkommen erfaßt, obwohl dieser Teil der Jahresarbeit ein Vielfaches des öffentlichen Arbeitsverbrauches ausmacht, und hinsichtlich ihrer Energiequellen so undurchsichtig, daß keine Anhaltspunkte daraus zu gewinnen sind. Denn wenn auch solche Fragen vielleicht recht tief in privatwirtschaftliche Belange der Unternehmer hineingreifen, so ist es volkswirtschaftlich nicht gleichgültig, ob zum Beispiel ein Großverbraucher einen Braunkohlenvorrat rücksichtslos ausbeutet, weil er ihm Anlagekosten spart, ohne Rücksicht darauf daß nach Erschöpfung des Lagers irgendwo anders eine neue Fabrikationsstätte aufzumachen ist, welche das Produkt mit neuen Abschreibungskosten belastet; der erste Unternehmer hat seinen Gewinn gemacht und seine Anlage kann ja dann verschrotet werden. Die Volkswirtschaft aber ist um den Energievorrat des abgebauten Kohlenlagers und um Produktverteuerung durch die wiederholten Abschreibungskosten ärmer. In solchen Fällen muß jede privatwirtschaftliche Rücksicht unterdrückt werden.

Zahlentafel III.
Verbrauch an elektrischer Arbeit je Einwohner nach verschiedenen Quellen.

Land	nach der Verf. Wasserkraft-Jahrb. 1925/26 S. 379		nach der Zahlentafel II		nach K. Ruegg
	brutto	netto	brutto	netto	
Deutschland	600	176	440	185	275
Bayern	(400)	147	—	—	—
Österreich*)	320	140	375	—	—
Schweiz	830**)	540	900	—	700
Italien	141	96	186	140	—
Frankreich	150	95	—	—	147
Schweden	780	380	530	—	364
Norwegen	(1880)	463	2250	—	495
V. St. Amerika	760	323	600	—	472
Kanada	—	—	—	—	612
England	—	—	—	—	139

*) Die beiden ersten Spalten nach Ornig (Fußnote 4).

**) Ohne Exportarbeit im Betrag von zirka 150 kWh/Einwohner. In Klammern: abgeleitete oder geschätzte Werte.

Im Zusammenhang mit der installierten Leistung bietet besonders noch der Vergleich der Benutzungsdauern der Allgemeinversorgung einen Maßstab für die mehr oder minder gute Elektrizitätswirtschaft, das heißt für die Ausnützung der verfügbaren Leistung. Ähnlich der Ausnutzungsfaktor als Quotient der erzeugbaren Jahresarbeit für die Ausnutzung der Wasserkraftanlagen. Ich habe darauf in der E. u. M.[7]) näher hingewiesen. Statistiken darüber fehlen überall; was sich feststellen läßt, leidet an der Fragwürdigkeit der Grundlagen.

Über alle diese Punkte ist nur aus wenigen Ländern Aufschluß zu finden. Für Deutschland geben die von Dettmar aus der Statistik der Vereinigung der EW gezogenen Folgerungen einige Anhaltspunkte, aber gerade das Fehlen vieler großer Eigenerzeuger in der Statistik, besonders aus der elektrochemischen Industrie, erschwert die Verarbeitung. Für Bayern komme ich unter Ergänzung der wenigen dort vorgetragenen Angaben (nur Innwerk und Alzwerke) durch Nachrechnung aus Produktionsziffern und mittleren Leistungen zu einem Eigenverbrauch der elektrochemischen Großindustrie von etwa 750 bis 780 Mill. kWh (gegen rund 900 Mill. kWh für die Allgemeinversorgung) und schätze etwa 400 Mill. kWh für die übrigen Selbsterzeuger, vgl. Zahlentafel II, Zeile 9.

Schon die Aufteilung in die verschiedenen Energiequellen nach der Dettmarschen Verarbeitung für 1924[8]) mit 4 612 232 kW Wärmekraft und 725 231 kW Wasserkraft gibt um rund 600 000 kW zu wenig, der Unterschied liegt wohl in nicht ausgewiesenen Anlagen.

Für Italien geben die schon erwähnten Arbeiten des Ministero dei Lavori Pubblici „La Produzione di energia elettrica in Italia nell' 1925" und „Statistica delle grandi utilizzazioni idrauliche per forza motrice" von 1926 gute Unterlagen, für die Schweiz der Führer durch die schweizerische Wasserwirtschaft des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes.

Ein ganz wesentliches Gebiet der Energiewirtschaft ist die Speicherwirtschaft der Wasser-

[7]) Zum Ausbau weiterer Wasserkräfte; Statistisches und Wirtschaftliches. E. u. M. 1926, Heft 4, S. 7.

[8]) Der elektrische Betrieb 1925, Heft 17, S. 223.

Digitized by Google

kräfte. Als Maß für die Vollkommenheit des zeitlichen Ausgleichsvermögens in der Energiewirtschaft habe ich a. a. O. (Fußnote 7) das Verhältnis

$$\frac{\text{verfügbarer Speicherraum in m}^3}{\text{installierte Leistung in kW}}$$

zugrunde gelegt als den einzigen nach den zumeist verfügbaren Statistiken oder Angaben vergleichbaren Wert. Genau genommen müßte die Güte der Speicherwirtschaft dargestellt werden durch das Verhältnis:

$$\frac{\text{aus den Speichern entnehmbare Jahresarbeit in kWh}}{\text{gesamte Jahresarbeit der Wasserkräfte in kWh}},$$

wobei für Speicher mit mehrmals im Jahr wiederholter Füllung (Tages-, Wochen- und Monatsspeicher, Pumpenspeicher) die gesamte Jahresarbeit bezw. das entsprechende Vielfache des Speicherinhaltes einzusetzen ist. Für diese Vergleichszahlen fehlten für Deutschland ebenfalls die Grundlagen in weitem Umfang. Die Statistik des VDEW bietet darüber gar nichts. Die Inhalte der größeren Speicher ließen sich nur aus der Aufstellung von Ludin im „Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen" 1926 entnehmen, soweit Werke über 5000 kW installierter Leistung in Frage kommen. In Unkenntnis der Speicherprogramme läßt sich aber auch daraus das zweitgenannte Verhältnis bezw. das Jahresarbeitsvermögen nur schätzungsweise bilden. Auch das wertvolle Buch der Bayrischen Behörde (vgl. Fußnote 6) bietet nichts über letztere Zahlen. Die erste eingehende Bearbeitung haben die deutschen Speicheranlagen — und zwar nicht nur für Kraft, sondern für alle Verwendungszwecke, so für Trinkwasserzwecke, für Niederwasseraufbesserung zu Schiffahrtszwecken, für Hochwasserschutz und für Kraftgewinnung — durch Baurat Dr.-Ing. h. c. Bachmann in „Wasser und Gas" neuestens (1927, Heft 22) erfahren. Bei deren Weiterverwendung muß allerdings beachtet werden, daß dort der Begriff der Talsperre nach dem technisch nicht ganz sinngemäßen Begriff des Preußischen Wassergesetzes (Stauhöhe mehr als 5 m und Stauinhalt mehr als 100 000 m³) gefaßt ist, so daß auch reine Flußkraftwerke (zum Beispiel Innwerk) dort unter Talsperrenwerke eingeordnet sind. Über die deutschen hydraulischen Pumpenspeicheranlagen habe ich eine erste Zusammenfassung in „Wasserkraft und Wasserwirtschaft" 1927, Heft 17 (S. 231), zu geben versucht, welche die Leistungs- und Arbeitsdaten der im Betrieb und im Bau befindlichen Anlagen enthält und mit einem Gesamtinhalt der Speicherbehälter von 288·6 Mill. m³ bezw. einem Arbeitsinhalt bei einmaliger Füllung von 31'744 Mill. kWh abschließt und eine in den Speichermaschinen installierte Gesamtleistung der Generatoren von 300 158 kW bei einer gesamten Pumpen-Antriebsleistung von 296 321 PS ausweist. Speicherinhalts- und Arbeitsangaben enthalten ferner die neue österreichische Statistik, die italienischen Statistiken sowie die Arbeit von Bonomi über die Wasserkraftanlagen und Wasserkraftspeicher Italiens[9]) mit den Daten über 95 im Betrieb und 47 im Bau befindliche Speicher (für 1924), ferner für Österreich das Buch von Ornig, schließlich für Schweden eine Aufstellung von Sven Lübeck[10]). Gerade aus der Erfassung und Vergleichung der Länder hinsichtlich der Speicherwirtschaft sieht man, wo der weitere Wasserkraftausbau einzusetzen hat, wenn man jene Länder, welche auf Wasserkraft allein oder fast ausschließlich arbeiten oder sich größtenteils darauf abstützen, zur Richtschnur nimmt (Schweiz, Italien, Skandinavien). In der Zahlentafel IV ist ein Überblick über die beiden charakteristischen Verhältniszahlen zu geben versucht, wobei auch für Deutschland wieder manche Schätzung nötig war hinsichtlich des jährlichen Arbeitsinhaltes.

[9]) Annali delle Utilizzazioni delle Acque, 1925, fasc. 2.

[10]) Sveriges vattenkrafttillgångar och vattenkraftproduktion, Stockholm 1924.

Zahlentafel IV. Speicherwirtschaft verschiedener Länder (in Betrieb und Bau befindliche Speicher).

	Land	Speicherinhalt J Mio m³	Wasserkraft-Leistung L Mio kW	Speicherinhalt A_w Mio kWh	Wasserkraft-Arbeit A_g Mia kWh	$\frac{m^3}{kW} = J/L$	$\frac{A_w}{A_g}$ vH
einschl. Selbstverbr.	Deutschland	957·8	1·17	345	6·25	820	5·5
	Bayern*)	120	0·62	90·4	2·24	194	4·0
	(„ mit Achensee)	153·3	0·67	119·5	1·93	229	6·2
	Österreich	198·3	0·555	159·6	1·73	358	9·2
	Schweiz	636	1·45	400+	3·5	449	11·5
	Italien	1266·5	2·1	650+	6·20	603	10·5
	Schweden	?	0·925	?	3·2	?	?
	Frankreich	48	1·6	?	1·74+	30	?
ausschl. Selbstverbr.	Deutschland	957·8	0·965	345	2·5+	993	13·8
	Bayern*)	123	0·415	90·4	0·9	297	10·5
	(„ mit Achensee)	156·3	0·42	119·5	0·98	372	12·2
	Österreich	198·3	0·415	159·6	1·2	479	13·3
	Schweiz	600+	1·15	350+	2·3	520	15·2
	Italien	1266·5	1·52	650+	4·75	833	13·7

*) Mittlere Isar mit Speicherweiher, ohne Grundwasserspeicher.
+ bedeutet: geschätzt mangels genauer Unterlagen.
? „ : Unterlagen fehlen.
Vom Achensee ist für Bayern die Hälfte der Speicherarbeit gerechnet bei einer Gesamt-Jahresarbeit von 80 Mill. kWh.

Zum Vergleich seien noch die Zahlen für das Verhältnis A_w/A_g (Anteil der Speicherarbeit an der Gesamt-Jahresarbeit in vH) angeführt. wie sie sich nach Ausführung der noch geplanten Speicheranlagen ergeben werden:

	A_w/A_g in vH
Deutschland (einschl. Ourtalsperre, voller Ausbau)	13·5
Bayern (mit Mittlere Isar Grundwasserspeicher, Ammer- und Lechsperren und Achensee-Anteil)	7·45
Österreich	17·9
Schweiz	12·7
Italien	16·5
Schweden (mit Seen-Regulierung)	38

Die Zahlen gelten für die Energiewirtschaft einschließlich der Selbstverbraucher, sind also mit der oberen Hälfte der Zahlentafel IV zu vergleichen.

Für die reine Allgemeinversorgung einschließlich Bahnen, im Vergleich zur unteren Hälfte der Zahlentafel IV wird man im gleichen Steigerungsverhältnis der Verbrauchsarten rechnen dürfen und erhält dann für Deutschland etwa 30 bis 40 vH, für Bayern allein 15 vH, für Österreich 25 bis 26 vH, für die Schweiz 17 vH der gesamten Wasserkraftarbeit als Speicherarbeit.

Die früher gezeigte Zahlentafel I ist wegen ihrer Unterschiede zwischen den einzelnen jeweils in Spalte I angegebenen Unterlagen von Interesse. Beachtung verdienen die außerordentlich umfangreichen Angaben einer Zahlentafel über die Wasserkraftnutzung und Stromversorgung von 19 amerikanischen und 24 europäischen Staaten (in Zahlentafel I mit „A" bezeichnet), welche Electrical World vom 9. Jänner 1926 „nach Angaben, welche die Gesandtschaften der U. S. A. in den einzelnen Ländern erhalten haben" brachte; in mancher Hinsicht erscheinen diese Angaben umfassender und richtiger als das Material, das die veröffentlichten Statistiken der betreffenden Länder selbst bringen.

Digitized by Google

Ein Nachweis für die auf Wasser- und Wärmekraft entfallende Arbeitsmenge fehlt fast überall, selbst die grundlegendsten Ziffern über die installierten Leistungen, die Jahresarbeiten und die Anteile von Allgemeinversorgung, Großindustrie und Bahnen (Spalten 5 bis 7) zeigen die größten Unterschiede. Es liegt die Vermutung nahe, daß die verschiedenen Statistiker aus Sachunkenntnis oder wegen unvollständigen Materials bald unter Einschluß der Bahn- und Großverbraucher-Arbeit und bald ohne diese wesentlichen Anteile rechnen, daß zum Teil nur die Leistungen und Arbeitsmengen der öffentlichen Versorgung, bald auch jene der Großverbraucher mit gerechnet wurden. Dementsprechend sind die Kopfzahlen für die einzelnen Länder mit gebührender Vorsicht zu bewerten; differieren doch ihre Werte je nach den Unterlagen um bis über 100 vH (Spalte 8) und erkennt man den Einfluß, welchen die Einrechnung der Großverbraucher-Arbeit ausübt und mit Kopfzahlen, welche diesen Anteil eingeschlossen enthalten, zur Bestimmung der für Allgemeinversorgung bereitzustellende Leistungen zu Utopien führt. Die Wiedergabe der Zahlentafel soll hier etwas Negatives bezwecken: die Tafel soll zeigen, was in der Statistik fehlt.

Zu einer die Energiewirtschaft und als Teil derselben die Elektrizitätswirtschaft erfassenden Statistik, welche Vergleiche und programmatische Arbeiten ermöglicht, ist also etwa das folgende notwendig:

I. Für die allgemeine Energiewirtschaft:

Installierte Leistung aller nicht für Erzeugung elektrischer Arbeit gebrauchter Kraftmaschinen geschieden nach:

1. Ortsfeste Krafterzeugung.
2. Transportwesen (Bahnen, Schiffe, Kraftfahrzeuge) und darin geordnet nach:
   a) hochwertige Kohlen,
   b) minderwertige (am Gewinnungsort zu verbrauchende) Kohle,
   c) flüssige Brennstoffe: α) inlandserzeugte, β) eingeführte.
3. Brennstoffverbrauch für Wärmeerzeugung, geschieden wie vorhin.

II. Für die Elektrizitätswirtschaft:

1. Installierte Leistung aller Stromerzeuger mit Antrieb durch:
   a) hochwertige Kohle,
   b) minderwertige Kohle,
   c) flüssige Brennstoffe (wie unter *2 c*),
   d) Wasserkraft.
2. Jahresarbeit erzeugt aus:
   a) hochwertiger Kohle,
   b) minderwertiger Kohle,
   c) flüssigen Brennstoffen,
   d) Wasserkraft: α) nicht gespeicherte, β) gespeicherte,
   e) aus Abfallkraft (Zwischendampf und Abdampf).
3. Verwendung der Jahresarbeit für:
   a) Allgemeinversorgung,
   b) mechanische Großindustrie,
   c) elektrochemische und elektrothermische Prozeß,
   d) Bahnen,
   e) Export; aus *a*) — *e*) die Verbrauchsziffern je Einwohner.
4. Installierte Maschinenleistungen, welche speziell dienen für die Gruppen *3 a* bis *3 e*, hieraus Benutzungsdauer und (bei Wasserkraft) Ausnutzungsfaktor.
5. Speicherwirtschaft, nutzbarer Arbeitsinhalt der Wasserkraftspeicher in kWh pro Jahr.

III. Für die Wasserkraftwirtschaft:

(soweit nicht bereits unter II, 1 *d*), II, *2 d*) und 5 enthalten)

1. Installierte Wasserkraftleistung zur Erzeugung mechanischer Leistung unmittelbar.
2. Aufteilung der zur Erzeugung elektrischer Arbeit verwendeten Wasserkraftleistung hinsichtlich der installierten Leistung und hinsichtlich der daraus erzeugten Jahresarbeit nach den Gruppen *3 a*) bis *3 e*).

Die letztjährige Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke in Deutschland und des elektrotechnischen Vereines in Wien kommen diesen Anforderungen zum Teil entgegen; es wäre im Wesentlichen nur noch die Trennung der Arbeit bei den Werken mit gemischtem Betrieb und die Einbeziehung aller Stromerzeuger unter scharfer Trennung der unter *2*) und *3*) angegebenen Einzelheiten nötig nächst der jährlichen abschließenden Bearbeitung, welche dem Einzelnen geradezu unmöglich ist. In einem sonst bezüglich bester Organisation bekannten und zugleich auch durch die Zahl der Behörden an erster Stelle stehenden Staatswesen dürfte dies keine unüberwindliche Aufgabe für die statistischen Stellen sein. Die Fragen der zweckmässigsten Bewirtschaftung der Naturvorräte und deren möglichster Schonung bei größter Gesamtausbeute sind wichtig genug und die Zukunftsaufgaben der Wasser- und Kohlenwirtschaft wie der sparsamsten Beschaffung wichtiger Produkte (Stickstoff, Öle, usw.) häufen sich.

Die meist noch zerstreut und uneinheitlich von allen möglichen Stellen ohne gegenseitige Fühlung gehandhabten Erhebungen von Einzelheiten müßten durch fachmännische, planmässige Sammlung, Ordnung und Verarbeitung nach technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten hin ersetzt werden. Man erinnere sich nur der Worte von Niesz auf der Baseler Sondertagung der Weltkraftkonferenz anläßlich seiner prächtigen Energie-Karten Europas: „Als ich die dicken Bände der Londoner Konferenz vornahm, welche sehr viel Material über die Kohlen- und Ölvorkommen und die Verteilung der Wasserkräfte enthalten, stand ich vor der absoluten Unmöglichkeit, die Werte ... mit einander zu vergleichen". (Berichterstattung, Bd. I, S. 1165.) Auch der Generalberichterstatter Prof. Landry der Sektion B der Baseler Tagung unterstrich „den Mangel an genügenden und zusammenhängenden statistischen Erhebungen" nachdrücklich. Und jeder, der energiewirtschaftliche Vergleiche ziehen will, wenn auch nur innerhalb seines Landes, wird diese Schwierigkeiten und die Mängel aller behördlichen Betriebszählungen und dergl. Aufnahmen kennen; gehen doch zum Beispiel schon die Erhebungen verschiedener Behörden über Elektrizitätswirtschaft oder Wasserkraftnutzung weit auseinander infolge verschiedener Einrechnung der Eigenerzeuger (Industrie), der direkten Kraftverbraucher u. s. w. Wenn dann keine gewisse Vereinheitlichung auch in anderen Ländern nach den Anregungen der Weltkraftkonferenz Platz gegriffen hat, kann die Statistik als Mittel zum Zweck dienen, die Energiewirtschaft, die keine politischen Grenzen kennen darf, zu fördern und die Arbeit zum Verkehrsgut zu machen. Dazu muß sie ebenso wie zu den inneren wirtschaftlichen Zwecken sachlich und von Sachverständigen aufgebaut sein. Vielleicht tragen diese Zeilen dazu bei, die gegenwärtigen Unvollkommenheiten aufzudecken und, wenn eine energiewirtschafts-statistische Sammlung erfolgt, zur umfassenden und unverschleierten Abgabe der Daten anzuregen, damit nicht auch bei großen Werken die Bemerkung aufgenommen werden muß, wie sie die Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke an manchen Stellen zeigt: „Auskunft verweigert"! — Energiewirtschaft, das heißt Volkswirtschaft, und Eigenbrödelei sind scharfe Gegensätze.

Digitized by Google

Rundschau.

Der Energieverbrauch der Erde. Nach einem hauptsächlich auf englischen Quellen beruhenden Bericht in den „VDI-Nachrichten", Nr. 33 von 1927, betrug die Kohlenförderung auf der ganzen Erde in den letzten Jahren — von 1926 (englischer Kohlenstreik) abgesehen — etwa 1300 bis 1350 Mill. t jährlich, der Verbrauch unter Berücksichtigung der Ausfuhrüberschüsse von Großbritannien (80 Mill. t), Deutschland (5 Mill. t) und der V. St. A. (25 Mill. t) etwa 1238 Mill. t (siehe auch die Zahlentafel). Von diesen 1238 Mill. t werden etwa 790 Mill. (64 vH) für die unmittelbare Krafterzeugung verwendet, die unter Berücksichtigung aller Verluste etwa 326 Milliarden kWh entsprechen. Unter Hinzurechnung der mittelbaren Krafterzeugung in den Gasanstalten und Kokereien und in der Eisenhüttenindustrie kann man die gesamte durch Kohle erzeugte mechanische und elektrische Energie auf 400 Mill. kWh schätzen, wovon 181·7 auf die V. St. A., 59·4 auf England und 60·6 auf Deutschland, sowie 98·3 auf alle übrigen Länder entfallen. Andererseits entfallen (für die ganze Erde) auf ortsfeste Anlagen 278 Milliarden kWh, auf die Eisenbahnen 79·5 und die Schiffahrt 42·5. Außer den 790 Mill. t für die unmittelbare Krafterzeugung werden auf der ganzen Erde noch 42 Mill. für die Gaserzeugung, 160 Mill. zur Koksgewinnung, 53 Mill. für industrielle Heizanlagen und 193 Mill. für Hausbrand verbraucht. Auf den Kopf der Bevölkerung gerechnet, beträgt der Kohlenverbrauch für Hausbrand in den V. St. A. rund 1 t, in England 0·85 t und in Deutschland 0·46 t jährlich. Neben den festen Brennstoffen, aus welchen wie erwähnt rund 400 Milliarden kWh mechanische und elektrische Energie gewonnen werden, werden jährlich noch 150 Mill. t Rohöl (davon 80 Mill. in 208 Milliarden kWh umgesetzt) und 34 Milliarden m³ Erdgas (davon 13·6 Milliarden in 25·3 Milliarden kWh umgesetzt) jährlich gewonnen, letzteres fast ausschließlich, Rohöl zu 70 vH in den V. St. A. Zu den aus Brennstoffen erzeugten 633·3 Milliarden kWh kommen noch rund 156 Milliarden aus Wasserkräften (die ausnutzbare Energiemenge aus Wasserkräften wird für die ganze Erde mit 2377 Milliarden kWh jährlich geschätzt), die übrigen Energiequellen treten vorläufig gegenüber den besprochenen ganz in den Hintergrund.

Jährliche Kohlenförderung und jährlicher Kohlenverbrauch der Erde in Mill. t.

Land	Förderung					Verbrauch
	Steinkohle	Braunkohle	Anthrazit	insges.	t. Steinkohle umger.[1])	
Ver. Staaten .	510	2	90	602	608·2	538·2
Großbritannien	265	—	5	270	270·3	190·3
Deutsches Reich	138	140	2	280	190·2	185·2
Alle and. Länd.	155	25	5	185	169·3	279·3
Insgesamt . .	1068	167	102	1337	1238	1238

[1]) Vergleichsbasis: Steinkohle 7000 WE, Braunkohle 2500 WE, Anthrazit 7500 WE/kg.

Elektrizitätswirtschaft in Dänemark. Im Vergleich zu der Statistik für 1924/25[1]) weist die Statistik für 1925/26[2]) folgende wesentliche Unterschiede auf: Die Zahl der städtischen Zentralen und Überlandwerke ist um 2 auf 128 gestiegen, die der kleineren und kleinen ländlichen Zentralen um 11 auf 342 gesunken. Die Leistung aller Kraftmaschinen in den Werken (1044 gegen 1067) stieg von 239 669 PS auf 248 404 PS. Von den neu hinzugekommenen Maschinen sind eine Dampfturbine mit 6000 PS und zwei Dieselmotoren mit 1100 und 600 PS zu erwähnen. Von der Gesamtleistung der Stromerzeuger der städtischen und Überlandwerke mit 196 807 kVA entfallen 141 404 kVA auf Wechselstrom, der Rest auf Gleichstrom, die Gesamtleistung aller Stromerzeuger in den ländlichen Zentralen war nur 17 600 kVA. Die Gesamtstromerzeugung aller öffentlichen Werke betrug 275·7 Mill. kWh (251 i. Vj.), davon 111·5 Mill. (92) in Kopenhagen. Die privaten, größtenteils industriellen Stromerzeugungsanlagen haben außerdem etwa 100 Mill. kWh (gegen 90 i. Vj.) erzeugt. Der Brennstoffverbrauch ist mit 194 000 t Kohlen und 31 000 t Öl gegen das Vorjahr etwas gestiegen. Mit den Erweiterungen des Berichtsjahres ist die Länge aller Übertragungsleitungen nunmehr 34 700 km, davon sind 27 300 km Wechselstromleitungen. Auch die Zahl der Zähler ist auf 64 400 für Licht und 100 800 für Kraft gestiegen, die Zahl der angeschlossenen Glühlampen von 8 auf 8·9 Mill. mit 359 000 kW Anschlußwert, ebenso der Anschlußwert der Kraftstromverbraucher auf 627 000 kW.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Beilage „Das Elektrizitätswerk", S. 18.

[2]) Statistische Mitteilungen, 4. Reihe, Bd. 76, Heft 4, Kopenhagen 1927, Bianco Lunos Buchdruckerei. Preis 1 K.

Der Deutsche Außenhandel mit elektrischen Strom im Jahre 1925. Wie die „VDI-Nachrichten" berichten, wurden zusammen 306·9 Mill. kWh eingeführt, und zwar aus nachstehenden Ländern: Saargebiet (27·8 Mill. kWh), Schweiz (209·4), Frankreich (37·6), Österreich (20·7) und Polen (11·4). Die Ausfuhr mit zusammen 78·4 Mill. kWh verteilt sich auf das Saargebiet (0·3), Schweiz und Frankreich (zusammen 68), Österreich (0·6), Polen (1·4), Holland (1·4), und die Tschechoslowakei (0·7).

Literaturbericht.

3103 **Elektrowärmeverwertung als ein Mittel zur Erhöhung des Stromverbrauches.** Von Ing. Robert Kratochwil, zweite umgearbeitete und erweiterte Auflage mit 431 Textfiguren und zahlreichen Tabellen. 695 Seiten. Verlag R. Oldenburg, München und Berlin 1927.

Der Verfasser hat es unternommen, das umfangreiche Gebiet der Elektrowärme zusammenfassend zu behandeln. Diese Aufgabe ist ihm jedenfalls sehr gut gelungen, denn der Elektrizitätswerksleiter erhält erschöpfenden Aufschluß darüber, welche Möglichkeiten zur restlosen Verwertung derzeit überschüssiger Strommengen offen stehen.

In dem Buch sind nicht nur die elektrischen Heiz- und Kochanlagen, Warmwasserspeicher und Dampfkessel eingehend behandelt, es wird auch der Elektrowärmeverwertung in der Industrie und in der Landwirtschaft ein breiter Raum eingeräumt. Verhältnismäßig wenig ist über den Elektrokühlschrank gesagt, obwohl gerade dieser ein ausgezeichnetes Mittel zur Auffüllung der Sommerbelastung der Elektrizitätswerke darstellt. Wenn auch die Elektrizität als eine zur Wärmeerzeugung zu hochwertige Energieform erscheint und daher die elektrische Raumbeheizung vom volkswirtschaftlichen Standpunkt nicht ohne weiteres zu billigen ist, so bleibt doch der Speicherofen ein für die Werke willkommenes Mittel um die Nachtbelastung zu erhöhen. Sehr anzuerkennen ist, daß der Verfasser bemüht war, bei der Schilderung der Vor- und Nachteile elektrischer Apparate möglichst objektiv zu bleiben. Das am Schluß angeführte Literaturverzeichnis erhöht noch den Wert des Buches. Stipernitz.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS
ELEKTRIZITÄTSWERK

BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU"
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT
Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 11 **20. November 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Der Stromexport und seine Rechtsordnung. Von Dr. Heinrich Schreiber, Wien. S. 93 XXIV. Hauptversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke, Bregenz. S. 94. / Statistik der Vereinigung der Deutschen Elektrizitätswerke für das Jahr 1926. S. 97. / RUNDSCHAU. S. 98.

Der Stromexport und seine Rechtsordnung.

Von Dr. Heinrich **Schreiber**, Wien.

Die Wege der Technik sind erforschlich. Das will besagen, daß es der Technik, ihrer Forschung und ihren Erkenntnissen gelingt, selbst aus verschlungenen und durch Dickicht verlegten Wegen ins Freie zu finden und an das Ziel zu gelangen. Als der alte Staat zerstückelt und zerrissen, die großen Kohlengruben ihm abgeteuft wurden, eine Kohlenarmut unversehens über das Rumpfgebiet hereinbrach, da schlug der Wasserbau und die Elektrotechnik mit dem Zauberstabe auf den Fels, aus dem das Naß der Wasserkräfte hervorquoll. Die schwarze Kohle wurde durch die weiße Kohle verdrängt und abgesetzt und die Zeit, in der um jede Tonne Steinkohle zur Feuerung der Kessel und zur Erzeugung der Dampfelektrizität gegeizt wurde, war vorüber und siegreich überwunden. Heute lebt und strebt die Kraftwirtschaft im Zeichen der Wasserelektrizität und die Nötigung, große Kohlenimporte für den Betrieb kalorischer Werke zu tätigen, ist merklich gewichen. Wo man noch auf mineralische Feuerung greifen muß, ist der Fremdkohle im Trocknungsverfahren für die heimischen Braunkohlen, wie es durch die Alpine Montangesellschaft erfolgreich eingeleitet und bereits geübt wird, eine namhafte Konkurrenz erwachsen, die den Bezug von ausländischem Feuerungsmaterial neuerdings fühlbar drosselt.

Dafür schwimmen wir sozusagen in Wasserstrom; schon jetzt liefern die Großwerke so viel hydroelektrische Kraft, daß nicht bloß der Inlandbedarf reichlich gedeckt werden kann, sondern in einzelnen Bundesländern und in ihren Wasserwerken noch ein solcher Stromüberschuß erübrigt, daß eine werktätige Kraftaushilfe an andere Bundesländer einsetzen und außerdem ein belangreicher Stromexport in ausländische Gebiete bewerkstelligt werden kann. Die Vorarlberger, Tiroler und Salzburger Kraftwerke haben die Stromausfuhr bereits aufgenommen und von den Nachbarn hat sich Deutschland (Bayern und Westfalen) Zuleitung von elektrischer Energie aus diesen Wassertriebwerken gesichert. Aus dem Staat, der auf die starke Einfuhr von schwarzer Kohle angewiesen war, ist ein Exportland für weiße Kohle geworden, das sich mit Recht auf diesen Wandel der Dinge zugute tun und mit Stolz sich seiner fortschreitenden Befreiung von fremder Abhängigkeit brüsten kann, die im Gegenteile in eine Abhängigkeit der Fremde von seiner Kraftkapazität umgeschlagen ist. Indessen nicht bloß die Errungenschaft der Stromausfuhr an sich ist die bemerkenswerte Tatsache, sondern das ihr innewohnende Kraftgefühl, daß die Kraftwirtschaft aktiv und potent ist, daß sie sich selbst decken und aus eigenem Born schöpfen und von ihrem Überflusse noch an andere Länder abgeben und sie daran teilnehmen lassen kann.

Das Ausland wirbt um unsere Energie; wir brauchen sie nicht erst anzubieten und anpreisend auf Kundensuche auszugehen. Der Absatz selbst klopft an und will beliefert werden, was natürlich zuvorkommend geschieht, besonders wo Handelsbeziehungen in Betracht kommen, die — wie jene mit dem Deutschen Reiche — dem Österreicher besonders nahe stehen. Der Stromanschluß zwischen Österreich und Deutschland ist vollbracht. Mit der elektrischen Energie hat unser Land einen Ausfuhrartikel gewonnen, der von auswärts begehrt ist. Der Reichtum an Wasserkräften, überlange brachgelegt, wird entsprechend genützt und angemessen verwertet, und was als Traum und Utopie gegolten hätte, ist zur Wirklichkeit geworden. Unsere Kraftwirtschaft hat sich zu einem Posten in der Handelsbilanz herausgearbeitet; ihr Aktivum stärkt die Aktivität der Zahlungsbilanz und die Regsamkeit des internationalen Güteraustausches und trägt dazu bei, daß die drückende Last der Kohlenimporte sich senkt und gemildert wird.

Noch ist der Prozeß, unter dem sich die Stromausfuhr abwickelt, nicht gründlich genug zu übersehen; noch schweben mancherlei Fragen und Belange, noch sind etliche damit zusammentreffende Probleme erst auf eine befriedigende Lösung angewiesen. Allein das Ereignis steht unumstößlich fest, daß die Energiewirtschaft es dank der Nutzbarmachung der Wasserkräfte dahin gebracht hat, im zwischenstaatlichen Verkehr eine beträchtliche Rolle zu spielen, daß sie stark und mächtig genug ist, auch das Ausland mit ihrer Erzeugung zu versorgen. Es steht fest, daß darin ein lebhafter Ansporn und Auftrieb gelegen ist, dem hydraulischen Elektrizitätswesen, das trotz anfänglicher Hintansetzung und späterer Mißgunst sich gleichwohl in den Vordergrund der heimischen Entwicklungsmöglichkeiten geschoben hat, jene Pflege und Förderung angedeihen zu lassen, die ihm als gewichtigen Produktionsfaktor von internationaler Spannweite gebührt. Sind wir auch nicht mehr imstande, mit der mineralischen Kohle Staat zu machen, so haben wir an der weißen Kohle der Natur ein Arbeitselement abgerungen, das in der Gütererzeugung den Wettkampf mit der schwarzen Kohle aufgenommen hat und ihn erfolg- und aussichtsreich besteht. Der Stromexport, den sich die weiße Kohle leisten kann, ist ein vollgültiger Beweis dafür, den die schwarze Kohle dort, wo sie zu Energie verfeuert wird, mindestens hierzulande noch schuldig geblieben ist.

Es ist nun klar, daß ohne eine rechtliche und zumal gesetzliche Regelung ein so gewichtiges Wirtschaftsproblem, wie es der Stromexport ist und das in vielfache Interessen der inländischen Arbeit einschneidet, nicht bleiben sollte. Bisnun freilich findet man in der Gesetzgebung hierüber nur flüchtige Spuren und Andeutungen. Das Elektrizitätswegegesetz vom Jahre 1922, welches als Hauptgesetz neben dem Leitungsrechte auch die rechtlichen Befugnisse der Stromlieferung überhaupt ordnet, ist dieser Frage aus dem Wege gegangen. Es ist dies umso bemerkenswerter, als die vorausgegangenen Gesetzentwürfe, die allerdings noch auf den alten Staat zurückreichen, die Materie bereits behandelt hatten. Dort war die Bestimmung vorgesehen,

Digitized by Google

daß die Leitung elektrischer Kraft nach dem Auslande einer staatlichen Bewilligung bedarf. Man hat also keineswegs etwa an ein striktes Ausfuhrverbot gedacht, doch sollte immerhin die Fortleitung der elektrischen Energie in das Ausland an eine behördliche Bewilligung gebunden sein, was nicht auffallen kann, als ja selbst die inländische Stromlieferung bekanntermaßen streng konzessionspflichtig ist. Mit der Bewilligung des Stromexportes war in erster Linie der Schutz und der Vorzug des inländischen Bedarfes vor dem fremden Bezuge beabsichtigt. Die heimische Stromquelle sollte nur dann in das Ausland fließen, wenn der inländische Bedarf ausreichend gedeckt ist. Indessen hat eine solche Bestimmung, wie erwähnt, im Elektrizitätsgesetze keine Aufnahme gefunden; es ist aber sicherlich anzunehmen, daß auch ohne eine solche ausdrückliche Norm die Fortleitung des Stromes aus dem Inlande in das Ausland ohne behördliche Intervention und Gutheißung nicht vor sich gehen darf, wie dies die Exportbefugnis der „Tiwag" und die Konzessionsbedingung für die Ennswasserkräfte klipp und klar bekundet.

Nur eine Art der Stromausfuhr und damit auch der Stromeinfuhr ist bisher gesetzlich statuiert. Sie betrifft die Fortsetzung der Stromlieferung zwischen den Nationalstaaten, die nach dem Zerfalle des alten Staates selbständig geworden sind und bis dahin durch eine Stromquelle gespeist wurden, welche durch die Neuregelung der Grenzen aus der staatlichen Zusammengehörigkeit gerissen wurde. Hier wird also der status quo aufrechterhalten, so daß sich die einander fremd gewordenen Versorgungsbereiche wie bisher aus der einheitlichen Stromerzeugung beliefern können. Es ist dies als Ausfluß des Friedensvertrages von St. Germain durch das Staatsgesetzblatt Nr. 203 ex 1920 kundgemacht worden.

Eine weitere Stufe zum rechtlichen Aufbau der zwischenstaatlichen Energieverteilung wurde durch die Weltkraftkonferenzen gelegt, die für den Freihandel im elektrischen Energieverkehre zwischen den Staaten eine Lanze gebrochen haben[1]).

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 864.

Diese Tendenzen erhielten ihren Niederschlag im Staatsübereinkommen, welches zwischen den Mitgliedern des Völkerbundes in Genf zustande gekommen ist und bei uns durch die Kundmachungen im BGBl. Nr. 54 und 55ex 1927 Rechtskraft erlangt haben[2]). Dieser Staatsvertrag regelt wohl nicht die Aus- und Einfuhr, wohl aber die Durchfuhr (die Durchleitung) des elektrischen Stromes durch das Gebiet der Vertragsstaaten, nebstdem auch die Regelung für die Nutzbarmachung von Wasserkräften, an welchen mehrere Staaten beteiligt sind. Die vertragschließenden Teile sichern sich damit das Wegerecht für die Leitungen ihrer staatszugehörigen Stromlieferungsunternehmungen zu, doch mit der Einschränkung, daß der Stromabsatz davon ausgenommen ist, der Handel in elektrischem Strom somit ausgeschaltet bleibt. Wenn es demnach auch zum Handel mit Strom (Zwischenhandel in Elektrizität) kommen soll, was mit dem Stromexport oder Import gemeiniglich bezweckt wird, dann bedarf es füglich zusätzlicher Verhandlungen und Bewilligungen von Staat zu Staat.

Damit wäre die gesetzliche Materie zunächst erschöpft; alles andere harrt noch der Kodifikation, die sich aber selbstverständlich nicht gerade auf die Ausfuhr des Stromes beschränken dürfte, sondern ebensowohl auf die Einfuhr erstrecken müßte; denn es liegt im Wesen jedes Exportes, daß er vice versa den Import in die Fremde in sich schließt, so daß sich der Verwertung des Stromes im Auslande nicht bloß die Genehmigung des Ausfuhrlandes, sondern auch die Zustimmung des Einfuhrlandes annehmen muß. Mit einem Worte, es wird ähnlich wie bei den Eisenbahnkonventionen daneben auch zu zwischenstaatlichen Elektrizitätskonventionen, welche mit dem Genfer Staatsvertrag ohnehin bereits angebahnt sind, kommen müssen, um auf den Kraft- und Sammelschienen den internationalen Transport des elektrischen Stromes in und außerhalb des Staatsgebietes technisch und wirtschaftlich zu ordnen.

[2]) Vgl. meinen Aufsatz über die „Konventionen in der internationalen Elektrizitätswirtschaft", Das Elektrizitätswerk 1927, Nr. 5, S. 41 ff.

XXIV. Hauptversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke, Bregenz.

In der Zeit vom 22. bis 25. September 1927 hielt der Verband der Elektrizitätswerke in Bregenz seine XXIV. Hauptversammlung ab.

Der Vorsitzende des Verbandes, Direktor Ingenieur Eugen Karel der Elektrizitätswerke Wien, begrüßte am Vorabend besonders den Vertreter der Vorarlberger Landesregierung, Landesstatthalter Dr. F. Redler, die Bürgermeister Dr. Ferdinand Kinz und Dr. H. Schmid, Ministerialrat Dr. Anton Riehl vom Bundesministerium für Handel und Verkehr, die Vertreter der Landesregierung Dr. Diesner, Dr. Lardscheider, Ing. Fritsch, Bürgermeister Gohm von Feldkirch, den Präsidenten Fritz Bösch der Handels- und Gewerbekammer von Vorarlberg, Ing. Fussenegger und Ing. Michalek für die Ingenieurkammer von Tirol und Vorarlberg, Baurat Ing. Krenner als Vertreter der Niederösterreichischen Ingenieurkammer und des Ingenieur- und Architektenvereines, Dr. Frisch vom Industriellenverband von Vorarlberg, Hofrat Ing. Eberl, Vorstand des Gewerbeinspektorates Bregenz, Ing. Schwärzler, Obmann der Landesfachgenossenschaft der Elektroinstallateure Vorarlbergs, Ministerialrat Dozent Ing. Nähr des Österr. Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamtes, Oberbaurat Dr. Boltzmann, für das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Präsident Ing. Kallir und Sekretär Oberbaurat Ing. Marx in Vertretung des Elektrotechnischen Vereines in Wien, Kommerzialrat Julius Rhomberg in Vertretung des Wasserwirtschaftsverbandes der Österr. Industrie, Ing. Futter für den Verband der Elektrizitätsindustrie Österreichs. Ganz besonders begrüßte der Vorsitzende die Vertreter auswertiger Verbände, wie die in Vertretung der Vereinigung der Elektrizitätswerke Berlin und deren Unterverbände erschienenen Herren Vorsitzender Direktor Ing. Lange, Verwaltungsrat Dr. Ing. Passavant, letzteren gleichzeitig als Vertreter des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, ferner Generaldirektor Dr. Ing. Bannwart, Direktor Coninx, Oberbaurat Dr. Ing. Menge, Direktor Monath, Ing. Niessl, Direktor Pirrung, Oberbaurat Zell, Direktor Dr. Ing. Adolph, Direktor Mayer, Direktor Anderl, Regierungsbaumeister Christaller, Direktor Plebst, Generaldirektor Frank, die Herren vom Verbande Schweizerischer Elektrizitätswerke Direktor Geiser, Direktor Saam, Direktor Ing. Knöpfel, Direktor Ing. Lorenz, Direktor Ing. Chuard und Sekretär Ganguillet, die Vertreter des Deutschen Verbandes der Elektrizitätswerke der Tschechoslowakei Vorsitzender Direktor Ing. Seifert, Professor Dr. Ing. Niethammer, Direktor Ing. Reiner, Direktor Peh, den Vertreter des Vereines Deutscher Ingenieure Ob. Ing. Maas,

Digitized by Google

Hofrat Professor Dr. Söpkesz der Technischen Hochschule Budapest, ferner die Vertreter der Fach- und Tagespresse.

In seiner Begrüßungsansprache führte der Vorsitzende aus, daß der Verband seine Tagung alljährlich in einem anderen für die Elektrizitätswirtschaft wichtigen Orte unseres Bundesstaates abhält, um einerseits den Verbandsmitgliedern die Möglichkeit zu geben, die Verhältnisse in den einzelnen Ländern kennen zu lernen, besonders neu entstandene Anlagen an Ort und Stelle zu besichtigen und neue Anregungen zu empfangen, sowie das Zusammengehörigkeitsgefühl zu stärken und überall für die vom Verbande angestrebten Ziele zu werben. Der Verband ist bestrebt, die wirtschaftlichen Kräfte Österreichs durch weitgehendste Intensivierung der Kraftwirtschaft in der Industrie, im Gewerbe, im Verkehrswesen, im Haushalte und der Landwirtschaft zu erhöhen, damit dieselbe im Wettkampf der Völker bestehen kann und dies soll vor Allem durch Heranziehung der heimischen Kräfte, besonders der Wasserkräfte erreicht werden. Auf diesem Gebiete sei in Vorarlberg Pionierarbeit geleistet worden und, wie die noch im Bau befindlichen Großwasserkraftwerke zeigen, schreite der Gedanke der Wasserwirtschaft weiterhin sieghaft fort. Es müsse aber auch anerkannt werden, daß der Verbrauch an elektrischer Energie auf den Kopf der Bevölkerung gerechnet in Vorarlberg den in anderen Bundesländern und auch in den Nachbarstaaten festgestellten bedeutend übersteigt; er beträgt mehr als 330 kWh auf den Kopf der Bevölkerung gerechnet.[1]) Mit Dankesworten an die Vertreter des Landes Vorarlbergs und der Stadt Bregenz schloß der Vorsitzende seine mit vielem Beifall aufgenommene Ansprache.

Dr. Riehl wies auf die Fragen hin, welche die Regierung in nächster Zeit in gesetzgeberischer Hinsicht beschäftigen werden. Präsident F. Bösch aus Dornbirn gab dem Wunsch der Kammer für Handel und Industrie, wie auch dem vom Verband der Industriellen Ausdruck, daß die Elektrizitätswerke ein Faktor werden mögen, der sowohl auf die Interessen seiner eigenen Betriebe bedacht ist, wie auch die hohe Aufgabe der volkswirtschaftlichen Förderung und Entwicklung im weitesten Maße erfüllt.

In seiner Begrüßung brachte Generaldirektor Lange, der Vorsitzende der Vereinigung der Elektrizitätswerke Deutschlands die Versammlung im Namen dieser Vereinigung, wie auch im Namen des Bayrischen und auch des Württembergschen Bezirksverbandes und gab der Versicherung Ausdruck, daß die Anregung zu einer engeren Zusammenarbeit der Vereinigungen freudig aufgenommen wurde. Direktor Ing. Kallir sprach im Namen des Elektrotechnischen Vereines in Wien, wie auch im Namen des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines und dankte dem Verbande der Elektrizitätswerke für die tatkräftige und wirksame Unterstützung bei seiner Arbeit in der Schaffung von Vorschriften, Leitsätzen und Normalien; wenn diese Arbeiten zu einem gedeihlichen Ende gelangt sind, so sei das nicht zum geringsten Teil darauf zurückzuführen, daß dem Verein Anregungen und Winke zugekommen sind, wie diese Vorschriften und Arbeiten durchzuführen sind; er hoffe, daß diese Art Verbundwirtschaft weiter bestehen werde und daß die gegenseitige Förderung zu einem ersprießlichen Ziele führe. Den Schluß der Ansprachen bildeten Begrüßungsreden der Vertreter der befreundeten Verbände der Elektrizitätswerke und der Elektroinstallateure Vorarlbergs.

Der nächste Tag war den eigentlichen Verhandlungsgegenständen, sowie den Vorträgen und Diskussionen gewidmet.

Der Vorsitzende Direktor Ing. Karel eröffnete die Versammlung mit einer Ansprache, in welcher er die Aufgaben des Verbandes der Elektrizitätswerke aufzählte.

Hierauf erstattete Direktor Ing. Beron sein Referat über die „Stromversorgung im Haushalte", an welches er, infolge dienstlicher Verhinderung des Herrn Direktor Ernst, Ausführungen über „Haushaltungstarife" anschloß; der Vortrag soll später in der Zeitschrift veröffentlicht werden.

Direktor Karel berichtete sodann über die Weltkraftkonferenz, ihre Ziele, sowie die Organisation derselben und des österreichischen Nationalkomitees.

Direktor Ing. Kvetensky, Linz, erstattete sodann ein Referat über „Sachversicherungen in Elektrizitätswerken", dem nachstehend das Wesentlichste entnommen ist.

Unter Sachversicherung ist die Versicherung der mit den Sachen und dem Betrieb eines Elektrizitätswerkes zusammenhängenden Verpflichtungen, nicht aber die Sozialversicherung der Angestellten und Arbeiter zu verstehen. Die Selbstversicherung durch Ansammlung von Rücklagen vermag nur jene Schäden auszugleichen, welche durch den normalen Verschleiß, dem normalen natürlichen Gang der Dinge gemäß entstehen, nicht aber, oder wenigstens doch nicht regelmäßig, den Katastrophenschaden zu decken. Auch können Versicherungsprämien als Ausgabenpost gebucht werden, während Rückstellungen für die gleichen Zwecke oft nicht als steuerfreie Abzugspost in dem entsprechenden Ausmaße angesehen werden. Gegen Brandschaden werden Feuerversicherungen abgeschlossen. Wichtig ist hiebei die richtige Bemessung der Anlagekosten, zweckmäßig ist es auch, den Versicherungsbetrag jährlich richtig zu stellen, um nach einem Brande vollen Ersatz des neuherzustellenden Objektes zu erhalten, denn die Versicherungsgesellschaften nehmen bei der Ermittlung eines Schadensfalles eine Abnutzungsquote an, auch wenn die volle Prämie geleistet wurde. Da bei Werken mit mehreren Zentralen und Unterstationen bei einem Brande nur eines, bezw. nicht alle Objekte gleichzeitig gefährdet sind, kommt für diese Werke aus Ersparungsrücksichten die sogenannte Premier-risque-Versicherung auf 40 bis 60 vH der gesamten Werte in Betracht. Ähnliches gilt auch für die Versicherung der Zähler und der Transformatorenanlagen, die normal nicht möglich ist, weil eine Vollversicherung zu hoch käme. Freileitungen werden gewöhnlich nicht gegen Brandschaden versichert, weil hier nur an einem ganz kleinen Teile ein solcher Schaden auftreten kann. Wichtig ist hingegen die Versicherung der Reservelager, sowie der Ölreinigungs- und Ölprüfeinrichtungen. Schaden durch Blitzschlag ist in der normalen Feuerversicherung eingeschlossen, wenn die Ein- und Austrittsstelle des Blitzes nachgewiesen werden kann. Da dieser Nachweis oft unmöglich ist, empfiehlt sich eine Zusatzversicherung gegen Kurzschluß und indirekten Blitzschlag, gegebenenfalls als Premier-risque-Versicherung. Die maschinellen Einrichtungen eines Werkes und der Unterwerke können gegen Schäden, die aus inneren Ursachen entstehen (Turbinenschaufelbruch, Materialfehler usw.) oder aber durch Betriebsunfälle, Elementarereignisse u. a. m. durch die Maschinenbruchversicherung versichert werden, welche den Ersatz der Reparaturkosten, bezw. bei vollständiger Zerstörung den Ersatz des Wertes der versicherten Sachen umfaßt. Da auch hiebei der Schaden gewöhnlich nur nach dem Zeitwerte der versicherten Sache am Tage des Schadens bemessen wird, ist auch in diesem Falle zweckmäßig eine besondere Vereinbarung zu treffen, um voll gedeckt zu sein. Falls der Kurzschluß-, Blitzschlag- und Überspannungsschaden nicht in die Feuerversicherung einbezogen ist, ist er durch eine Zusatzversicherung der Maschinenbruchversicherung anzugliedern. Gegen Verlust von Betriebseinnahmen bei Stillegung ganzer Werke oder einzelner Teile, gewöhnlich nur infolge Brand, Explosion, Blitzschlag und Kurzschluß, nicht aber bei Maschinenbruch, kann eine Betriebsstillstandsversicherung eingegangen werden. Es wird sich bei Elektrizitätswerken immer empfehlen, die vollen Einnahmen zu versichern. Von Einfluß auf diese Versicherung wird wohl auch die immer mehr um sich greifende Verbundwirtschaft der Werke sein, da durch

[1]) Vgl. A. Fürst, E. u. M. 1927, Heft 39, S. 774.

Digitized by Google

sie Störungen auf ein Mindestmaß eingeschränkt werden. Wenn auch bei Elektrizitätswerken die Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, daß fremde Personen mit deren Anlagen in Berührung kommen, so ist doch der Abschluß einer Haftpflichtversicherung zu empfehlen. Von besonderer Bedeutung ist hier der Erdschlußstrom, der besonders bei größeren Anlagen die Ursache einer Schädigung von Menschen und Tieren sein kann. Die Haftpflichtversicherung ist auch wichtig bei durch Unfälle erlittenen Schäden der Angestellten und Arbeiter, weil die Elektrizitätswerke auch dem gesetzlichen Rückgriffsrechte der Arbeiterunfallversicherungsgesellschaften für die von ihnen geleisteten Renten und Abfertigungen ausgesetzt sind. In die Haftpflichtversicherung sollen auch die Risken der Nebenanlagen, für den Betrieb von Kraftwagen, Pferdefuhrwerken, Werksbahnen, Entladevorrichtungen usw. eingeschlossen werden. Bei größeren Transporten für Neueinrichtungen werden Transportversicherungen und damit zusammenhängende Haftpflicht- und Feuerversicherungen abgeschlossen. An weiteren kleineren Versicherungen sind noch jene gegen Einbruch, gegen Kassen- und Kassenboten-Beraubung usw. zu erwähnen. Ein vollständig neuer Zweig ist die Werkserhaltungs- (Sachlebens-) Versicherung, die von der Hauslebens-Versicherungs-A. G., Berlin, aufgenommen wurde. Es handelt sich dabei um den Schutz gegen unvorhergesehene wirtschaftliche Katastrophen. Neben anderen Risken bietet diese Versicherung auch Schutz gegen die durch Abnutzung und Entwertung eintretenden Schäden, sie dient also auch zur Erhaltung der Werkssubstanz. Zu ihren Gebiete gehören die Maschinen, die Gebäude, das Mobiliar, die Leitungsmaste und die Fahrzeuge. Durch eine solche Versicherung können also die Rücklagen und Abschreibungen entbehrlich gemacht werden. Bemerkenswert ist, daß die Polizzen für diese Versicherung beleihungsfähig sind. Man kann also über diese Rücklage wie über die normalen Erneuerungsrücklagen bei Selbstversicherung auch während des Geschäftsbetriebes verfügen. Zu erwägen wäre, ob dieser Versicherungszweig nicht auch durch den Zusammenschluß der größeren Betriebsgesellschaften ins Leben gerufen werden könnte. Eine solche Vereinigung könnte auch die Kreditversicherung pflegen, die bisher noch nicht organisiert wurde. Zur Beratung in allen Zweigen des Versicherungswesens und zur Wahrung der Interessen seiner Mitglieder sollte, wie der Vortragende vorschlug, der Verband der Elektrizitätswerke eine Vereinbarung mit einem bezüglichen Unternehmen treffen oder eine eigene Organisation in seinem Sekretariate schaffen, die auch zur Prüfung der Frage der Selbstversicherung der Elektrizitätswerke berufen wäre.

Herr A. Zwiesele von der Vorarlberger Kraftwerk Ges. m. b. H. hielt hierauf einen Vortrag „Über die Verwendung von Buchhaltungs- und Stromverrechnungsmaschinen in Elektrizitätswerken". In dem Vortrag wird hervorgehoben, daß zwar über die Notwendigkeit der Mechanisierung der kaufmännischen Arbeit in Elektrizitätswerken kein Zweifel mehr bestehe, wohl aber noch eine gewisse Unsicherheit über die Arbeitsmethoden und die zu verwendeten Maschinensysteme herrsche. Für die Stromverrechnung werden Schreibmaschinen mit Rechenmechanismus am häufigsten benutzt. Bei den Vorarlberger Kraftwerken werden die Stromrechnungen unmittelbar vom Originalzählerableseblatt und einer Verrechnungsstammkarte in die Maschine geschrieben oder diktiert. Die Wahl der Maschine richtet sich in erster Linie nach dem Verrechnungssystem. Für kleinere Werke genügt bereits eine gewöhnliche Schreibmaschine mit doppelt breitem Wagen, wobei die Stromverrechnungen, die Inkasso- und die Buchungsliste in einem Arbeitsgang mittels Durchschlag hergestellt und nur die Additionen gesondert gemacht werden. Werke mit größerer Abnehmerzahl verwenden Maschinen mit vollständiger Recheneinrichtung, am besten solche, die den vollen Text schreiben, wagrecht und senkrecht addieren und subtrahieren können, und mit einer Anzahl verstellbarer Zählwerke für die einzelnen Spalten (Licht, Kraft, Heizstrom, Zählermiete usw.) ausgerüstet sind. Als bewährte Bauarten solcher Maschinen sind die Remington- und die Smith Bros-Accounting Maschinen, die Mercedes- und die Urania-Vega-Buchhaltungsmaschinen, sowie die flachschreibende Ellioth-Fisher Buchhaltungsmaschine zu erwähnen, die in der Mehrzahl auch mit elektrischem Antriebe versehen werden können. Werden für Licht, Kraft usw. getrennte Rechnungen ausgestellt, so kommen auch die textschreibende und rechnende Underwood-Maschine, sowie die nicht textschreibenden Fakturierungsmaschinen (Burrough, Continental u. a.) in Betracht, wobei aber die Adressen mittels Adressiermaschinen gesondert hergestellt werden müssen. In der Buchhaltung genügt für kleinere Werke bereits eine gewöhnliche Schreibmaschine mit breitem Wagen und mit Billingvorrichtung, wobei nach Art der gewöhnlichen Durchschreibbuchhaltungen mit dünnen Kartenblättern gearbeitet wird. Größere Werke werden dagegen eine textschreibende, wagrecht und senkrecht rechnende Buchhaltungsmaschine mit aufsteckbaren Zählwerken für die fortlaufende Registrierung der einzelnen Spalten anschaffen. Die maschinelle Buchhaltung ist eine Durchschreibebuchhaltung mit Kartensystem, wobei jede Buchhaltung unmittelbar auf die betreffende Kontokarte geschrieben wird und die Journale lediglich als Durchschlag mitgeschrieben werden. Da die gleichartigen Buchungen bei Verwendung von aufsteckbaren Zählwerken selbsttätig fortlaufend addiert werden, kann zu jedem Zeitpunkte sofort eine Bilanz aufgestellt werden und ist es auch leicht möglich, neben den Karten noch ein festgebundenes Hauptbuch zu führen, in dem die eigentliche Hauptbilanz jederzeit festgehalten ist. Bei Verwendung von festen Karten, die nach jeder Buchung gewechselt werden müssen, ist die flachschreibende Ellioth-Fisher Maschine den Walzenmaschinen vorzuziehen. Bei letzteren, die geringere Anschaffungskosten verursachen und auch leichter zu bedienen sind, sollen möglichst dünne biegsame Karten und eine sogenannte Billingvorrichtung zum Festhalten der Journale während des Kartenwechsels verwendet werden. Sehr vorteilhaft werden schließlich auch die angeführten Maschinen in der Lohnverrechnung angewendet, weil diese gerade in Elektrizitätswerken sehr verwickelt ist. Abgesehen von der Multiplikation der Arbeitsstunden mit dem Stundenlohn, die gegebenenfalls mit einer Multiplikationsmaschine oder mit Hilfe von Tabellen gemacht wird, kann die ganze Berechnung des Reineinkommens auf der Maschine gemacht werden. Bei den Vorarlberger Kraftwerken sind drei Remington-Gross-Accounting-Maschinen für die Stromverrechnung und zwei flachschreibende Ellioth-Fisher-Maschinen für die Buchhaltung und die Lohnverrechnung in Verwendung, die sich bisher bestens bewährt haben.

Der Nachmittag war dem geschäftlichen Teile der Tagung gewidmet.

Nach Abschluß der Verhandlungen wurde das Kraftwerk Rieden der Vorarlberger Kraftwerke besichtigt, wo Herr Direktor Ing. Semler die Führung übernahm. Anschließend daran hielt er einen Vortrag über die „Schutzeinrichtungen der Krafterzeugungs- und Verteilungsanlagen der Vorarlberger Kraftwerke", der ebenfalls später in der Zeitschrift zur Veröffentlichung gelangen soll.

Am 24. September wurde vormittags die Hauptversammlung der Einkaufsgenossenschaft des Verbandes der Elektrizitätswerke abgehalten. Hierauf wurde mit Separatdampfer die Fahrt nach Friedrichshafen angetreten und die Zeppelinwerft besichtigt, wobei Gelegenheit geboten war, den im Bau befindlichen größten Zeppelin von 105 000 m³ Inhalt in Augenschein zu nehmen.

Am 25. September fand eine Besichtigung des Gampadelswerkes und des Spullerseewerkes statt.

H.

Digitized by Google

Statistik der Vereinigung der Deutschen Elektrizitätswerke für das Jahr 1926[1]).

Die kürzlich erschienene „Statistik" umfaßt alle in der Vereinigung zusammengefaßten Elektrizitätswerke, die ungefähr 95 vH der in öffentlichen Werken erzeugten Arbeit liefern (die in den Eigenanlagen erzeugte Menge wird auf mindestens dieselbe Höhe bis auf ein Mehrfaches derselben geschätzt), sowie die der Vereinigung angeschlossenen ausländischen Werke. Demgemäß zerfällt das Werk in zwei Abteilungen: die der deutschen und der auswärtigen Werke. Jede der beiden Abteilungen ist in fünf Gruppen nach der erzeugten Menge unterteilt, im Gegensatz zu der auf die eingerichtete Leistung aufgebauten österreichischen Statistik. Gruppe I umfaßt die Werke mit über 100 Mill. kWh pro Jahr, II die mit 25 bis 100 Mill. kWh, III die mit 5 bis 25 Mill. kWh, IV die mit 2 bis 5 Mill. kWh und V die mit einer unter 2 Mill. kWh liegenden Erzeugung. Jede Abteilung hat 4 Abschnitte. Der erste beinhaltet Allgemeines und zwar: Firma, Art des Besitzes (öffentlich, privat, gemischtwirtschaftlich), die Stromerzeugungsanlage, beschrieben nach Betriebskraft und Leistungsfähigkeit, die gleichzeitig vorgekommene Höchstlast während einer viertel und halben Stunde, die Stromart und Spannung der Erzeugung, der Fortleitung und des Verbrauches (Nulleiter), den Strombezug aus fremden Werken nach Stromart, Spannung und bedungener Höchstleistung und die nutzbar abgegebene Arbeit einschließlich der öffentlichen Beleuchtung. Abschnitt 2 enthält die Betriebsmittel und umfaßt die Dampfkessel- und Feuerungsbauart, Kesseldruck und -zahl, Heizfläche sowie die wichtigsten Angaben bei gasgetriebenen Anlagen und bei Wasserkraftanlagen. Bei letzteren ist angeführt, ob Lauf- oder Speicherwerk, das Gefälle und Leistung. Dann folgen die Antriebsmaschinen nach Art und Leistung, die Stromerzeuger nach Stromart und Leistung, Größe der Akkumulatoren, Höhe der zugeführten Fremdleistung und Art ihrer Zuführung: über Transformatoren, Umformer usw., sodann die Länge und Spannung der Kabel und Freileitungsstrecken. Abschnitt 3 gibt ein Bild über die Erzeugung, Bezug und Abgabe und umfaßt die eigene Erzeugung, den Fremdbezug, den Eigenverbrauch, die Akkumulatorenleistung in vH des gesamten Gleichstromverbrauches. Es wird weiters das mittelbare Versorgungsgebiet gekennzeichnet durch Angabe der Zahl der Orte, Bevölkerungszahl und Höhe der Stromabgabe, das unmittelbare Versorgungsgebiet durch Einwohnerzahl, Flächeninhalt, Zahl der angeschlossenen und vorhandenen Haushaltungen und Gewerbebetriebe, weiters die Anzahl der Verbraucher, ihr Anschlußwert und ihr Verbrauch, gesondert nach Industrie, Kleinverbraucher in Städten und dem Lande, öffentliche Beleuchtung und Bahnen und schließlich die Übertragungsverluste. Abschnitt IV bringt schließlich eine Zusammenstellung. Es werden angegeben die Benutzungsdauer der Höchstleistung, die Höchstleistung in vH des Anschlußwertes, der Anteil der eigenen Erzeugung an der gesamten Stromlieferung, die gesamten und die Verteilungsverluste

Tafel I.

Stadt	Gesamterzeugung einschl. Fremdbezug Mill. kWh	Eigenerzeugung in vH der Gesamterzeugung	Benutzungsdauer der Höchstbelastung h	Höchstbelastung kW	Gesamtverluste in vH	Verbrauch in kWh je Einwohner ohne Industrieverbrauch	Verbrauch in kWh je Einwohner einschl. Industrieverbrauch kWh	Verhältnis der angeschlossenen zu den vorhandenen Haush. i. vH	Benützungsdauer der Kleinverbraucher in h	Benützungsdauer der Industrieverbraucher in h
Berlin Bewag	866	47	2800	310 000	17·3	117	193	25	600	1300
Berlin Bewag	866									
Wilmersdorf	78									
Spandau	80									
Hochbahn	57									
	1081									
Hamburg	280 (einschl. Hochbahn 310)	96	2700	102 000	17·6	55	178	—	315	1900
									gemeinsam	
Köln	168	6	3000	56 000	12·2	—	211	62	672	
München	168	76	3000	56 000	22·4	98	172	—	540	900
Leipzig	95	32	2400	40 000	17·0	56	124	44	330	770
Dresden	104	33	2900	36 000	12·8	36	138	—	—	—
Breslau	70	88	2400	29 000	18·5	42	88	31	380	1100
Frankfurt a. M.	81	76	2300	35 000	18·2	57	139	51	340	—
Düsseldorf	90	100	2900	31 000	12·8	44	179	—	—	—

Tafel II.

Gedpur	Benützungsdauer in Stunden: Durchschn.-Wert	Mindestwert	Höchstwert	Nächst niedere bemerkenswerte Werte
I	3600	2500	6300 Wasserkraftwerk Rheinfelden	4200 Lechwerke 3600—4100 Zechenwerke 3500 Dampf-Großkraftwerk Mannheim
II	3150	1500	6300 Bergwerkszentralen	5200—6300 Zechenwerke 4200—4300 Überlandzentr. mit Fremdbezug 3900 Dampfkraftwerk Rheinau bei Mannheim
III	2900	1500	6600 Wasserkraftwerk Mainaschaff	5000—6200 Zechenzentr. 4200 Überlandzentralen mit Fremdbezug 3900 Dampfkraftw. Tilsit
IV	2610	1400	5000 Sonthofen mit Wasser-, Dampf- und Dieselbetrieb	—
V	1920	1200	5300 Überlandzentrale mit Fremdbezug	3400—3700 Überlandzentr. mit Fremdbezug 2700 Anlagen m. Dampf- und Wasserkraft

[1]) Herausgegeben von der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. Berlin, SW 48, Wilhelmstraße 37, 637 S., geb. 45·— Mk.

Digitized by Google

in vH, die durchschnittliche Benutzungsdauer des Anschlusses der einzelnen Verbrauchergruppen, die je Einwohner und km² des Versorgungsgebietes abgegebene Leistung mit und ohne Industrieverbrauch, desgleichen die Anzahl der je km² entfallenen Angehörigen der einzelnen Verbrauchergruppen, Verhältnis der angeschlossenen zu den gesamt vorhandenen Haushaltungen und Gewerbebetrieben und schließlich eine leider nur ziemlich mangelhafte Spalte: Jährliche Stromeinnahmen geteilt durch das Anlagekapital. Zum Schluß ist eine Karte der Bezirksverbände beigeheftet.

Der Wirtschaftler vermißt die in der österreichischen Statistik wenigstens teilweise gebrachte Übersicht über die Formen der Stromtarife und Höhe der Strompreise, namentlich in Bezug auf die Feststellung, ob Grund-, kWh- oder Pauschaltarif.

Man kann sich vorstellen, welche ungeheure Fülle von Stoff in dem Werke enthalten ist, zumal die Angaben von dem weitaus überwiegenden Teil der Mitglieder in anerkennenswerter Vollständigkeit und Offenheit gemacht worden sind. Die Auswertung derselben, im Vergleich mit jenen der Vorjahre, könnte sehr wohl einen Aufschluß geben über die Entwicklung und Richtung der deutschen Elektrizitätswirtschaft. Hier seien nur einige der bemerkenswertesten Angaben wiedergegeben.

Im Allgemeinen läßt sich eine leichte Überlegenheit der Braunkohle über die an zweiter Stelle folgende Steinkohle feststellen, die Erzeugung durch Generatorgas und Leuchtgasmaschinen und von Dieselmotoren verschwindet dagegen. Die für die Elektrizitätswirtschaft wichtigsten Daten der zehn größten Städte sind in der Tafel I gegeben. Bei den Städten über 200 000 Einwohner schwankt das Verhältnis zwischen angeschlossenen und vorhandenen Haushalten zwischen 25 vH (Berlin) und 99 vH (Kiel). Die Angaben von Berlin, Hamburg, München und Dresden fehlen leider. Ein Durchschnittswert der Mitglieder der Gruppen I und II gibt, da diese Werke, soweit sie nicht städtische Unternehmungen sind, zum großen Teil an Wiederverkäufer abgeben, kein richtiges Bild von der Versorgungstätigkeit dieser Gesellschaften in Bezug auf den Haushalt. Von den Werken der Gruppe III und IV versorgt rund die Hälfte bis zu 70 vH, der Rest bis zu 100 vH der vorhandenen Haushaltungen, für die Gruppe V stellt sich das Verhältnis der versorgten Wohnungen noch bedeutend günstiger. Der Satz der 90 bis 100 vH der Wohnungen versorgenden Werken stellt sich in den Gruppen III, IV und V auf 17, 22 und 33 vH. Die Benützungsdauer der Höchstleistungen schwankt in den großen Städten über 200 000 Einwohner zwischen 2300 und 3300 Stunden (Mannheim) mit 2900 Stunden als beiläufigen Mittelwert. Der Anteil der Eigenerzeugung an der Gesamtlieferung liegt im allgemeinen zwischen 33 und 100 vH. Nur zwei Städte sind ausschließlich auf Fremdstrombezug angewiesen. Der je Einwohner ohne Berücksichtigung der Industrie entfallende Verbrauch liegt zwischen 28 kWh/Jahr (Duisburg) und 117 kWh/Jahr (Berlin), mit Einrechnung des industriellen Verbrauches sind die Zahlen 104 kWh (Königsberg) und 242 kWh (Duisburg). Für die Städte zwischen 100 000 und 200 000 ergeben sich im Allgemeinen geringere Verbrauchszahlen. Die Anschlußdauer der Kleinverbraucher schwankt zwischen 210 h (Duisburg) und 600 h (Berlin). Die Benutzungszahlen der Höchstbelastung sind aus der Tafel II zu ersehen. Sie zeigt, daß die Wasserkraftwerke, die Zentralen mit hauptsächlichem Zechenbetrieb und die Überlandzentralen mit ausschließlichem oder überwiegendem Fremdstrombezug die weitaus höchsten Benutzungszahlen aufweisen. Schließlich ist der Statistik zu entnehmen, daß die Überlandzentralen mit reinem Fremdbezug namentlich in Gruppe IV und V ziemlich stark vertreten sind, was auch auf eine weitgehende Kupplung der Werke hinweist.

V. Horwatitsch.

Rundschau.

Die Fortschritte der Wasserkraftnutzung in Italien im Jahre 1926 werden von A. Rampazzi wie folgt angegeben. An im Bau begriffenen Kraftwerken finden sich in

	Anzahl d. Werke	PS
Piemont	10	114 230
Lombardei	6	109 443
Venezien	9	60 891
Toscana	1	1 798
Umbrien	1	304
Marken	2	15 168
Abruzzen und Molise	1	353
Kampanien	1	320
Kalabrien	1	4 124
Summe	32	306 631

Hievon entfallen auf Norditalien 284 000 PS oder 93 vH, auf Mittelitalien 17 500 PS oder 5·5 vH, auf Süditalien 4500 PS oder 1·5 vH. An größeren Kraftwerksbauten sind zu erwähnen Botteggi an der Anza mit 9178 PS, Sottofrua an der Toggia mit 5414 PS, Isolaz am Evançon mit 45 000 PS, Pontey an der Dorabaltea mit 28 024 PS, Gaiera an der Stura di Viu mit 17 600 PS, Bordogna am Brembo mit 28 000 PS, Brescia am Oglio mit 49 250 PS, Campellio am Remulo mit 20 779 PS, Piateda am Serio mit 9593 PS, Prati am Trento mit 23 058 PS, Careser am Trento mit 8066 PS, Cogolo am Trento mit 13 520 PS, Marco am Trento mit 12 115 PS, Ponte di Chiusita an der Macerata mit 14 848 PS. β

(Annali dei lavori publici, Bd. 55, Nr. 4, 1927.)

Die DEW-Elektrodroschke in technischer und wirtschaftlicher Beziehung. C. Kiesel, Berlin. Über den Bau der neuen Berliner Elektrodroschke, die als zweisitziger Personenwagen mit Platz für kleines Gepäck oder als Lieferwagen mit 1·5 × 1·15 m Ladefläche gebaut wird, ist an anderer Stelle bereits berichtet worden[1]). In Berlin, wo man sich zur Anschaffung von 500 Stück dieser Type entschlossen hat, liefen binnen einem halben Jahr bereits 100, welche sich neben den bisherigen zirka 8000 Droschken wegen des niedrigen Tarifes und der angenehmen Fahrt großer Beliebtheit erfreuen. Man ist daher bereits in der Lage, sich über die Wirtschaftlichkeit ein Bild zu machen. Hiefür werden als von großem Einfluß die möglichste Konzentrierung des Betriebes in einer Hand angegeben. Abgesehen davon, daß sich hiebei die Regieführung ganz allgemein verbilligt, ist es hier bei der Abhängigkeit von dem die Ladestationen speisenden Elektrizitätswerk wichtig, daß ein Großunternehmen alle zur Konzessionserwerbung und Einbürgerung des neuen Systems nötigen Schritte tut. Da außerdem im Droschkengeschäft mit Wechseln von 18 bis 24 Monaten Laufzeit gearbeitet zu werden pflegt, wird ein Großunternehmen oder eine Genossenschaft den Lieferfirmen bessere Sicherheit für das zunächst in das Unternehmen zu steckende Kapital bieten als eine Reihe kleiner Einzelunternehmer. Weiters ist das Interesse von Bedeutung, das das Elektrizitätswerk der Frage der Ladestationen und dem Strompreis entgegenbringt. Daß dieses vorhanden sein sollte, zeigt die Überlegung, daß 100 Droschken jährlich etwa 1 Mill. kWh verbrauchen und das zu Zeiten, welche dem Werk für Abgaben sehr erwünscht sind. Die Entscheidung, ob zentrale oder periphere Errichtung der Ladestationen günstiger ist, läßt sich allgemein nicht entscheiden. Die Verbindung mit der Garage ist jedenfalls anstrebenswert. Der Anschlußwert wird 2 kW pro Wagen betragen und werden die Kosten einer Ladestelle für 50 Wagen etwa Mk. 25 000 betragen. Die

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 327.

Digitized by Google

Akkumulatorenfabriks A.-G. (AFA) unterhält in mehreren Großstädten Deutschlands bereits eine Organisation von Lade- und Reparaturstellen für Batterien.

Wenn für Elektrodroschken günstige Erträgnisse zu erwarten sind, so hat dies in der geringen Zahl von Reparaturtagen seinen guten Grund. Nach Angaben einer führenden deutschen Droschkenzeitschrift aus dem Anfang dieses Jahres hatte eine in gutem Zustand befindliche Benzindroschke in Berlin von 272 Tagen 28 Reparaturtage, wobei sie auf das Jahr bezogen 1/8 der Zeit außer Betrieb war. Nach siebenmonatlichem Betrieb ist mit einer größeren und nach 1 Jahr mit einer Grundreparatur zu rechnen. Bei der DEW-Droschke ist der Motor praktisch unverwüstbar. Seine Auswechslung erfordert 2 bis 3 Stunden, die einer Achse 1/2 bis 1 Stunde. Die Batterie ist mittels Kran in 1 bis 2 Minuten ausgetauscht. Reparaturen an dem aus mit Messingblech überzogenem Sperrholz hergestellten Wagenkasten sind erfahrungsgemäß rasch erledigt, die vollständige Neulackierung in einem Tage beendigt.

Um der im Auszug folgenden Wirtschaftlichkeitsberechnung die einer solchen anhaftenden Willkürlichkeiten zu nehmen, wurde sie unter Benutzung der Erfahrungen großer Elektrodroschken-Unternehmungen Deutschlands aufgestellt und überprüft.

1. Anschaffungskosten: 1 Wagen mit fünffacher Bereifung ohne Batterie etwa 4500 Mk. zwei Batterien zusammen 1100 Mk., Ladestelle für 50 Wagen 25 000 Mk.

2. Berechnungsgrundlagen. Bei einem Tarif von 35 Pf. für die ersten 400 m und 5 Pf. für jede weiteren 150 m sei die Einnahme/km 35 Pf. im Mittel. Der Fahrerlohn sei 30 vH der Einnahme und die Leerkilometer 30 vH der Gesamtstrecke. Damit ergibt sich eine Brutto-Einnahme (ohne Abzug des Fahrerlohnes)

für	40 000	50 000	60 000	**km/Jahresleistung**
von	9 800	12 250	14 700	**RM.**

3. Die Betriebskosten sind 13·72, 12·85 und 12·16 Pf./km.

Hiebei ist angenommen, daß mit Leihbatterien gefahren wird, deren Ladung und Instandhaltung von der AFA für 20 Mk. pro Batterie und Monat und 7 Pf./km übernommen wird. In diesem Falle sind für 50 000 km die Betriebskosten rund 6500 Mk. Mit eigenen Batterien vermindern sie sich auf rund 5100 Mk./Jahr. Dagegen hat das Unternehmen für Neubeschaffung und das Risiko der Instandhaltung zu sorgen, so daß das System der Leihbatterie die Sicherheit in der Vorausbestimmung des Erfolges erhöht. Auf dieser Grundlage ergeben sich die

4. Abschreibung und Verzinsung und eventuell, wenn man trotz der längeren Lebensdauer (es laufen in Berlin Elektrodroschken, die 25 Jahre alt sind) wie beim Benzinwagen mit 25 vH rechnet:

Abschreibung: 25 vH vom Wagenpreis ohne Batterie und Bereifung (rd. 4140 M)	**1035·—**
Verzinsung: 6 vH des halben Wagenpreises . .	**135·—**
	1170 M

Bei 50 000 Jahres-km erhält man somit den Reingewinn zu:

Jahreseinnahmen	**12 250·—**	
ab 30 vH Fahrerlohn	**3 675·—**	**8 575·—**
Betriebskosten	**6 500·—**	
Abschreibung samt Verzinsung . .	**1 170·—**	**7 670·—**
		905 M.

Dabei ist der Wagen nach 4 Jahren abgeschrieben.

Wl.

(Elektrizitätswirtschaft, Nr. 439, Aug. 1927.)

Statistik der Elektrizitätswerke Rumäniens, 1926. Die letzte Statistik[1]) enthält 146 elektrische Kraftanlagen, also um 12 Anlagen mehr als die des Jahres 1925[2]). Es sind in dieser Statistik auch die technischen Ergebnisse mehrerer Kraftanlagen Rumäniens angegeben.

Unternehmungen im Betrieb.

Von den 146 Unternehmungen befinden sich im Betrieb:

31 Anlagen, betrieben meistens durch Wasserkraft, die zirka 21 vH der sämtlichen Anlagen darstellen.

4 Anlagen, betrieben meistens durch Dampfkraft, die 28 vH der sämtlichen Anlagen darstellen.

71 Anlagen, betrieben mit Verbrennungs-Kraftmotoren, die 5 vH der sämtlichen Anlagen darstellen.

Nach dem verwendeten Strom werden sie geteilt in:

86 Gleichstromanlagen mit einer gemeinsamen Leistung von 26 500 kW.

3 Einphasenstromanlagen mit einer gemeinsamen Leistung von 5200 kW.

2 Zweiphasenstromanlagen mit einer installierten Leistung von 10 000 kW.

55 Drehstromanlagen von 132 600 kW Leistung.

Die 146 Kraftwerke haben eine Kapazität von 174 300 kW, was auf 17·5 Mill. Einwohner Rumäniens verteilt, je 10 W pro Einwohner ergibt.

Erzeugte Energiemenge.

Was die im Jahre 1926 erzeugte Energiemenge anbelangt, wird bemerkt, daß die industriellen Unternehmungen eine Erzeugung von 203 Mill. kWh verbraucht, dagegen die elektrischen Kraftanlagen 206 Mill. kWh geliefert haben. Laut der Statistik wurden also im ganzen 409 Mill. kWh erzeugt. Wenn man noch 21 Mill. kWh, die von unbekannten Kraftwerken erzeugt worden sind, hinzufügt, ergibt sich im ganzen eine Erzeugung von zirka 430 Mill. kWh. Somit entfällt ein jährlicher Verbrauch von 25 kWh pro Einwohner.

Was die Verbreitung der Elektrizität im Lande anbetrifft, beweist uns die Statistik, daß Bezirke mit einer Bevölkerung von 3·8 Mill. Einwohner, mit Strom gespeist sind, also zirka 22 vH der ganzen Bevölkerung Rumäniens.

Verbrauch in verschiedenen Gegenden.

Im folgenden sind einige Gegenden mit einem größeren Verbrauch angegeben. Es wurde geliefert:

Für Bukarest	**ca**	**39.000 000 kW/h**
„ Timisoara	**ca**	**14.000 000 kW/h**
„ Sibiu	**ca**	**11.900 000 kW/h**
„ Cluj	**ca**	**11.347 000 kW/h**
„ Genauti	**ca**	**10.322 000 kW/h**
„ Arad	**ca**	**8.867 000 kW/h**
„ Or.-Mare	**ca**	**8.022 000 kW/h**

Von den industriellen Unternehmungen können erwähnt werden:

Diciosanmartin „Nitrogen" mit einer jährlichen Erzeugung von 61 365 000 kWh.

Campina „Electrica" mit einer jährlichen Erzeugung von 52 000 000 kWh.

Resita „U. D. R." mit einer jährlichen Erzeugung von 42 300 000 kWh.

Es muß in Betracht gezogen werden, daß während des vergangenen Betriebsjahres keine bemerkenswerten Veränderungen stattgefunden haben.

Karten über die Elektrizitätsversorgung Deutschlands. Die Vereinigung der Elektrizitätswerke läßt es sich angelegen sein, Veröffentlichungen über die Verbreitung elektrischer Arbeit in mannigfacher Art statisch, kartographisch, in Filmen usw. herauszubringen und so jedem mit der Elektrizitätswirtschaft in Verbindung stehenden das für ihn notwendige Nachschlage-, Aufklärungs- und Geschäftswerbematerial zugänglich zu machen. An erster Stelle ist hier die „Karte der Elektrizitätsversorgung Deutschlands" anzuführen, die nunmehr in siebenter wesentlich veränderter Auflage erschienen ist. Die Karte enthält: 1. Elektrizitätswirtschaftliches. Grenzen der Versorgungsgebiete sämtlicher deutschen Überlandzentralen, Kraftwerke mit Versor-

[1]) Herausgegeben vom „Bunde der Elektrizitätswerke der neuen Gebiete Rumäniens", Hermannstadt.

[2]) Vgl. „Das Elektrizitätswerk" 1926, S. 126.

Digitized by Google

gungsgebiet, Kraftwerke ohne eigenes Versorgungsgebiet, rein örtliche Verteilungsunternehmungen (ohne Kraftwerk), Umspannwerke, Schaltwerke und Umformerwerke; die Werke sind nach der installierten Leistung unterteilt, die Überlandwerke sind durch verschiedene Färbung ihrer Versorgungsgebiete besonders gekennzeichnet nach Unternehmungen in öffentlicher Hand und private Unternehmungen; in die Versorgungsgebiete ist jeweils die Firmenbezeichnung der betreffenden Überlandzentrale eingetragen. 2. Politisches. Reichsgrenze, Staaten- (Länder-)Grenzen, Provinzgrenzen, Regierungsgrenzen, Kreishauptmannschaftsgrenzen, Kreisgrenzen, Bezirksamtsgrenzen, Oberamtsgrenzen, Amtshauptmannschaftsgrenzen und Amtsgrenzen, Orte von 1000 Einwohnern an aufwärts. 3. Verkehr. Sämtliche wichtigeren Flüsse, Seen, Kanäle und Eisenbahnlinien.[1])

Eine zweite Karte, die „Karte der Stromdichten", zeigt in außerordentlich übersichtlicher Weise die Verteilung der Stromdichten (kWh/km²). Es sind fünf Dichtestufen gewählt. Deutlich heben sich die industriereichen Gebiete mit über 500 000 kWh/km² der Stadt Berlin, Hamburg, des Ruhrgebietes und der Rheinprovinz, sowie Teile von Sachsen und Oberschlesien heraus. Die überwiegend landwirtschaftlichen Gebiete, die weniger verbrauchen als 10 000 kWh/km², sind ganz licht gehalten.

Die Vereinigung der Elektrizitätswerke hat ferner Anfang Juni d. J. eine Karte der Hochspannungsleitungen von über 30 000 V nach dem Stande von März 1927 im Maßstab 1 : 1 000 000 herausgegeben. In dieser Karte sind Leitungen, sowohl die in Betrieb als auch die in Bau befindlichen, in gerader Linienführung, unterschiedlich gekennzeichnet nach solchen von 31 bis 80 000 V, 100 000 V und 200 000 V, eingetragen. Die Karte enthält ferner die hauptsächlichsten Kraftwerke, unterschieden nach Wärme- und Wasserkraftwerken und ihrer installierten Leistung, die an den eingetragenen Leitungen befindlichen Umspannwerke, nach Spannungen unterteilt, und die Hauptflüsse Deutschlands.

Die Besteuerung des Verbrauches der elektrischen Energie in Österreich. Dr. Breyer gibt eine Übersicht über den derzeitigen Stand der Gesetzgebung auf diesem Gebiete und untersucht die wirtschaftlichen Folgen der Besteuerung. Seit dem Jahre 1920 ist den Ländern die Einhebung einer Verbrauchsgabe auf den elektrischen Strom freigegeben, das im Wiederaufbaugesetz vorgesehene Bundesgesetz, durch welches die Grundsätze für die Landesgesetzgebungen festgelegt werden sollen, ist bisher noch nicht zustandegekommen, sodaß die Besteuerung in den einzelnen Ländern nach ganz verschiedenen Grundsätzen geschieht. Wie aus den Voranschlägen der Länder hervorgeht (zum Beispiel hat Wien für 1925 2·6 Mill. S präliminiert, Niederösterreich für 1924 1·7 Mill. S usw.), handelt es sich bei diesen Abgaben um ganz beträchtliche Beträge. Wien hebt eine Wasserkraftabgabe von 4 vH des Strompreises ein, die aber jetzt nach Vollendung des Ausbaues der Wasserkraftanlagen nur mehr eine rein fiskalische Abgabe ist. Niederösterreich teilt sich in den Ertrag der Steuer im Verhältnis 2 : 1 mit der Gemeinde des Konsumortes. Die Steuer beträgt mindestens 15 vH des Strompreises, sie ist jedoch in einzelnen Gemeinden viel höher. In Oberösterreich ist neben einer allgemeine Einlagemappe zum Preise von 1.— Mk. geliefert. meinen Energieabgabe die kWh noch mit 1 Goldheller besteuert. Für die Eigenstromanlagen sind Pauschalierungs-Bestimmungen getroffen, die die Besteuerung weniger fühlbar machen. Die Gemeinden dürfen keine Zuschläge einheben, sie erhalten Anteile vom Lande. Das Gleiche gilt auch in Salzburg, wo die Steuer ebenfalls 1 Goldheller je kWh beträgt (nach dem Landesgesetz waren 5 Goldheller die Höchstgrenze) und die elektrochemischen und elektrometallurgischen Werke weitgehende Ermäßigungen genießen, auch ist wie in Oberösterreich für die Selbsterzeuger Pauschalierung vorgesehen. Tirol hebt je kWh für Lichtstrom 1 g und für Kraftstrom 0·35 g ein, in der elektrochemischen und elektrometallurgischen Industrie nur 0·05 g; bis 1929 sind diese Werke noch steuerfrei. Auch in diesem Lande ist Pauschalierung vorgesehen, zur Einschätzung sind eigene Kommissionen aufgestellt. Gemeindezuschläge bis zu Höhe der Landessteuer sind mit Bewilligung der Landesregierung zulässig. In Vorarlberg dient die Abgabe zur Beschaffung der Mittel zur Beteiligung des Landes an der Vorarlberger Landeselektrizitäts-A.-G. Eingehoben werden 5 bis 10 vH des Strompreises, auch hier ist Pauschalierung möglich. Steiermark und Kärnten heben selbst keine Abgaben ein, sondern haben nur einzelnen Gemeinden das Recht hiezu gestattet.

Diese ganz verschiedene Besteuerung in den Ländern hat außerordentliche Verschiebungen der Konkurrenzfähigkeit der auf elektrischen Strom angewiesenen Industrien zur Folge. Außerdem haben die meisten Länder (außer Salzburg und Tirol) keine Unterscheidung für die jedenfalls besonders einzuschätzenden elektrochemischen, -metallurgischen und -thermischen Industrien vorgenommen. Die Erlassung eines Bundesgesetzes erscheint daher zur Beseitigung dieser Ungleichheiten dringend notwendig. So lange ein solches Gesetz aber fehlt, muß jedenfalls getrachtet werden, die Härten der bestehenden Gesetze zu mildern. Wesentliche Streitfragen ergeben sich hauptsächlich bei Unternehmungen, die selbsterzeugten Strom verbrauchen. Hier wird nämlich meistens der Stromverbrauch geschätzt bezw. mehr oder weniger willkürlich unter Berücksichtigung der Maschinengrößen festgesetzt. Bei der Bestimmung des Strompreises ist in diesen Fällen immer in Rücksicht zu ziehen, ob die Kraftanlage bereits ganz oder teilweise abgeschrieben ist, oder ob es sich um neue Anlagen handelt, die noch hoch bewertet sind. Bei solchen Anlagen spielt die Amortisationsquote bei der Bestimmung des Strompreises unabhängig von der Ausnutzung der Anlage eine große Rolle, bei den bereits abgeschriebenen sind lediglich die Erhaltungs- und Wartungskosten der Selbstkostenberechnung zugrunde zu legen. Bei der Bestimmung der Pauschalsumme entstehen nun immer Meinungsverschiedenheiten zwischen den einschätzenden Organen und den Besteuerten, die oft zu einer durch die tatsächlichen Verhältnisse nicht gerechtfertigten Mehrbesteuerung führen. Es muß daher getrachtet werden, daß die bestehenden Bestimmungen nie ausdehnend, sondern nur einschränkend ausgelegt werden. Grundsätzlich ist aber die Besteuerung des Verbrauches der elektrischen Energie überhaupt, als im Widerspruch zu der staatlichen Förderung der Erschließung neuer Kraftquellen stehend, abzulehnen.

(Die Wasserwirtschaft, 20. Jahrg., Nr. 13, 1927.)

[1]) Die Karte ist in vier Abschnitten zu einer Wandkarte 160 × 160 cm vereinigt oder in 18 Teilblätter im Maßstab 1 : 300 000 hergestellt. Die Teilblätter 1 bis 6 sind nur im Maßstab 1 : 600 000 zur Teilkarte A vereinigt. Die Bezugspreise stellen sich für die Teilkarte A auf 15.— Mk., Teilkarten B, C und D je 22 Mk. Der vollständige Satz stellt sich auf 75.— Mk., auf Leinwand aufgezogen 85.— Mk. Zu den gefalteten Karten wird eine Einlagemappe zum Preise von 1·— Mk. geliefert.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DAS
ELEKTRIZITÄTSWERK
BEILAGE ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU“
ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN
Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet

Heft 12 **18. Dezember 1927** **4. Jahrgang**

INHALT: Wasserkraft oder Wärmekraft in Frankreich. Von Ing. C. Reindl, München. S. 101. / Energiestatistik. Von Dr. A. Reithinger, Berlin. S. 103. / Vertragspflicht und Sperre in der Stromlieferung. Von Dr. Heinrich Schreiber, Wien. S. 105. / RUNDSCHAU. S. 106. / CHRONIK. S. 107. / LITERATURBERICHTE. S. 108.

Wasserkraft oder Wärmekraft in Frankreich.

Von Ing. C. **Reindl**, München.

Der Reichtum Frankreichs an großen Wasserkräften verschiedenen Abfluß-Charakters im Süden und Südosten in Verbindung mit der Kohlenbasis des Nordostens vermag den Rahmen zu einer glücklichen Ergänzung beider Kraftquellen abzugeben. Die Kohle überwiegt dabei noch beträchtlich: bei den öffentlichen Elektrizitätswerken wurden von insgesamt etwa 5 Milliarden kWh etwa 36 vH aus Wasserkraft gewonnen. An der gesamten Energieproduktion des Landes von etwa 10 Milliarden kWh (1926) ist die hydraulische Energie mit rund ebenfalls 36 vH beteiligt. Die wirtschaftliche Lage und die Preisgestaltung in Frankreich legen dem Wasserkraftausbau jedoch erhebliche Hemmnisse auf, wie schon M. G. Arbelot[1]) in seinem Referat zu Basel im Vorjahr feststellte. Der Ausbau einer Wasserkraft wird von diesem Berichterstatter erst bei einer Benutzungsdauer von über 5000 Stunden im Jahr als wirtschaftlich erachtet und für großzügige Speicheranlagen ist nach seiner Anschauung die Beteiligung des Staates unerläßlich, wenn nicht von vorneherein schon die ganze Jahresarbeit ausverkauft ist. Auch die Kosten der Übertragungsnetze wirken hemmend auf die an Fernübertragung gebundene Wasserkraftnutzung im Großen ein und eine ausgedehnte Bahnelektrifizierung soll die teueren Fernleitungen durch besesre Ausnützung für den doppelten Zweck wirtschaftlicher gestalten. Diese grundsätzliche Kupplung von Allgemeinversorgung und Bahnversorgung hinsichtlich Energieerzeugung und Fortleitung ist die Ursache für die Wahl des Gleichstromsystems in Frankreich, dessen Verwendung den Bahngesellschaften vom Ministerium vorgeschrieben ist und sogar zum Umbau früherer Einphasenstrecken geführt hat.

Manche Erwägungen, welche über die Frage, ob man weiterhin Wasserkraftwerke oder Wärmekraftwerke errichten solle, angestellt wurden, beanspruchen weiteres Interesse wegen der uns zum Teil eigenartig erscheinenden Gedankengänge. A. Basiaux stellt[2]) für die Wasserkraftwerke die Schwierigkeit in den Vordergrund, für die 6 bis 8 Monate der guten Wasserführung geeignete Abnehmer der überschießenden Saisonarbeit zu finden als Vorbedingung für eine Verzinsung des Anlagekapitals. Die elektrochemische und -metallurgische Industrie zeige dafür wenig Interesse (obgleich es anpassungsfähige Verfahren speziell in der Elektrochemie gibt, welche in elektrolytischen und dergleichen Verfahren Überschußarbeit aufnehmen können, liegen die Dinge in Frankreich anscheinend ebenso wie bei uns). Große Ausgleichsanlagen, welche verschieden geartete Abflußgebiete zusammenfassen und große Speicherräume schaffen, lassen sich bei der häufigen Verwendung der dafür in Betracht kommenden Täler für landwirtschaftliche Zwecke und bei dem Umfang der Arbeiten durch einzelne Stromlieferungsunternehmungen gar nicht finanzieren, öffentliche Mittel und die Verbindung mit Meliorationszwecken müßten bei der Schaffung einer umfassenden Speicher- und Ausgleichswirtschaft mitwirken.

So erscheint nach jener französischen Auffassung die Schaffung thermischer Kraftwerke die einfachste, rascheste und wirtschaftlichste Lösung zu sein; der Billigkeit und einfachen Aufstellung der Wärmekraftmaschinen steht die lange Bauzeit der Wasserkraftanlagen gegenüber. Für die Wärmekraftanlagen spricht auch die bequeme Möglichkeit, bei steigendem Bedarf die Kraftwerke zu vergrößern oder neue Kraftwerke an den Grenzen des sich ausdehnenden Netzes zu errichten, also die Ungebundenheit des Ortes.

Bei den derzeitigen großen Wasserkraftanlagen rechnet Basiaux mit dem doppelten kWh-Gestehungspreis gegenüber 1924; die schwierige Verzinsungsfrage hält daher viele Kraftwerkunternehmungen von weiteren Wasserkraftausbauten ab. Bei der Wichtigkeit der Aufgabe, den Verbrauch an Brennstoffen nach Möglichkeit einzuschränken, untersucht Basiaux nun verschiedene Wege. So ist zunächst die Frage offen, ob die Großwasserkraft-Ausbauten die wirtschaftlich beste Lösung seien oder ob nicht eine dezentralisierte Wasserkraftnutzung vorzuziehen sei. Da müsse man zunächst sein Augenmerk von den großen Flüssen weg auf die Zuflüsse des Oberlaufes mit geringen Wassermengen, aber erheblichen Gefällen richten, wo jeweils nach Bedarf in kurzer Bauzeit einfache Anlagen geschaffen werden können. Im Gegensatz zu einer Mehrzahl von Wärmekraftwerken mit ihren vollen fachmännischen Bedienungen gestatten aber solche Systeme von kleineren Wasserkraftwerken in erprobter Weise den ganz- oder halbselbsttätigen Betrieb[3]) mit Turbinen ohne Regler und mit Synchron-Induktionsgenerator ohne weitere Apparatur, mit billigen kleinen Speicherbecken für Tagesausgleich und mit selbsttätiger An- und Abstellung je nach Energiebedarf oder mit Betätigung von einer Hauptstelle aus. Im Gegensatz zu der wirtschaftlichen Forderung beim Ausbau von Großwasserkräften schlägt Basiaux für diese kleinen Stufenanlagen den Ausbau auf Mindestwassermenge (ausgenommen die kurze Zeit der Wasserklemme) vor mit Ausgleichsbecken und Ausbaugröße für 8 bis 12stündigen Betrieb im Tage, bezw. dreifacher bis doppelter mittlerer Leistung. Solche Anlagen sollten nach

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 845.
[2]) La Houille Blanche, 1927, Nr. 127—128.
[3]) Wasserkraft-Jahrbuch 1924, S. 497 und ebendort 1927/28 (in Vorbereitung). R. Pflaum Verlag, München.

Digitized by Google

seiner Meinung aber auch die Wärmekraftwerke des bisherigen Ausbaues zur Niederwasserzeit der bestehenden Großwasserkraftanlagen ersetzen, da sie bei billigen Gestehungskosten keine ständige Wartung durch erprobtes Fachpersonal und keinen Brennstoffverbrauch erfordern. An die Stelle umfangreicher Ingenieurbauten und großer Maschinen in Sonderanfertigung treten serienmäßig gefertigte Blechrohrleitungen und Serienmaschinen.

Mit diesen Vorschlägen folgt Basiaux also genau dem, was der Verfasser schon in der Zeit unserer größten wirtschaftlichen Notlage, in der Zeit des Strommangels aus Brennstoffnot einerseits und der Unmöglichkeit, große Werke auszuführen andererseits zur raschen Bereitstellung elektrischer Energie mehrfach in der Öffentlichkeit wie auch in Vorschlägen an die maßgebenden staatlichen Stellen Deutschlands angeregt hatte; in den Jahren 1918 und 1919 habe ich so den Gedanken einer organisierten Ausnutzung der Kleinwasserkräfte im Typenbau vertreten, ohne daß allerdings mehr als dankende Bestätigungen für die als wertvoll bezeichneten Anregungen von Seiten des Reichswirtschaftsamtes erfolgt wären; das Bayrische Staatsministerium hatte die Vorschläge dagegen nicht einmal beantwortet. Neben den ins Einzelne gehenden Gesichtspunkten für typisierten Ausbau von Kleinwasserkräften[4]) mit einfachen unregulierten Turbinen mit selbsttätigem, unbedientem Betrieb unter Verwendung von Asynchrongeneratoren zur möglichst raschen und billigen Bereitstellung von Leistungen hatte ich damals schon die Schaffung einer fachlichen Kommission zur einheitlichen Regelung und Überwachung der Landes- und Energieversorgung[5]) angeregt, wie sie heute in Deutschland ungefähr bei der Bearbeitung des Generalplanes einer Reichselektrizitätsversorgung beabsichtigt ist.

Der Ausbau der Kleinwasserkräfte an Stelle der Großwasserkräfte ist mittlerweile bei uns in Deutschland und Österreich überholt worden durch den Ausbau von Großkraftstufen; es war möglich, die großzügigeren und wirtschaftlicheren Lösungen zur Ausführung zu bringen. Es ist eigenartig, daß jetzt, sieben Jahre später, in der Wasserkraftwirtschaft Frankreichs die gleichen Vorschläge zur Erörterung gestellt werden, welche der Verfasser seinerzeit als Aushilfsmittel an die Stelle einer großzügigen Wasserkraftnutzung setzte und welche wir heute nur mehr mit Einschränkungen, nämlich zur regionalen Versorgung von abseits der großen Leitungsstraßen liegenden Gegenden, wasserwirtschaftlich berechtigt finden können. Es liegt eine gewisse Enge des Gesichtskreises in diesem französischen Vorschlag, besonders in der uns fremden Befürwortung des Ausbaues auf die Mindestwassermenge entgegen allen neueren Forderungen einer Hinaufsetzung der Ausbauleistung; ob der Mangel an Mitteln zu großzügigen Lösungen oder was sonst der Grund ist, bleibt eine offene Frage.

Der Hinweis auf die Vorzüge und die Wirtschaftlichkeit der selbsttätigen Wasserkraftanlagen zeigt dagegen, daß man in Frankreich im Rahmen des hinsichtlich seines wirtschaftlichen Wertes etwas zweifelhaften Vorschlages der schlecht ausgenutzten Kleinkraftausbauten immerhin diese neue Entwicklungsstufe in ihrem Wert erkannt hat und darin vielleicht überflügelt, so wie auf dem Kontinent bisher schon Schweden mit Leistungen von mehreren 1000 kW in automatischen Anlagen Deutschland übertrifft und zum Beispiel auch in der Entwicklung der Kaplanturbine vorangegangen war.

Basiaux gibt zwei Beispiele für die Wettbewerbsfähigkeit von Wasserkraftanlagen geringer Größe gegen Dieselmaschinenanlagen, wobei der „gemischte Ausbau" verschiedener Gefällsstufen in einem Kraftwerk möglich ist. Ein Ausgleichskraftwerk mit zwei Dieselmaschinen von je 500 kW wird auf 3·5 Mill. Frs. veranschlagt, der Ausbau eines Wildbaches in der Gegend (es handelt sich um eine Anlage in den Pyrenäen mit 33 m Gefälle) von 300 l/sec Wasserführung bei 500 m Gefälle, das durch eine Rohrleitung von 1·6 km Länge zu gewinnen ist, wird eine 24 stündige Leistung von 1000 kW für 2 Mill. frcs. Ausbaukosten geben. Dazu kommt noch die Ersparnis an Brennstoff und der geringere Kapitalsdienst der hydraulischen Anlage, der auf die Hälfte jenes beim Wärmekraftwerk veranschlagt wird. Ein zweites Beispiel betrifft eine Anlage von 2000 kW bei 375 m Gefälle in gleicher Gegend. Ein Speicher im Einzugsgebiet ist nicht ausführbar, dagegen kann in tieferer Lage zwischen Einlaufbauwerk und Kraftwerk ein Ausgleichbehälter Raum finden, der ein Gefälle von 225 m auszunützen ermöglicht. Es wird nun vorgeschlagen, zu den beiden 1000 kW-Gruppen für 375 m Gefälle eine dritte Gruppe von 1000 kW an diesen Speicher mit 225 m Gefälle anzuschließen und eine vierte Gruppe mit je einer Turbine für 375 und 225 m Gefälle auszurüsten: die Anlagekosten sollen für diese hydraulische Speicherung die gleichen sein, wie für ein Dieselkraftwerk.

Für Wärmekraftwerke, die sich nie ganz vermeiden lassen, sieht auch Basiaux nach Möglichkeit Verwertung von Abfallkohle oder Nebenproduktgewinnung vor und will den Transport der Energie auf dem Schienenweg in der Kohle möglichst vermieden sehen.

Auch auf die Verwertung der Arbeit erstrecken sich seine Vorschläge, die zum Teil eigenartige Wege gehen. Die elektrische Speicherheizung soll zur Überschußaufnahme dienen in der bekannten Verbindung mit Sperrschaltern. Die Speicherung will Basiaux weiterhin auch auf die Beleuchtung ausgedehnt wissen: Akkumulatoren-Anschlußanlagen in Kaufhäusern, Fabriken usw. mit Ladung zur Überschußzeit sollen die Spitzen vermeiden helfen. Dieser Weg führt allerdings, sobald diese Batterie-Anschlußanlagen einen gewissen Teil des Gesamtanschlußwertes des Netzes überschreiten, zu einer Herabsetzung des Gesamtwirkungsgrades und zu einer dann nötigen Vergrößerung der Kraftwerksleistung. Basiaux geht sogar soweit, die Verwendung tragbarer Akkumulatorlampen nach Art der Grubenlampen mit Ladestellen in den Ortschaften zu empfehlen, womit er auch Ersparnisse der Installations- und Ortsnetzkosten verbunden sieht! Als weitere Möglichkeit der Spitzenverminderung kommt er auf den Gedanken, die Licht- und Kraftbelastung zwangsweise zeitlich zu trennen durch Abgabe verschiedener Spannungen ins Netz je nach der Tageszeit: mit Hilfe der Stern-Dreieck-Schaltung soll tagüber für Kraftbetrieb die verkettete Spannung ins Netz gegeben werden, während welcher Zeit die Lampen durch Schalter mit Spannungsrelais abgeschaltet sind. Zur Lichtzeit wird auf die Phasenspannung umgeschaltet, wobei die Motoren stehen bleiben, bezw. durch Spannungsrückgangsschalter abgetrennt werden; beim Übergang auf die erhöhte Spannung schalten sich die Lichtstromkreise dagegen wieder aus.

Der Leitsatz „ein neues Problem bringt neue Lösungen", den Basiaux daran anschließt, muß immerhin mit Einschränkungen gelten; manches ist nicht neu, wie die Dezentralisation mit kleineren typisierten und eventuell automatischen Kraftwerken, abgesehen von der Unwirtschaftlichkeit des Ausbaues auf eine rund

---

[4]) Vgl. Reindl, Beschleunigung in Bayerns Energieversorgung, Wasserkraft 1920, Heft 23, S. 286; derselbe: Beschleunigte Energiebeschaffung durch Organisation der Kleinwasserkräfte, Z. f. d. ges. Turbinenwesen 1920, Heft 26 und 27, S. 309 und 321; Kleinwasserkraftausnutzung, deren Förderung und Hemmung, Z. f. ges. Turbinenwesen 1920, Heft 32, S. 383.

[5]) Unterlassungssünden und deren Wiedergutmachung, Z. f. ges. Turbinenwesen, 1919, Heft 5 und 6, S. 37 und 45; Zur Mitarbeit der Technik am Wiederaufbau, Wasserkraft 1919, Heft 8, S. 61. Vorschlag an das Bayerische Staatsministerium des Inneren vom 30. Dezember 1918 über Vereinheitlichung und Beschleunigung der Energieversorgung (vgl. erstes Zitat dieser Fußnote); Eingabe gleichen Inhaltes an den Staatssekretär des Reichswirtschaftamtes vom 30. Dezember 1918 und vom 3. Februar 1919 (Inhalt, vgl. die Fußnote [4]).

Digitized by Google

350-tägige Wassermenge (was während der Tage der Wasserklemme geschehen soll wird nicht verraten), manches ist dagegen rückschrittlich, wie die Akkumulatorenlampen, oder setzt eine so geduldige Stromabnehmerschaft voraus, wie wir sie auch in Frankreich nicht vermuten; die jederzeitige Verwendbarkeit ist ja doch ein Hauptvorzug der Elektrizitätsversorgung.

Dagegen ist es verwunderlich, daß der Autor die hydraulische Pumpenspeicherung als wirtschaftliches Mittel zur Vergleichmäßigung der Belastung auch für kleinere Anlagen und sogar für niedrige Gefälle mit keinem Wort erwähnt, obwohl sie durch Erhöhung der möglichen Jahresarbeit bei Tages- wie bei Jahreszeitenspeicherung den Arbeitspreis vermindert. Wenn die Anregungen des Autors hier ausführlicher erörtert wurden, so geschah dies zum Teil nicht wegen eines technischen oder wirtschaftlichen Wertes, sondern wegen der Eigenart.

Mit den finanziellen Hindernissen eines großzügigen Wasserkraftausbaues in Frankreich hat sich auch die Gesetzgebung dort beschäftigt. Das Ministerium der öffentlichen Arbeiten ist zu dem Schluß gelangt, daß die hohen Zinssätze den Ausbau der Wasserkräfte entgegen den Forderungen gesunder Wirtschaft hemmen und daß der Staat nicht weiter zusehen könne, wie neben den 10 Mill. t Reparationskohle noch 23 Mill. t Kohle im Wert von $2^1/_2$ Milliarden frcs. eingeführt würden neben der steten Verringerung des Inlands-Kohlenvorrates. So wurde der sogenannte „Magnier-Plan" entwickelt, wonach auf die gesamte Lichtstromabgabe von den Stromverteilern eine Abgabe von höchstens 5 vH des kWh-Preises in einen eigenen Fond abzuführen sei, aus dem jährlich vom Arbeitsminister Zuschüsse zu Wasserkraft- und Leitungsbauten gegeben werden sollten: ein Viertel als verlorener Bauaufwand und drei Viertel gegen 4 vH Verzinsung auf 30 Jahre. Man rechnete mit einem Aufkommen von 150 Mill. frcs. jährlich aus dieser Abgabe. Der Entwurf kam in der Kammer zu Fall. Statt dessen wurde für 1927 ein Betrag von 100 Mill. frcs. vom Staat zur Verfügung gestellt, aus welchem für solche Bauten bis zu 20 vH der Bausumme zugeschossen werden können und es sollen bis 1950 alljährlich weitere niedrig verzinsliche Kredite gegeben werden.

Daneben spielt in der Wasserkraftwirtschaft Frankreichs der Dawes-Plan eine erhebliche Rolle,[6]) der stete Rückgang im jährlichen Zuwachs von Wasserkraftleistung zugunsten der rascher steigenden Dampfkraftleistung, der nur auf finanzielle Schwierigkeiten zurückgeführt wird („pas de difficultés techniques, mais des difficultés financières") sollte schon nach dem Plan von 1922 durch die deutschen Dawes-Zahlungen in einem Programm für 18 Milliarden frcs. ins Gegenteil verkehrt werden. Bis jetzt ist es zwar bei einem wesentlich zusammengestrichenen Programm verblieben. Von allen Seiten wird aber die wirtschaftliche Notwendigkeit der Erschließung weiterer großer Wasserkräfte ebenso betont wie die finanzielle Unmöglichkeit, die bisherigen kostspieligen Vorarbeiten zu den großen Projekten aus eigenen Mitteln in die Tat umzusetzen; allein in den Dawes-Zahlungen und in einer deutsch-französischen Arbeitsgemeinschaft wird die Verwirklichung dieser wirtschaftlichen Notwendigkeit als möglich betrachtet. Coquet zählt die dafür in Frage kommenden Vorhaben auf. An der mittleren Dordogne sollen vier bis fünf Werke mit einer mittleren Leistung von 90 000 kW errichtet werden unter Verwendung einer Staumauer für 0·7 Mill. m³ Stauraum; die Lieferung soll zum Teil bis in die Gegend von Paris erfolgen. Am Oberlauf desselben Flusses ist zur Elektrifizierung der Bahnlinien der Paris-Orléans-Bahn das Kraftwerk Marèges für 20 000 kW mittlerer Leistung mit Speicher geplant. An der Romanche bei Chambon soll eine Stauanlage von 50 Mill. m³ geschaffen werden. Zwei Stauwerke bei Castillon und Chandanne mit drei Kraftwerken sollen am Verdon 23 400 kW gewinnen lassen und 75 Mill. frcs. kosten. An der oberen Rhône soll die Staumauer bei Genissiat von 70 m Höhe eine mittlere Leistung von 140 000 kW bei dem genannten Gefälle ergeben und ein Kraftwerk bei Sault-Brentaz mit Talsperre soll 21 000 kW liefern; die gesamten Kosten sind auf 600 Mill. Frcs. beziffert. Das Rheinlandkraftwerk Kembs schließlich mit einem Stauwehr im Rhein, vereinigtem Kraft- und Schiffahrtskanal und Kraftwerk von 63 550 kW mittlerer Leistung (87 700 kW installierter Leistung) soll den Anfang zum elsäßischen (linksrheinischen) rein französischen Schiffahrtsweg zwischen der Schweizer Grenze und Straßburg bilden, der den künftigen Wasserweg zum Oberrhein unter französische Kontrolle stellen wird. Die gesamte aus dem Kanal nach vollem Ausbau bei etwa 100 m Höhendifferenz gewinnbare Leistung wird mit 450 000 kW mittlerer Leistung und einer Jahresarbeit von zwei Milliarden kWh veranschlagt; die Kosten mit 1800 Mill. frcs. Die gesamte mittlere Leistung dieser projektierten und auf Kosten der Dawes-Zahlungen vorgesehenen Kraftanlagen wird sich auf rund 358 000 kW belaufen mit einem Kostenaufwand von rund 3 Milliarden frcs. Das letzterwähnte Projekt wird als besonders geeignet für den Dawes-Plan erachtet, weil die deutschen Arbeiter von Deutschland aus verpflegt werden können und Frankreich nicht zur Last fallen. Zwei Milliarden Frcs. davon würden in Form von Arbeiten und Lieferungen Deutschlands geleistet werden. So sollen die Riesenbeträge der Daweszahlungen wirtschaftlich ausgenützt werden — es hat den Anschein als suche man nach einer vernünftigen Verwendungsmöglichkeit für diese Milliarden.

Es liegen eigenartige Widersprüche in diesen maßgeblichen Vorschlägen: auf der einen Seite (Plan Trocquer) Großzügigkeit und Vorausbauen vor dem Bedarf mit einer Reihe von Speicheranlagen für eine Jahresarbeit von rund $1^3/_4$ bis 2 Milliarden kWh (mit Kembs allein), das ist etwa 30 vH der heutigen Arbeit aller öffentlichen Werke Frankreichs; andererseits Vorschläge fragwürdiger Wirtschaftlichkeit und fragwürdiger Ausführbarkeit. Unter diesen letzteren Gesichtspunkt fällt auch der Rhein-Seitenkanal (Canal d'Alsace), eine verzerrte Nachahmung früherer deutscher Projekte, dessen Linienführung und dessen Sicherheit gegen katastrophale Verheerungen bei Dammbrüchen mit Rücksicht auf die geologische Beschaffenheit manchen Zweifeln begegnet.

[6]) Coquet, Les grands travaux publics et le Plan Dawes. Annuaire de la Houille Blanche, 1926/27.

Energiestatistik.

Von Dr. A. **Reithinger**, Berlin.

Im Verfolg einer Verordnung des Bayerischen Staatsministeriums des Innern vom 6. Februar 1926, Nr. 9107 b 32, ist in Bayern im Laufe des Jahres 1926 eine allgemeine Erhebung und Katastrierung sämtlicher vorhandenen und im Bau befindlichen Wasserkraftanlagen durchgeführt worden. Das Bayerische Statistische Landesamt übergibt nunmehr in seinem neuesten Heft Nr. 107 der Beiträge zur Statistik Bayerns[1]) die Ergebnisse dieser gemeinsam mit der Abteilung für

[1]) Die bayerischen Wasserkraftanlagen zu Beginn des Jahres 1927, Heft 107 der Beiträge zur Statistik Bayerns, herausgegeben vom bayerischen Statistischen Landesamt, München 1927, I. Lindauersche Universitätsbuchhandlung.

Digitized by Google

Wasserkraftausnutzung und Elektrizitätsversorgung vorgenommenen und auf Grund einer Bekanntmachung des Staatsministeriums vom 14. Dezember des gleichen Jahres, welche die Meldung der im Jahre 1926 neu errichteten, im Ausbau vollendeten und neu in Bau genommenen Anlagen, sowie der vorgenommenen Umbauten, Auflassungen und Stillegungen besonders anordnete, auf den Stand des 1. Jänner 1927 fortgeschriebenen Erhebung der Öffentlichkeit. Durch die erwähnte Bekanntmachung des Staatsministeriums ist auch für die Zukunft eine jährliche Fortschreibung gewährleistet.

Mit dieser allgemeinen Erhebung der Wasserkraftanlagen hat Bayern als erstes unter den deutschen Ländern eine planmäßige Energiestatistik — wenigstens soweit sie das wichtige Gebiet der Wasserkraftausnutzung berührt — aufgenommen. Daß gerade Bayern dieser Frage sein besonderes Augenmerk zugewandt hat, ist dadurch erklärlich, daß es in seinen Alpenflüssen etwa die Hälfte der gesamten nutzbaren Wasserkräfte des Reiches besitzt und seine Elektrizitätsversorgung in hohem Maße auf die Ausnutzung der weißen Kohle abgestellt hat. Nach der Betriebszählung vom Jahre 1925 entfallen von der im Lande gezählten primären Kraftmaschinenleistung von 2 077 735 PS[2]) auf

Wasserkraftmaschinen . . .	836 034 PS	= 40·2 vH
Dampfkraftmaschinen . . .	975 010 „	= 47·0 „
Explosionsmotoren	265 240 „	= 12·7 „

Nach den im gleichen Jahre unternommenen produktionsstatistischen Erhebungen in der deutschen Elektrizitätswirtschaft stellt sich das Verhältnis noch günstiger für die Wasserkraft. Von der erfaßten bayerischen Stromerzeugung von 2244 Mill. kWh wurden gewonnen aus[3])

Wasserkraft . . .	1582 Millionen kWh	= 70·5 vH
festen Brennstoffen	530 „	= 23·6 „
Öl und Gas . . .	129 „	= 5·7 „

Diese Zahlen lassen mit genügender Eindringlichkeit die besondere Bedeutung der Wasserkraft für die bayerische Energiewirtschaft und die Wichtigkeit einer statistischen Beobachtung der Verwertung der Wasserkräfte des Landes ersehen. Immerhin würden auch bei den anderen deutschen Ländern, bei denen die Wasserkraft nicht diese Bedeutung erreicht, ähnliche statistische Feststellungen sehr zu begrüßen sein. Im Nachstehenden werden die wichtigsten Ergebnisse der genannten Arbeit des Bayerischen Statistischen Landesamtes wiedergegeben, die dadurch noch an Wert gewinnen, daß das gesamte Erhebungsmaterial vor seiner Aufbereitung von der Obersten Baubehörde, Abteilung für Wasserkraftausnutzung und Elektrizitätsversorgung im Staatsministerium des Innern, auf seine technische Richtigkeit hin überprüft wurde.

Nach den Ergebnissen dieser Erhebung verfügt Bayern zur Zeit über fast 12 000 Wasserkraftanlagen mit einer Ausbauleistung von nicht ganz 940 000 PS. Die bayerischen Wasserkraftwerke sind demnach bereits zu rund 25·7 vH der möglichen Gesamtausbauleistung und zu über 27 vH der erzielbaren mittleren Leistung nutzbar gemacht.

Ausgebaut und im Bau		Noch erschließbar		Gesamtlstg. n. Ausbau	
Ausbau-Leistung	Mittlere Leistung	Ausbau-Leistung	Mittlere Leistung	Ausbau-Leistung	Mittlere Leistung
939 710	594 000	2 717 011	1 569 000	3 656 721	2 163 000

Dabei handelt es sich fast ausschließlich um kleine und kleinste Anlagen. Die 113 Großwasserkraftanlagen mit Ausbauleistungen von über 500 PS machen der Zahl der Betriebe nach kaum 1 vH aller Anlagen aus, stellen jedoch mit ihrer Leistung von rund 746 000 PS etwa 80 vH der gesamten derzeitigen Ausbauleistung der bayerischen Wasserkräfte dar. Die fünf größten Anlagen vereinigen mit einer Ausbauleistung von 478 000 PS rund die Hälfte der heutigen Ausbauleistung auf sich.

Walchenseewerk	168 000 PS	(30 000 PS Mittl. Lstg.)
Mittlere Isar	110 000 „	(82 200 „ „ „)
Kraftw. Töging (Innwerk)	100 000 „	(76 000 „ „ „)
Kachletstufe	60 000 „	(44 200 „ „ „)
Kraftwerk Holzfeld (Alz)	40 000 „	(30 000 „ „ „)

Die Anlagen verteilen sich in der Hauptsache auf die Stromgebiete der Donau und des Rheins. Nahezu zwei Drittel aller Anlagen mit über neun Zehnteln der Ausbauleistung entfallen auf das Donausystem. Vom Rheingebiet kommen vor allem der Main, Zuflüsse aus der Pfalz sowie die Zuflüsse aus dem Allgäu zum Bodensee in Betracht.

Besonders bemerkenswert sind die Erhebungen über die Verwendung der Wasserkräfte, weil sie über die vielumstrittene Frage der Umstellungsmöglichkeit der bayerischen Energiewirtschaft von den Brennstoffen auf die Wasserkraft Rückschlüsse zulassen. Bereits gelegentlich einer Besprechung der Ergebnisse der Kraftmaschinenstatistik der letzten Betriebszählung[4]) wurde darauf hingewiesen, daß in der Hauptsache die öffentliche Elektrizitätsversorgung die Schrittmacherin dieser Umstellung ist, während die industrielle Eigenversorgung insbesondere Nordbayerns an der Wärmekraft festhält. Nach früheren Untersuchungen wurde eine Umstellung auf die Wasserkraft für möglich gehalten:

Für allgemeine Licht- und Kraftversorgung	**bis zu 85 vH**
„ die Bahnstromversorgung	**„ „ 70 „**
„ industrielle Wärmeausnutzung	**„ „ 5 „**
„ Hausbrand einschließlich Wärmebedarf d. Kleingewerbes	**„ „ 5 „**

Gemessen an dem derzeitigen Energiebedarf ist diese Umstellung bei der Deckung des Licht- und Kraftbedarfs bereits zu etwa 84 vH und bei der Bahnstrombedarfsdeckung zu etwa 18 vH erreicht, während sie für die beiden anderen Bedarfsgruppen noch nicht durchgeführt ist.

Die durch die Erhebung festgestellten Wasserkraftanlagen dienen nach Zahl und Ausbauleistung im einzelnen nachfolgenden Zwecken:

	Anlagen	Ausbauleistung PS	vH
1. Elektrizitätsversorgung u. Bahnstromversorgung .	969	532 659	56·7
2. Elektrochemische u. elektrometallurgische Großindustrie	8	185 310	19·7
3. Mühlen und Sägen . . .	8 197	104 845	11·1
4. Papier- und Holzstoffind.	146	38 316	4·1
5. Textilindustrie	134	37 427	4·0
6. Sonstige gewerbl. Betriebe	2 487	41 153	4·4
Insgesamt . .	11 941	939 710	100·0

Auf die sonstigen in dem reichhaltigen Tabellenmaterial der neuen Schrift des Bayerischen Statistischen Landesamtes dargestellten Ergebnisse der Zählung hinsichtlich der jährlichen Benutzungsdauer der Wasserkraftanlagen, der Wasserspeicher und der als Ergänzung oder als Reserve dienenden Wärmekraftanlagen, sowie auf die Mitteilungen über den Anteil der privaten und öffentlichen Hand an der Ausnutzung der vorhandenen Wasserkräfte, kann im einzelnen hier nicht näher eingegangen werden. Die der Schrift beigegebene Übersichtskarte zeigt die wichtigsten Wasserläufe und die Standorte der Großwasserkraftanlagen von 500 und mehr PS Ausbauleistung.

[2]) Vergl. „Wirtschaft und Statistik" 1927, Heft 8.
[3]) Vergl. „Wirtschaft und Statistik" 1927, Heft 13.
[4]) Vergl. Deutsche Allgem. Zeitung v. 29. Mai 1927. Beilage „Kraft und Stoff".

Digitized by Google

Vertragspflicht und Sperre in der Stromlieferung.

Von Dr. Heinrich **Schreiber**, Wien.

Der Stromlieferungsvertrag regelt bestimmungsgemäß die Beziehungen für die Abgabe und den Bezug von elektrischem Strom zwischen dem Stromlieferer und Verbraucher. Bekanntlich unterliegt die Stromlieferungsunternehmung dem Kontrahierungszwange, was bedeutet, daß sie nach Maßgabe ihrer Leistungsfähigkeit den Bedarf des sich meldenden Konsumenten zu den dem Stromlieferungsvertrage unterlegten Bedingungen zu befriedigen hat. Der konzessionsgemäße Vertragszwang verhält daher den Elektrizitätsunternehmer dazu, mit dem Stromverbraucher ein Abkommen zu treffen und sich darin zur Stromlieferung in vereinbarter Menge und Dauer zu verpflichten. Das Gegenspiel zum allgemeinen Kontrahierungszwange einerseits und zu dieser Vertragspflicht im besonderen und andererseits ist das Recht zur Sperre, das wiederum besagt, daß der Stromlieferer befugt ist, bei Zuwiderhandlung des Verbrauchers von seiner Vertragspflicht zurückzutreten, mithin die Leitungsverbindung zu lösen und die Stromlieferung einzustellen. Eine solche Kontravention liegt vor, wenn der Stromverbraucher den Strom nicht zahlt, wenn er seine Innenleitung (die Installation) nicht im funktionstauglichen Zustande erhält und sie sonst nicht instand hält oder sich eine Unregelmäßigkeit am Verbrauchsmesser, einen Mißbrauch durch Stromentziehung und dergleichen zuschulden kommen läßt. Stromlieferung und Stromsperre ergänzen daher einander; die Sperre der Stromlieferung ist die Sanktion und Abwehr der Vertragsverletzung. Es ist gewiß nicht dieser Korrealität eine Unbilligkeit vorzuwerfen, wenn der Lieferer, zumal bei Sukzessionslieferungen, die Handhabe erhält, mit der Fortsetzung seiner Lieferungen innezuhalten, sobald die vereinbarten Bedingungen seitens des Abnehmers nicht eingehalten werden. Es wäre ungerecht, ihm auch im Falle der Kontravention des Beziehers die Fortführung seiner Leistungen aufzuerlegen. Es ist daher nur ein natürliches Recht, wenn er im Falle der notleidenden Gegenleistung von seiner Leistung enthoben ist. Nur muß immerhin die Frage aufgeworfen werden, warum es der Stromlieferungsvertrag scheinbar nur mit dem Stromlieferer so gut meint und warum nicht die Gegenseitigkeit gewahrt und nicht auch dem Strombezieher eine Sanktion und Waffe ähnlicher Schlagkraft in die Hand gelegt wird, wenn der Stromlieferer mit seiner Vertragspflicht im Verzuge und im Rückstande bleibt, der Stromverbraucher daher auf die Lieferung wartet, der Stromlieferer aber versagt. Offenbar ist diese Ungleichheit darauf zurückzuführen, daß eine analoge Repressalie (Retorsion) nicht zu Gebote steht, weil es sie einfach nicht gibt. Worin sollte sie auch bestehen? Sie könnte, so wie die Stromsperre als Art der Selbsthilfe sich gebärdet, doch auch nur zur Selbsthilfe greifen, was aber völlig unangebracht und unwirksam wäre, weil der Stromabnehmer in aller Regel nicht dazu befähigt und schon gar nicht ausgerüstet wäre, etwa zur Selbstbefriedigung zu schreiten und sich auf Kosten und Gefahr des zumeist monopolisierten Stromlieferungsunternehmens selbst mit Strom zu versorgen, wenn nicht etwa die konkurrierende Kraftquelle vorbeiführt. Die Sanktion kann bestenfalls nur in einer Vertragsstrafe (Geldstrafe in Form eines Konventionals oder Pönals) bestehen, vorausgesetzt, daß die Unternehmung sich einem solchen Begehren fügt, was aber gewöhnlich nicht der Fall ist. Umgekehrt pflegt sie dann von dem Bezieher eine Kaution zur Sicherstellung seiner Verbindlichkeiten oder gar die Vorauszahlung, zum Beispiel beim Pauschale, zu verlangen.

Es handelt sich demnach in allen solchen Fällen vorzugsweise um den Schutz der Vorleistung, die eben in der Regel auf Seite des Lieferers liegt. Der Schutz für die Gegenleistung jedoch beruht vor allem materiellrechtlich und prozessual darauf, daß der Verpflichtete mit ihr zurückhält, sobald und so lange die Leistung ausbleibt. Es ist daher nur die Vorleistung des Stromlieferers schutzbedürftig; die Gegenleistung des Verbrauchers ist es nicht, weil sie der Verpflichtete durch Verweigerung der Zahlung fest in der Hand hat und auf einen besonderen Schutz demnach verzichten kann. Dazu kommt, daß die Norm des § 919 A. B. G. B. durch die 3. Teilnovelle, § 11 ff., überholt ist, und daher die Nichterfüllung des Vertrages seitens des einen Kontrahenten nicht mehr den anderen Teil gleichwohl an die Erfüllung bindet, sondern auch ihn davon enthebt. Dies gilt natürlich in erhöhtem Maße auch bei der erklärten Insolvenz des Verbrauchers (Konkurs oder Ausgleich), es sei denn, daß der Masseverwalter oder Ausgleichsverwalter sich erbietet, für die fortdauernde Stromlieferung in die weiteren Verbindlichkeiten des Gemeinschuldners einzutreten. Der wirtschaftspolitische Gedanke dieser Relationen läßt sich wohl dahin zusammenfassen: Wer sich seine Kunden aussuchen und auswählen kann, mag sich auf seinen Blick, auf sein Geschick und auf Treu und Glauben verlassen und leichtherziger sich zur Kreditgewährung bequemen und verstehen. Die Konkurrenz tut noch das ihrige dazu. Wem aber diese Fähigkeit ermangelt, weil er dem Vertragszwange unbedingt Gefolgschaft zu leisten hat, dem gebührt von Rechtswegen ein anderer Verlaß, der eben am naheliegendsten bei der Stromlieferung in der Selbstwehr durch Unterbrechung der Leitungsverbindung und Einstellung der Stromlieferung begründet ist.

Daß es ein radikaler Eingriff in die fremde Rechtssphäre ist, kann nicht bezweifelt werden; er ist etwa mit der handelsrechtlichen Retention vergleichbar (Art. 313, H. G. B.), die ebenfalls auf eine Selbstbefriedigung des Berechtigten durch Zurückbehaltung fremder Sachen hinausläuft. Und doch ist die Sperre von der Retention grundverschieden; denn die Retention schafft auch Deckung der Forderung und Ersatz des Schadens, während die Sperre lediglich ein technischer Behelf ist, der vor künftigem Verlust bewahren soll, ohne die Kraft zu besitzen, den alten Schaden hereinzubringen und gut zu machen. Die Schadensvergütung und Verhütung ist der allfälligen Kaution zugemessen, wie übrigens beide Maßnahmen, Kaution und Sperre, den Rechtszug nicht erschöpfen, sondern auch noch die gerichtliche Geltendmachung der aufgelaufenen Mehransprüche offen lassen.

Die Stromsperre bezweckt übrigens nicht durchwegs die Aufhebung des Stromlieferungsvertrages; sie kann sich auch als bloß vorübergehende Maßregel erweisen, die nur so lange aufrecht bleibt, bis der von ihr betroffene Konsument seine Rückstände nachholt. Dann bedeutet die Stromsperre lediglich die Strom- und Vertragsunterbrechung, so daß mit der Aufhebung der Stromsperre und der Wiederzuleitung des Stromes der alte Vertrag auflebt und fortwirken kann.

Aber ein Spezifikum lehrt uns die Sperre. Sie zeigt, daß Beginn und Ende des Stromlieferungsvertrages durch besondere Akte markiert werden, ähnlich der Übergabe und Tradition bei Eigentumserwerb oder Verpfändung. Die Leitungsverbindung begründet hienach den Stromlieferungsvertrag, die Leitungstrennung macht ihm ein Ende. Die Leitung ist gewissermaßen der Faden, der den Stromlieferungsvertrag zusammenhält oder, wenn er gelöst wird, ihn zerreißt; er ist das sichtbare Zeichen, unter dem der Vertrag getätigt und vollzogen wird, natürlich nur so lange, als die Elektrotechnik nicht etwa dahingelangt, daß auch die Stromlieferung drahtlos vor sich geht.

Digitized by Google

Rundschau.

Die staatliche Wasserkraftwirtschaft Schwedens[1]) in den Kraftwerken Trollhättan, Aelvkarleby, Motala, Porjus, Lilla Edet und Norrfors drückt sich nach Prof. Dr. H. Dorn, München, in folgenden Zahlen aus:

Jahr: 1911, 1913, 1915, 1917, 1919, 1921, 1923, 1925

Jährliche Energieerzeugung in Mill. kWh:
100, 190, 320, 550, 590, 740, 900, 1260

Installierte Leistung in 1000 kW:
18, 20, 42, 98, 160, 218, 221, 232

Länge der Hochspannungsleitungen in 1000 km:
0·9, 1·5, 3·5, 4·4, 5·1, 6·8, 7·5, 7·6

Bruttoeinnahmen in Mill. K:
1, 1·7, 3·5, 7·5, 12·6, 14·9, 17, 20·4

Betriebskosten in Mill. K:
0·4, 0·6, 1·1, 2, 6, 8·7, 8·2, 8·7

Verzinsung des investierten Kapitales in vH:
— 2·4, 3·5, 6·4, 5·2, 3·5, 4·1, 5·2

Von der Jahreserzeugung 1925 entfallen auf allgemeine Versorgung 510, Eisenbahn 70, Papier- und Zellulosefabriken, Gruben 225, Elektrochemie und Elektrometallurgie 350, Dampferzeugung in Elektrokesseln 105 Mill. kWh. In den Betriebskosten sind die Rücklagen für Erneuerungen, nicht aber die Ausgaben für den Zinsendienst enthalten. Die Verzinsung ist bei den einzelnen Werken sehr verschieden, sie schwankt 1925 zwischen 7·17 vH in Trollhättan und 2·88 vH in Motala. Die vier zusammengeschlossenen Kraftwerke Trollhättan, Lilla Edet, Aelvkarleby und Motala haben im Verein mit dem Dampfkraftwerk Västeras heute bereits 24stündigen Wasserausgleich, ihre jährliche Benützungsdauer beträgt 6500 h. β

(Wasserkr. u. Wasserwirtsch., 22. Jahrg., Heft 16, 1927.)

Ausbau eines oberschlesischen Dampfkraftwerkes. Die der „Electra" A.-G. für angewandte Elektrizität in Zürich gehörende Dampfzentrale in Laziska Gorne (in unmittelbarer Nähe der Kohlengruben des Fürsten von Pless), in der gegenwärtig 3 Turbogeneratorensätze von 7500, 8000 und 15 000 kVA Leistung aufgestellt sind, soll jetzt wesentlich erweitert werden. Es ist die Aufstellung von 2 Turboaggregaten von je 40 000 kVA, System BBC, der zugehörigen Schaltanlage sowie von 8 Transformatoren von je 20 000 kVA geplant. Diese Arbeiten werden durch Brown Boveri & Cie. in Baden ausgeführt werden. Die Kesselanlage wird von der Gebrüder Sulzer A. G. in Winthur geliefert. Der Strom wird gegenwärtig in den Kreisen Pless und Rybnik abgesetzt, woselbst die Zentrale durch ihr eigenes Hochspannungsnetz von rund 100 km Länge, sowie eigene Verteilungsleitungen und Ortsnetze heute schon jährlich zirka 45 Millionen kWh abgibt. Die bedeutendsten Stromabnehmer in diesem Gebiete sind gegenwärtig die Kohlengruben des Fürsten von Pless. Die durch die Erweiterung gewonnene Energie soll in das Zentrum des oberschlesischen Industriereviers geliefert werden und zwar in ganz wesentlichem Maße an die staatlichen Stickstoffwerke in Chorzow. H.

Aus der italienischen Elektrizitätswirtschaft. Ein in „The Electrical Review" vom 5. August d. J. auszugsweise wiedergegebener Bericht des britischen Amtes für Überseehandel über die kommerzielle, industrielle und wirtschaftliche Lage Italiens hebt hervor, daß infolge der Geldknappheit drei große italienische Stromerzeugungsgesellschaften, die Soc. Adriatica di Elettricità, die Soc. Generale Elettrica del' Adamello und die italienische Edisongesellschaft im Jahre 1926 je 10 Mill. Doll. in den Vereinigten Staaten aufnahmen, abgesehen von kleineren amerikanischen Anleihen anderer Gesellschaften. Die gesamten Kapitalserhöhungen in der Elektroindustrie beliefen sich im vergangenen Jahre auf fast 1 Milliarde Lire.

Der Ausbau der Wasserkräfte wird unvermindert fortgesetzt, vorwiegend in Großanlagen. Während 1921 nur drei Anlagen mit mehr als 20 000 PS und zusammen 76 324 PS im Bau waren, sind es im Jahre 1926 13 mit zusammen 502 187 PS gewesen. Unter Hinzurechnung der kleineren Anlagen ist die Gesamtleistung aller im vorigen Jahre noch im Bau befindlichen Werke 775 375 PS gegen 381 126 PS im Jahre 1925. Bemerkenswert sind darunter die Werke der Sila in Calabrien, die bis auf 170 000 kW mit 850 Mill. kWh jährlicher Erzeugung ausgebaut werden sollen. Weitere große Anlagen sind (wie aus einem Bericht im gleichen Heft der genannten Zeitschrift hervorgeht) in Norditalien bei Chiavenna im Bau. Dort sollen in sechs Werken zusammen Maschinen von 222 000 kW aufgestellt und damit jährlich 650 Mill. kWh erzeugt werden. In einem dieser Werke, das im Vollausbau mit Maschinen von 150 000 kW ausgerüstet wird und 300 Mill. kWh jährlich liefern soll, sind vorläufig drei Sätze von je 35 000 PS aufgestellt worden, die jeder aus einem Peltonrad für 750 m Gefälle und einem 30 000 kVA, 8000 V, 42 bezw. 50 Per/s Drehstromerzeuger bestehen. Die Turbinen stammen von den Costruzioni Meccaniche, Riva, die Stromerzeuger von dem Tecnomasio Italiano Brown-Boveri. Der Strom wird in 30 000 kVA Transformatoren auf 140 kV hinauftransformiert und mit dieser Spannung weitergeleitet. Das Werk gehört einer Tochtergesellschaft der Edisongesellschaft, welche bei einem Aktienkapital von 1·5 Milliarden Lire über Werke von 750 000 kW installierter Leistung verfügt und im Jahre 1926 über 1·8 Milliarden kWh abgegeben hat. — Trotz der großen zur Verfügung stehenden Wassermengen — die gesamte Speicherfähigkeit aller vorhandenen Anlagen wird auf 800 Mill. m³ geschätzt — werden überall große Reservewärmekraftwerke errichtet, so bei Genua eines von 100 000 kW Leistung. Die Regierung unterstützt den Bau, die Erneuerung und den Betrieb solcher Werke, wenn sie heimische Brennstoffe verwenden, durch Beihilfen bis höchstens 50 Lire jährlich je kW auf eine Höchstdauer von zehn Jahren. Die gesamte Stromerzeugung im Jahre 1926 wird auf 9 Milliarden kWh geschätzt, die jährliche Zunahme betrug in den letzten fünf Jahren durchschnittlich 13 vH. Etwa die Hälfte des erzeugten Stromes verbraucht die Maschinenindustrie, 13 vH die Textilindustrie, 11 vH die elektrochemische und elektrometallurgische Industrie, 11·9 vH dienen für Beleuchtungs- und 8 vH für Bahnzwecke, weitere 8 vH für die Nahrungsmittelindustrie.

Das elektrische Eisenbahnnetz ist während des Jahres 1926 auf 914 km um 59 km vergrößert worden, im Bau ist unter anderen die doppelgeleisige Linie Bologna — Florenz, welche die Entfernung zwischen den beiden Städten um 36 km verkürzen wird. Von der neuen Küstenlinie Rom — Neapel wird vorläufig nur ein Teil elektrisch betrieben werden.

Neben 1538 privaten Telephonnetzen mit 36 700 km Linienlänge betreibt der Staat 266 Fern- und internationale Verbindungen mit zusammen 38 650 km Länge. Von Neubauten ist außer einem Unterseekabel die Errichtung einer Telephonverbindung Rom — Zara unter Benutzung der Telegraphenkabel zu erwähnen. Zur Überprüfung und zur Vervollkommnung des Rundfunkes ist eine Kommission eingesetzt worden. J.

Statistik der Elektrizitätswerke der Schweiz. (Abgeschlossen Ende 1925[1]). Die Elektrizitätswerke der Schweiz werden in der Statistik in folgenden fünf Gruppen behandelt: Primärwerke, das sind solche, die eigene Erzeugungsanlagen haben (Kategorie *A I* mit mehr als 500 kW Totalleistung und Anlagen mit 300 kW Einzelleistung und *A II* Anlagen unter 300 kW), Sekundärwerke, die ausschließlich Strom beziehen (Kategorie *B I* über

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 789 ff.

[1]) Bearbeitet vom Starkstrominspektorat. Ing. F. Sibler, Verlag Generalsekretariat der S. E. V. und V. S. E. Zürich. Format 23×35 cm, 255 Seiten.

Digitized by Google

500 kW, *BI* bis 500 kW), und Einzelanlagen, das sind Selbsterzeuger (Kategorie C). Die kleineren Werke haben aber auf das Gesamtergebnis der Statistik nur einen ganz untergeordneten Einfluß. Für die einzelnen Unternehmungen werden die wichtigsten technischen und wirtschaftlichen Angaben gemacht und der Umfang des Versorgungsgebietes angegeben, wobei zu bemerken ist, daß die deutsche Statistik weit mehr in Einzelheiten eingeht. Sehr vorteilhaft unterscheidet sich die Schweizer Statistik von der deutschen durch ihre Zusammenstellungen, in denen das Gesamtergebnis in Tabellenform erscheint.

Da für die Zeiträume von je drei Jahren Statistiken bis zum Jahre 1916 ungefähr in gleichem Umfang vorliegen, lassen sich sehr wertvolle Vergleiche ziehen. Bemerkenswert ist, daß in der Schweiz von 3·9 Mill. Einwohnern schon im Jahre 1922 3·85 Mill. sich im Bereiche eines elektrischen Verteilnetzes befanden.

In den Jahren	1916	1919	1922	1925
betrug die Gesamterzeugung Mill kWh	1540	1840	2030	2738
hievon wurden exportiert Mill. kWh	?	327	462	655
daher im Inland verbraucht Mill. kWh	?	1513	1568	2083
Der Anschlußwert der Stromverbraucher betrug kW	738 400	1 205 500	1 455 400	1 970 500
Die Gebrauchsstundendauer ist daher gesunken u. betrug Stunden	2090	1525	1390	1385

Dieser Rückgang ist größtenteils auf die Wärmeapparate zurückzuführen, deren Anschlußwert in der angegebenen Zeit auf das mehr als achtfache gestiegen ist und die eine geringe Benutzungsdauer haben. Die Zahl der Elektrizitätswerke ist etwas gesunken, die Leistung bei den hydraulischen Anlagen von 475 000 kW auf 810 000 kW gestiegen; diese Erscheinung ist allgemein bekannt und auf das immer mehr zutage tretende Überwiegen der großen und größten Anlagen zurückzuführen. Wärmekraftwerke machen nur 8 vH der Wasserkraftwerke aus.

In dieser Statistik ist zum erstenmal Sommer- und Winterenergie getrennt ausgewiesen.

Von der erzeugten elektrischen	im Sommer Mill. kWh	im Winter kWh
Arbeit von	1364	1338
wurden exportiert	349	305
daher in der Schweiz verbraucht .	1015	1033

Die Ausnützung der möglichen Arbeit betrug im Sommer 65 vH, im Winter 78·5 vH.

Das Leitungsnetz hat sich seit 1919 trotz der schon sehr ausgebildeten Energieversorgung um mehr als 20 vH vergrößert. Der Energieverbrauch je Einwohner betrug 695 kWh gegen 410 im Jahre 1916, der Export nicht gerechnet.

Der Anschlußwert der Verbrauchsapparate belief sich je Einwohner der Schweiz in Watt auf:

	1925	1922	1919	1916	1912
Für Motoren . . .	151	126	117	89	56
Für Beleuchtung . .	86	76	68	55	39
Für Wärmeapparate	141	97	61	22	12
Total (ohne Bahnen)	477	358	300	186	107

Ci.

Chronik.

Die VIII. ordentliche Vollversammlung des Deutschen Verbandes der Elektrizitätswerke in der Tschechoslowakei, 1926. Die Tagung der deutschen Elektrizitätswerke in der Tschechoslowakei fand in der Zeit vom 26. bis 27. Mai in Troppau unter dem Vorsitz von Dir. Ing. Seifert statt. Österreich war durch Dir. Beron und Ing. Hartmann als Vertreter des Verbandes der österreichischen Elektrizitätswerke und Dr. Ing. Markt namens des Elektrotechnischen Vereines in Wien bei der Tagung vertreten. An die Besprechung der Verbandsangelegenheiten schloß sich eine Reihe von Vorträgen, über die hier kurz berichtet werden soll.

In seinem Vortrag „Hochdruckdampf und Elektrizitätswerke" gab Dr. Ing. Mayer von der Großkraftwerke Stettin A.-G. ein allgemeines Bild über die wärmewirtschaftlichen Grundlagen der Hochdruckdampfbetriebes; er beschrieb die wichtigsten Vertreter von Hochdruckanlagen und brachte sodann eine Gesamtbeschreibung einer solchen Anlage.

Dir. Königswerter, AEG-Berlin, führte in seinem Vortrag „Tarifbestimmung und Zählertechnik" aus, daß sich im wesentlichen zwei Richtungen im Tarifwesen durchgesetzt haben, die eine auf Grund der verbrauchten kWh-Zahl, entweder mit reinem kWh-Preis oder mit Grund- und Arbeitsgebühr, die andere auf Grund von Angebot und Nachfrage, die während des Tages schwanken und demgemäß in der Preisgestaltung ihren Ausdruck finden. Für die Bemessung der kWh-Menge eignet sich am besten der Einheitszähler, der in der Ausführung der AEG bis zu 2·5 kW belastbar ist und dessen Charakteristik von $^1/_{40}$ bis zum 1·25fachen Nennstrom keine größeren Fehler als 1·5 und 2·5 vH nach oben und unten aufweist. Zur Verhinderung der Überschreitung der Grundlast beim Grundgebührentarif kann ein Strombegrenzer eingeschaltet werden, der, sobald die Grundlast überschritten wird, den Strom wechselweise ein- und ausschaltet, so daß das Licht flackert. Seine Einführung ist jedoch nicht zu empfehlen, da der Verbraucher die höhere Last auch nicht zeitweise, wenn auch gegen eine höhere Gebühr beziehen kann. Man hat daher einen Zweilastzähler geschaffen, der bei der Überschreitung der Grundlast ein anderes Zählwerk einschaltet, das die nun nach einer höheren Gebühr zu verrechnende Menge zählt, während das erste Zählwerk stillsteht. Hiebei zahlt man aber unter Umständen für eine kurzzeitige, hohe Belastung weniger als für eine längere, geringere, was sicher nicht in der Absicht des Werkes gelegen ist. Außerdem zahlt der Abnehmer bei der höheren Gebühr auch für die niedrige, innerhalb der Grundlast gelegene Belastung den höheren Tarif. So wurde der Spitzenzähler geschaffen, der nur die über die Grundlast ragenden kWh verzeichnet. Ein Höchstlastanzeiger kann zur Bestimmung der zu verrechnenden Grundgebühr benützt werden. Für die zweite Art der Tarifgestaltung kann ein Zweitarifzähler verwendet werden, der zu bestimmten Zeiten sein Zählwerk umschaltet. Die Gleichzeitigkeit kann sehr genau durch kleine asynchron anlaufende Synchronmotoren gewahrt werden. Weiters gibt es noch Zeitzählwerke, die ein Gerät (zum Beispiel Speicher) von bestimmtem Verbrauch nur zu einer bestimmten Zeit einschalten. Vergütungszähler für den Anschluß von Heiz- und Kochgeräten sind mit einer Anlaufhemmung versehen, die den Zähler erst bei einer bestimmten Last anlaufen läßt, so daß zum Beispiel der Anschluß einer Lampe noch nicht unter die erst bei Abnahme einer bestimmten Wattzahl eintretende Ermäßigung fällt. Die Einführung des Münzzählers hat in Holland und England, aber auch in Deutschland Fortschritte gemacht.

Dr. Knöpfelmacher hielt einen Vortrag „Zur Interpretierung der Zwangsmaßnahmen des § 28 des Elektrizitätsgesetzes vom 22. Juli 1919".

Dir. Dr. A. Geiger, Wien, sprach über „Die elektrische Glühlampe vom Dekorationsmittel zur Leuchte", in dem er die Entwicklung der elektrischen Glühlampenbeleuchtung vom Anfang an bis auf den heutigen hochentwickelten Stand darstellte.

An diese Tagung schloß sich ein Ausflug nach Witkowitz zur Besichtigung der dortigen Hochdruckdampfanlage an.[1]) V. H.

[1]) Vgl. J. Reiner „Hochdruckdampfturbinenanlage für die Kohlengewerkschaft Witkowitz", E. u. M. 1927, Heft 19, S. 387.

Digitized by Google

Geschäftsberichte und Betriebsergebnisse.

Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk. Das Unternehmen verteilt eine Dividende von 9 (8) vH auf die Mk. 135·6 Mill. Inhaber- und 15 (12) vH auf die Mk. 4·4 Mill. Namensaktien und erhöht das Grundkapital um Mk. 15 Mill., der Hauptsache zur Abgeltung verschiedener Neuerwerbungen, vor allem des E.-W. Siegerland. Dadurch steigen die gesamten Mittel (Aktienkapital und Reserven) auf rund Mk. 250 Mill., das sind erheblich mehr als bei ähnlichen Großunternehmen, wie den Elektrowerken (103 Mill. einschließlich Anleihen) und der Preußischen E.-A.-G. (80 Mill. Aktienkapital). Der Stromabsatz war im abgelaufenen Geschäftsjahr durch die gedrückte Lage der Industrie bis in den Herbst 1926 hinein gering, erst dann trat langsam eine Steigerung des Absatzes ein, so daß im Geschäftsjahr trotz des anfänglichen Rückganges der Abnahme, insbesondere auch der chemischen Industrie, eine Steigerung auf insgesamt 1246 (1157) Mill. kWh eingetreten ist. Das RWE hat verschiedene kleinere Dampfkraftwerke stillgelegt. Anstelle immer neuer Einzelinstallierung für Spitzenleistungen soll zur Spitzendeckung die Speicherung mittels Pumpen dienen, insbesondere kommen hiefür das Ourtalsperrenprojekt, sowie das in Verbindung mit dem Klärbecken des Ruhrverbandes bei Hengstey errichtete Speicherkraftwerk Herdecke[1]) in Betracht. Von großem Interesse sind die Fortschritte in der Verfeuerung der Kohlenabfallstoffe. In immer stärkerem Grade geht das RWE zur Verwendung von Kohlenstaub über. Auch mit der Emschergenossenschaft wurde ein Abkommen über die Verwertung des bisher ungenutzten und lästigen Emscherschlammes getroffen. Angestrebt wird die Ausnutzung und Verbindung aller erreichbaren Energiequellen mit höchster Wirtschaftlichkeit, also auch die Verbesserung der Braunkohlenverwertung, ohne daneben die Steinkohle auszuschalten; insgesamt wurden auf Grund des Zechenselbstverbrauches und einschließlich Fremdbezuges 510 000 t Steinkohle verfeuert. Beabsichtigt ist weiter auch der Ausbau wertvoller Wasserkraft. Die Höchstspannungsleitung soll von Kochem nach Mettlach a. d. Saar so geführt werden, daß bei einer späteren Moselkanalisierung die gewinnbaren Energien aufgenommen werden können. Die gleiche Leitung dient auch zur Verbindung mit der Saarkohle, die in größerem Umfange als bisher für die deutsche Energiewirtschaft erschlossen werden soll. Durch die außerordentliche Verstärkung des 100 000 V-Netzes sind inzwischen alle westlichen RWE-Kraftwerke, insbesondere die Kraftwerke Goldenberg, Essen, Reisholz, Wesel und München-Gladbach mit Höchstspannungs-Doppelleitungen zusammengeschlossen. Ebenso ist durch solche Leitungen eine betriebliche Verbindung mit den Nachbarwerken, und zwar dem Kraftwerk Fortuna[2]) des Rheinischen Elektrizitätswerks im Braunkohlenrevier und dem Gemeinschaftswerk Hattingen (Stadt Barmen und Ver. Elektrizitätswerke Westfalen) hergestellt, wie auch ein Anschluß mit dem Konzernwerk Höchst am Main (Mainkraftwerke) herbeigeführt. Eine ebenso starke Kuppelung ist für das östliche Versorgungsgebiet in Ausführung: davon ist die Leitung zwischen dem Kraftwerk Ibbenbüren der Niedersächsischen Kraftwerke in Osnabrück und dem Torf-Kraftwerk Rühle der Heseper Torfwerke G. m. b. H. in Meppen in Betrieb. Eine gleiche Verbindung von Osnabrück mit der Paderborner Elektrizitätswerks A.-G. mit 320 kV wird hergestellt werden, desgleichen die Höchstvoltverbindung von Wesel nach dem Osten durch die Leitung Wesel—Ibbenbüren. Von Osnabrück soll eine Leitung über Bielefeld nach Hartke ziehen, um das Nordostgebiet anzuschließen. Zur Zeit sind etwa 1105 km Doppelleitung von 100 000 V und darüber, sowie 22 Umspannstationen von über 100 kV in Betrieb. Die Pläne des RWE in Süddeutschland sind folgende: Die 220 000 V-Höchstspannungsleitung ist bis nach der Station Rheinau bei Mannheim fertiggestellt. Bereits seit Herbst v. J. hat ein Austausch von Wasserkraftstrom mit westdeutschem Kohlenstrom stattgefunden, und zwar mit dem Bayernwerk über die Verbindung Höchst—Aschaffenburg, wie auch über das Badenwerk durch den Zusammenschluß des RWE mit diesem in Rheinau. Das Badenwerk hat sich am RWE beteiligt. Die Fortsetzung dieser Leitung von Rheinau nach dem Großkraftwerk Württemberg in Heilbronn und weiter nördlich bis Stuttgart sowie die Fortsetzung bis zu dem Vorarlberger Illwerk ist in der Durchführung begriffen. Dieser Bau wird so ausgeführt, daß gleichzeitig mit der Fertigstellung des ersten Vorarlberger Kraftwerkes auch die Verbindungsleitung erstellt sein wird.

(„Frankfurter Zeitung.")

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 546.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 91.

Literaturberichte.

3604 **Anschluß und Energiewirtschaft** von Dr. Wilhelm Ellenbogen. (Herausgegeben von der Österreichisch-Deutschen Arbeitsgemeinschaft.) 32 S. mit einer Übersichtskarte. Verlag Deutsche Einheit, Wien 1927.

Der Verfasser, der sich bekanntlich schon lange vor dem Kriege für die Elektrisierung Österreichs und den Ausbau der Wasserkräfte eingesetzt hat, gibt in der kleinen Schrift zunächst eine Übersicht über die technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen der energiewirtschaftlichen Beziehungen zwischen Österreich und Deutschland, in der auf die Brennstoffwirtschaft und die Kraftversorgung beider Länder und ihre voraussichtliche Entwicklung eingegangen wird. Dann werden die bestehenden und in Aussicht genommenen energiewirtschaftlichen Verbindungen und die zukünftige Reichssammelschiene Österreichs besprochen und der letzte Abschnitt behandelt die beim Energieaustausch besonders wichtige Vereinheitlichung in der Wasserrechts- und Elektrizitätsgesetzgebung. Der Verfasser kommt zu der Schlußfolgerung, daß der energiewirtschaftliche Anschluß Österreichs an Deutschland mit allen Kräften zu fördern ist. Die Schrift verdient sowohl bei den Technikern als auch in Wirtschaftskreisen ernste Beachtung, weil durch den Energieaustausch für beide Länder recht bedeutende Vorteile zu erreichen sind, die wohl ausreichen, um etwaige Bedenken gegen die Stromausfuhr zu zerstreuen. Jellinek.

Annuaire de la houille blanche française. 10. Jahrgang 1926/27, herausgegeben von der Revue générale de l'électricité, Paris.

Dieses französische Wasserkraftiahrbuch enthält mehrere Fachartikel von A. Pawlowski über die Entwicklung der weißen Kohle, von G. Tochon über die Erzeugung, Übertragung und Verteilung der Wasserkraftenergie im Jahre 1925, von Dupin über das Gesetz zur Begünstigung des Ausbaues der Wasserkräfte und der Übertragungsleitungen, von L. Croquet über die großen öffentlichen Arbeiten und den Dawesplan. Geschäftliche Vermerke über die Gesellschaften zur Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie, über die elektrochemischen und elektrometallurgischen Industrien, die elektrischen Bahnen Frankreichs usw. ergänzen den wertvollen Inhalt. Dr. Baudisch.

Neue Bücher.

Tarife für den Verkauf elektrischer Arbeit. Von Dipl. Ing. Paul Munk. 98 Seiten mit 26 Abb. Sammlung Göschen, Bd. 969. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1927. Preis in Leinen geb. Mk. 1·50.

Verhandlungsbericht der 35. Hauptversammlung in Berlin am 24. und 25. Mai 1927. Herausgegeben von der Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V., Berlin, SW 48, Wilhelmstraße 27. Preis Mk. 5·—.

Elektrizität in der Landwirtschaft. Siemens-Handbücher, XII. Band. Von C. Buschkiel. 171 Seiten mit 185 Abb. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1927. Preis in Leinen geb. Mk. 5·40.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbaut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Die Mängel der jetzt üblichen Abzweigvorrichtungen und ein neues, verbessertes Klemmsystem.

Mitteilungen der Firma Illchmann & Preidel, Innsbruck.

Man hört gerade in den letzten Jahren viel von Vorschriften, Verbesserungen und Vorrichtungen, welche alle bezwecken, die Sicherheit der elektrischen Anlage zu erhöhen, das heißt diese so zu gestalten, daß eine Gefährdung von Menschen und Vieh durch zufälliges Berühren der elektrischen Leitungen und Apparate nach Möglichkeit verhindert wird und daß weiter jede Brandgefahr durch den so oft verschrieenen Kurzschluß ausgeschlossen wird.

Mag man über die unbedingte Notwendigkeit der äußerst strengen Vorschriften des VDE auch verschiedener Meinung sein und dieselben vielleicht in manchen Punkten als etwas übertrieben bezeichnen, da ja bekanntlich Mensch und Tier sich an den Umgang mit elektrischen Einrichtungen gewöhnen, so wird man doch feststellen müssen, daß für die Betriebssicherheit der elektrischen Anlage und insbesondere der Installationsanlage noch sehr wenig getan wurde. Denn schließlich ist es ebenso wichtig, das dauernd einwandfreie Funktionieren der elektrischen Einrichtung zu gewährleisten, wollen wir elektrisches Licht und elektrische Kraft Allgemeingut aller Kreise werden lassen. Man hat auch hier schon Anfänge zu verzeichnen, aber man ist noch nicht bis in die kleinsten Geheimnisse, die dem Praktiker, dem Monteur wohl bekannt sind, eingedrungen.

Aus der Erkenntnis heraus, daß alle Abzweig- und Verbindungsstellen in der elektrischen Anlage Störungsquellen sind, hat man wohl Vorschriften über die größeren Abzweigvorrichtungen herausgegeben, aber gerade die in bedeutend größerer Anzahl in der elektrischen Anlage vorkommenden kleinen und kleinsten Abzweigvorrichtungen sind bis jetzt immer noch nicht richtig gewürdigt worden. Und doch liegt gerade hierin in den allermeisten Fällen die Ursache aller Störungen und Unterbrechungen. Der erfahrene Monteur wird bei Behebungen von Störungen in erster Linie die vielen Abzweigdosen gründlich untersuchen und meistens wird ein unterbrochener oder unvollständiger Kontakt oder ein Kurzschluß in der Abzweigdose die Ursache für die Störung mit ihren so unangenehmen, ja manchmal sogar Schaden verursachenden Folgen sein.

Betrachtet man die Abzweigvorrichtungen genauer, so findet man in den großen, geräumigen Abzweigkästen massive, meistens in Porzellan eingebaute Klemmen, die ein sicheres Anschließen der Leitungen ermöglichen. — In den kleinen Abzweigdosen, seien es solche aus Porzellan oder in sogenannten Blei- oder Stahlpanzer-Dosen, sitzt in engem Raum, dicht zusammengedrängt, eine Anzahl vollkommen ungeschützter, blanker Klemmen, die, einmal wegen Raummangels und dann, weil diese als nebensächlich angesehenen Dosen nicht viel kosten dürfen, meistens sehr schwach bemessen und unvollkommen durchkonstruiert sind. Am meisten sieht man die blanke Schlitzklemme in ihrer einfachsten, primitivsten Form. Der Monteur weiß ein Lied davon zu singen, wie viele Madenschrauben sich durch Auseinanderspreizen der Schenkel dieser Klemme überdrehen oder gar herausfallen. Der gewissenhafte Monteur wird allerdings diese Schäden sofort zu beheben suchen durch Einsetzen einer neuen Made und Zusammendrücken der Schenkel, aber auch dies ist nur ein dürftiger Notbehelf. Durch das Anziehen der Madenschraube müssen ja die Schenkel der Schlitzklemme ganz naturgemäß auseinandergehen. Die geringste Ausdehnung durch Temperaturwechsel, Erschütterungen usw. bewirken dann ein weiteres Lockern und nach einiger Zeit ist der bekannte Wackelkontakt vorhanden. Wie oft kommt es vor, daß bei heftigem Zuschlagen der Tür das Licht ausgeht — lediglich eine Folge dieses unsicheren Kontaktes. Fährt nun ein so unvollkommen festgeklemmter Draht plötzlich aus der Klemme heraus, so entsteht ein Kurzschluß, der unter Umständen weitere Folgen nach sich ziehen kann.

In Blei- oder Stahlpanzer-Dosen liegen Abzweigscheiben aus Porzellan, in welche ebenfalls eine entsprechende Anzahl blanker Schlitzklemmen eingekittet sind. Diese Scheiben sollen in der Dose festgeschraubt sein, in Wirklichkeit werden sie aber nur lose hineingelegt. Ist die Dose sowohl als auch der Deckel mit Isolierauskleidung versehen, so mag die Sache, abgesehen von den bereits erwähnten Begleiterscheinungen der Schlitzklemme, noch ziemlich ungefährlich sein. Ist aber zum Beispiel nur der Deckel unverkleidet, so kann sehr leicht ein Hochdrücken der Abzweigscheibe gegen den Metalldeckel vorkommen, was natürlich den schwersten Kurzschluß hervorrufen kann. Man sieht hier in der Praxis die primitivsten Notbehelfe; meistens umwickelt der Monteur die ganze Klemme mit Isolierband, oder es werden die Abzweigscheiben mit den Klemmen nach unten in die innen und unten isolierte Dose gelegt, um diesem Übelstand abzuhelfen.

Der Praktiker wird nicht über derartige Pfuschereien der Monteure schimpfen, sondern er wird ernstlich darüber nachdenken, welche Umstände wohl den gewissenhaften Monteur veranlaßt haben können, die Klemmen so zu schützen. Hier muß also gründlich Wandel geschaffen werden.

Der eigentliche Erfinder und Konstrukteur der Schlitzklemme, die Firma Fritz Wieland, Bamberg, hat nun diese Schlitzklemme so weit verbessert und vervollkommnet, daß sie einen unbedingt sicheren Kontakt gewährleistet, durch einen besonderen Mantel nach außen vollkommen isoliert ist und mit dieser neuen, verbesserten „Wieland-Klemme“ ein ganzes System von Abzweigvorrichtungen aufgebaut. Die „Wieland-Klemme“ ist wie aus Abb. 1 hervorgeht, eine Schlitzklemme normaler Bauart, welche in einem etwa bis zur Hälfte reichenden Isoliermantel aus

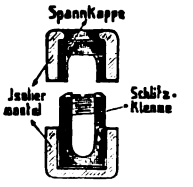


Abb. 1

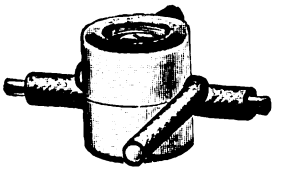


Abb. 2

Porzellan eingebettet ist. Die unbedingten Schutz und größte Sicherheit gewährleistende Neuerung besteht in dem oberen Isoliermantel, in welchem ein besonderer Spannring eingebaut ist, der ein Auseinanderbiegen der Schenkel verhindert. Nach Einlegen der durchgehenden Leitung wird die Made leicht in die eigentliche Schlitzklemme eingeschraubt und der obere Isoliermantel aufgesetzt. Schon jetzt bildet die ganze Klemme ein nach allen Seiten vollkommen isoliertes Ganzes, so daß selbst in der engsten Dose ein Kurzschluß durch Berühren der Klemme oder Ausrutschen mit dem Schraubenzieher unmöglich ist. Der obere Isoliermantel besitzt eine Öffnung, welche weit genug ist, um mit dem Schraubenzieher hindurch zu langen und die Made nach Einführen der Leitungsdrähte festziehen zu können. Hierbei zeigen, wie bereits erwähnt, die Schenkel der Klemme das Bestreben, sich auseinanderzuspreizen. Sie werden aber hieran durch den in den oberen Isoliermantel eingelegten Spannring verhindert. Die Schenkel der Klemme pressen sich vielmehr gegen diesen Ring, so daß Ober- und Unterteil ein fest zusammengefügtes Ganzes bilden. Abb. 2 zeigt die Wieland-Klemme in geschlossenem Zustande. Man ersieht daraus, daß der Porzellanmantel die Klemme allseitig vollkommen umgibt und auch nach oben hin trotz der Öffnung zum Einführen des Schraubenziehers unbedingten Schutz bietet. Ein Berühren der Klemme unter sich oder mit Metallteilen der Dose ist hier also vollkommen ausgeschlossen.

Digitized by Google

Gerade in der engen verbleiten oder Stahlpanzerdose war es besonders dann recht schwierig und zeitraubend, die Verbindungen innerhalb der Dose herzustellen, wenn diese sehr hoch oben oder in schwer zugänglichen Ecken angebracht waren. Hier hilft die Wieland-Klemme einem lange gehegten Wunsche ab. Außerhalb der Dose können die Verbindungen bequem, schnell und sauber mit losen Klemmen hergestellt werden, um dann die fertig angeschlossenen Klemmen in die Dose hineinzudrücken. Irgendeine Gefahr, daß Kurzschluß entstehen könnte, besteht hierbei nicht, denn bei der allseitig isolierten Wieland-Klemme ist eine unbeabsichtigte Berührung unmöglich.

Abb. 3 zeigt eine solche Verbindung mit Wieland-Klemmen ausgeführt. Dasselbe ist natürlich auch bei größeren Abzweigkästen, die zum Beispiel unter Putz verlegt sind, möglich und besonders dann von Vorteil, wenn Schaltungen vorliegen, für die normale Abzweigscheiben nicht vorteilhaft wären. So zeigt Abb. 4 eine

Abb. 3

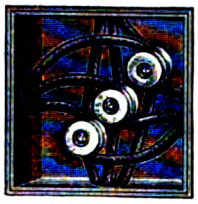


Abb. 4

in einem unter Putz eingelassenen Abzweigkasten vorgenommene Abzweigung nach beiden Seiten von einer dreifachen, durchlaufenden Leitung. Man sieht deutlich die bequeme Montage und die saubere Ausführung aller Verbindungen.

Wie erwähnt, haften den bekannten Abzweigscheiben mit blanken Klemmen so viele Mängel an, daß man diese Art der Abzweigvorrichtungen schon längst als ein notwendiges Übel bezeichnet. Auch hier ist durch die Wieland-Klemme Wandel geschaffen worden. Abb. 5 zeigt eine mit Wieland-Klemmen ausgerüstete Abzweigscheibe, welche infolge ihrer allseitig geschützten Klemmen Kurzschluß durch Berühren mit Metallteilen unmöglich macht. In Abb. 6 ist nochmals eine derartige Abzweigscheibe mit zwei durchlaufenden und je zwei abzweigenden Leitungen dargestellt. Natürlich werden diese Abzweigringe mit 2, 3 und 4 Klemmen in zwei Größen, bis 4 mm² und bis 16 mm² hergestellt.

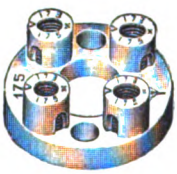


Abb. 5

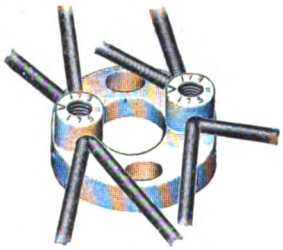


Abb. 6

Dasselbe Klemmensystem in einer Abzweigdose mit verbleitem Eisenmantel angewendet, beseitigt mit einem Male alle Mängel, welche den bisherigen Abzweigdosen mit ihren blanken Schlitzklemmen anhaften, wie Überdrehen und Verlieren der kleinen Maden, unsicherer Wackelkontakt, Kurzschluß in der Dose. Abb. 7 zeigt auch hier die übersichtliche geschlossene Anordnung der Klemmen, den allseitigen Berührungsschutz mit all den Vorteilen, wie sicherer, unbedingt zuverlässiger Kontakt, keine Kurzschlußgefahr, bequeme Montage.

Zum Einbau in Hauptleitungs-Abzweigkästen unter Putz wurde noch ein besonderer Abzweigsockel in den Handel gebracht, der in jeden normalen Abzweigkasten eingebaut werden kann. Wie aus Abb. 8 hervorgeht, sind die Klemmen so angeordnet, daß der Klemmensockel an die Hauptleitung angeschlossen werden kann, ohne diese durchschneiden zu müssen. Der Anschluß ist, wie Abb. 9 zeigt, sehr einfach auszuführen und sehr übersichtlich. Nach erfolgtem Anziehen der Klemmenschrauben sitzen die oberen Porzellankappen unverrückbar auf dem Unterteil fest, so daß alle Teile zu einem Ganzen vereinigt sind. Ist es notwendig, einen Abzweig stromlos zu machen, so kann ohne jede Berührungs-

Abb. 7

Abb. 8

gefahr die betreffende Leitung aus der Klemme herausgenommen und lose in den Kasten gelegt werden. Diese Klemmstücke werden sowohl zweifach, als auch dreifach und vierfach für Leitungsquerschnitte von 6 bis 120 mm² hergestellt, so daß alle in der Praxis vorkommenden Abzweigungen damit vorgenommen werden können.

Das System der Wieland-Klemme ist weiter zur Konstruktion von Hauptleitungs-Abzweigkästen für 500 V ausgebildet worden, welche den neuesten Vorschriften des VDE in jeder Weise genügen. Abb. 10 zeigt ein Ausführungsbeispiel dieser Hauptleitungs-Abzweigkästen. Auf einer kräftigen Blechgrundplatte sitzt, von allen Seiten bequem zugänglich, das Klemmstück mit den

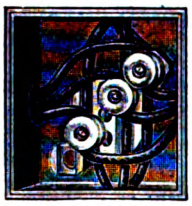


Abb. 9

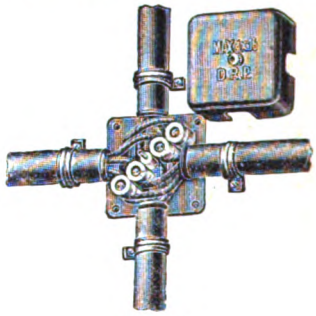


Abb. 10

Wieland-Klemmen. Die allseitig isolierten Klemmen bilden einen idealen Schutz gegen alle zufälligen Berührungen und Kurzschlüsse. Die Konstruktion der Klemme gewährleistet mit den Klemmringen eine unbedingt sichere Abzweigung mit gutem Kontakt bei geringstem Übergangswiderstand. Ein kräftiger, aus gezogenem Blech hergestellter, innen isolierter Kasten, der mit plombierbarer Schraube befestigt wird, bildet einen soliden Abschluß nach außen hin. Um einen wirklichen, dauernden Rostschutz zu gewährleisten, werden diese Abzweigkästen mit feuerverbleitem Metallgehäuse geliefert. Auch diese Hauptleitungs-Abzweigkästen werden als Zweileiter-, Dreileiter- und Vierleiter-Abzweig für Querschnitte von 6 bis 120 mm² hergestellt.

Hiermit ist die Verwendungsmöglichkeit der Wieland-Klemme noch keineswegs erschöpft, erwähnt sei noch die Verwendung dieser Klemmstücke als Abzweigvorrichtung in Zählertafeln usw.

So hat der Erfinder der Schlitzklemme durch vorstehend beschriebene Neukonstruktion die alte Schlitzklemme den verschärften Vorschriften des VDE und den Erfordernissen der Praxis angepaßt und ein einheitliches System in den Handel gebracht, welches berufen zu sein scheint, das so außerordentlich wichtige Problem der technisch einwandfreien Abzweigung und Verbindung von Leitungen seiner Lösung ein bedeutendes Stück näherzubringen.

(Aus Elektrotechnischer Anzeiger, Berlin 1926; von Ing. C. Loebner.)

Generalvertrieb für Österreich: Illchmann & Preidel, Innsbruck, Museumstr. 25

Digitized by Google

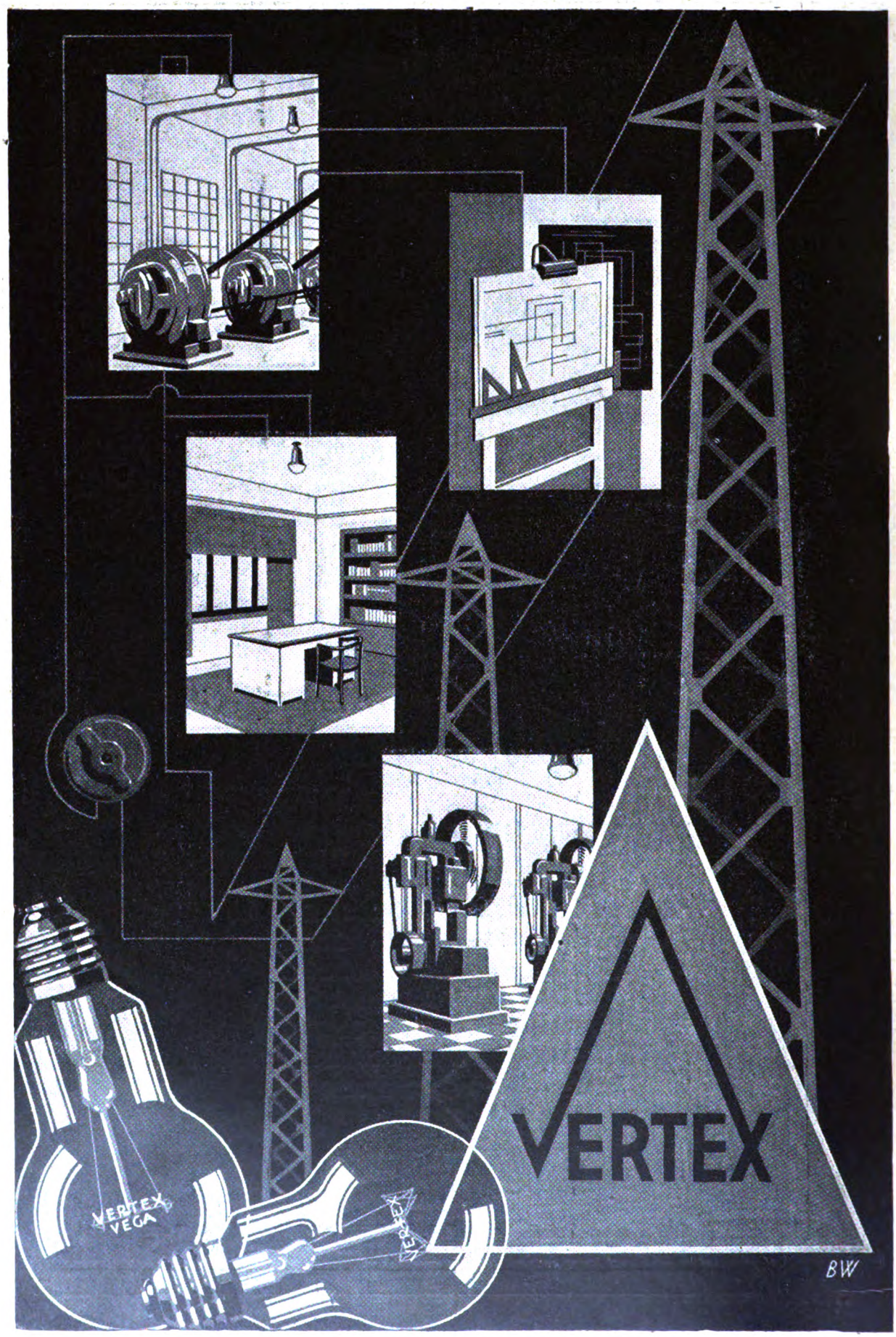
PROTOS

ELEKTRISCHE HAUSGERÄTE:

Heiz- u. Kochapparate
Heißwasserspeicher
Wärmespeicher - Öfen
Nähmaschinenantriebe
Waschautomaten
Haartrockenapparate
Küchenmotoren und
Küchenmaschinen
Staubsauger
Bohner

SIEMENS-SCHUCKERT-ERZEUGNIS

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

SAMMEL-

MAPPEN

für die Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstrom-anlagen

Blauleinen mit Schwarzprägung, Format: 19·5 / 14 / 6 cm mit Schraubstift-Vorrichtung zum Einlegen der gelochten Einzelhefte EVW 1 bis EVW 16 und der noch folgenden.

Preis S 3·30

Versand nur gegen Voreinsendung des Betrages oder per Nachnahme zuzüglich 55 g Nachnahmespesen

---

Bestellschein

An den **Elektrotechnischen Verein,** Wien VI, Theobaldgasse 12

Senden Sie sofort:

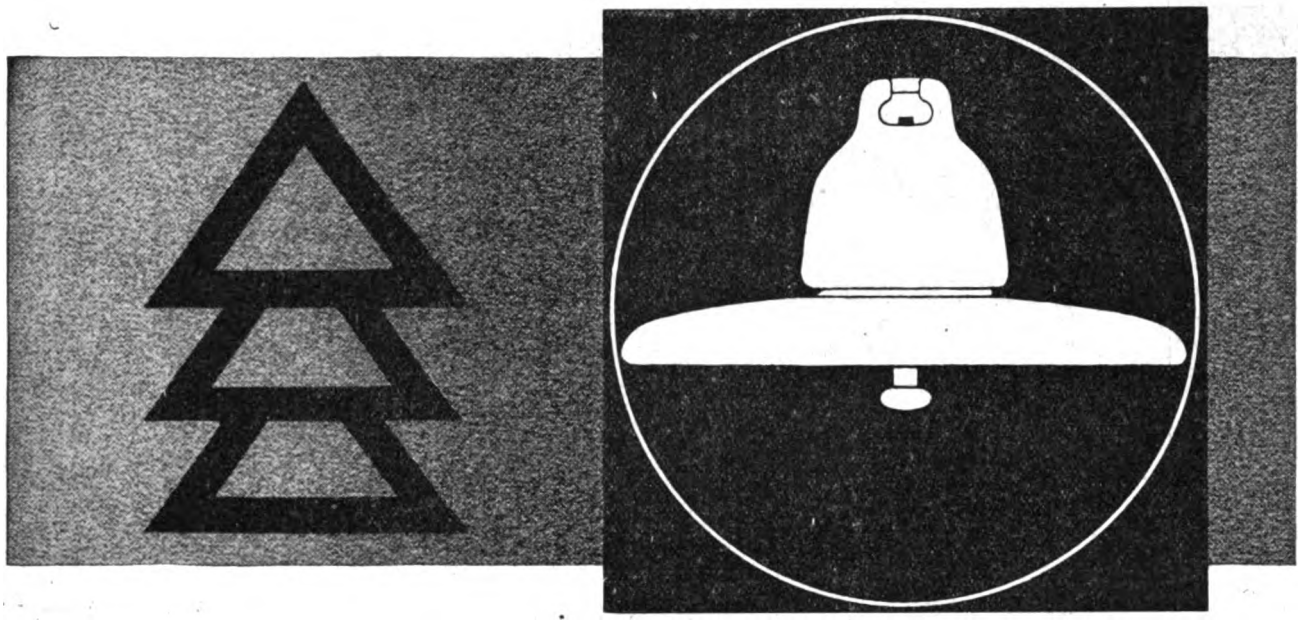
..... Exemplar „SAMMELMAPPE“ zum Preise von S 3·30 pro Exemplar

Zusendung: Als gewöhnliche Drucksachensendung (der entfallende Betrag folgt gleichzeitig)*
Als eingeschriebene Sendung (Betrag zuzügl. 35 g Mehrporto folgt gleichzeitig)*
Per Nachnahme, zuzüglich 55 g Nachnahmespesen *

Genaue Adresse: .....

* Nichtgewünschtes durchstreichen

Digitized by Google



HERMSDORF-SCHOMBURG-ISOLATOREN GMBH
HERMSDORF THÜRINGEN

Vertreter für Österreich: A. Faber, Wien, III., Sechskrügelgasse 8
Vertreter für Vorarlberg, Tirol und Salzburg: Illchmann & Preidel, Innsbruck, Museumstraße 25
Vertreter für Ungarn: A.-G. für Kraftübertragung und Beleuchtung, Budapest, Vörrösmarty-utca 45

Die Qualitäts-Marke

Wechselstromzähler Type W 3

Mit Schutz gegen Stromdiebstahl

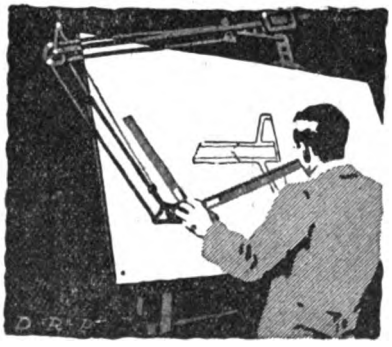
REIMER & SEIDEL

ELEKTRIZITÄTSZÄHLER-FABRIK

WIEN XVIII, RIGLERGASSE 4

Wo ist der Maßstab ?

der Rentabilität leichter festzustellen als bei der Präzisions-Zeichenmaschine „Kuhlmann“



Sie erparen 75% Zeit sowohl beim Entwurf als auch beim Kopieren Ihrer Zeichnungen!

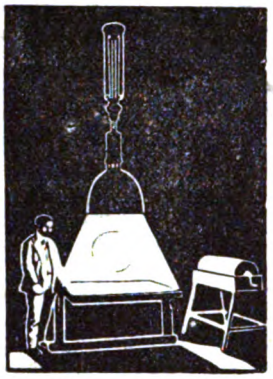
*

Verlangen Sie sofort ausführlichen Prospekt!

CARL JAHODA / WIEN

III, Radetzkystraße 11 / Telephon 92-0-62

Digitized by Google



Telephon 59180

Elektrischer Schnellkopierapparat

»ELLIPSOKOP«

fertigt Lichtpausen, unabhängig vom Tageslicht

BILLIGER BETRIEB! in 2–3 Minuten BEQUEMES ARBEITEN!

H. Pöchhacker & Co., Wien IV, Wiedner Gürtel 6

Hochspannungs-Isolier-Material

Platten, Röhren, Zylinder, Formstücke, bearbeitete Isolatoren, Stäbe u. Streifen

Verlangen Sie Angebot von:

Akt.-Ges. für Hochvolt-Isolation

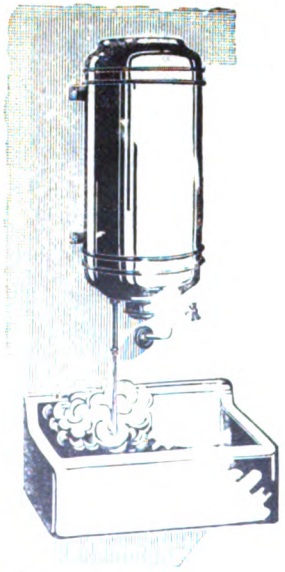
Dresden-Kemnitz

Vertreter: Ing. Josef Riedel, Wien VII, Lindengasse 32

Elektr. Heißwasser-Speicher

Marke

CUMULUS



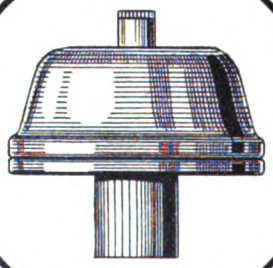
haben sich überall bewährt

★

Über 16.000 Stück stehen bereits in Europa in Verwendung

ELEKTRA GES. M. B. H. BREGENZ

COLUMBUS



3 MINUTEN SCHALTER

Der ideale automatische TREPPENSCHALTER für Gleich- u. Wechselstrom

S. SCHÖN

AKTIENGESELLSCHAFT FÜR ELEKTROTECHNIK

WIEN VII. BURGGASSE 58

Digitized by Google

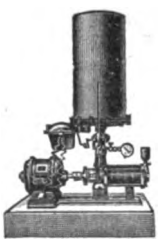
KEIN DREHEN! KEIN DRÜCKEN!

KONTAKT-
KIPP-SCHALTER

„ELIN"

AKTIENGESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE INDUSTRIE
WERKE: WIEN WEIZ
ZENTRALE: WIEN I. VOLKSGARTENSTRASSE 1—5.

Evo-Automat

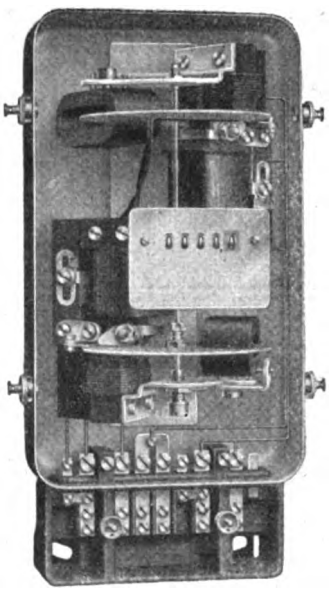


Ideale Hauswasserversorgung

Stets frisches Wasser
Hohe Leistung
Tausende Anlagen
Betriebssicher
Billiger Betrieb
Überall bewährt

Spezialfabrik moderner Pumpen
Ernst Vogel · Stockerau
Wiener Büro: I, Riemerg. 15, Tel. 76-0-19, 78-4-51

ELEKTRIZITÄTSZÄHLER
für alle Stromarten und Tarife



Drehstrom-Dreileiterzähler

Blind- und Scheinverbrauch-Zähler
Ferrariswattmeter
Meßtransformatoren
Eichstationen

Zeitschalter und Schalt-Automaten

„MAXIGRAPH"
der ideale Kontroll- und Registrier-Apparat

LANDIS & GYR G. m. b. H.
WIEN XIV, Pillergasse 10

Digitized by Google

ČESKOMORAVSKÁ-KOLBEN DANĚK

AKTIENGESELLSCHAFT

ELEKTROTECHNISCHE FABRIK:

PRAG-VYSOČAN

Elektrische Maschinen aller Art
Turbogeneratoren, Motorgeneratoren, Umformer
Transformatoren, Motoren
Hoch- und Niederspannungsapparate
Schalttafeln und komplette Schaltanlagen
Stadt- und Überlandzentralen
Elektrische Beleuchtung und Kraftübertragung
Massenfabrikation von Installationsmaterial
Elektrische Bahnen
Wasserturbinen und komplette Wasserkraftanlagen
Stahl- und Temperguß

INGENIEUR- UND VERKAUF-BUREAUX:

PRAG I, Národní 21, Telefon Nr. 207-15 (Gleichzeitig Verkaufsbureau und Lager)
JUNGBUNZLAU, Zalužanská ul. 341, Telefon Nr. 189
PARDUBITZ, Sadová 95, Tel. Nr. 137
PILSEN, Hálkova 40, Tel. Nr. 1213
BUDWEIS, Skuherského 8, Tel. Nr. 22

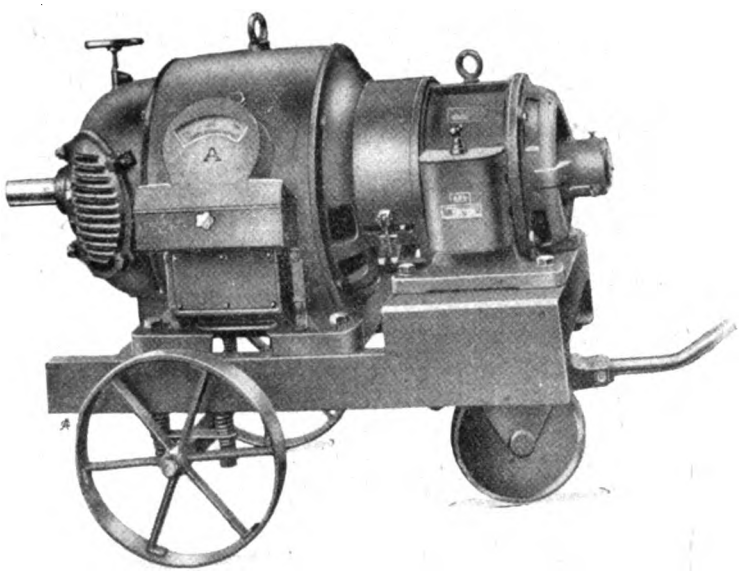
Fabriks-Marke

TEPLITZ-SCHÖNAU, Marktgasse 504, Telefon Nr. 1260
TRAUTENAU, Krankenhausstraße 2, Telefon Nr. 305
BRÜNN, Palackého 22, Tel. Nr. 979
MÄHR. OSTRAU, Denisplatz, Court of Industry, Tel. Nr. 1221
MÄHR. SCHÖNBERG, Körnerstraße 3, Telefon Nr. 147
BRATISLAVA (Preßburg), Kristingasse 1, Telefon Nr. 2464

Digitized by Google

Neue
Gleichstrom-
Lichtbogenschweißdynamo

Keine Fremderregung
Lichtbogen selbstregelnd
Keinerlei Drossel- u. Vorschaltwiderstand
Leerlaufspannung und Kurzschlußstrom unabhängig voneinander einstellbar, daher beste Schweißergebnisse bei geringsten Anforderungen an die Geschicklichkeit des Schweißers



Fahrbarer Umformer für 300 Amp. Schweißstrom
Tropfwassersicher für Arbeit im Freien
Gesamtlänge 1·2 m

A. E. G.-UNION
ELEKTRIZITÄTS-GESELLSCHAFT WIEN

Digitized by Google

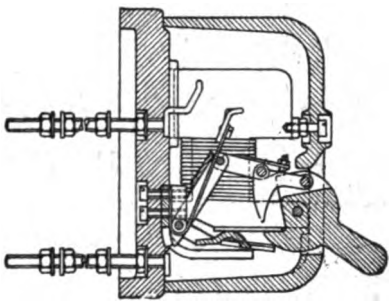
Digitized by Google

Schutzapparate gegen Überstrom

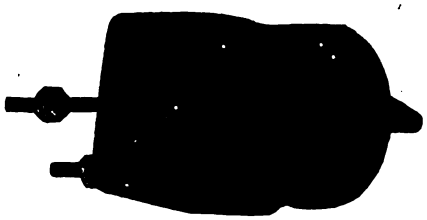
an Stelle von Abschmelzsicherungen

in Stöpselform
bis 10 Amp.

Löst bei Überlastung oder Kurzschluß sicher aus



als Sockel-Automat in einpoliger Ausführung bis 25 Amp., in zwei- und dreipoliger Ausführung bis 15 Amp.



in Drehschalterform
bis 10 Amp.

Freiauslösung, daher Kontaktstellung bei Überstrom oder Dauerkurzschluß unmöglich

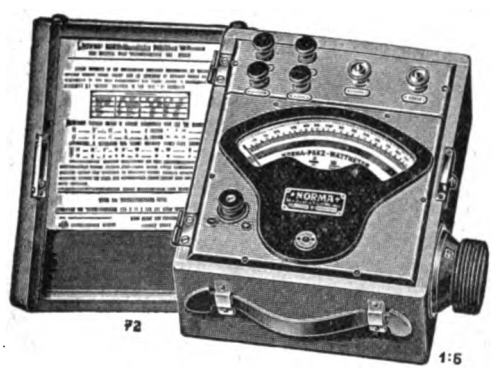
Zum Schalten von hochkerzigen Halbwattlampen mit Auslöseverzögerung

Sofort ab Lager lieferbar, Zwischenverkauf vorbehalten

Dr. Paul Holitscher & Co. Wien IV

Telephon 57-5-50 Serie — Starhemberggasse 4–6 — Tel.-Adr. Elektromaterial

NORMA



Spezial-Instrumente für Zählereichung u. Tarifwesen

Präz. Leistungsmesser mit 4 Strommeßbereichen 0·5 ... 100 A und für 150, 300, 450 (600) V

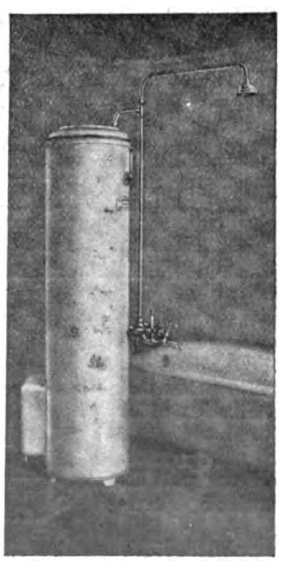
Präz. Wirk- und Blindleistungsmesser zum Anschluß an vorhandene Meßwandler, wobei die Ablesung am Instrument für beide Werte ohne äußere Schaltungsänderung möglich ist

Sonder-Meßgeräte zur direkten Ablesung des kaufmännischen Leistungfaktors

NORMA Instrumenten-Fabriks-Gesellschaft m. b. H.
Wien XVI

Generalvertretung:
Dr. Paul Holitscher & Co., Wien IV

ETH Gesellschaft für ETH
Elektro-Heizungstechnik
m. b. H.
Wien V, Ziegelofengasse 23 / Tel. 51-0-40



Elektro-Heißwasser-speicher „TORPEDO"

absolut betriebsicher!

★

Prospekte werden Interessenten zugesendet!

Digitized by Google

A. G. VORMALS

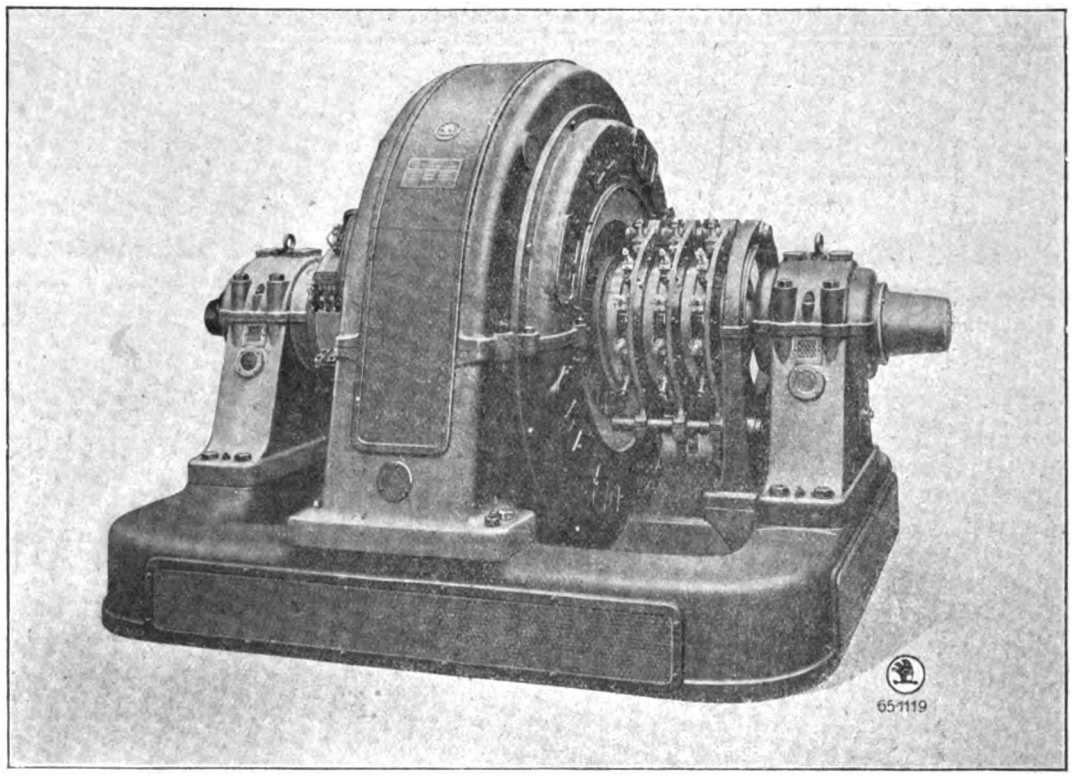
SKODAWERKE

IN PILSEN.

ELEKTROTECHNISCHE FABRIKEN:
IN PILSEN-DOUDLEVCE UND IN BRÜNN

General- und Kommerz.-Direktion:
PRAG.

Einanker-Umformer



Sechsphasen-Einankerumformer 1000/2000 kW, 580 Volt Gleichspannung, 750 U. p. M., geliefert an das Elektrizitätswerk in Prag.

ELEKTROINGENIEUR-BUREAUX:

PRAG II, Jungmannova 37 (zugl. Verkaufsstelle u. Lager) Fernspr. 251-51 bis 60.
PILSEN, Skodawerke, Werkbahngebäude, (zugleich Lager) Fernspr. Skodawerke 480 bis 488.
KÖNIGGRÄTZ, Skodawerke, Fernspr. 340.
TURN-TEPLITZ, Hauptstr. 80, Fernsp. 1172.
REICHENBERG, Kratzauerstraße 6, Fernsprecher 1440.
BRÜNN, Zeile 109, Fernsprecher 3028, 3083.
MÄHR.-OSTRAU, Bahnhofstrasse, Gebäude der Živnobanka, Fernspr. 457.
BRATISLAVA, (Preßburg), Šafafikovo nám 3, Fernsprecher 2659.
KASCHAU, Tordassygasse 7, Fernsp. 101
BEOGRAD, Knez Mihailov Venac 13/14, tel. 578.
LJUBLJANA, Šelenburgova 7, Fernspr. 2966.
SOFIA, Ulica Levski 10, Fernspr. 2304.

Digitized by Google

Osram-Illuminations-Lampen

wetterfest gefärbt,
rot,
orange,
gelb,
grün,
blau,
sind vorzüglich geeignet
für
Lichtreklamen und Festbeleuchtungen.
Glänzende Reklamewirkung.

OSRAM

Osramlampen-Gesellschaft m. b. H.

WIEN I, FLEISCHMARKT 1

Digitized by Google

HAEFELYT

HOCHSPANNUNGS-ISOLIER-MATERIALIEN:

Platten, Röhren, Zylinder, Hülsen,
bearbeitete Isolatoren, Presstücke,
Micartafolium, lackiertes Papier,
Stütz- & Hänge-Isolatoren, Stäbe,
Kondensator-Durchführungen.

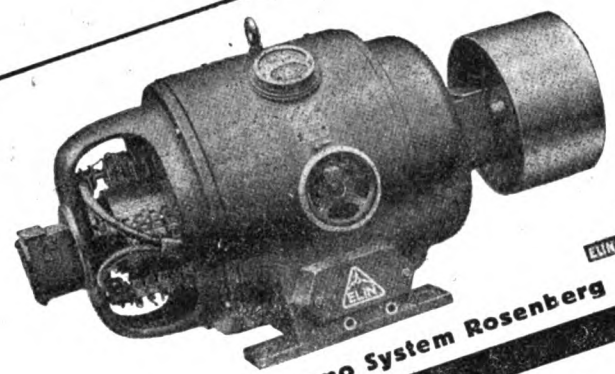
EMIL HAEFELY & Co. A.G.
BASEL

Digitized by Google

ELEKTRISCHE GLEICHSTROM-LICHTBOGENSCHWEISSUNG

ELIN

WIEN — WEIZ



Schweißdynamo System Rosenberg

Schweißumformersatz, bestehend aus Drehstromkurzschlußmotor und 4 Schweißdynamos (Bauart Rosenberg) für 4 × 200 Amp. Schweißstrom

VERWENDBAR FÜR JEGLICHE ART VON SCHWEISSARBEIT AN SCHMIEDEEISEN- STAHLGUSS- UND GUSSEISENSTÜCKEN

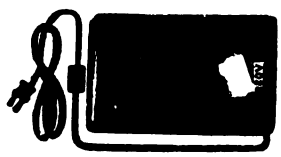
"ELIN"

AKTIENGESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE INDUSTRIE

ZENTRALBÜRO:

WIEN I, VOLKSGARTENSTR. 1—5

Digitized by Google

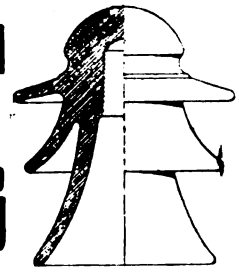


Elektrische Heizkissen
anerkannt beste Marke
erstklassige Ausführung
erzeugt und liefert prompt
ab Lager
Robert Hummel, Wien XII, Kurbergasse 4. Tel. B1-3-70

Elektromotoren
für sämtl. Stärken, neu oder gebraucht, sowie
deren Reparaturen mit Beistellung
von Ersatz-Motoren
ANTON GÜNNER - WIEN VI
Mariahilferstraße 101 Telephon Nr. 8327

Wer österreichische Erzeugnisse vorzieht, fördert die österreichische Wirtschaft und sich selbst!

PORZELLAN FÜR **HOCHSPANNUNG**



PORZELLAN FÜR **NIEDERSPANNUNG**

Moderne Prüfanlagen! Wechselstrom 300.000 Volt / **Maximale Prüfspannungen:** Gleichstrom 700.000 Volt

I. ÖST. PORZELLANFABRIK ING. LUDWIG NEUMANN Ges.m.b.H. FRAUENTHAL Stmk.

TEL. d. FABRIK: DEUTSCHLANDSBERG 16 / ZENTRALBÜRO WIEN XVII. BERGSTEIGG. 36, TEL. 29-5-25 Serie

Original amerikan.
Vulcanfibre
und alle
Isolationsmaterialien
für Stark- und Schwachstrom
ALBIS
Wien I. Wallnerstraße 8
Telephon Nr. 67-4-49

Ersatzhefte der E. u. M.

können wir soweit noch vorhanden, nur bei gleichzeitiger Einsendung von

1 Schilling pro Heft

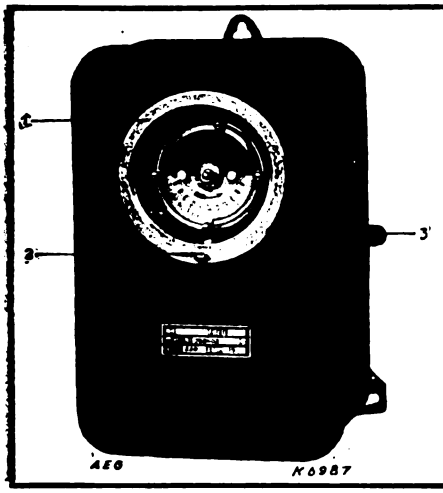
(Sonderhefte S 2·—) nachliefern
Geschäftsstelle der „E. u. M."

Österr. Kalender für Elektrotechniker

Begründet von F. UPPENBORN
Herausgegeben von
DR.-ING. e. h. G. DETTMAR
ord. Professor der Techn. Hochschule Hannover
unter Mitwirkung des Sekretariats des Elektrotechnischen Vereins in Wien
22. Jahrgang 1927/28
Hauptband: 740 S. 294 Abb. Kl.-8°. 1927/28
Ergänzungsband: 371 S. 128 Abb. Kl.-8°. 1927

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins in Wien erhalten den Österreichischen Kalender für Elektrotechniker zum ermäßigten Preise von S 15·70 für Haupt- und Ergänzungsband (Buchhandelspreis S 18·50). Bestellungen werden nur für Haupt- und Ergänzungsband gemeinsam angenommen und müssen, falls der Vorzugspreis beansprucht wird, direkt an das Sekretariat des Elektrotechnischen Vereins in Wien (VI, Theobaldgasse 12) gerichtet werden. Bei Postversand kommen zu den obigen Vorzugspreisen noch die Versandkosten. Sie betragen für Haupt- und Ergänzungsband in Österreich: als eingeschriebene Sendung S —·80, als Nachnahmesendung S 1·20; nach dem Ausland: Versand nur als eingeschriebene Sendung S 2·20. Der Versand des Kalenders erfolgt in Österreich gegen Vorausbezahlung oder unter Nachnahme; nach dem Ausland nur gegen Vorausbezahlung.

Digitized by Google



SCHALTUHREN

FÜR LICHTREKLAME,
HEISSWASSERSPEICHER, STRASSEN-
BELEUCHTUNG ETC.

AKT. GES. FÜR ELEKTR. BEDARF, WIEN
VII, NEUBAUGASSE 15 TELEPHON 38560—62

Kabelfabrik- und Drahtindustrie-Akt.-Ges.

Wien III/1, Stelzhamergasse 4

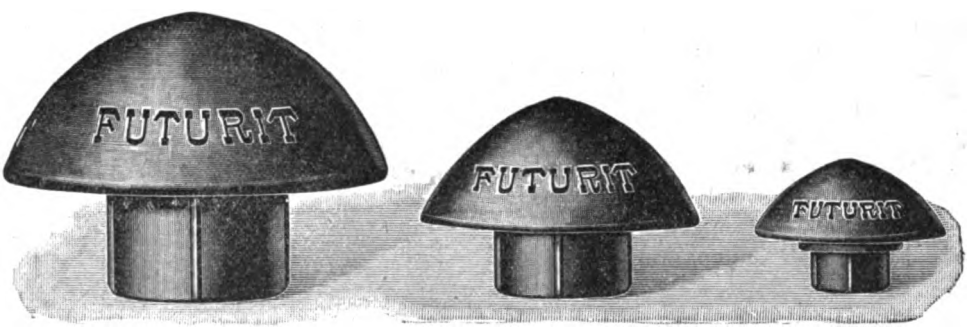
Telegramme: Kabel Wien **Gummon-Abteilung** Telephon: 98-5-75 Serie

Alleinige Inhaberin der Bakelit-Patente

Dachständer-Einführungen

aus

FUTURIT



VERWENDUNG:

Bei Einführung elektr. Leitungen von den Freileitungsnetzen in das Innere der Gebäude

EIGENSCHAFTEN:

Hohe elektrische Isolierfähigkeit / Große mechanische Festigkeit / Wetterbeständig
Ohne zu demontieren an jedem bestehenden Dachständer anmontierbar

KONSTRUKTION:

Die Einführungen bestehen aus zwei Teilen, einem Unterteil und der Kappe. Der Unterteil ist so konstruiert, daß er den normalen Rohrdimensionen angepaßt ist. Um genügenden Spielraum für nicht runde Rohre oder für Differenzen im Rohrdurchmesser zu schaffen, haben die Unterteile vier Längsrippen, welche beim Aufsetzen der Unterteile in die Rohre eventuell abgeschabt werden können, so daß der Unterteil dann im Rohr festsitzt. Die Kappe wird nachher auf die im Unterteil eingepreßte Schraube aufgeschraubt.

Digitized by Google

Weidmann'scher
Presspan

Tafeln in allen Stärken von 1mm an. Endlose Rollen u. Bänder von 0.1mm bis 7mm Stärke. Auch isolackiert, geölt oder micanisiert. – Formstücke, Standartikel. Unerreichte Qualität laut Versuchsattesten. Verlangen Sie bemusterte Offerte von:

Presspan- & Isolations-Material-Werke f. Elektrotechnik vorm
H. Weidmann A.G.
Vertreter: Rapperswil-Schweiz
Ing. Carl Möckli, Wien V, Kriehubergasse 10

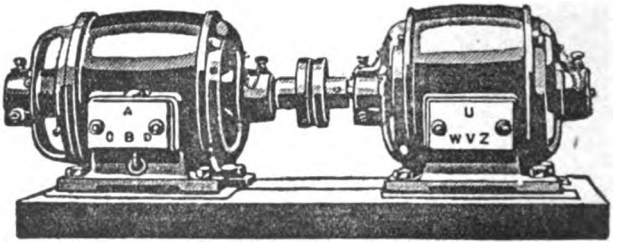
Verkaufsbüro: Wien V, Bräuhausgasse 63
Tel.-Adr.: Kunstkohle
Fernsprecher: 53-4-62

Telephon- und Telegraphen-Fabriks-A.G.
KAPSCH & SÖHNE
Wien XII, Johann Hoffmannplatz Nr. 9
Fernsprecher Serie 89-5-20

Wir erzeugen
Telephon- und Telegraphen-Einrichtungen modernster Systeme, Telephonzentralen mit Hand- und automatischem Betrieb, Reihenschaltungs-Anlagen, Haustelegraphen, galv. Elemente und Batterien, Radiohochleistungsapparate

Spezialwerkzeuge für Elektrotechniker
Flaschenzüge, Froschklemmen, Steigeisen, Sicherheitsgürtel, Lötlampen, Lötkolben, Zangen aller Art, Mauerbohrer, Bohrapparate etc. sowie sämtliche Werkzeuge für Werkstätten und Montage - Betrieb

PICK & MAUTNER
Wien
VI, Gumpendorferstr. 124, Telefon 4120
Preisliste E und Offerte auf Verlangen



Ladeaggregate für Radio-Batterien
bis 1000 Watt
Kabé Kleinmotoren- u. Ventilatorenfabrik A.-G.
Wien XVII. Rosensteing. 83–85 / Tel. 24-302, 63-2-58

Die neuen Sicherheitsvorschriften sind erschienen!

Aufzügefabrik
A. Freissler
Gesellschaft m. b. H.

Wien X, Erlachplatz 3, Telephon 50-2-60
Budapest VI, Horn Ede-utca 4
Gegründet **1868** **11.000** Anlagen

Personen- und Lasten-
Aufzüge
Krane, elektr. Spills

Digitized by Google

Im nächsten Heft erscheint das Inserat der Süddeutschen Isolatorenwerke GmbH. Freiburg i. B.

Käufer oder Lizenznehmer gesucht für das österr. Patent Nr. 91107 2957

„Mastfundierung"

und gefl. Zuschriften erbeten an das Patentanwaltsbüro V. Tischler, Wien VII/2.

Käufer oder Lizenznehmer gesucht für das österr. Patent Nr. 68629 2943

„Schaufelrad für Massengut"

und gefl. Zuschriften erbeten an das Patentanwaltsbüro V. Tischler, Wien VII/2

Drehstrommotor

3000 Volt, 100 PS und Gleichstromdynamo 75 kW, 21×80 Volt samt Zubehör und Diverses wegen Umbau

billig abzugeben 2946

bei Elektrizitätswerk Zell am See.

Elektroingenieur für Marokko

mit guten französischen Kenntnissen als technischer Verkäufer **gesucht.** Kurzes Bewerbungsschreiben unter „B. 2956" an die E. u. M.

Einem Teile der Auflage liegt ein Prospekt der **Siemens & Halske A.-G. Abtlg. für Fernsprech-Mietanlagen Wien VII.,** bei.

Beachten Sie das Inserat der „Kontakt" A. G. auf der letzten Umschlagseite dieses Heftes

Elektro-Ingenieur

Abs. Höh. St. Gew. Sch., 1912, 34 Jahre alt, verheiratet, vertraut mit Betrieb und Bau elektr. Anlagen, guter Acquisiteur, ernster und fleißiger Mensch,

sucht Dauerposten

in E. W. oder Industrie. Gefl. Anträge erbeten unter „Tüchtiger Praktiker 2960" a. d. „E. u. M." Wien VI.

Elektrotechniker 2951

sucht Dauerposten. Hat die Staatsgewerbeschule in Salzburg, elektr. Abt., mit gutem Erfolg absolv., war als Monteur bei den Öst. Bundesbahnen in Innsbruck und in einem Installationsbüro tätig. Gefl. Anträge erbeten an E. Majer, Salzburg, Nonntalerstraße 24.

Kaufmann — Techniker — Kabelbranche

27 J. alt, ledig, gesund, repräsent., Organisator, rastloser Arbeiter, sucht sich in entwicklungsfähiger Position, eventuell Elektroindustrie, zu verändern. Selber ist langj. bei Großfirma Wiens tätig, u. hat reiche Erfahr. im Lohn- und Akkordwesen, in Kalkulation, Kartell- u. Unkostenbilanz; mehrj. Werkstätten- u. Konstruktionspraxis. Gefl. Angebote unter „K 2950" a. d. E. u. M.

Dipl. Ing. Dr. der Nationalökonomie

m. Regierungs-Baumeister-Examen (Staatskonkurs)

Bayer, firm in Elektro- und Masch.-Technik, mehrjähr. Praxis bei Großfirmen, davon 3 Jahre Reichsbahn (100 000 V und 15 000 V Bahnnetz, Wasser- und Wärmekraftwerke), techn. und techn.-wirtschaftl. tätig, fachliterar. und vortragsgewandt, engl. und franz. Sprachkenntnisse, 28 Jahre, kathol., gesund, zäher Arbeitswille,

sucht gut bezahlten Dauerposten

bei städt., staatl. oder priv. Betriebe, geht auch Ausland, Eintritt binnen 3 Wochen oder ab 1. Jänner 1928. Besuch, Referenzen, Zeugnisse unverbindl. Angebote erb. an die „E. u. M.", Wien VI, unter „2917".

E. W., Industrie od. Elektrobüro

bietet sich Gelegenheit, erfahrenen Ingenieur mit erstklassigen Zeugnissen für Projektierung, Bau, Akquisition, Betriebsleitung oder Wirtschaftstechnik elektr. Anlagen günstig zu verpflichten. Anbote unter: „Verläßliche Kraft 2938" an die E. u. M., Wien VI.

Ein wichtiges Nachschlagewerk von dauerndem Wert!

Statistik der Elektrizitätswerke und elektrischen Bahnen Oesterreichs

Herausgegeben vom Elektrotechnischen Verein in Wien, 214 u. XLVI Seiten stark in Halbleinen gebunden. Preis S 18·— (für Mitglieder des EVW S 15·30). Inhalt: Alphabetisch geordnetes Verzeichnis der Elektrizitätswerke; Statistische Angaben der Elektrizitätswerke mit mehr als 20 kW Anschlußwert; Angaben über die Betriebsmittel der Elektrizitätswerke mit mehr als 500 kW Leistung; Statistische Angaben der elektrischen Bahnen; Tabellarische Zusammenstellungen der statistischen Angaben.

AUFZÜGE **F. WERTHEIM & COMP.** Kassen- und Aufzugfabrik-Aktien-Gesellschaft **Wien IV. Mommsengasse 6** **KASSEN**

Digitized by Google

ELEKTROTECHNISCHER VEREIN IN WIEN

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen

und ergänzende Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen.

Stück	Ordnungs-Nr.	Titel	Gültig ab		Preis S	Preis g
	EVW 1	Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen mit Anhang EVW 2	1. IX. 1927	Ganzleinen geb. Für Mitglieder broschiert Für Mitglieder	4 3 3 2	20 40 20 60
	EVW 1 3. Teil	Betriebsvorschriften in Plakatform	1. IX. 1927	Plakatpapier auf Kartenleinen wie vor, lackiert	1 5 6	50 80 80
	EVW 2	Schaltzeichen und Schaltbilder (separat)	1. IX. 1927	broschiert	1	—
	EVW 3	Vorschriften für die Prüfung von Schmelzsicherungen	1. IX. 1927	geheftet	—	40
	EVW 4	Vorschriften für die Prüfung von Dosenschaltern für Spannungen bis 750 V und Stromstärken bis 60 A	1. IX. 1927	geheftet	—	40
	EVW 5	Vorschriften für die Prüfung von Steckvorrichtungen für Spannungen bis 750 und Stromstärken bis 60 A	1. IX. 1927		—	30
	EVW 6	Vorschriften für die Prüfung von Glühlampenfassungen, Beleuchtungskörpern und Handlampen . .	1. IX. 1927		—	30
	EVW 7	Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen	1. IX. 1927	geheftet	1	70
	EVW 8	Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren	1. IX. 1927	geheftet	1	60
	EVW 9	Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen	1. IX. 1927	geheftet	1	60
	EVW 10	Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen	1. I. 1928	geheftet	1	50
	EVW 11	Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen	1. IX. 1927	geheftet	1	50
	EVW 12	Leitsätze für Erdungen und Nullung in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde	1. IX. 1927	geheftet	—	50
	EVW 13	Leitsätze für Schutzerdungen in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde	1. IX. 1927	geheftet	1	50
	EVW 14	Normen für Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte für Stromstärken von 10 bis 15000 V	1. IX. 1927		—	20
	EVW 15	Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen	1. IX. 1927		—	30
	EVW 16	Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte)	1. IX. 1927		—	30
		Sammelmappe zu den „Sicherheitsvorschriften" (siehe dieses Heft, Seite VI)			3	30
		Vorschriften für Freileitungen . . . . . *	Herausgabe erfolgt später	Bis zur Herausgabe gilt der bisherige 11. Anhang		
		Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen in Theatern**	Herausgabe erfolgt später	Bis zur Herausgabe gilt der bisherige 3. Anhang		

An den Elektrotechnischen Verein in Wien, VI. Theobaldgasse 12.

Bestellung: Wir (ich) bestelle(n) hiemit die oben unter „Stück" angegebene Anzahl Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen.

Zusendung: Als gewöhnliche Drucksachensendung (der entfallende Betrag folgt gleichzeitig).
Als eingeschriebene Sendung (Betrag zuzüglich 35 Groschen Mehrporto folgt gleichzeitig).
Per Nachnahme, zuzüglich 55 Groschen Nachnahmespesen.

Genaue Adresse: .....

Digitized by Google

1. Heft
Seiten 1—20

E. u. M.

1927
2. Jänner

ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU

FERNSPRECHER 2403, 4493 WIEN 6, THEOBALDGASSE 12

45. Jahrgang

ELEKTROMOTOREN

1/100-200 PS, erstklassig, preiswert, meist lagernd, ferner:

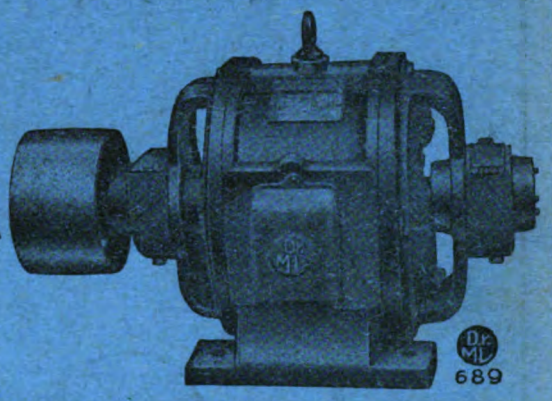
Ventilatoren, Umformer, Ladeapparate, Widerstände, Elektrische Spezial-Konstruktionen

Max Levy

Berlin N 65 Müllerstr. 30

General-Vertretung:

Ing.-Büro A. Hartmann Wien XIII, Leopold Müllerg. 2
Telegramm-Adr.: „Remontor" Telephon Nr. 85-6-27

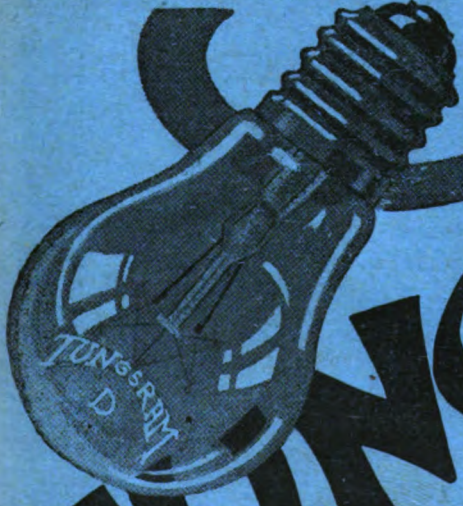


Demnächst erscheint:

Statistik der Elektrizitätswerke

und elektrischen Bahnen Österreichs

Preis pro Exemplar S 18.—



TUNGSRAM D-LAMPE

BEIBLATT: DIE LICHTTECHNIK (SEITEN 1—12)

Digitized by Google

Kabelfabrik- und Drahtindustrie-A.-G.

Wien III/1, Stelzhamergasse 4

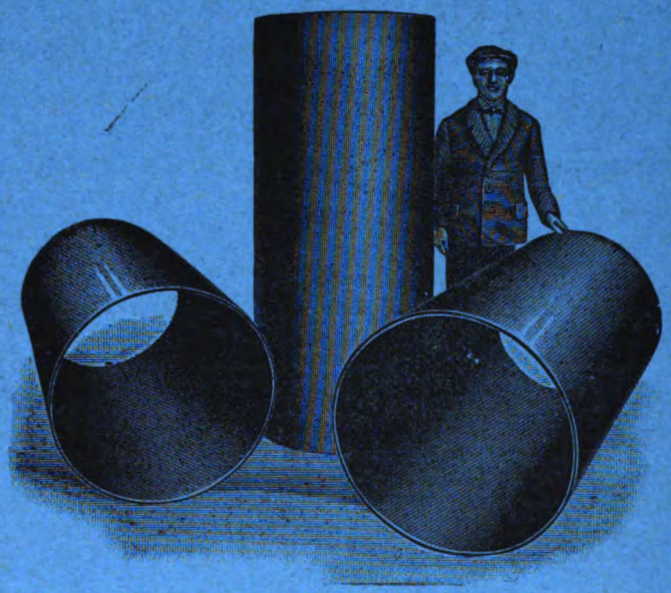
Telegramme: Kabel Wien **GUMMON-ABTEILUNG** Telephon: 98-5-75 Serie

Alleinige Inhaberin der Bakelite-Patente

Transformatoren - Zylinder

aus dem hochwertigen Konstruktions- und Isoliermaterial

GUMMOID



bis 1200 mm Durchmesser und 2000 mm Länge

GUMMOID

findet ferner Verwendung zur Herstellung von Rohren, Platten, Bechern, Durchführungen, Stützisolatoren, Abstützstücken für Transformatoren, Zahnrädern für ruhigen geräuschlosen Gang, Unterlagsplatten, Grundplatten für Schalter, Traversen, Radiogrundplatten, Rahmenantennen usw.

GUMMOID

läßt sich mit scharfen Werkzeugen leicht sägen, schneiden, drehen, bohren, fräsen.

Spez. Gewicht: 1·2—1·4,

Zugfestigkeit: 900—1300 kg/cm²,

Biegefestigkeit: Im Anlieferungszustande 2200 kg/cm², nach 30tägiger Lagerung in Transformatorenöl: 1900 kg/cm²,

Schlagbiegefestigkeit: 28 kgcm/cm²,

Ausdehnungskoeffizient: 0·000023 pro Grad C.,

Wärmebeständig: bis 120°

Beständig gegen Alkohol, Ammoniak, Benzin, Petroleum, heißes Oel, Ozon sowie gegen Belichtung.

Oberflächenwiderstand: im Anlieferungszustande im Raume von 60 % Feuchtigkeit: 10^5—10^6 Megohm, nach 24stündigem Wasserbade 10^2—10^3 Megohm.

Durchschlagsfestigkeit: im Anlieferungszustande bei normaler Temperatur bei 50periodigem Wechselstrome und 10 × 10 cm² Elektrodengröße 1 mm: 40 kV, 5 mm: 110 kV, bei 80° 1 mm: 25 kV, 5 mm: 75 kV, nach mehrtägigem Auskochen in Transformatorenöl bei normaler Temperatur 1 mm: 33 kV, 5 mm: 100 kV.

Verlustwinkel bei normaler Frequenz $\tan \vartheta = 0{\cdot}015$,

Dielektr. Konstante 3.5.

Digitized by Google

Bosch

BOSCH-ÖLER

Zwangläufige Ölförderung

Unbedingte Betriebssicherheit aller Maschinen

Bedeutende Ersparnisse an Schmiermitteln

Übersichtliche, reinliche, von der Wartung unabhängige Schmierung

ROBERT BOSCH Ges. m. b. H.
Wien IX, Spittelauerlände 5 (b. d. Friedensbrücke)

6501 ö.

Lorenz-Umformer

Spezial-Modell zum Laden von Akkumulatoren
Drehstrom und Wechselstrom beliebiger Spannung und Periodenzahl, in Gleichstrom beliebiger Spannung
Tragbare Ausführung **Leistung 200 Watt** Gewicht 15 Kilogramm
Kompendiöser Zusammenbau aller Apparate und Instrumente, Absolute Betriebssicherheit

S. SCHÖN
AKTIENGESELLSCHAFT FÜR ELEKTROTECHNIK
ZENTRALE: WIEN VII, BURGGASSE 58
Fabrik: Wien XII, Breitenfurterstraße 4—8
Drahtanschr.: „Elektroschön" / Fernspr. Zentrale: Serie 32-5-25

Neu erschienen:

Wasserkraft-Jahrbuch

1925/26

HERAUSGEBER:

Oberbaudirektor K. Dantscher, o. Professor und Ingenieur Carl Reindl, München

Groß 8° / 386 Seiten Text mit 168 Abbildungen im Text und auf 7 Tafeln

In Ganzleinen gebunden RM. 16.–

INHALT:

Vorwort. – I. Abschnitt. Entwicklung der Wasserkraftnutzung. – II. Abschnitt. Die Verwertung der Wasserkräfte. – III. Abschnitt. Der Ausbau der Wasserkräfte. – IV. Abschnitt. Wasserkraftmaschinen.

ANHANG:

1. Die Zeichen und Begriffe der Hydraulik. 2. Energiewirtschaftliche Tabellen. 3. Die Verfahren zur Stickstoffgewinnung. 4. Arbeit und Leistung von Wasserkraftspeichern.

Das Wasserkraft-Jahrbuch orientiert über alle wirtschaftlichen und technischen Fortschritte auf dem Gesamtgebiet der Wasserkraftnutzung in Europa. Nach einer Übersicht über die Wasserkraftausnutzung in den einzelnen Ländern werden in wertvollen Aufsätzen erster Fachleute die einzelnen Gebiete der Wasserkraftvorarbeiten, des Wasserbaues, neue Probleme der Wasserkraftmaschinen und die Verwendung der erzeugten Energie dargestellt. Das Jahrbuch ist von Interesse und Bedeutung für jeden technisch und wirtschaftlich mit dem Wasserkraftausbau Beschäftigten und unterrichtet die Ingenieure und Wirtschaftler der ganzen Welt über die Fortschritte und Methoden des europäischen Wasserkraftwesens

RICHARD PFLAUM DRUCKEREI- UND VERLAGS-A.G. / MÜNCHEN

Digitized by Google

Digitized by Google

52. Heft
Seiten 1069—1084

E. u. M.

1927
25. Dezember

ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU

FERNSPRECHER 2403, 4493 WIEN 6, THEOBALDGASSE 12

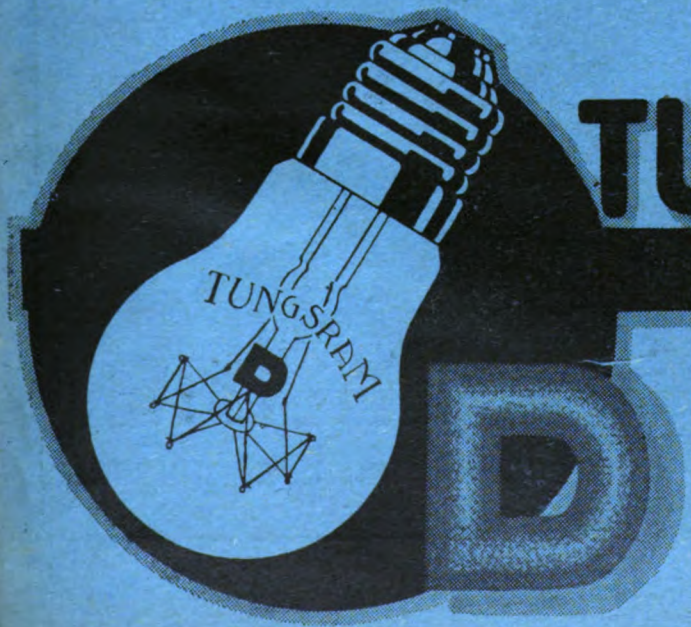
45. Jahrgang

JAN 25 1928

Voith
TURBINEN
VERKÖRPERN KONSTRUKTIVE VOLLKOMMENHEIT, SIND DAHER AUF DEM GEBIETE MODERNER WASSER-KRAFTNUTZUNG FÜHREND

WIR BAUEN FERNER: ALLE TRIEBWERKE, SOWIE HOLZSTOFF- UND PAPIERFABRIKS-EINRICHTUNGEN NACH EIGENEN PATENTEN

J. M. VOITH WERKE: ST. PÖLTEN N.Ö. HEIDENHEIM A.D.BRZ. WTTBG.
BÜROS: WIEN IV. ARGENTINIERSTR. 24. INNSBRUCK BOZNERPL. 1. HOHENELBE Č.S.R.



TUNGSRAM

Die Vorteile der Einheitslampe finden schon überall Anerkennung.

Kleine gefällige Birnform
Wirtschaftl. Lichtverteilung
/ Widerstandsfähigkeit /

Digitized by Google

MASCHINEN-VERBRAUCHER

fördert die Entwicklung des inländischen bodenständigen Maschinenbaues, helft mit, der Arbeitslosigkeit zu steuern und dadurch die österreichische Volkswirtschaft zu kräftigen, daß ihr

EUREN BEDARF AN MASCHINEN

nicht im Ausland

DECKT

sondern

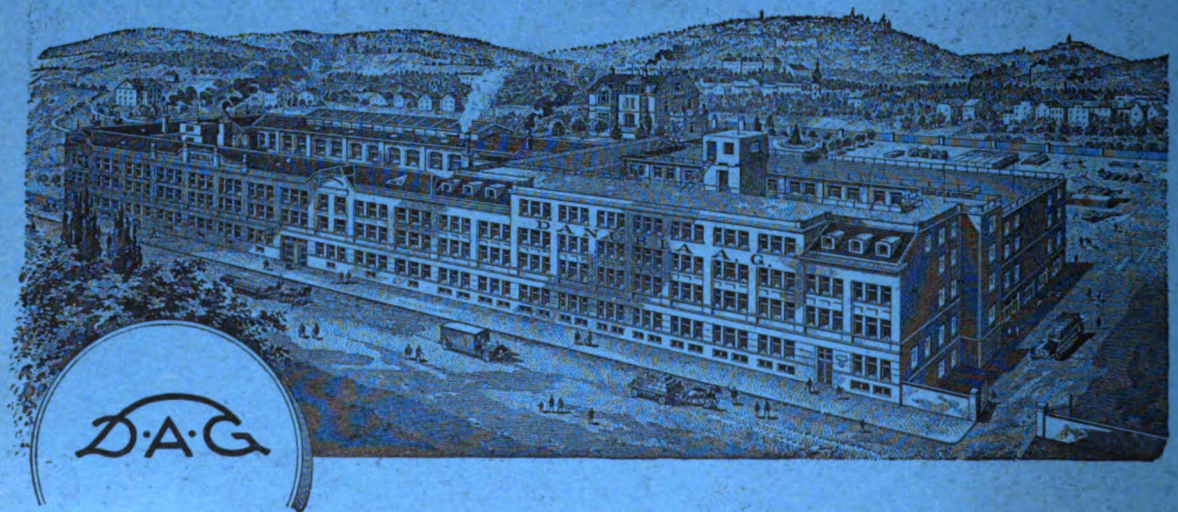
DIE ÖSTERREICHISCHE MASCHINENINDUSTRIE

beschäftigt!

Mit Auskünften, Beratung, Angabe von Bezugsquellen an alle Interessenten steht bereitwilligst zur Verfügung der

VERBAND DER ÖSTERREICHISCHEN MASCHINENINDUSTRIE

WIEN III, SCHWARZENBERGPLATZ 4,/1



D·A·G

DANUBIA A.G.

WIEN—BUDAPEST

FABRIK und BUREAUX:
WIEN XIX
KROTTENBACHSTR. 82—88

TELEPHON NR. 12-5-50 SERIE
TELEGRAMM-ADRESSE:
DANUBIAZÄHLER

„Unterstütze die einheimische Industrie"

Elektrizitätszähler

für alle Stromarten und Spannungen

Digitized by Google

Kabelfabrik- und Drahtindustrie-

Aktiengesellschaft

Zentralbüro:
Wien III/1, Stelzhamergasse Nr. 4

Werke:
Wien und Ferlach

Kabelwerke - Isolierrohrfabrik - Gummiwerke

Starkstrom-Bleikabel
Höchstspannungskabel, glimm- und strahlungsfrei (Patent Nr. 74.883)
Telephonkabel
Telegraphenkabel
Blocksignalkabel
Verlegung von Kabelnetzen
Leitungsdrähte, Kabel und Schnüre
Wetter- und säurebeständige Leitungen
Dynamo- und Apparatedrähte
Emaildrähte
Drähte und Seile aus Kupfer, Bronze, Eisen und Stahl
Papier-Isolierrohre mit u. ohne Armierung
Isolierrohr-Zubehör
Drahtstifte
Gummon, Gummoid, Futurit (Isoliermaterial in Platten und Formstücken)
Kunstharz „Bakelite“ zum Imprägnieren von Wicklungen etc.

Walzwerke - Drahtzugwerke

Digitized by Google

»KONTAKT« A.-G. WIEN

SPEZIAL-FABRIK ELEKTR. STARKSTROM-APPARATE

XVI, HEIGERLEINSTRASSE 36—40

TELEPHON NR.
28-5-80 SERIE

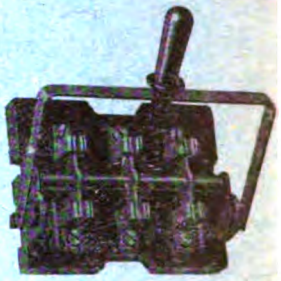
TELEGRAMME:
KONTAKT WIEN

Neuer Hebel-Ausschalter Type HAG

mit **schlitzloser Metallschutzkappe**

bis 25 Amp., 500 Volt

in jeder Hinsicht entsprechend den neuesten Vorschriften!



Kappe abgenommen

Diese Ausschalter besitzen eine gepreßte Isoliergrundplatte mit Ausnehmungen für Rohranschluß. Die Schaltbrücke ist so ausgebildet, daß die Schaltbewegung der Kontaktmesser zwangsläufig erfolgt, wodurch ein **gleichzeitiges Abschalten aller Pole verbürgt ist.**

Die schlitzlose Metallschutzkappe, welche isoliert ausgekleidet ist, macht den Schalter äußerst widerstandsfähig, die Befestigung der Kappe erfolgt nicht durch Schrauben, sondern durch einfaches Aufstecken auf die Grundplatte, wobei in der Kappe angebrachte Schnappfedern die Befestigung bewirken. **Die Schutzkappe ist nur in der Ausschaltestellung des Hebelschalters abnehmbar.**

Die Hebelschalter besitzen eine Erdungsschraube.

Diese Hebelschalter werden nur mit Schutzkappe geliefert und zwar:

II-polig für Gleichstrom mit Momentunterbrechung;

III-polig ohne oder mit Momentunterbrechung, obwohl diese nach den Vorschriften bei Drehstrom nicht notwendig ist.

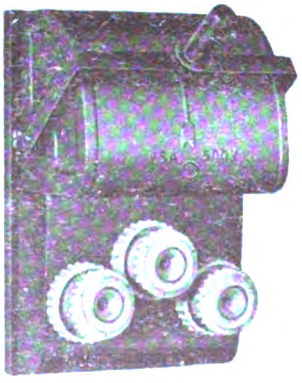
Neue Motorschalttafeln Type HAGS

bis 25 Amp., 500 Volt

bestehend aus vorangeführten Hebelausschalter und angebauten Stöpselsicherungen.

In jeder Hinsicht entsprechend den neuesten Vorschriften.

Schalter und Sicherungen sitzen auf gemeinsamer U-förmig gebogener Eisengrundplatte, die alle inneren Verbindungen enthält und mit Erdungsschraube versehen ist. Schalter und Sicherungen sind mit Metallschutzkappen abgedeckt, wodurch die gegen Staub und Schmutz geschützte Ausführung der Schalttafel sich für die unmittelbare Verwendung in Betriebsstätten eignet.



Der Anschluß der Leitungen erfolgt von vorne, und zwar unmittelbar an den Kontakten des Schalters und der Sicherungen. Es können auch Leitungsrohre in die mit Rohreinführungen versehenen Schutzkappen eingeführt werden.

Die Anordnung der Sicherungen ist so gewählt, daß statt der normalen Schmelzstöpsel, die in neuerer Zeit angewendeten Sicherungsautomaten eingeschraubt werden können. In diesem Falle wird die Wirkungsweise eines Motorschalters erzielt.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google